

발 간 등 록 번 호
11-1613436-000237-01

# 3차원 건물도로 구축 시범사업

2020. 07



# 제 출 문

국토지리정보원장 귀하

본 보고서를 「3차원 건물도로 구축 시범사업」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 7

(주)우리강산시스템 대표이사 조 성 환





## 참여연구진

---

홍선택	(주)우리강산시스템 연구책임자
김익재	(주)지오스토리 연구원
배대훈	(주)우리강산시스템 연구원
문준혁	(주)우리강산시스템 연구원

## 자문위원

---

이지영	서울시립대학교	교수
김의명	남서울대학교	교수
송영선	인하공업전문학교	교수
배상호	대림대학교	교수
이동천	세종대학교	교수
박두열	공간정보산업진흥원	팀장
이현직	상지대학교	교수
박희주	신구대학교	교수
권우석	웨이버스	전문

## 국토지리정보원

---

이하준	지리정보과	과장
주현희	지리정보과	주무관
문병윤	지리정보과	주무관



초연결·초지능 기술 사회 핵심정보로 3차원 공간정보의 중요성이 증가하고 있는 가운데 건물입체모형은 4차 산업 시대의 핵심 인프라로서 인식되고 있으며 VR·AR, 스마트시티, 드론길, 바람길, 항공관제, 침수예측, 경관분석 등 다양한 분야에서 건물입체모형에 대한 요구도 함께 증가하고 있다. 그러나, 국가 주도의 3차원 공간정보 구축 중단으로 현재는 3D 기반의 사전분석과 모의실험을 위한 공간정보는 부족하고, 용량 및 호환성 문제 등으로 활용성이 저하되어 이에 대한 개선이 필요하며, 다양한 분야의 활용성을 고려한 저용량의 입체모형 개발이 시급하다. 향후 3차원 공간정보의 활성화를 위해서는 관련 제도개선과 기술기준을 정비하고, 국가기본도를 2D에서 3D 기반으로 전환할 수 있는 방안과 3차원 공간정보 구축 이후 최신성이 확보된 3D 공간정보의 주기적 갱신체계 확보가 필요하다.

본 연구에서는 국토지리정보원에서 생산되는 도화원도, 국가기본도 DB 등 공간정보를 활용하여 저비용 투자로 3D 지도를 생산하는 방안을 제시하고, 저용량의 높은 호환성을 가진 고효율 3D 공간정보 제공 마련과 국토지리정보원 핵심 업무인 국가기본도 수정사업과 연계하여 전국에 대해 신속하고 지속적인 3D 공간정보 제공이 이루어질 수 있는 유지갱신 방안과 활용·확대 등 중장기 전략을 제시하였다.

### 도화 성과 등을 활용한 3차원 공간 데이터 구축방안 연구

국토지리정보원에서 생산되는 도화원도를 이용한 3차원 건물은 도화원도의 다양한 오류로 인해 활용의 한계가 있으며, 현 도화 방식은 건물의 지붕 외곽 라인의 높이를 불규칙하게 표현하여 3차원 구현 시 건물 상단이 일그러지는 표현의 한계가 발생하였다. 본 연구에서는 이를 해결하고자 도화성과를 기반으로 오류를 소거 후 정위치 편집 및 구조화 편집을 완료한 국가기본도 DB의 건물 도형을 활용하고, 높이정보는 도화원도의 건물 최상단 높이와 DEM 지면높이를 융합하는 방안을 제시하여 구축 공정을 간소화하여 전국 확대 구축 시 비용 절감 효과도 발생될 것으로 기대한다. 또한 국가기본도 수정사업 업무와 연계하면 별도의 가공 없이 국가기본도 갱신 시 변동된 건물만 반영하여 지속적인 3차원 공간정보 유지 갱신이 가능할 것으로 기대된다.

3차원 도로의 경우 도로 면형을 구축 후 도로 각 정점마다 높이 값을 부여해야 도로 구간마다의 높이가 반영된 현실적인 도로 표현이 가능하다. 면형 제작을 위해서는 도화원도의 도로 선형을 수작업을 통해 면형 구축하거나, 도로중심선 도로 폭 속성을 이용하여 자동 제작하는 방법이 있다.

## Ⅰ 요약 Ⅱ

도화원도의 도로 선형을 면형 제작하는 방법은 도화원도의 오류를 수정하고, 면 처리 과정의 비용이 과도하다 판단하여 제작방안에서 배제하였다. 도로중심선 도로 폭 속성을 이용하여 자동면형을 제작한 결과 교차로의 가각 부분 등 실세계 도로 모양과 거리감이 있고, 국가기본도 도로 폭 속성 오류로 인해 현실감이 없는 도로 면형이 제작되었다. 이런 문제를 해결코자 국가기본도 DB 차도경계면을 기반으로 DEM의 높이 값을 도로 각 정점마다 적용하여 3차원 도로를 구현하였으나, 기 구축 5m DEM의 격자 간격의 한계로 인해 도로가 지면에 묻히거나, 뜨는 현상 등 표현의 한계가 있었다. 또한, 도로 시설물인 교량 및 고가차도 등 입체교차 구간에서의 도로는 지면의 높이 값이 적용 되어 시설물 왜곡 현상이 발생하였다. 도로시설물 왜곡 문제 해결을 위해 도화원도의 교량, 고가차도 객체를 추출하여 해당 도로 구간과 정점 및 높이 값 연결 편집을 통해 현실성 있는 3차원 도로 구축 방안을 마련하였다.

3차원 지형 구축방안 연구에서는 DEM과 건물, 도로 불일치 문제를 해소하는데 집중하여 3차원 지형 데이터 구축방안과 해결방안을 함께 마련하였다.

도로와 지면의 불일치 문제 해소를 위해 「2014년 전국정밀수치표고모형 제작」 용역 결과서를 참조하여 3차원 지형 제작 시 도화성과의 도로경계, 성절도, 옹벽, 제방 등 3D PolyLine 객체를 브레이크라인으로 적용하여 수치지형모형(DTM)을 제작하면 도로와 불일치 문제가 완화되는 것을 확인하였다.

건물과 지면과의 불일치 문제는 건물 최저 높이를 적용한 건물 GRID를 생성 후 수치지형모형(DTM)과 융합하는 방식으로 건물 지반 부분을 평탄화 하는 방안으로 건물과 지면과의 불일치 문제를 80%이상 개선 효과가 있었다.

## 도화 성과 등 구축 개선방안 연구

현행 국가기본도 품질기준 및 품질검사 프로그램은 최종 성과물인 국가기본도 DB의 품질을 관리하는데 집중되어 중간성과물인 도화원도에는 다양한 오류를 포함하고 있다. 본 연구에서는 도화원도의 다양한 오류유형을 분석하고, 유형별 수정방안을 제시하였다.

오류 유형을 분석한 결과 레이어 오류, 불필요 객체, 인접오류, 중복 객체 오류, 갱신수정 오류, 높이 값 오류, 건물 겹침 오류, 객체 단락 오류 등 크게 8가지 오류유형으로 분류 할 수 있었으며, 오류 통계 분석 결과 건물 겹침 오류는 건물 전체 객체의 약 10%를 차지할 만큼 오류량이 많고 보완을 위해서는 전량 수작업이 필요하여 과도한 시간과 비용이 소요된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전국 확산 시 국가기본도 DB의 2D 도형과 도화성과 높이 정보를 융합하는 방안이 효율적이라 판단하였다.

또한, 향후 국가기본도 수정사업과 연계하여 3차원 유지·관리를 위해서는 도화성과의 명확한 품질기준과 품질검사 프로그램 개발이 시급하며, 이를 위한 초석으로 본 연구에서는 도화 품질 측정항목과 품질관리 매뉴얼을 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 국가기본도 DB와 도화성과를 이용한 3차원 건물 구축방안은 현행 국가기본도 생산방식으로는 3차원 구현 시 세밀도 LOD1 수준으로 표현의 한계가 있다. 세밀도 개선을 위한 방안으로 본 연구에서는 도화 시 기존 건물 묘사 범위에서 추가하여 건물의 지붕이나 옥상 상단의 옥탑, 엘리베이터 등 돌출부를 추가 묘사하고, 경사지붕의 경우 상단라인을 추가 묘사하는 방안을 제시하였다. 시범지역 중 여의도를 대상으로 추가 도화를 수행하여 3차원 가시화 시 세밀도 LOD2 수준으로 개선되는 것을 확인하였다. 다만, 건물의 돌출부를 추가 도화하는 것은 추가 작업 발생으로 전국 확산 시 세밀도 개선에 따른 층수 및 건물 중요도에 따라 경제성 분석이 필요할 것으로 판단된다.

3차원 유지관리 방안에서는 국가기본도 수정사업과 연계하여 매주 갱신되는 변동객체를 이용하면 쉽게 3차원 건물, 도로를 갱신할 수 있으며, 향후 기관표준 「국가기본도 DB 자료표준-건축구조물」의 개정을 통해 3차원 높이 정보를 추가하면 별도 가공 없이 신속하고, 지속적인 3차원 유지·갱신·관리에 효과적이라 판단된다.

### 3차원 건물, 도로 데이터 구축 확대방안 연구

본 연구에서는 3차원 공간정보 전국 확산에 대비하여 3차원 지형지물명세서를 작성하고, 3차원 교환 포맷 해외사례 등 활용도를 조사하고, 전국 확대 구축에 필요한 비용을 산출하였다. 또한, 합리적인 단계별 전국 확산 추진계획(안)을 제시한다.

현행 국가기본도 DB 자료표준에 3차원 높이정보 및 3차원 객체타입을 정의하여 3차원 지형지물 명세서를 작성하고, 해외 37개 도시에서 공개 서비스 중인 3차원 공간정보의 제공 포맷을 조사한 결과 21개 도시에서 City-GML 포맷을 제공하는 중으로 활용 빈도가 높았다.

다만, 2D 포맷을 City-GML로 변환하기 위한 도구로는 FME가 유일하며, 3D shp 포맷과 용량 비교 결과 City-GML이 5배 정도 증가하는 것으로 확인되어 활용에 일부 제약이 있다. 전국 확산 추진 전략으로는 최단 시간 내 전국 건축물에 대해 일관성 있는 3차원 입체모형 구축을 목표로 단계적으로 LOD1을 우선 구축하고, 후속으로 3층 이상 건축물에 대해 LOD2로 업그레이드 하는 것을 제안한다.



제1장 연구개요 .....	3
1. 연구의 배경 및 목적 .....	3
2. 연구 내용 .....	4
제2장 도화 성과 등을 활용한 3차원 공간 데이터 구축방안 연구 .....	7
1. 세밀도 목표 정의 .....	7
가. 해외사례 조사 및 분석 .....	7
나. 국내사례 조사 및 분석 .....	51
다. 도화성과를 활용한 3차원 건물, 도로 세밀도 정의 .....	8· 1
라. 소결론 .....	3
2. 3차원 건물 데이터 구축방안 .....	62
가. 도화성과를 활용한 건물 데이터 구축방안 .....	6· 2
나. 현황측량 성과를 활용한 건물 구축방안 .....	1· 3
다. 소결론 .....	4
3. 3차원 도로 데이터 구축방안 .....	53
가. 차도중심선 확장을 통한 3차원 도로 데이터 제작 .....	5· 3
나. 국가기본도 DB를 활용한 3차원 도로 데이터 제작 .....	8· 3
다. 정밀도로지도를 활용한 3차원 도로 데이터 구축방안 .....	3· 4
라. 소결론 .....	5
4. 3차원 지형 데이터 구축방안 .....	15
가. 도화성과를 활용한 브레이크라인 DEM 구축 방안 .....	1· 5
나. 라이더 성과를 활용한 3차원 지형데이터 구축 방안 .....	6· 5
다. 시설물 평탄화 DEM 구축 방안 .....	7· 5
라. 소결론 .....	5
5. 3차원 공간 데이터 구축 시 문제점 및 개선방안 연구 .....	0· 6
가. 건물과 지형 불부합 문제해결 .....	0· 6
나. 도로와 지형 불부합 문제해결 .....	1· 6
다. 도로와 교통시설물 불부합 문제해결 .....	2· 6

라. 소결론 .....	6
제3장 도화 성과 등 구축 개선방안 연구 .....	76
1. 도화 성과 구축·관리 개선방안 .....	76
가. 도화오류 유형 분석 및 개선방안 .....	76
나. 도화오류 유형별 통계 .....	37
다. 도화 성과 품질기준(안) .....	47
라. 소결론 .....	8
2. 세밀도 향상을 위한 도화 작업방법 개선방안 .....	88
가. 유형별 건물구현 테스트 .....	88
나. 묘사 오류 유형 .....	9
다. 유형별 세밀도 개선 건물구현 결정(안) .....	7
라. 소결론 .....	104
3. 3차원 유지관리 방안 .....	15
가. 국가기본도 업무 프로세스 분석 .....	5
나. 국가기본도 업무 프로세스 분석을 통한 적용방안 도출 .....	601
다. 3차원 핵심 데이터를 최신으로 유지·관리하기 위한 방안. ....	701
라. 소결론 .....	108
제4장 3차원 건물, 도로 데이터 구축 확대방안 연구 .....	111
1. 3차원 지형지물 명세서 작성 .....	1
가. 국가기본도 지형지물명세서 조사 및 분석 .....	21
나. 3차원 공간 정보 구축·관리를 위한 속성 항목 도출 .....	411
2. 3차원 교환포맷 정의 .....	17
가. 3차원 교환포맷 조사 및 분석 .....	17
나. 3차원 교환포맷 변환 방식 연구 .....	2
다. 소결론 .....	124
3. 3차원 공간데이터 구축 비용 산출 .....	3
가. 3차원 건물, 도로 데이터 작업 시수 산출 .....	52



나. 3차원 건물 데이터 구축 품셈(안) .....	91
4. 3차원 공간데이터 전국 확대구축 방안 .....	41
가. 3차원 건물, 도로 데이터 구축방안 장·단점 비교 .....	41
나. 전국 확대 구축 시 고려사항 .....	41
다. 3차원 공간데이터 구축 추진 계획(안) 마련 .....	531
제5장 도화성과를 활용한 3차원 공간정보 구축 시범 구축 .....	931
1. 시범 구축 지역별 특징 및 구축 현황 .....	9
2. 3차원 건물 데이터 시범 구축(여의도, 시흥시, 대구광역시) .....	041
가. 3차원 건물 데이터 세밀도 LOD1 시범구축 .....	01
나. 3차원 건물 데이터 세밀도 LOD2 시범구축 .....	91
3. 3차원 도로 데이터 시범구축(여의도, 시흥시, 대구광역시) .....	461
가. 3차원 도로 데이터 시범구축 .....	16
나. 정밀도로지도 활용 구축 .....	0
4. 3차원 지형 데이터 시범 구축(여의도, 시흥시, 대구광역시) .....	671
가. 브레이크라인 적용 DEM 구축 .....	6
나. 시설물 평탄화 DEM 제작 .....	8
5. 기타 연구 지원을 위한 데이터 구축 .....	8
가. 연구 방안에 따른 샘플데이터 구축 결과 .....	81
별첨 1. 3차원 건물 데이터 구축 계획(안)	
부록 1. 3차원 공간데이터 제작 작업매뉴얼	
부록 2. 3차원 공간데이터 제작 품질관리 매뉴얼	
부록 3. 3차원 공간데이터 제작 활용가이드	

## 표목차

<표2-1> City-GML의 표현 범위 .....	8
<표2-2> The five levels of detail (LOD) defined by City-GML .....	9
<표2-3> LOD 0-4 of City-GML with their proposed accuracy requirements ...	1
<표2-4> 3DF-GML의 표현 범위 .....	5
<표2-5> 3차원 건물 데이터 세밀도 및 가시화정보 제작기준 .....	6
<표2-6> 3차원 도로 데이터 세밀도 및 가시화정보 제작기준 .....	7
<표2-7> 세부도화 묘사오차의 허용범위 .....	9
<표2-8> 도화성과 3차원 묘사형태 분석 .....	10
<표2-9> 국내 및 국외 건물 세밀도 분석 .....	2
<표2-10> 국내 및 국외 도로 세밀도 분석 .....	3
<표2-11> 도화성과 기반 3차원 건물 세밀도 수준 정의(예시) .....	4
<표2-12> 도화성과 기반 3차원 도로 세밀도 수준 정의(예시) .....	5
<표2-13> 3차원 건물 상단(지붕) 표현 방안 .....	9
<표2-14> 현황측량 원시자료 분석 .....	1
<표2-15> 3차원 도로 데이터 묘사오류 수정 예상 시간 .....	3
<표2-16> 3차원 도로 작업 시수 예상 .....	3
<표2-17> 국가기본도 추출 레이어 목록 .....	1
<표2-18> 도화성과 추출 레이어 목록 .....	1
<표2-19> TIN 제작 시 필요 Shape .....	3
<표3-1> 도화 오류 유형별 통계 .....	3
<표3-2> 도화 성과 품질기준 흐름도 .....	4
<표3-3> 도화 묘사의 허용오차 범위 .....	6
<표3-4> 수치(수정)도화 구축 흐름도(수정사업자) .....	6
<표3-5> 공통 품질 측정 항목 .....	1
<표3-6> 공통 품질 측정 항목 .....	3
<표3-7> 레이어 오류 .....	4
<표3-8> 불필요 객체 오류 .....	4
<표3-9> 인접 오류 .....	5
<표3-10> 중복 객체 오류 .....	5

<표3-11> 갱신 수정 오류 .....	5 8
<표3-12> 겹침 오류 .....	6 8
<표3-13> 높이 값 오류 .....	6 8
<표3-14> 통합 코드 미 변환 오류 .....	6 8
<표3-15> 객체 단락 오류 .....	7 8
<표3-16> 복층형 건물 건물구현 테스트1 .....	8 8
<표3-17> 복층형 건물 건물구현 테스트2 .....	8 8
<표3-18> 높낮이가 다른 건물 구현 테스트1 .....	9 8
<표3-19> 높낮이가 다른 건물 구현 테스트2 .....	9 8
<표3-20> 높낮이가 다른 건물 구현 테스트3 .....	9 8
<표3-21> 돔형태 건물 구현 테스트1 .....	0 9
<표3-22> 돔 형태 건물 구현 테스트2 .....	0 9
<표3-23> 복합형 건물 구현 테스트 .....	1 9
<표3-24> 아치형 건물 구현 테스트 .....	1 9
<표3-25> 끝점이 다른 건물 구현 테스트 .....	2 9
<표3-26> 복합형태 건물 구현 테스트 .....	2 9
<표3-27> 구름다리 구현 테스트 .....	3 9
<표3-28> 돔과 아치의 복합형태 건물 구현 테스트 .....	3 9
<표3-29> 계단식 복합형태 건물 구현 테스트 .....	4 9
<표3-30> 부속건물과 돔의 복합 형태 건물 구현 테스트 .....	4 9
<표3-31> 건물이 연결돼 있는 형태 건물 구현 테스트 .....	5 9
<표3-32> 계단식, 여러개의 복합형태 건물 테스트 .....	5 9
<표3-33> 박공지붕 형태의 잘못 된 유형 .....	6 9
<표3-34> 부속건물이 있는 형태의 잘못된 유형 .....	6 9
<표3-35> 박공지붕 형태의 잘못 된 유형 .....	6 9
<표3-36> 돔 형태의 잘못 된 유형 .....	7 9
<표3-37> 복층 평지붕의 구축 방안 .....	7 9
<표3-38> 복층형태 건물의 구축 방안 .....	8 9
<표3-39> 계단식 복층 건물 유형에 대한 구축 방안 .....	8 9

## **표목차**

<표3-40> 박공지붕 건물 유형의 구축 방안 .....	9 9
<표3-41> 경사지붕 건물 유형의 구축 방안 .....	9 9
<표3-42> 꺾인 박공지붕 건물 유형의 구축 방안 .....	9 9
<표3-43> 지붕라인 생성 .....	0
<표3-44> 복합형태 건물의 구축 방안 .....	001
<표3-45> 높이가 다른 다수의 부속건물 형태 건물의 구축 방안 .....	1 0 1
<표3-46> 지붕라인을 입력 제외 .....	101
<표3-47> 높낮이가 다른 건물 유형의 구축 방안 .....	201
<표3-48> 부속건물과 돔의 복합형태 건물의 구축 방안 .....	2 0 1
<표3-49> 혼합형태 건물의 지붕라인 제외 .....	301
<표4-1> 국외 3차원 공간정보 공개데이터 포맷현황 .....	9 1 1
<표4-2> 시흥시 포맷 별 용량 .....	31
<표4-3> 3차원 건물 작업 시수 .....	51
<표4-4> 전국 건물 층별 통계 .....	61
<표4-5> 3차원 건물 세밀도 개선 추가 도화 작업 시수 예상 .....	6 2 1
<표4-6> 3차원 도로 작업 시수 예상 .....	721
<표4-7> 3차원 도로시설물 작업 시수 예상 .....	721
<표4-8> 3차원 지형 작업 시수 .....	81
<표4-9> 시범 구축 대상지 및 구축 물량 .....	921
<표4-10> 시범지역 3차원 건물 구축에 투입된 실제 투입일 및 투입인력 .....	0 3 1
<표4-11> 시범지역 3차원 건물 구축에 투입된 기술인력별 총 투입일수 .....	1 3 1
<표4-12> 3차원 건물 정보 구축 품셈(안) .....	231
<표4-13> 3차원 건물, 도로 데이터 구축방안 장단점 비교 .....	43 1
<표5-1> 시범지역 특징 및 구축 현황 .....	931
<표5-2> 3차원 건물 데이터 구축 작업흐름도 .....	041
<표5-3> 도화성과 추출대상 .....	11
<표5-4> 국가기본도 DB 건물 작업대상 추출 .....	141
<표5-5> 도화성과 건물 작업대상 추출 .....	241
<표5-6> 폐합 오류 수정 전 후 .....	211

<표5-7> 중첩면적 의한 높이 값 입력 .....	441
<표5-8> 면적비율에 의한 높이 값 입력 .....	441
<표5-9> 3차원 건물데이터 지역별 구축결과 .....	841
<표5-10> 투입장비 현황표 .....	91
<표5-11> LOD2 구축 방안 도화 묘사 방법 .....	151
<표5-12> 도화 관측 순서 및 묘사1 .....	251
<표5-13> 도화 관측 순서 및 묘사2 .....	251
<표5-14> 도화 관측 순서 및 묘사3 .....	351
<표5-15> 도화 관측 순서 및 묘사4 .....	351
<표5-16> 도화 관측 순서 및 묘사5 .....	451
<표5-17> 도화 관측 순서 및 묘사6 .....	451
<표5-18> 도화 관측 순서 및 묘사7 .....	551
<표5-19> 도화 관측 순서 및 묘사8 .....	551
<표5-20> 기존 도화 묘사와 비교1 .....	651
<표5-21> 기존 도화 묘사와 비교2 .....	751
<표5-22> 도화 묘사 불부합 수정1 .....	851
<표5-23> 도화 묘사 불부합 수정2 .....	851
<표5-24> 도화 묘사 불부합 수정3 .....	951
<표5-25> 도화 높이 값 오류 수정 .....	951
<표5-26> 3차원 구축 테스트 오류 도화 보완 .....	061
<표5-27> 3차원 도로 데이터 구축 작업흐름도 .....	461
<표5-28> 도화성과 추출대상 .....	551
<표5-29> 차도경계면 작업대상 지역 추출 .....	561
<표5-30> 3차원 도로데이터 지역별 구축결과 .....	961
<표5-31> 3차원 교통시설물 종류별 구축결과 .....	961
<표5-32> 정밀도로지도 3차원 구축 작업흐름도 .....	071
<표5-33> 데이터 분류 표 .....	01
<표5-34> Breakline DEM 구축 작업 흐름도 .....	671
<표5-35> 국가기본도 추출 레이어 .....	671

## ■ 표 목 차 ■

<표5-36> 도화성과 추출 레이어 .....	71
<표5-37> 시설물 평탄화 DEM 제작 흐름도 .....	481
<표5-38> LOD2 구현을 위한 샘플데이터 구축 .....	981



<그림2-1> City-GML 모델 도로 세밀도 단계 .....	8
<그림2-2> Delft 대학교가 제시한 LOD 16개 수준 .....	1 1
<그림2-3> 도화성과 도로의 3차원 표현 .....	1 2
<그림2-4> 도화성과 도로의 표현 범위 .....	1 2
<그림2-5> 3차원 건물 데이터 구축 방안 .....	6 2
<그림2-6> 도화성과 높이 값 유지 시 상단면 왜곡 발생 .....	7 2
<그림2-7> 건물 상단(지붕) 표현의 오류 예시 .....	7 2
<그림2-8> 최대 높이 값을 활용한 상단면 평탄화 .....	8 2
<그림2-9> 하단 높이 값 정보가 없는 도화성과 .....	9 2
<그림2-10> 건물 내부 중심점 추출 .....	0 3
<그림2-11> DEM을 통한 건물 최저 높이 값 추출 .....	0 3
<그림2-12> 건물 최저(하단) 높이 값 설정 결과 .....	0 3
<그림2-13> 건물 하단과 DEM간의 불부합 .....	1 3
<그림2-14> 현황측량 원시자료 중 측량성과 .....	1 3
<그림2-15> 현황측량 원시자료 중 국가기본도 DB .....	2 3
<그림2-16> X 혹은 Y값 누락 .....	2 3
<그림2-17> x,y 값 입력오류 .....	3 3
<그림2-18> 점형변환 및 최대 높이 값 추출 .....	3 3
<그림2-19> 국가기본도 DB 건물에 공간중첩을 통한 최대 높이 값 입력 .....	4 3
<그림2-20> 차도 폭을 통한 경계면 제작시 가각 오류 발생1 .....	6 3
<그림2-21> 차도 폭을 통한 경계면 제작시 가각 오류 발생2 .....	6 3
<그림2-22> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 도로 폭 오류 발생 .....	6 3
<그림2-23> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 도로 폭 오류 발생2 .....	7 3
<그림2-24> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 위상구간 유실 .....	7 3
<그림2-25> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 고가부 등 유실 .....	7 3
<그림2-26> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 건물 침범오류 .....	8 3
<그림2-27> 차도경계면 각 정점별 DEM 높이 값 입력 .....	0 4
<그림2-28> 차도경계면 3차원 가시화 예시 .....	0 4
<그림2-29> 3차원 도로데이터 중 위상교차 및 하천 교량구간의 높이 표현문제 .....	4

## 그림목차

<그림2-30> 차도경계면 세밀 묘사 문제 수정 전/후	2	4
<그림2-31> 차도경계면 불규칙 묘사오류 문제 수정 전/후	2	4
<그림2-32> 정밀도로지도 레이어	4	4
<그림2-33> 외곽 차선을 활용한 3차원 도로데이터 제작	4	4
<그림2-34> 정밀도로지도 적용 여의도 구축결과	5	4
<그림2-35> 정밀도로지도와 국가기본도 차도경계면의 비교1	6	4
<그림2-36> 정밀도로지도와 국가기본도 차도경계면의 비교2	6	4
<그림2-37> 정밀도로지도 적용 시흥 구축결과	7	4
<그림2-38> 정밀도로지도 적용 시흥 구축결과2	7	4
<그림2-39> 정밀도로지도 적용 대구 구축결과	8	4
<그림2-40> 정밀도로지도 적용 대구 구축결과2	8	4
<그림2-41> 정밀도로지도와 국가기본도 차도경계면의 비교3	9	4
<그림2-42> 정밀도로지도 높이 값 비교	9	4
<그림2-43> 등고선 편집 전/후 비교	2	5
<그림2-44> 입체고가도로 편집 전/후 비교	2	5
<그림2-45> 하천 교량 편집 전/후 비교	2	5
<그림2-46> TIN 제작 시 필요한 Shape 분류	3	5
<그림2-47> 불규칙삼각망 형성	4	5
<그림2-48> DB와 생성된 TIN	4	5
<그림2-49> TIN 상태	5	5
<그림2-50> 5m 해상도 Raster Image	5	5
<그림2-51> 30m 해상도 Raster Image	5	5
<그림2-52> 90m 해상도 Raster Image	5	5
<그림2-53> 음영기복도 변환	6	5
<그림2-54> 등고선 오류 검출	6	5
<그림2-55> 등고선 오류 수정	6	5
<그림2-56> LiDAR DEM 적용 (예시)	7	5
<그림2-57> 건물 내부중심점 DEM 높이 값 추출	7	5
<그림2-58> 건물 최저 높이 값으로 생성한 DEM	8	5



<그림2-59> 평탄화가 완료된 DEM .....	8· 5
<그림2-60> 평탄화 전 DEM (3D mesh view) .....	9· 5
<그림2-61> 평탄화 후 DEM (3D mesh view) .....	9· 5
<그림2-62> 건물 하단 높이 값 설정 .....	0· 6
<그림2-63> 건물 과 지형 불부합 문제 발생 .....	0· 6
<그림2-64> 건물과 지형 간 불부합 문제 해결 .....	1· 6
<그림2-65> 도로와 지형 간 불부합 문제 .....	1· 6
<그림2-66> 도로와 지형 간 불부합 문제 해결 .....	1· 6
<그림2-67> 교통시설물의 표현상의 오류 .....	2· 6
<그림2-68> 도화성과를 이용한 교통시설물 편집 .....	3· 6
<그림2-69> 일반 입체도로 편집 전/후 .....	3· 6
<그림3-1> 레이어 오류 유형과 수정 .....	7· 6
<그림3-2> 불필요 개체의 오류 및 수정 .....	8· 6
<그림3-3> 레이어 오류 유형과 수정 .....	8· 6
<그림3-4> 중복 객체 오류 및 수정 .....	9· 6
<그림3-5> 갱신 수정 오류 및 수정 .....	0· 7
<그림3-6> 겹침 오류 및 수정 .....	0· 7
<그림3-7> 높이 값 오류 및 수정 .....	1· 7
<그림3-8> 통합코드 미 변환 오류 및 수정 .....	2· 7
<그림3-9> 객체 단락 오류 및 수정 .....	2· 7
<그림3-10> 도로 묘사 .....	7 7
<그림3-11> 부지내 도로 묘사 .....	8· 7
<그림3-12> 현행 국가기본도DB 갱신 프로세스 .....	601
<그림3-13> 국가기본도 갱신 프로세스와 연계한 3차원 갱신 프로세스 .....	7· 0 1
<그림3-14> 3차원 공간정보 갱신 프로세스 미래상 .....	801
<그림4-1> 3차원 지형지물 명세서 작성 개요 .....	111
<그림4-2> 국가기본도 지형지물명세서 예시 (건물) .....	2· 1 1
<그림4-3> 3차원 지형지물명세서 설계 방향성 .....	311
<그림4-4> 3차원 공간정보 지형지물 명세서 (차도 경계면) .....	4· 1 1

## 그림목차

<그림4-5> 3차원 공간 정보 지형지물 명세서 (면 형 도로시설) .....	5-1 1
<그림4-6> 3차원 공간정보 지형지물명세서 (건물) .....	6-1 1
<그림4-7> 2D shapefile에서 Extrusion을 통한 3D 가시화 .....	221
<그림4-8> Data Interoperability tool Writer list .....	3
<그림4-9> 3차원 공간데이터 추진계획(안) .....	63 1
<그림5-1> 건물 2D Polygon 변환 .....	4
<그림5-2> CSV to DB Table .....	4
<그림5-3> 공사명 속성입력 .....	51
<그림5-4> 좌표 누락 오류 .....	61
<그림5-5> 좌표 입력위치 오류 .....	61
<그림5-6> 현황측량 성과 점형 변환 .....	641
<그림5-7> 공사단위 융합 .....	71
<그림5-8> 내부중심점 Point Z 형식으로 변환 .....	841
<그림5-9> 높이 값 속성부여 .....	81
<그림5-10> 하단 높이 값 입력결과 .....	81
<그림5-11> 3차원 구축방안 도화 절차 .....	941
<그림5-12> 투입장비 사진 .....	1
<그림5-13> 여의도 지역 모델인텍스 .....	651
<그림5-14> 시흥시 도화성과 중 교량, 고가차도 추출 .....	66 1
<그림5-15> 차도경계면 DEM 높이 값 부여 .....	661
<그림5-16> AutoCAD Map에서 작업대상 편집 .....	761
<그림5-17> 시설물 정점편집 .....	71
<그림5-18> 선형으로 된 도로시설물, 차도경계면의 면형변환 .....	8-6 1
<그림5-19> 면형변환여부 검사 .....	81
<그림5-20> 시설물 정점 불부합 여부 검사 .....	861
<그림5-21> 외곽 차선 레이어 수정 .....	271
<그림5-22> 정밀도로구간 차도경계면 삭제 .....	271
<그림5-23> 정밀도로구간 차도경계선 수정 .....	371
<그림5-24> 정밀도로구간 면형제작 .....	371

<그림5-25> 여의도 정밀도로지도(빨간색), 국가기본도3차원도로(파란색) 4...7... 1	
<그림5-26> 시흥시 정밀도로지도(빨간색), 국가기본도3차원도로(파란색) 4...7... 1	
<그림5-27> 대구광역시 정밀도로지도(빨간색), 국가기본도3차원도로(파란색) 7... 1	
<그림5-28> 정밀도로지도 활용 3차원 구축 .....	571
<그림5-29> 기초데이터 레이어별 추출 .....	771
<그림5-30> 등고선 편집 전/후 비교 .....	871
<그림5-31> 입체고가도로 편집 전/후 비교 .....	871
<그림5-32> 하천 교량 편집 전/후 비교 .....	971
<그림5-33> TIN 생성(시흥시) .....	971
<그림5-34> TIN 생성(시흥시) .....	081
<그림5-35> TIN 생성(여의도) .....	081
<그림5-36> TIN 생성(대구시) .....	181
<그림5-37> GIRD 변환 .....	8
<그림5-38> 음영기복도 생성 .....	21
<그림5-39> 등고선 수정 전후 .....	21
<그림5-40> 등고선 오류 수정 전후 .....	31
<그림5-41> 도화 도로 오류 높이 값 .....	31
<그림5-42> 건물 내부중심점 변환 .....	51
<그림5-43> 건물 내부중심점 변환 .....	51
<그림5-44> 건물 내부중심점 변환 .....	61
<그림5-45> 건물 내부중심점 변환 .....	61
<그림5-46> 건물 DEM 융합(여의도) .....	781
<그림5-47> 건물 평탄화 전 후 비교 .....	781
<그림5-48> LOD 1 구현 테스트를 위한 샘플데이터 구축 결과 .....	8·8 1
<그림5-49> 차도중심선의 폭을 활용한 경계면 제작 샘플데이터 구축 결과	8·8 1



## 제1장

# 연구개요

1. 연구의 배경 목적
2. 연구 내용



## 1. 연구의 배경 및 목적

초연결·초지능 기술 사회 핵심정보로 3차원 공간정보의 중요성이 증가하고 있는 가운데 건물입체모형은 4차 산업 시대의 핵심 인프라로서 인식되고 있으며 VR·AR, 스마트시티, 드론길, 바람길, 항공관제, 침수예측, 경관분석 등 다양한 분야에서 건물입체모형에 대한 요구는 증가하고 있다.

그러나, 국가 주도의 3차원 공간정보 구축 중단으로 3D 기반의 사전분석과 모의실험을 위한 공간정보는 부족하고, 호환성 등으로 인한 활용성 저하 요인의 개선이 필요하며 다양한 분야의 활용성을 고려한 저용량의 입체모형 개발이 시급하다.

현재 사회적 요구사항은 기존 3D 공간정보의 제작의 고비용·저효율 생산방식의 개선, 공간정보 보안, 호환성 등 활용성이 낮아 활용 대응 방안, 국가기본도를 2D에서 3D 기반으로 전환할 수 있는 방안과 3차원 공간정보 구축 이후 최신성이 확보된 3D 공간정보의 주기적 갱신체계 확보가 필요하다.

본 연구는 국토지리정보원에서 생산되는 공간정보를 이용한 3D 공간정보 융·복합 기술을 검토하고, 2D 기반의 국가기본도 체계에서 3D 기반 체계로 전환을 검토한다.

또한, 활용성·효율성을 고려한 데이터 제작 방안과 3D 공간정보의 상시 갱신체계 방안을 마련하는 것을 연구 방향으로 잡았다.

연구목표는 국토지리정보원에서 생산하는 도화원도, 국가기본도 DB, 수치표고모형 등의 공간정보를 활용하여 저비용 투자로 3D 지도를 생산하는 방안을 마련하고, 현 3차원 공간정보는 고용량 DB, 포맷 호환성, 고성능 장비사용 등의 문제로 활용에 제약이 많아 누구나 쉽게 사용 할 수 있는 저용량의 높은 호환성을 가진 고효율 3D 공간정보 제공 방안을 마련한다.

또한, 국토지리정보원 핵심 업무인 국가기본도 DB 수정사업과 연계하여 별도의 추가 가공 없이 전국에 대해 신속하고, 지속적인 3D 공간정보 제공이 이루어질 수 있는 유지갱신 방안과 활용·확대 등 중장기전략을 마련하는 것을 최종 목표로 한다.

이를 위한 세부 연구는 1) 도화성과 등을 활용한 3차원 공간데이터 구축방안 연구, 2) 도화성과 등 구축 개선방안 연구, 3) 3차원 건물, 도로 데이터 구축 확대방안 연구, 4) 도화성과를 활용한 3차원 공간정보 데이터 시범 구축으로 구성되어 있다.

## 2. 연구 내용

본 연구는 2020년 3월 19일부터 7월 16일까지 진행되었으며, 연구의 주요 내용은 다음과 같다

### □ 도화 성과 등을 활용한 3차원 공간데이터 구축방안 연구

- 기 구축 원천자료를 사용한 3차원 공간데이터(건물, 도로, 지형) 구축방안 제시

### □ 도화 성과 등 구축 개선방안 연구

- 구축비용 절감을 위한 원천자료 구축·관리 개선방안
- 3차원 건물, 도로 세밀도 향상을 위한 원천자료 작업 개선방안

### □ 3차원 건물, 도로 데이터 구축 확대방안 연구

- 2D 국가기본도와 연계, 교환, 융합, 유통을 고려한 지형지물명세서 및 포맷정의
- 전국 확대 구축의 최적방안 및 비용 제시

### □ 도화 성과를 활용한 3차원 공간정보 시범 구축

- 건물·도로 3차원 데이터 구축
- 3차원 지형데이터 편집
- 기타 연구 지원을 위한 데이터 구축
- 공종별 적용기술에 따른 투입인력 산출



## 제2장

# 도화 성과 등을 활용한 3차원 공간 데이터 구축방안 연구

- 
1. 세밀도 목표 정의
  2. 3차원 건물 데이터 구축방안
  3. 3차원 도로 데이터 구축방안
  4. 3차원 지형 데이터 구축방안
  5. 3차원 공간 데이터 구축 시 문제점 및 개선방안 연구



## 1. 세밀도 목표 정의

금번 연구에서 제시하는 구축 방안은 국토지리정보원에서 생산하는 국가기본도 DB 및 도화성과를 활용하여 저비용으로 3차원 건물, 도로를 구축하는 것이다. 연구를 통해 제작된 3차원 건물, 도로 세밀도 수준을 확인하고, 국내·외 표준에서 정의하고 있는 세밀도 수준을 조사 하였으며, 금번 연구에서 제시하는 3차원 건물, 도로 데이터의 원천자료 및 활용목적에 고려하여 3차원 세밀도 수준을 정의한다.

### 가. 해외사례 조사 및 분석

#### 1) 국제 표준 City-GML

City-GML은 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 표준으로 채택하고 있는 3차원 가상 도시모델을 저장 및 교환하기 위한 XML 스키마 기반의 GML의 응용 스키마이다.

OGC(Open Geospatial Consortium)는 개방형 공간정보 표준화 기구로 지리정보시스템(GIS)의 호환성과 협업에 대한 요구를 수용하여 공간정보처리 전체 영역을 포괄하는 표준을 제정하기 위하여 1994년 설립되었다.

정부기관, 연구소, 기업 등으로 구성된 비영리 국제표준기구로서 공간 데이터를 기반으로 하는 다양한 형태의 표준을 개발하고 있으며, 개발된 표준은 공간정보산업에서 활발히 사용되고 있다. 특히, 공간정보와 관련된 국내 산업의 경쟁력 강화와 해외시장 진출을 위해서는 산업 영향력이 큰 OGC 표준 준수가 반드시 필요하다.

#### □ City-GML 형식

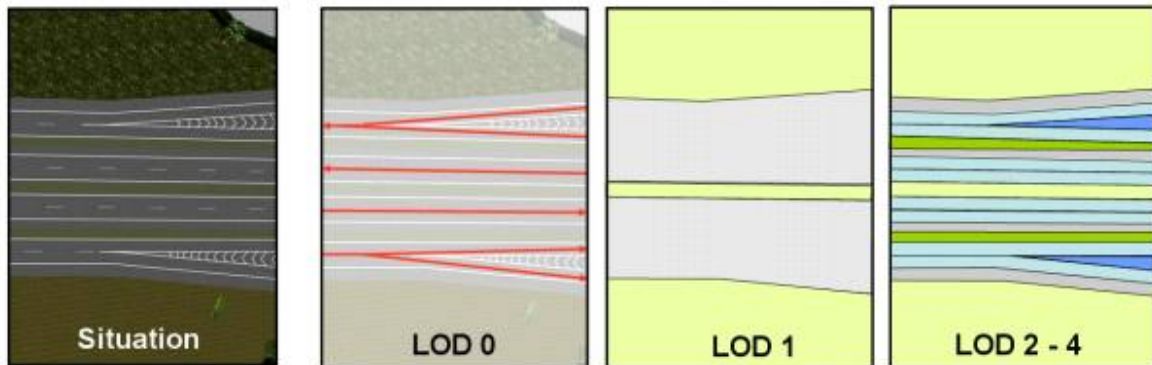
- City GML(Geographic Markup Language)의 약어로, 가상 3차원 도시 모델의 저장과 교환을 위한 XML 기반의 데이터 포맷이다.
- 개방 데이터 모델이며, GML을 기반으로 하는 응용 스키마로서 GML에서 부족한 모델을 보강하여 3차원 공간 모델링을 보다 효율적으로 하기 위해 개발된 포맷이다. 그러나 GML 3.1을 기반으로 응용 포맷으로 개발된 City-GML은 GML보다 더 복잡하고 방대하다는 문제점을 가지고 있다.

- City-GML은 다른 응용 분야들 간에 공유할 수 있는 공통의 기본항목(entity), 속성(attribute), 관계(relation)들을 정의하고 있다.
- City-GML의 표현 범위를 주요 모델의 항목들로 나타낸 것은 다음과 같다.

<표2-1> City-GML의 표현 범위

분류	표현 항목
지형지물	일반, 단일 속성
기하	2, 3차원 객체, 면방향성, 동종집합, 선형보간
위상	2, 3차원 위상정보
세밀도	기하 세밀도
면의 외형	단색 텍스처, 색깔 텍스처, 가상 영상 텍스처, 실사 영상 텍스처
지형	격자 커버리지(GRID)
좌표계	구형좌표계, 타원좌표계, 직교좌표계

City-GML 모델의 도로 세밀도(LOD:Level of Detail)는 4단계로 구분되며, LOD0의 경우 중심 라인형태로 도로를 표현하고, LOD1의 경우 실제 도로형상에 대해 인도를 포함한 단일 면형으로 표현한다. LOD 2-4의 경우 인도, 녹지, 차량도로, 운행제한 구역 등으로 나뉜다.



<그림2-1> City-GML 모델 도로 세밀도 단계

City-GML 모델의 3차원 도로 세밀도 기준은 3차원 건물 세밀도 기준에 비해 그 기준이 명확하지 않으며, 본 연구에서 제시하는 국가기본도 차도경계면을 활용한 3차원 도로 데이터는 LOD1 수준으로 정의할 수 있다.

City-GML 모델의 건물 세밀도(LOD:Level of Detail) 5단계는 다음과 같다.

<표2-2> 「OpenGIS City Geography Markup Language(City GML) Encoding Standard」, The five levels of detail (LOD) defined by City-GML (source: IGG Uni Bonn)

LOD (모델 수준)	모델 스케일	주요 내용	비고
LOD 0	regional, landscape	2.5차원 DTM 모델 -2차원~2.5차원의 DTM(digital Terrain Model)을 의미하며 항공사진이나 지도가 중첩될 수 있음	
LOD 1	city, region	“Block model(지붕구조)” -일반적으로 활용되는 박스형태의 모델로 지붕구조와 텍스처가 없는 형태	
LOD 2	city, city districts, projects	Textured, differentiated 지붕구조 -서로 다른 지붕구조와 텍스처를 표현하며 식생에 대한 객체도 표현할 수 있음(벽, 지붕, 지표면)	
LOD 3	city districts, architectural models (exterior), landmark	detailed architecture model -구조적인 모델로서 벽체와 지붕구조 발코니 등을 포함한 형태(출입구, 문, 창문)	
LOD 4	architectural models (interior), landmark	“walkable” architecture model -LOD 3의 모델을 기준으로 방, 문, 계단, 가구 등의 실내 인테리어 구조를 표현한 형태	

City-GML 모델 3차원 건물 세밀도 기준에서는 건물의 형태, 텍스처, 지붕구조, 출입문 및 창문 등의 유무, 실내 구조 표현 등을 포함하고 있으며, 본 연구에서 제시하는 도화원도를 활용한 3차원 건물은 LOD1 수준으로 정의할 수 있다.

또한, City-GML 모델은 LOD 구분에 따라 물체의 정확성과 최소 크기 표준을 제시하고 있으며 그 기준은 다음과 같다.

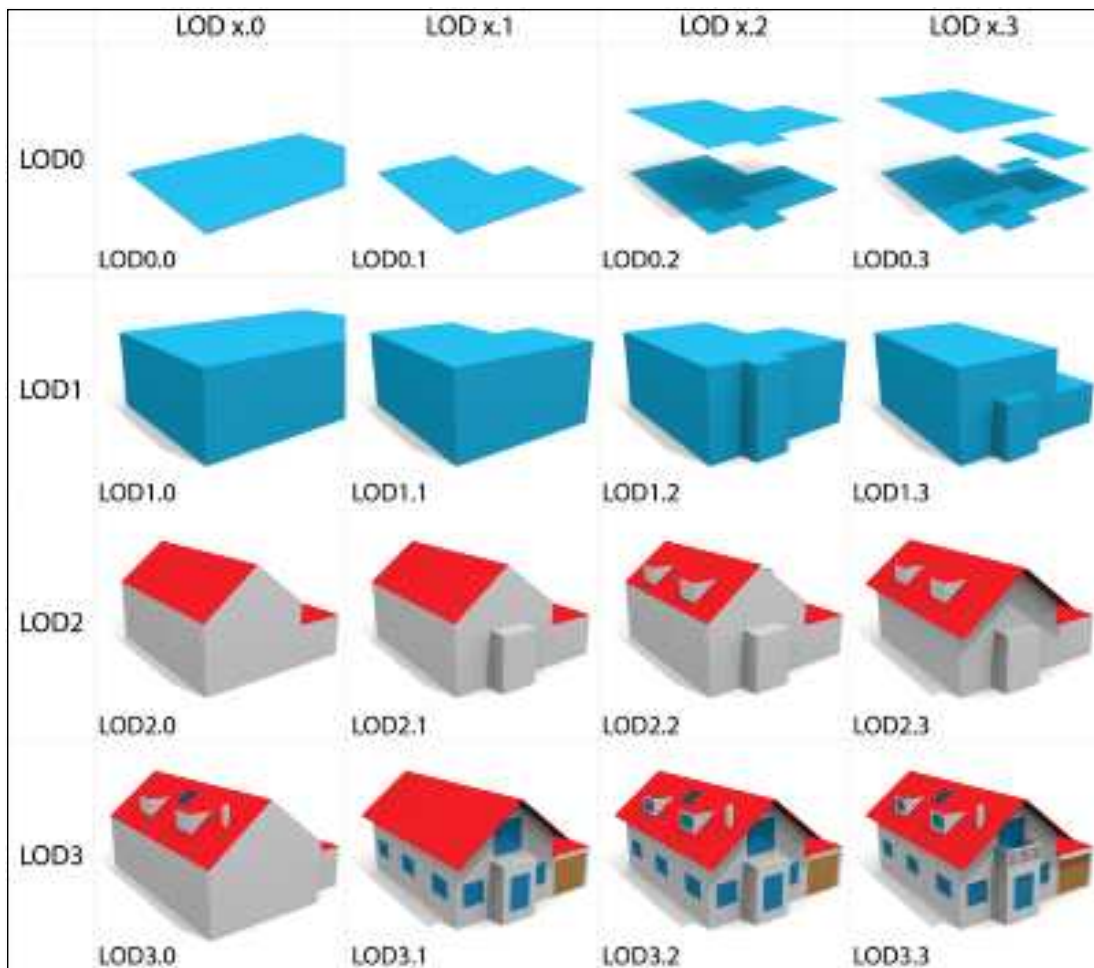
<표2-3> LOD 0-4 of City-GML with their proposed accuracy requirements (discussion proposal, based on: Albert et al. 2003).

Division	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Model scale description	regional, landscape	city, region	city, city districts, projects	city districts, architectural models (exterior), landmark	architectural models (interior), landmark
Class of accuracy	lowest	low	middle	high	very high
Absolute 3D point accuracy (position / height)	lower than LOD1	5/5m	2/2m	0.5/0.5m	0.2/0.2m
Generalisation	maximal generalisation	object blocks as generalised feature; >6*6/3m	object blocks as generalised feature; >4*4/2m	object blocks as generalised feature; >2*2/1m	constructive elements and openings are represented
Building installations	no	no	yes	representative exterior features	real object form
Roof structure/representation	yes	flat	differentiated roof structures	real object form	real object form
Roof overhanging parts	yes	no	yes, if known	yes	yes
CityFurniture	no	important objects	prototypes, generalized objects	real object form	real object form
SolitaryVegetationObject	no	important objects	prototypes, higher 6m	prototypes, higher 2m	prototypes, real object form
PlantCover	no	>50*50m	>5*5m	<LOD2	<LOD2

## 2) 해외 세밀도 연구사례

건물의 경우 City-GML 및 3DF-GML에서 제시하는 세밀도 수준이 단순하고, 세분화되지 않으며, 3차원 건물 표현에 따라 그 기준이 명확하지 않아 세밀도 관련 해외 연구 중 네델란드 Delft 대학교가 연구한 “An improved LOD specification for 3D building models(3D 건물 모델에 대한 개선된 LOD 사양)” 중 “Visual example of the refined LODs for a residential building. (주택을 위한 정제된 LOD의 시각적 예)”를 참고하여 세밀도 수준을 정의할 수도 있었다.

해당 연구는 City-GML을 기반으로 하며, City-GML의 세밀도는 세분화 정의되지 않아 3차원 건물 구현 시 그 표현 수준에 따라 세분화하여 16개의 LOD 수준을 제시하였다. 아래 그림처럼 City-GML을 기반으로 더욱 세분화된 건물 세밀도 표현 수준을 제시하고 있다.



<그림2-2> Delft 대학교가 제시한 LOD 16개 수준

Delft 대학교가 제시하는 세밀도 기준은 건물의 수직 돌출부 뿐만 아니라 평면 돌출부도 고려하고, 지붕구조와 돌출부의 복합 형태, 창문, 출입문 표현 등을 고려하여 세밀도 기준을 16개 단계로 세분화 하였다.

### 3) 국외 3차원 공간데이터 구축 현황

#### □ 영국

- VERTEX MODELLING이라는 회사에서 상업용 입체모형 제작
- 영상매칭 방법을 이용하여 제작
- 도시계획, 일조권 분석, 영화, 마케팅 앱 제작 등에 활용
- 구축범위는 런던, 맨체스터 등 주요 도시를 LOD1~4까지 제작하고, 특히 대학교, 공항 등 주요 시설은 LOD4 입체모형 구축
  - \* LOD4는 제작된 LOD3에 LASER를 이용한 텍스처를 입혀 제작
- 제작된 입체모형을 LOD별, 지역별로 상이한 판매정책 실시

#### □ 미국

- 민간기업인 CyberCity3D라는 회사에서 상업용 입체모형 제작
- 영상매칭 방법을 이용하여 제작
- 자산관리, 보안, 일조권 분석, 재난시뮬레이션 등에 활용
- 구축범위는 마이애미, 팔로알토 등 미국의 약 94개 지역
- 주요 특징으로는 텍스처는 없으나, 세밀도는 매우 높은 편임

#### □ 핀란드

- 헬싱키시에서 행정 효율성 제고 목적으로 입체모형 제작
- 영상매칭 방식을 이용하여 제작
- 환경보호, 국방, 물류, 쓰레기 관리 등에 활용
- 구축범위는 헬싱키 전역을 LOD2 수준으로 구축
- 플랫폼(<https://kartta.hel.fi/3d/atlas>)을 통해 서비스 제공

#### □ 스위스

- 정부 주도로 스위스 전역에 행정 효율성 제고 목적으로 입체모형 제작
- 배경지도에 높이값을 적용하여 제작 추정
- 에너지 효율성 증대, 기후변화 대비 등에 활용
- 구축범위는 스위스 전역을 LOD1 수준으로 구축

#### □ 인도

- 라자스탄 주정부주도로 입체모형 구축



- 드론과 지상라이다를 이용하여 제작
- 문화유적 보존 및 투자 유치 목적에 활용
- 구축범위는 주요 랜드마크를 대상으로 LOD4 수준으로 구축

#### □ 독일

- 독일 베를린시 3D 도시모델 구축
- 수치도지도 활용 방식과 객체형 방식 혼용
- 스마트시티, 지리정보 분석 및 관리에 활용
- 구축범위는 약 50만개 건물
- LOD 1~2는 자동구축, LOD3~4는 수동방식으로 구축

#### □ 네덜란드

- 델프트(Delft) 공대에서 델프트시 3D 도시모델 구축
- 수치도지도 활용 방식
- 인구예측, 소음공해 예방, 에너지 수요 예측, 가시권 분석 등에 활용
- 구축범위는 약 45,000개 건물
- LOD 1~2는 자동구축, LOD3~4는 수동방식으로 구축

#### □ 터키

- 이스탄불시에서 3D 도시모델 구축
- 항공(헬리콥터)라이다, 2D 건물레이어, 항공사진 등 활용하여 구축
- 도시계획에 활용
- 구축범위는 이스탄불시를 LOD2~3급으로 구축
- 지상라이다와 직접조사를 병행하여 세밀도 보강 계획

#### □ 말레이시아

- 말레이시아 지리원에서 Putrajaya 3D 도시모델 구축
- 항공라이다, 2D 건물레이어, 항공사진 등 활용하여 구축
- 대시민 행정서비스 향상에 활용
- 구축범위는 Putrajaya LOD2~3급으로 구축

#### □ 중국

- 우한시 3D 도시모델 구축
- 항공라이다, 2D 건물레이어, 항공사진 등 활용하여 구축
- 범죄예방, 도시계획, 인구계획, 부동산 관리 등에 활용
- 구축범위는 우한시
- 실내 네비게이션 운용을 위해 실내 구조를 고려하여 구축

#### □ 벨기에

- 앤트워프시 입체모형 구축
- 이산화탄소 배출량, 소음·공해 데이터와 대기오염 및 교통량의 실시간 센서 정보를 컴퓨터 모델과 결합하여 해결책을 제시하는 등 디지털 트윈 구현에 입체모형 활용
- 구축범위는 앤트워프시
- 림부르흐 시 3D 도시모델 구축
- 광산 박물관 홍보에 활용
- 구축범위는 림부르흐시

#### □ 덴마크

- 덴마크 정부 주도로 입체모형 구축
- 정기갱신은 항공라이다, 수시갱신은 드론 활용하여 구축
- 시간에 따른 그림자 분석 등에 활용
- 구축범위는 덴마크 전역
- '16년부터 3차원 공간정보를 구축하였으며, '18년에 갱신함

#### □ 호주

- 호주 아델레이드시 3D 도시모델 구축
- 영상매칭 방식으로 구축한 것으로 추정됨
- 도시 및 교통 계획, 시뮬레이션을 통한 건물과 시설물 건축 계획 지원, 인프라 계획 수립 지원 등에 활용
- 구축범위는 아델레이드시 전역
- 50cm급 위치정확도(지형데이터, 건물)로 구축되었으며, 데이터는 전면 개방함

## 나. 국내사례 조사 및 분석

### 1) 국내 3차원 데이터 형식

국토지리정보원 고시 제2019-146호, 3차원국토공간정보구축작업규정 제8조(데이터 형식)에 따라 3차원 국토공간정보는 3차원 공간정보 데이터 형식인 3DF-GML으로 제작하는 것을 원칙으로 하며, City-GML 형식과 상호교환이 가능하도록 하고 있다.

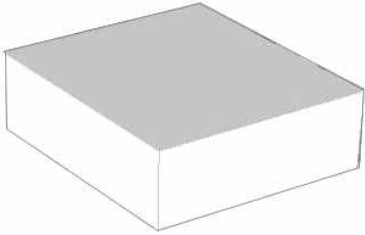



- 3-Dimension Feature GML(Geographic Markup Language)의 약어로, 국내 3차원 국토공간정보를 저장 및 교환하기 위한 XML 기반의 데이터 포맷이다.
- 3DF-GML은 GML 3.1을 기반으로 하는 응용스키마로서, 매우 복잡하고 방대한 모델을 가진 GML 3.1 및 GML 3.1의 응용 포맷으로 개발된 City-GML보다 간결하게 개발된 포맷이다.
- 3DF-GML은 다양한 국내 3차원 응용분야에서 공통적으로 요구하는 기본항목(entity), 속성(attribute), 관계(relation)들을 정의하고 있다.
- 3DF-GML의 표현 범위를 주요 모델의 항목들로 나타낸 것은 다음과 같다.

<표2-4> 3DF-GML의 표현 범위

분류	표현 항목
지형지물	교통, 건물, 수자원, 지형
기하	2, 3차원 객체(선형, 평면 보간 사용), 혼합집합, 동종집합, 혼합복합, 동종복합
위상	단방향 위상(XLink)
세밀도	Level 1, Level 2, Level 3, Level 4
면의 외형	단색 텍스처, 색깔 텍스처, 가상 영상 텍스처, 실사 영상 텍스처
지형	불규칙삼각망(TIN), 격자 커버리지(GRID)
좌표계	구형좌표계, 타원좌표계, 직교좌표계

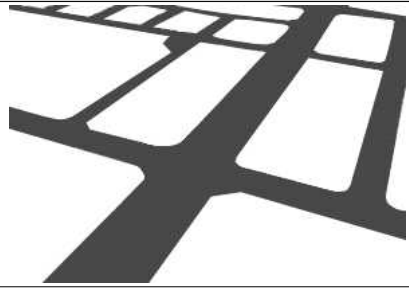
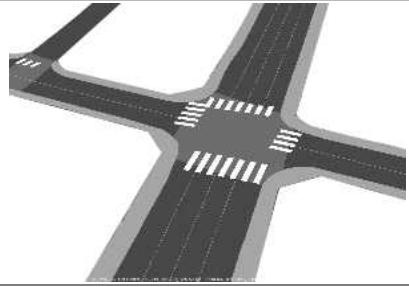
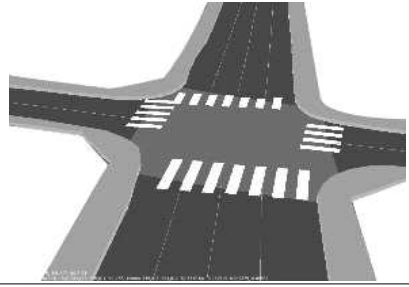
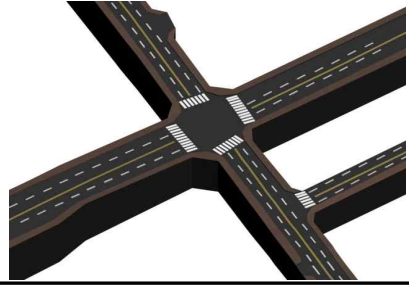
- 3DF-GML은 세밀도를 4단계로 구분하며 3차원 건물에 대한 세밀도는 다음과 같다.

<표2-5> 3차원 건물 데이터 세밀도 및 가시화정보 제작기준

대분류	3차원 건물데이터	
중분류	주거용 및 주거외 건물	
세분류	일반주택 / 공동주택 / 공공기관 / 산업시설 / 문화교육시설 / 의료복지시설 / 서비스 시설 / 기타시설	
세밀도	제작기준	제작 예
Level 1	블록 형태 지붕면은 단색 텍스처 수직적 돌출부 및 함몰부 미제작 단색, 색깔 또는 가상 영상 텍스처	
Level 2	블록 또는 연합블록 형태 지붕면은 색깔 또는 정사영상 텍스처 수직적 돌출부 및 함몰부 미제작 가상 영상 또는 실사 영상 텍스처	
Level 3	연합블록 형태 지붕구조(경사면) 제작 수직적 돌출부 및 함몰부까지 제작 가상 영상 또는 실사 영상 텍스처	
Level 4	3차원 실사모델 지붕구조(경사면) 제작 수직적·수평적 돌출부 및 함몰부까지 제작 실사 영상 텍스처	

- 3DF-GML은 세밀도 중 도로에 대한 세밀도는 다음과 같다.

<표2-6> 3차원 도로 데이터 세밀도 및 가시화정보 제작기준

대분류	3차원 교통데이터	
중분류	도로	
세분류	단위도로면 / 도로교차면	
세밀도	제작기준	제작 예
Level 1	기준에 따른 제작(폭 4m 이상) 3차원 면형 기준 이하는 선형으로 제작 인도면/차도면 미구분 차선, 도로중심선, 횡단보도 미제작 단색 텍스처	
Level 2	기준에 따른 제작(폭 3m 이상) 3차원 면형 기준 이하는 선형으로 제작 인도면/차도면 구분 제작 차선, 도로중심선, 횡단보도 제작 색깔 텍스처	
Level 3	기준에 따른 제작(폭 1.5m 이상) 3차원 면형 기준 이하는 선형으로 제작 인도면/차도면 구분 제작 차선, 도로중심선, 횡단보도 제작 가상 영상 텍스처	
Level 4	기준에 따른 제작(폭 0.6m 이상) 3차원 실사모델 기준 이하는 선형으로 제작 인도면/차도면 구분 제작 차선, 도로중심선, 횡단보도 제작 실사 영상 텍스처	

## 다. 도화성과를 활용한 3차원 건물, 도로 세밀도 정의

수치도화란 사진 기준점 측량으로부터 얻어진 좌표(x, y, h)를 이용하여 해석도화기, 수치 사진 측량 장비 등으로부터 지상에 있는 건물, 도로, 하천 등 지형지물과 등고선 등을 묘사하고, 위치 좌표를 취득하는 것을 말한다.

도화성과를 기반으로 3차원 건물 및 도로를 표현하기 위해 도화성과의 표현범위 및 방식 등을 분석하고, 국내 및 국외 표준을 기반으로 3차원 건물, 도로 데이터의 세밀도를 정의한다.

### 1) 도화성과 3차원 구축형태 분석

#### 가) 도화성과 세부 작업기준

도화성과 작업기준에 의해 도화성과는 3차원으로 구성되며, 폐합된 선형 형태이고, 실형으로 묘사된다.

- 도화 Data는 반드시 3차원(X, Y, H)으로 표현되어야 하며, 도화의 범위는 표정점 이내에서 이루어져야 한다.
- 건물은 각 모서리에 정지한 상태에서 점(Point)으로 관측하여 Poly Line으로 단독 폐합(면)되도록 묘사하여야 한다.(Rectangle 사용 불가) 단, 사찰 등 유선형 건물은 실형으로 묘사하여야 한다.
- 건물의 상단을 정확히 입체화(On the ground)하여 묘사하여야 한다.
- 층수의 변동 등으로 건물상단의 높이가 달라지는 경우에는 각 지점(모서리)을 정확히 입체화(On the ground)시켜 묘사하여야 한다.
- 차양 또는 비닐하우스, 컨테이너 등 임시 설치 구조물이라 할지라도 묘사한다. 다만, 판독이 불확실한 경우 묘사하고, 현지조사 시 확인하여야 한다.
- 집단지역의 건물도 각각 개별로 분리 묘사하여야 한다.
- 시가지 등 밀집지역의 도로경계선은 건물 사이의 공간을 이용하여 최대한 정확히 묘사하여, 표고값을 지형과 일치시켜야 한다.
- 강변도로 등의 도로경계가 제방 경계와 중복될 경우에도 각각 개별 묘사하여야 한다.
- 폭 3.0m(지상)이상의 도로는 실폭으로 묘사하고, 그 이하는 도로의 중앙을 단선으로 묘사하여야 한다.
- 고가도로, 입체교차로 등의 겹치는 부분은 개별로 중복 묘사하여야 한다.
- 교량은 도로경계선으로 연결 묘사하고, 교량부분을 면으로 중복 묘사한다.
- 우마차도와 소로는 정확히 구분할 수 있는 만큼 묘사한다.
- 도로경계선이 건물, 담, 제방 등과 겹치는 경우에도 개별 중복 묘사하여야 한다.
- 국도·지방도 등의 일반도로와 아파트 단지 등 부지안도로 등 도로 관련 Layer가 바뀌는 부분은 상호간 연계(결합)하여 묘사하여야 한다.

- 철도부지의 암거지역 등을 입체적으로 통과하는 도로는 개별 중복(연결)묘사하여야 한다.(단, 터널 안 도로는 제외)
- 도로주변의 음식점 등으로 인한 일시적인 빈 공간(마당, 주차 공간 등)은 도로에 포함하지 않는다.(가급적 평행선으로 묘사)
- 도로의 끝 부분은 개방 묘사하여야 한다.

#### (1) 도화성과 묘사의 정확도

항공사진측량 작업규정 [국토지리정보원고시 제2016-2609호]에 의한 묘사 정확도는 평면 1.0 ~ 2.0m이며, 수직정확도는 표고점을 기준으로 0.5 ~ 1.0m로 표현된다.

<표2-7> 세부도화 묘사오차의 허용범위

도 화 축 척	표준편차			최대오차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1/500	0.1m	0.2m	0.1m	0.2m	0.4m	0.2m
1/1,000	0.2m	0.3m	0.15m	0.4m	0.6m	0.3m
1/5,000	1.0m	1.0m	0.5m	2.0m	2.0m	1.0m
1/10,000	2.0m	2.0m	1.0m	4.0m	3.0m	1.5m
1/25,000	5.0m	3.0m	1.5m	10.0m	5.0m	2.5m

#### (2) 도화성과 유형별 3차원 표현형태 분석

도화성과는 전국을 대상으로 동일한 축척으로 수치지도 상에 표현되는 모든 지형지물의 3차원 위치 정보가 포함된 자료로서 3차원 건물, 도로 구축이 용이한 자료이다.

도화성과 건물은 항공사진 기준으로 지붕 또는 건물 상단의 외곽만을 묘사하므로 평면도상에서 정점이 발생하는 지점에만 높이 값이 부여되고, 동일한 지점의 높이차가 발생하더라도 낮은 지점은 표현되지 않는다.

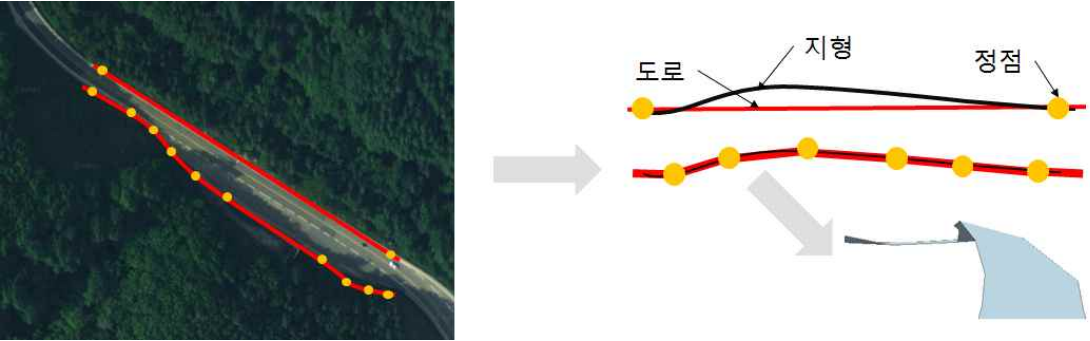
그러나, 평면도를 기준으로 건물의 돌출부위 및 유선형의 표현은 세밀하게 묘사하고 있으나, 동일 건물에서 좌우 높이가 다른 경우는 3차원 구현 시 실형과 다르게 사선으로 왜곡되는 현상이 발생된다.

<표2-8> 도화성과 3차원 묘사형태 분석

표현대상	표현대상 세부형태	도화성과 표현형태
		
		
		
		
		

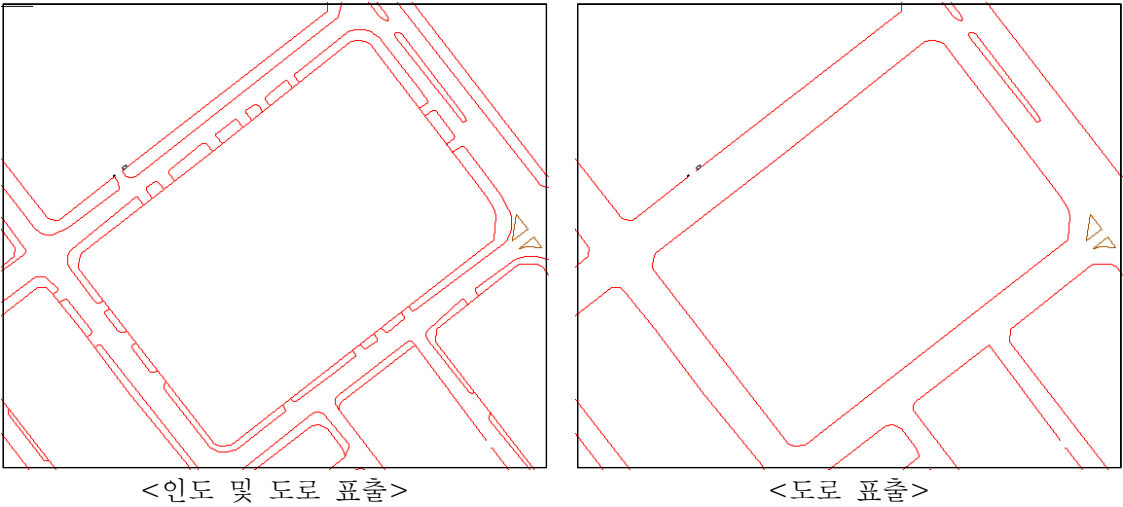


도화성과의 도로는 각 정점별 높이 값을 가지며, 건물과 동일하게 평면도 상에서 정점이 발생하는 지점에만 높이 값의 변동이 발생되고, 높이 값이 변동되더라도 평면도 상에서 직선구간인 경우 높이의 변화를 표현하지 않는다. 또한, 도로 양쪽 정점의 입력된 정점 개수 차이로 한 쪽에만 높이 값이 적용되어 실제 형상과는 다르게 도로의 경사부가 왜곡되는 현상도 발생한다.



<그림2-3> 도화성과 도로의 3차원 표현

도화성과의 도로는 인도를 포함하여 도로 폭을 표현하고 있으며, 3m 이상인 경우 실폭 표현하고, 3m 이하의 경우 단선 표현한다.



<그림2-4> 도화성과 도로의 표현 범위

## 나) 세밀도 수준 정의

### (1) 국내 및 국외 세밀도 분석

건물의 경우 City-GML과 3DF-GML에서 제시하는 세밀도 LOD1은 Block model 형태로 텍스처가 없거나, 단색 텍스처인 것을 알 수 있으며, 본 연구에서 제시하는 도화성과를 활용한 3차원 건물 데이터의 세밀도 수준과 유사하다.

세밀도 LOD2는 City-GML의 경우 Textured, differentiated 지붕구조이고, 3DF-GML의 경우 수직적 돌출부 및 함몰부를 미제작하고 있어 LOD2의 표현 기준이 서로 상이하다.

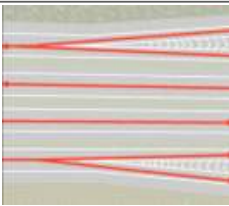
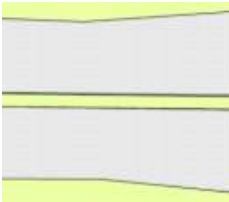
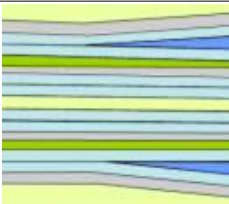

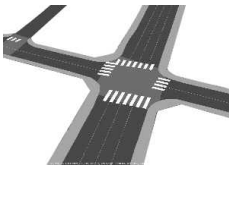
<표2-9> 국내 및 국외 건물 세밀도 분석

자료형식	세밀도	주요 내용	비고
City-GML	LOD 1	<p>“Block model(지붕구조)”</p> <p>－ 일반적으로 활용되는 박스형태의 모델로 지붕구조와 텍스처가 없는 형태</p>	
	LOD 2	<p>Textured, differentiated 지붕구조</p> <p>－ 서로 다른 지붕구조와 텍스처를 표현하며 식생에 대한 객체도 표현할 수 있음(벽, 지붕, 지표면)</p>	
3DF-GML	Level 1	<p>블록 형태</p> <p>지붕면은 단색 텍스처</p> <p>수직적 돌출부 및 함몰부 미제작</p> <p>단색, 색깔 또는 가상 영상 텍스처</p>	
	Level 2	<p>블록 또는 연합블록 형태</p> <p>지붕면은 색깔 또는 정사영상 텍스처</p> <p>수직적 돌출부 및 함몰부 미제작</p> <p>가상 영상 또는 실사 영상 텍스처</p>	

도로의 경우 City-GML에서 제시하는 세밀도 LOD1은 그 기준이 명확하지 않으며, 3DF-GML에서 제시하는 세밀도 LOD1은 도로 폭 4m 이상을 면형 표현하고 있으며, 인도면과 차도면을 구분하지 않고, 단색 텍스처인 것과 비교하면, 본 연구에서 제시하는 국가기본도 차도경계면을 활용한 3차원 도로 데이터의 세밀도는 3DF-GML에서 제시하는 세밀도 LOD1의 구축 형태와 유사하거나, 도로 폭의 구축기준은 더 세밀한 것을 알 수 있다.

종합적으로 평가하면, LOD1을 기준으로 비교 결과 3DF-GML의 세밀도 보다 국가기본도 DB를 활용하여 구축되는 3차원 도로 데이터가 더 세밀한 것을 알 수 있다.




<표2-10> 국내 및 국외 도로 세밀도 분석

자료형식	세밀도	주요 내용	비고
City-GML	LOD 0	중심에 위치한 선형으로 도로 형상 표현	
	LOD 1	실제 형상을 표현한 면형으로 도로 형상 표현	
	LOD 2~4	인도, 차도, 녹지 등 세부 구분	
3DF-GML	Level 1	기준에 따른 제작(폭 4m 이상) 3차원 면형 기준 이하는 선형으로 제작 인도면/차도면 미구분 차선, 도로중심선, 횡단보도 미제작 단색 텍스처	
	Level 2	기준에 따른 제작(폭 3m 이상) 3차원 면형 기준 이하는 선형으로 제작 인도면/차도면 구분 제작 차선, 도로중심선, 횡단보도 제작 색깔 텍스처	

## 2) 연구에서 제시하는 3차원 건물, 도로의 세밀도 수준 정의

본 연구에서는 도화성과를 기반으로 하는 3차원 건물 데이터의 세밀도는 City-GML 및 3DF-GML의 세밀도 기준에 따르면 LOD 1 수준으로 정의된다. 해외 연구 사례 중 Delft 대학교에서 제시한 세밀도 기준을 적용하여 세분화하면 LOD1.2 수준으로 정의할 수 있다. LOD 1.1의 경우 평면의 정확도가 도화성과 기반 3차원 건물보다 낮으며, LOD 1.3의 경우 건물의 수직적 돌출부를 표현하나, 현재의 도화 묘사 방법으로는 3차원 건물의 수직적 돌출부를 표현하지 않는다. 다만, 세밀도 개선연구에서 제시하는 건물 상단부의 추가 도화 묘사를 통해 세밀도를 개선하면 LOD 1.3 혹은 LOD 2.0 수준까지 표현 가능하다.

<표2-11> 도화성과 기반 3차원 건물 세밀도 수준 정의(예시)

LOD (모델 수준)	주요 내용	비고
LOD 1.2	<p>(국가기본도 DB 건물 활용)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polygon(2D) 형태이고, 속성을 통해 건물의 상단높이, 하단높이, 건물높이를 표현한다.</li> <li>- 상단 표현은 수평으로 표현하며, 수직적 돌출부, 함몰부, 경사는 표현하지 않는다.</li> <li>- 텍스처는 표현하지 않는다.</li> </ul>	
LOD 1.3	<p>(추가 도화 시 돌출형 상단)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polygon(2D) 형태이고, 속성을 통해 건물의 상단높이, 하단높이, 건물높이를 표현한다.</li> <li>- 상단 표현은 수직적 돌출부를 표현한다.</li> <li>- 텍스처는 표현하지 않는다.</li> </ul>	
LOD 2.0	<p>(추가 도화 시 경사형 상단)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polygon(3D) 형태이고, 속성을 통해 건물의 하단높이를 표현한다.</li> <li>- 상단 표현은 경사를 표현한다.</li> </ul>	


도로의 경우 City-GML과 3DF-GML 중 3DF-GML의 LOD1이 연구에서 제시하는 국가기본도 DB 차도경계면을 활용한 3차원 도로데이터의 세밀도와 가장 유사하여 국내 기준인 3DF-GML의 세밀도 기준에 따라 LOD1으로 정의할 수 있다.

다만, 제작대상의 최소 도로 폭이 국가기본도 DB 차도경계면은 3m, 3DF-GML의 LOD1이 4m 이고, 기준 이하는 선형으로 제작하는 부분의 차이가 존재한다.

제작대상 최소 도로 폭은 3m로 국가기본도 DB 차도경계면을 활용한 도로가 더 정밀하여, 제작 대상 최소 도로 폭은 국가기본도 DB 차도경계면의 기준 폭인 3m로 정의한다.

기준 폭 이하 단선 구축은 3차원 구축데이터의 활용성 측면에서 사용범위가 낮으므로 세밀도 정의에서는 제외하고 3차원 도로 데이터는 실폭도로만 표현하는 것으로 정한다.

<표2-12> 도화성과 기반 3차원 도로 세밀도 수준 정의(예시)

LOD (모델 수준)	주요 내용	비고
LOD 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기준에 따른 제작(폭 3m 이상)</li> <li>- 3차원 면형</li> <li>- 인도면/차도면 미구분</li> <li>- 차선, 도로중심선, 횡단보도 미제작</li> <li>- 단색 텍스처</li> </ul>	

## 라. 소결론

도화성과를 활용한 3차원 건물의 세밀도 수준은 국제표준인 City-GML에서 규정한 LOD 1 수준 정도이며, City-GML의 LOD 수준을 구체적으로 세분화 한 해외연구 사례를 적용하면 16개의 LOD 수준 중 LOD1.2 수준으로 정의할 수 있다. 추가 도화를 통해 세밀도가 개선되면 건물 상단의 돌출부 표현이 가능하므로 3차원 건물 세밀도는 LOD 1.3으로 정의할 수 있으며, 지붕 경사를 추가 도화 한 건물의 경우 LOD 2.0 수준으로 정의 할 수 있다.

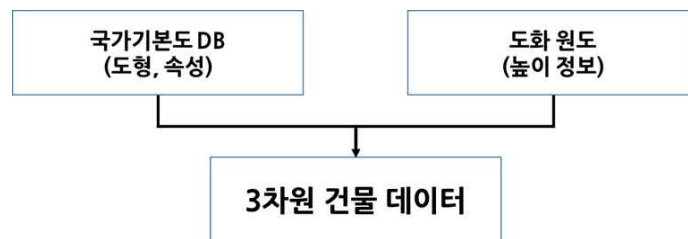
3차원 도로 데이터의 경우 도화성과를 이용한 3차원 도로 데이터의 세밀도 수준은 국내 기준인 3DF-GML에서 규정한 LOD 1 수준으로 정의할 수 있다.

## 2. 3차원 건물 데이터 구축방안

### 가. 도화성과를 활용한 건물 데이터 구축방안

#### 1) 도화성과 분석

3차원 건물 데이터를 구축하기 위해 도화성과를 분석한 결과 다양한 문제점과 이슈 등이 발견되었으며, 도화원도의 일부 오류는 수작업 요소가 과다하게 발생하는 이유로 국가기본도 DB 건물을 도형 및 속성의 기반자료로 활용하고, 국가기본도 DB에 없는 높이정보는 도화성과를 활용하여 입력하는 최적의 방안을 마련하였다.



<그림2-5> 3차원 건물 데이터 구축 방안

#### 가) 속성정보 입력 한계

3차원 건물데이터의 속성정보의 유무는 GIS 자료로서의 활용도에 중요한 요소이며, 도화성과는 정위치 및 구조화 편집 전 자료이고, 현장조사 등을 통한 명칭, 층수, 용도, 형태 등 속성정보가 없는 자료이다. 도화성과에 존재하는 속성정보로는 주택, 무벽건물, 가건물, 공사중 건물 등으로 나뉘는 건물 종류에 대한 정보가 존재하나, 현장조사결과가 반영되지 않은 사진판독만으로 구분된 정보로 신뢰도는 높지 않고, 다양한 속성정보 부재로 건물 데이터 활용에 한계가 있다.

#### 나) 현황측량성과 관련 이슈

도화원도를 분석한 결과 국가기본도 갱신 시 현황측량 결과를 반영한 건물 일부가 도화원도에는 반영되지 않아 최신성에 일부 문제가 있었다. 시흥시를 대상으로 현황측량성과 누락 건수를 확인한 결과 현황측량성과 기반 건물 총 726건 중 12건의 건물 누락을 확인하였다.

#### 다) 도형오류 문제

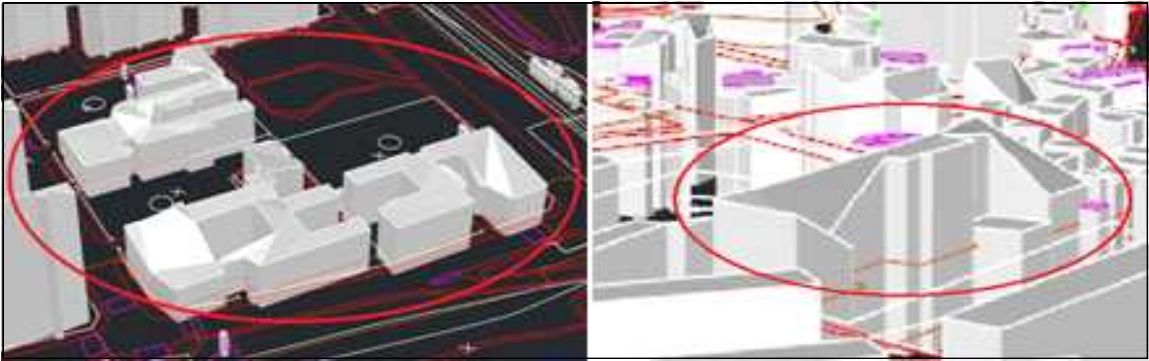
본 연구에서 도화오류 유형을 분석한 결과 겹침오류, 단락오류, 중복오류 등 도형오류가 도화성과에 일부 포함하고 있다. 도형오류는 3차원 가시화시 건물 중첩, 건물 유실 등의 문제가 발생되어

자료의 신뢰성이 저하될 수 있다. 또한, 3차원 건물데이터 제작 시 면형으로 변환하는 과정에서 객체가 유실되는 문제가 발생할 수 있으며, 속성정보 보완을 위해 국가기본도 DB와 융합하는 경우에도 도형오류로 인해 속성연계 과정에서 문제가 발생할 수 있다.

라) 도화성과 높이정보 분석

도화성과의 높이정보는 각 정점별 높이 값이 각각 개별 입력된 형태이며, 동일한 지점의 높낮이가 서로 다른 지점의 경우 상단 지점만을 묘사한다. 또한, 건물 지반고에 해당하는 건물 최하단 높이 값에 대한 정보는 도화성과에 없어 대책 마련이 필요했다.

도화성과 중 건물에 입력된 각 정점별 3차원 높이 값을 활용하여 상단(지붕)을 표현하는 방식에 대해 1차적으로 테스트를 수행하였으며, 상단의 높이 값을 그대로 유지한 경우 건물 상단면이 일그러지는 등 왜곡 현상이 발생하였다.



<그림2-6> 도화성과 높이 값 유지 시 상단면 왜곡 발생

도화성과 건물에 짧은 간격의 정점, 객체꼬임 등 기하오류로 인하여 3차원 구현 시 상단(지붕)표현되지 않는 오류가 발생하였으며, 이 문제는 기하오류를 자동 소거하여 해결할 수 있었다.



<그림2-7> 건물 상단(지붕) 표현의 오류 예시



## 2) 국가기본도 DB 융합을 통한 3차원 건물데이터 구축

### 가) 자료 간 융합을 통한 높이정보 입력

도화성과의 다양한 문제를 해결하기 위해 도화성과를 수정하기 보다는 비용절감 및 정보완전성 확보를 위해 국가기본도 DB를 기반으로 도화성과의 높이정보를 국가기본도 DB에 융합한다. 속성으로 연동할 수 있는 고유ID 값이 없으므로 공간중첩분석을 통해 융합하고, 효율적인 공간중첩을 위해 도화성과를 면형으로 변환한 후, 도화 건물 최대 높이 값을 속성으로 부여한다.

### 나) 건물 상단 구현 방안

3차원 건물 상단면의 일그러짐 현상을 해결하기 위해 각 건물객체의 정점 중 높이 값이 가장 큰 값을 모든 정점에 적용하여 동일한 높이로 평탄화된 건물 상단면을 표현하였다. 이는 앞서 정의된 세밀도 LOD 1 수준으로 구현되었다.



<그림2-8> 최대 높이 값을 활용한 상단면 평탄화

건물 정점 최대 높이 값을 활용하여 건물 상단을 평탄화 한 경우 수직적으로 돌출된 건물 및 경사 형태의 건물은 상단(지붕)면이 동일한 높이로 일반화되어 표현된다.



<표2-13> 3차원 건물 상단(지붕) 표현 방안

유형	실제현황	3차원 건물 표현형태
박스형태		
경사진 지붕		
수직적 돌출형태		

### 3) 건물 최저(하단)높이 값 설정 방안

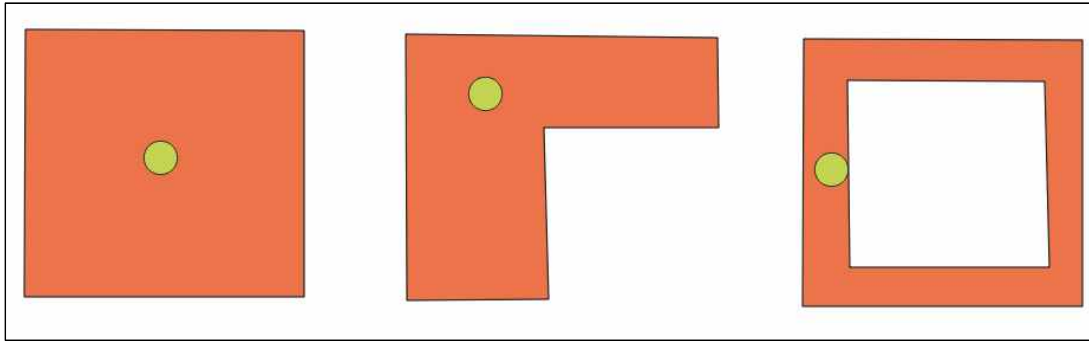
도화성과의 건물은 평면도 상에서 보이는 상단의 높이 값을 입력하므로 하단의 높이 값은 도화성과 자체만으로는 설정할 수 없었다.



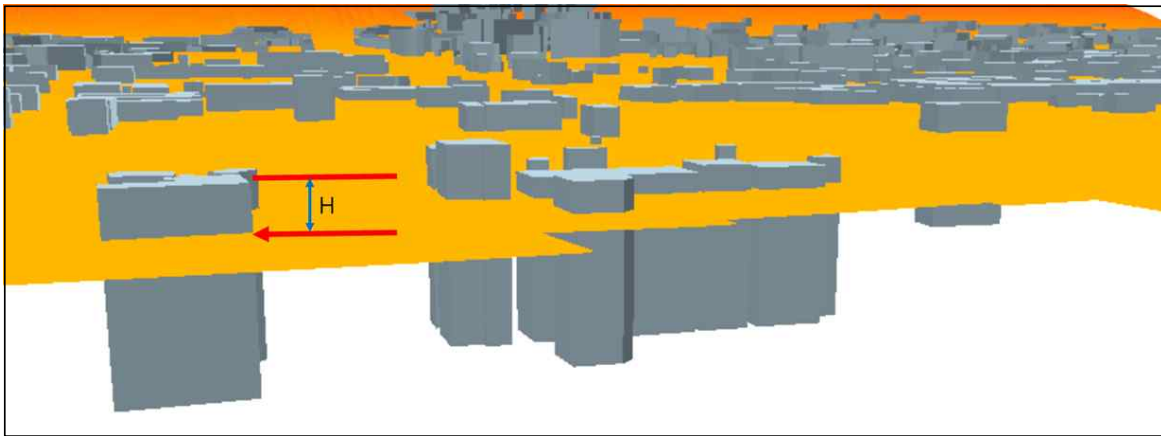
<그림2-9> 하단 높이 값 정보가 없는 도화성과

건물의 3차원 속성정보 중 건물의 최저 높이를 입력하기 위해서 DEM을 활용하여 지면의 높이를 건물 최저 높이로 입력하였으며, 건물 하단의 높이 오차를 최대한 줄이기 위해 건물 중심점에 공간 중첩되는 지점의 DEM의 높이를 추출하여 건물 최저 높이 값으로 설정하였다.

향후 건물의 최상단 높이와 최저점 높이를 도화 묘사 시 입력할 수 있다면 3차원 기초자료로서, 활용도는 더욱 높아질 것으로 사료된다.



<그림2-10> 건물 내부 중심점 추출

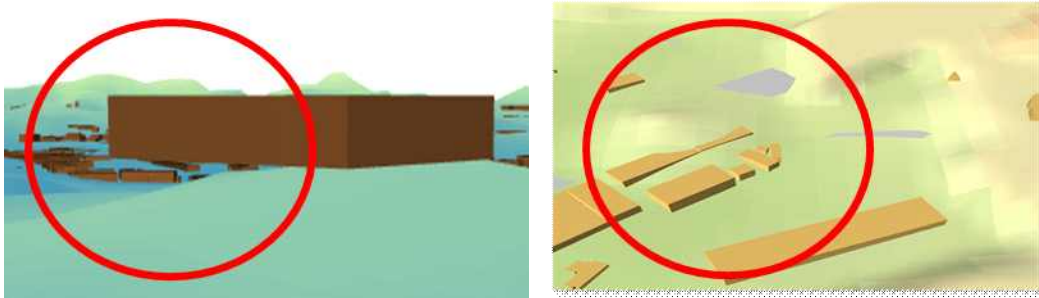


<그림2-11> DEM을 통한 건물 최저 높이 값 추출



<그림2-12> 건물 최저(하단) 높이 값 설정 결과

건물의 하단 높이 값은 건물 내부 중심점의 DEM 높이 값으로 설정하였으나, 5m DEM의 한계로 인해 건물과 불부합 문제는 일부 발생하였다. 향후 1m DEM이 전국 확산 구축되면 이러한 건물과 DEM 간 불부합 문제는 개선될 것으로 기대된다.



<그림2-13> 건물 하단과 DEM간의 불부합

## 나. 현황측량 성과를 활용한 건물 구축방안

### 1) 원시자료 분석

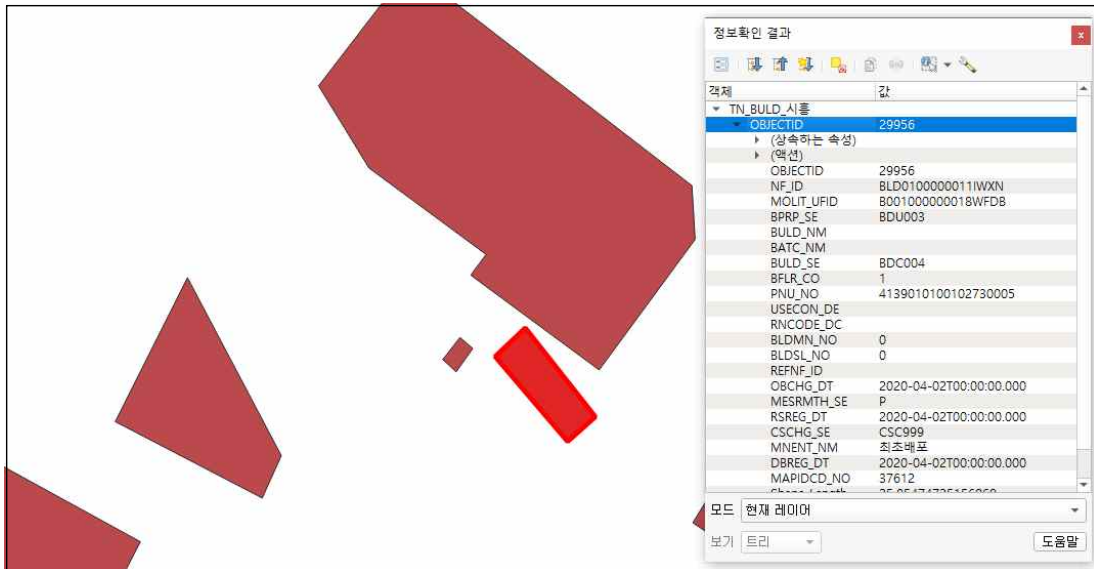
현황측량 성과는 국가기본도 수정사업자가 VRS, 토탈스테이션 등 측량장비를 활용하여 측량 대상의 정점별 X, Y, Z값을 획득하고 획득한 자료를 수치지형도 1.0, 국가기본도 등에 반영한 자료이다. 이 중 3차원 구현을 위하여 3차원 높이 값이 포함된 측량성과 및 속성정보가 포함된 국가기본도 DB를 활용하면 3차원 건물 구축이 가능하다.

<표2-14> 현황측량 원시자료 분석

항목	3차원유무	내용	좌표계	형식
인덱스		수치지형도 1.0 형식의 현황측량객체 및 속성내용 등	GRS 80 - TM	dwg, dxf
수치지형도 1.0		수치지형도 1.0	GRS 80 - TM	dwg, dxf
현장 사진		현황측량 대상의 원경 및 근경	-	JPG, PNG
측량성과	3차원	현황측량 대상 별 주소 및 정점 별 X, Y, Z	GRS 80 - TM	CSV
국가기본도 DB		국가기본도 DB 형식의 현황측량 객체	GRS 80 - UTMK	GPKG
품질검사 보고서		현황측량 성과 중 국가기본도 DB에 대한 품질검사보고서	-	PDF

경기 시흥시 대야동 273-11	A	B	C	D
경기 시흥시 월곶동 307	1	539004.8	181835.4	49.455
경기도 대야동 시흥시 664-6 (2)	2	539009.4	181835.1	49.455
경기도 대야동 시흥시 664-6(1)	3	539027.8	181810.9	49.455
경기도 대야동 시흥시 664-9	4	539017.7	181803.2	49.455
경기도 시흥시 거모동 267-8	5	539010.8	181807.5	49.455
경기도 시흥시 거모동 581	6	539003.5	181817.6	49.455
경기도 시흥시 거모동 828	7	539001.7	181816.3	49.455
	8	538993.7	181827.3	49.455

<그림2-14> 현황측량 원시자료 중 측량성과



<그림2-15> 현황측량 원시자료 중 국가기본도 DB

## 2) 포맷변환 및 원시자료 점검

측량성과 자료를 DB TABLE 자료로 변환하고, 변환 후 X, Y, Z의 유효성 검사를 수행한다.

측량성과 자료를 DB TABLE 자료로 변환 시 CSV 파일명의 공백, 특수문자 등을 소거해야 하고, 그 과정에서 파일명의 중복 및 X, Y, Z 값 누락여부를 점검한다.

X값 혹은 Y값의 누락이 존재하는 경우 동일한 건물에 다른 점형 중 X, Y값이 올바른 점형이 존재하는 경우 누락된 점형은 삭제 처리한다. 그러나, 한 건물에 올바른 X, Y값이 없는 경우 별도 추출하여 주소정보를 이용하여 지오코딩을 통해 국가기본도 DB에 높이 값을 적용한다.

Table						
A01_현황측량_시통_Merge_NULL객체제거						
	OBJECTID *	Field1	Field2	Field3	Field4	file_nm *
	4612	2	<Null>	176501,47	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4613	3	<Null>	176504,3291	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4614	4	<Null>	176505,1618	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4615	5	<Null>	176510,818	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4616	6	<Null>	176511,6507	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4617	7	<Null>	176515,9268	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4618	8	<Null>	176517,985	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4619	9	<Null>	176519,7313	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4620	10	<Null>	176521,2868	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4621	11	<Null>	176529,4132	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2

<그림2-16> X 혹은 Y값 누락

Z값이 누락된 경우 주소정보 및 층수정보를 활용하여 높이 값을 대체 입력한다.



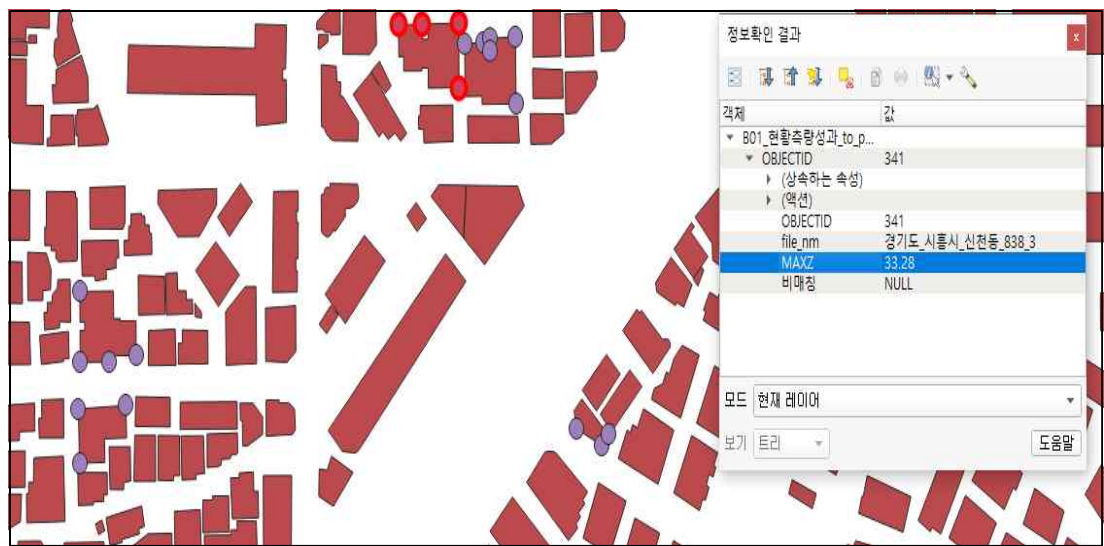
X, Y값이 서로 반대로 입력된 경우 혹은 좌표원점 오류는 점형으로 변환하여 육안검사 등을 통해 추출하며, 육안검수 작업을 원활히 진행하기 위해 시군구 단위로 작업하는 것이 효율적이다.

6	6	539003,462	181817,572	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
7	7	539001,684	181816,277	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
8	8	538993,677	181827,271	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
9	1	180399,601	530356,838	50,161	경기_시흥시_월곶동_307
10	2	180391,704	530353,781	50,185	경기_시흥시_월곶동_307
11	3	180386,856	530365,492	50,138	경기_시흥시_월곶동_307
12	4	180394,292	530369,119	50,245	경기_시흥시_월곶동_307
13	1	539297,268	182245,956	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
14	2	539302,776	182233,974	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
15	3	539326,812	182245,024	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
16	4	539321,304	182257,006	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2

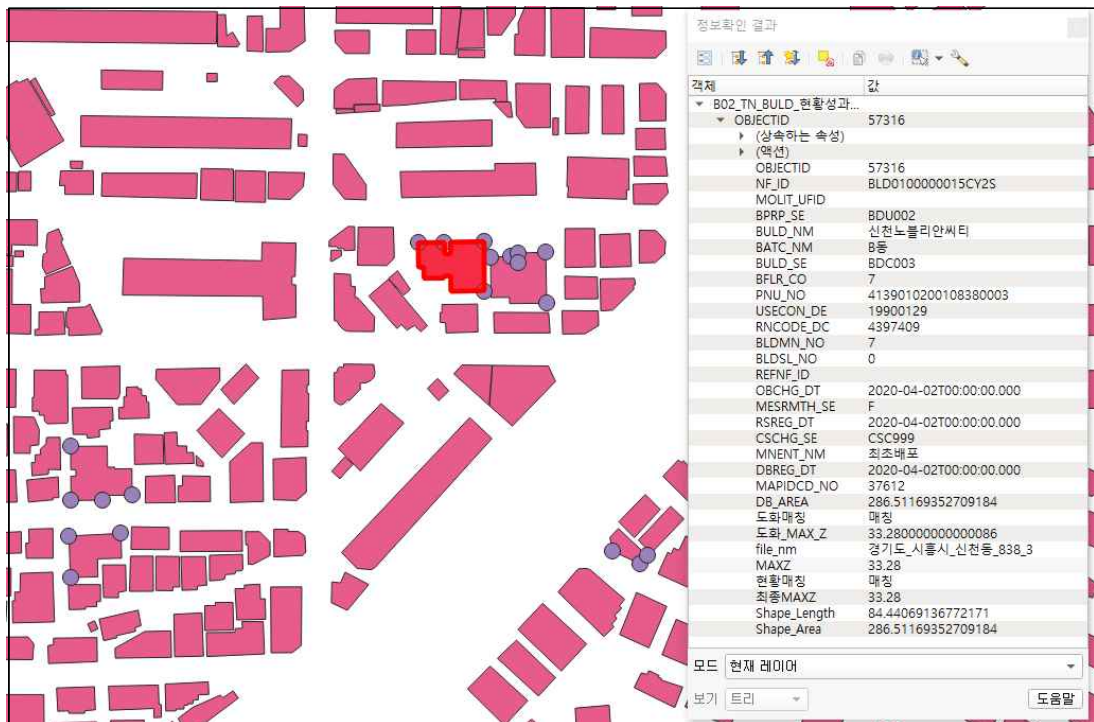
<그림2-17> x,y 값 입력오류

### 3) 현황측량 성과 적용

현황측량 성과를 국가기본도 DB에 적용시키기 위해서는 공간중첩을 통해 국가기본도 DB 건물에 현황측량성과의 높이 값을 입력하여야 한다. 이를 위해 국가기본도 현황측량 성과를 점형으로 변환하고, 파일명을 기준으로 측량점 중 건물 최대 정점 높이 값을 입력한다.



<그림2-18> 점형변환 및 최대 높이 값 추출



<그림2-19> 국가기본도 DB 건물에 공간중첩을 통한 최대 높이 값 입력

도화성과와 현황측량성과가 서로 중첩된 경우 자료의 최신성을 확인하고, 최신 자료를 기준으로 중복된 구 데이터를 제거 한다.

## 다. 소결론

국가기본도 DB 구축 시 중간 산출물인 도화성과는 국토지리정보원에서 생산하는 자료 중 유일하게 전 국토의 건물, 도로의 도형과 높이 값을 동시에 갖고 있는 자료로서, 항공사진측량을 통해 실제 건물의 높이 정보를 묘사하고 있어 높은 정확도를 보장하고 있다.

또한, 부속건물, 임시건물 등 실세계 모든 건물을 묘사하고 있어 실세계 건물 현황과 가장 유사한 자료로서, 본 연구에서 진행하는 3차원 건물을 구축하는데 적합한 자료라 판단된다.

그러나, 도화원도에는 국가기본도 DB 중간 산출물인 관계로 속성정보의 누락, 현황측량 기반 건물의 일부 누락, 도형오류 문제 등을 해결 하는데 시간과 비용 증가하는 문제로 인해 연구에서는 도화 성과는 높이 정보만을 활용하고, 도형정보와 속성정보는 국가기본도 DB건물을 기반으로 활용하는 최적의 방안을 제시하였다. 건물의 상단은 도화 성과의 건물 최대 높이 값을 국가기본도 DB와 융합을 통해 속성으로 부여하며, 건물의 하단 높이 값은 DEM을 활용하여 지면의 높이를 적용하는 방안을 제시하였다.

향후 개선된 작업 지침에 따라 건물 최고 높이 값과 최저 값을 도화 시 관측하여 도화원도에 입력하면 더욱 고도화 된 3차원 건물 데이터를 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 3차원 도로 데이터 구축방안

#### 가. 차도중심선 확장을 통한 3차원 도로 데이터 제작

3차원 도로데이터 구축에 필수적인 요소 중 가장 중요한 도로 면형 데이터를 구축하는 일이다. 본 연구에서는 도화성과의 도로 선형을 면형으로 제작하는 것은 수많은 도화원도의 오류 수정과 3D PolyLine을 면형으로 제작하는 것이 경제적으로 비효율적이라 판단하고, 차선택으로 국가기본도 차도중심선의 도로 폭 속성을 이용하여 도로 면형을 제작하는 방안을 테스트 하였다.

국가기본도 DB 차도중심선의 도로 폭을 활용하여 3차원 도로데이터를 구축하는 방법을 수행한 결과 몇 가지 문제가 발생하였다. 첫째, 교차로 가각 등 도로 폭이 현실과 맞지 않은 문제가 발생하였다. 둘째, 국가기본도 차도중심선의 도로 폭 입력 오류로 인한 도로 폭 왜곡 문제가 발생하였다.

차도중심선 도로 폭의 문제점을 해결하기 위해서는 생성된 도로면과 차도경계면 혹은 항공정사영상을 육안으로 비교하여야 하므로 비용 및 시간이 과도하게 소요된다.

발견된 문제점으로 인해 3차원 도로 데이터는 차도중심선의 도로 폭을 활용하여 제작하는 것은 부적합하다 판단하고 국가기본도 DB 차도경계면을 활용하는 방안을 검토 하였다.

#### 1) 차도중심선 확장을 통한 3차원 도로 데이터의 문제점

차도중심선 확장을 통한 3차원 도로데이터 구축 방안은 가각 문제 및 도로 폭 오류 등 문제점이 존재한다.

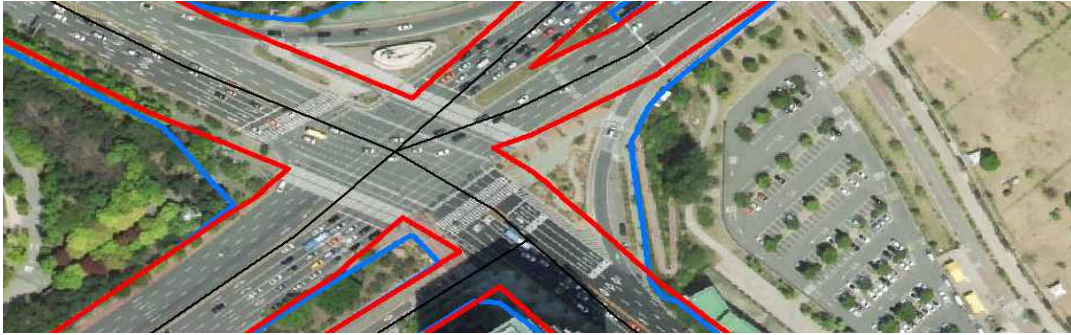
##### 가) 교차로 등 가각 표현 오류

교차로의 곡선표현 등 불규칙적인 실제 도로 형상의 세밀한 표현은 차도중심선 확장 등 정형화된 형상표현 방식을 통해서서는 부정확하게 표현된다.

실제 형상과의 차이로 인하여 인접해있는 건물 및 도로와의 중첩 등 시각적, 기하학적 문제점이 추가로 발생한다.

또한, 도로와 DEM 간의 불부합을 해결하기 위해 Breakline 편집 작업은 도화성과의 도로경계를 이용하여 수행되므로 두 자료간의 형상차이로 인하여 지형 불부합 문제를 해결할 수 없다.





<그림2-20> 차도 폭을 통한 경계면 제작시 가각 오류 발생1

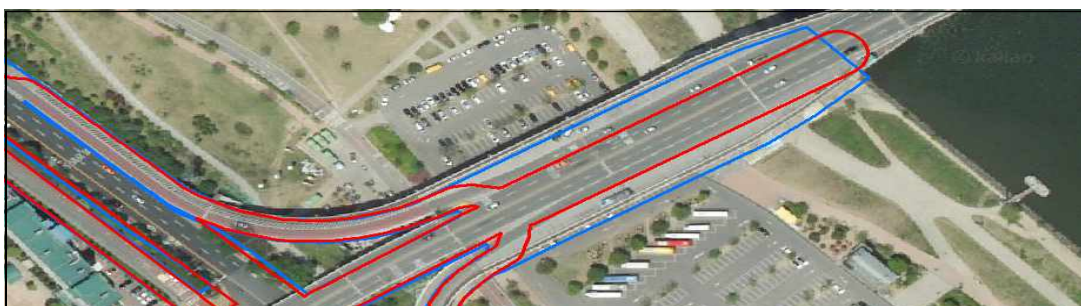


<그림2-21> 차도 폭을 통한 경계면 제작시 가각 오류 발생2

#### 나) 도로 폭 오류

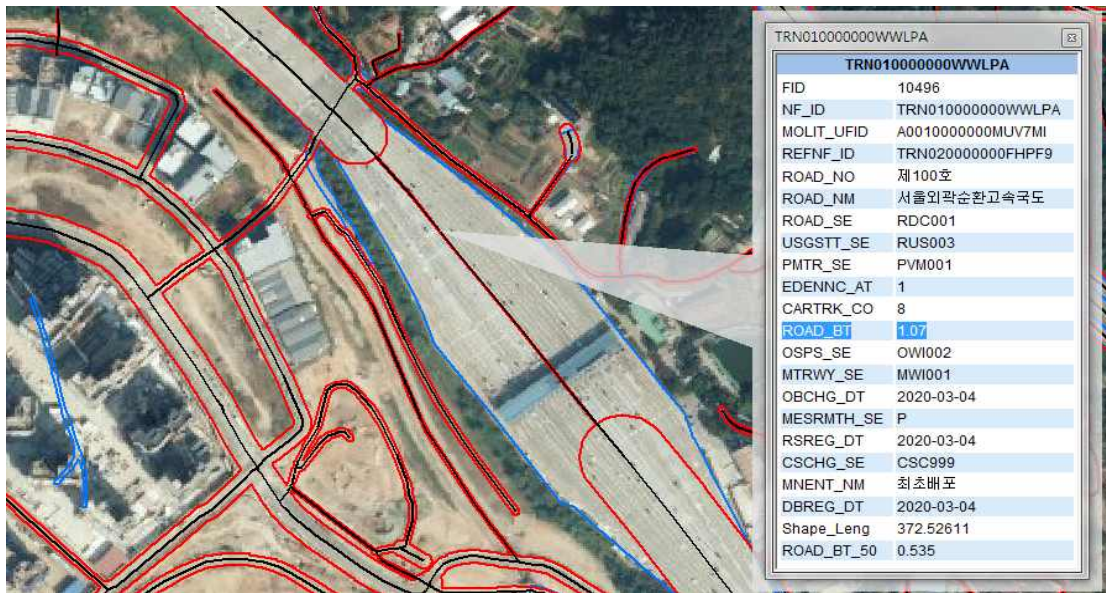
도로 폭 오류는 실제 도로 폭과 입력된 도로 폭이 차이나는 경우이며, 고가도로와 일반도로가 같이 존재할 경우 고가도로 폭으로만 입력하는 경우 및 입력오기 등의 이유로 발생한다. 도로 폭은 수작업을 통해 입력되고, 검수 방법 또한 수작업을 통해 진행되므로 테스트로 진행된 여의도, 시흥시에서도 다수의 오류를 확인 할 수 있었다.

도로 폭 오류를 검사하는 방법은 항공영상과의 비교를 통해 전수 육안 검사하는 방법이며, 현황 측량 등을 통해 구획된 도로 등 변수도 존재하므로, 비효율적인 구축방법이다.



<그림2-22> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 도로 폭 오류 발생





<그림2-23> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 도로 폭 오류 발생2

#### 다) 위상구간 유실 오류

위상구간 유실 오류는 도로를 융합하는 과정에서 발생하며, 해당 오류를 수정하기 위해서는 수작업이 필요하다.



<그림2-24> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 위상구간 유실



<그림2-25> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 고가부 등 유실

## 라) 건물 침범

건물 침범 오류는 정형화된 방식으로 제작된 도로와 실제 도로형상의 차이로 발생하며, 도로 폭 오류 및 가각 오류와도 동반된다.



<그림2-26> 차도 폭을 통한 경계면 제작 시 건물 침범오류

## 2) 차도중심선 도로 폭 적용 시 문제점 및 이슈 사항

- 도로 가각부분 등 도로 모양 표현 한계 발생
- 고가도로 등 위상구조 유실은 작업시수가 과다하게 소요될 것으로 판단됨
- 도로 폭 오류는 전수 육안검사 이외의 방법으로는 수정방법이 없음
- 도로 폭 오류의 경우 건물 중첩을 동반하는 경우가 다수 발생됨

위 사항을 종합적으로 판단하면 도로중심선 도로 폭 속성을 활용한 도로 면형 구축 방안은 부적합하며, 국가기본도 DB의 차도경계면을 활용한 3차원 도로 구축방안이 구축 비용 측면이나, 향후 유지관리 측면에서도 효율적일 것으로 판단됨

## 나. 국가기본도 DB를 활용한 3차원 도로 데이터 제작

3차원 도로데이터 제작은 원시자료 및 제작방법이 다양하게 존재한다. 첫째, 국가기본도DB 차도중심선의 도로 폭을 이용하여 도로경계를 제작하는 방법이다. 해당 방법은 도로가각의 묘사오류 발생, 고가도로 등 위상구조 유실, 도로 폭 입력 오류로 인한 묘사오류 등 제작 과정의 소요시수는 적으나, 검수 및 수정을 육안검사를 수행해야 되므로 작업 시수가 많이 소요되며, 품질 또한 저하되므로 해당 방안은 부적합한 방안으로 판단된다.

둘째, 도화 성과의 도로 선형을 면형으로 제작하는 방법이다. 해당 방법은 도화원도의 오류 및 면형 변환 시 도로 끝부분 마감, 타 지형지물과의 접점에서의 도로 유실 복구, 위상을 고려한 면형변환 등 작업소요시간이 과다하게 발생한다. 또한, 도화성과 도로의 높이 값은 사진측량을 통해 입력된 높이 값이며, DEM의 높이 값은 등고선, 표고점 등을 통해 제작된 높이 값이므로 두 자료 간 높이 차로 인해 불 부합이 발생된다. 이를 해결하기 위해 BreakLine을 적용한 DEM을 제작하더라

도, 높이차이가 일정수준 이상 발생할 경우 해결 방안이 없으며, DEM과의 비교 검증을 통해 불  
합 되는 지점을 수정해야 된다. 이러한 문제점을 이유로 해당 방안은 국가기본도 DB의 차도경계면  
대비 고비용, 저효율의 방안이므로 부적합한 방안으로 판단된다.

셋째, 국가기본도 DB의 차도경계면을 기반으로 제작하는 방법이다. 차도경계면 DB는 국가기본  
도 품질검사를 통해 기하오류 등이 소거된 자료이고, 실제 도로 형상을 항공사진측량을 통해 표현  
한 면형 자료이다. 해당 자료에는 높이 정보가 없으며, 이를 해결하기 위해 DEM의 높이 값을 국가  
기본도 DB 도로 정점마다 입력한다. 차도중심선 확장을 통한 제작방법과 비교하면 제작 소요시간  
은 비슷하며, 실형을 표현한 자료이므로 묘사오류는 적다. 도화 성과를 기반으로 제작하는 방법과  
비교하면 제작 소요시간은 단축되며, 도로 묘사 부분은 서로 동일하다.

위 세 가지 방법을 비교하여 차도경계면을 기반으로 하는 제작방법이 상대적으로 저비용, 고효율  
의 방법이므로 해당방법으로 3차원 도로 데이터를 제작한다. 다만, DEM을 기반으로 높이 값을 부  
여하므로, 도로의 높이 값이 불규칙하게 일그러지는 문제 및 입체교차구간에서 아래 도로의 높이  
값으로 입력되는 문제가 발생하고, 이를 해결하기 위해서는 육안 검사 및 추가 편집을 수행해야 한  
다.

## 1) 국가기본도 DB를 활용한 3차원 도로 데이터 제작

국가기본도 DB 중 차도경계면을 활용하여 3차원 도로데이터를 제작하는 방안을 마련하였고, 그  
방안은 2차원 형태의 국가기본도 DB 차도경계면 각 정점에 DEM의 높이 값을 부여하여 3차원 형  
태의 자료로 제작하는 방안이다.

해당 방안은 높이 값의 기반자료가 DEM이므로 DEM과의 불부합 문제를 최소화 할 수 있으며,  
도로의 실제 형상을 표현하는 차도경계면을 기반으로 제작한다는 장점이 있다. 또한, 기반자료가  
이미 면형 구현 되었으며, 기하오류 등이 처리된 자료이므로 추가 정비과정을 생략할 수 있다.

### 가) 3차원 도로 데이터 제작

3차원 도로데이터 제작은 도화 성과, DEM, 국가기본도 DB를 기반으로 작업대상 지역을 추출하  
고, Breakline이 적용된 DEM을 활용하여 차도경계면에 높이 값을 부여한다. 입체 교차부분의 도  
로 표현은 도화 성과를 활용하여 교량, 고가도로 부분의 높이 값을 입력해준다.

#### (1) 원시자료

원시자료는 형상의 기반자료인 국가기본도 DB의 차도경계면과 높이의 기반자료인 DEM이 필요  
하고, DEM은 지형과의 불 부합을 최소화하기 위해 도화 성과의 도로, 성/절토, 하천 등이 적용된

Breakline 적용 DEM을 기반으로 한다. 그 외 교량, 고가도로에 대한 높이 값을 입력하기 위해 도화성과의 해당 레이어가 필요하다.

(2) 차도경계면 높이 값 부여

차도경계면의 높이 값을 부여하기 위해 Breakline이 적용된 DEM을 이용하여 차도경계면 각 정점에 평면상 공간적으로 중첩된 DEM의 높이 값을 입력한다.



<그림2-27> 차도경계면 각 정점별 DEM 높이 값 입력

(3) 입체교차부 중 시설물 높이정보 입력

Breakline이 적용된 DEM을 기반으로 제작한 3차원 도로 데이터는 위상구간에서 아래 도로의 높이 값으로 일반화 되어 있으므로, 이를 해결하기 위해 3D Polyline 형식인 도화성과의 교량, 고가도로를 기반으로 교량, 고가도로의 높이 값을 차도경계면에 적용해준다.

나) 3차원 도로 데이터 가시화

3차원 도로데이터의 가시화는 ESRI의 ArcGIS 중 ArcScene을 통해 가시화 하였으며, 3차원 도로 데이터와의 불 부합을 완화하기 위해 제작된 Breakline이 적용된 DEM과 해당 DEM의 높이 값을 입력한 차도경계면을 통해 3차원 가시화 하였다.



<그림2-28> 차도경계면 3차원 가시화 예시

3차원 도로데이터는 각 정점별 높이 값이 부여된 POLYGON Z 형태이므로 두께가 없는 면 형태



로 3차원 가시화되며, 해당 프로그램에서는 Polygon Z 형식일 경우 별도의 설정 값 및 속성 값은 필요하지 않다.

## 2) 국가기본도 DB를 활용한 3차원 도로 데이터 제작의 문제점

### 가) DEM 높이 값 적용에 의한 위상교차 구간에서 실제 도로와의 높이 차이

3차원 도로데이터 제작과정에서 도화 성과의 교량, 고가도로의 높이 값을 적용하지 않을 경우 위상구간, 교량구간 등에서 실제 형상과는 다르게 왜곡되는 문제가 발생한다. Breakline이 적용된 DEM의 특성 상 위상구간에서는 하단도로의 높이 값으로 표현되고, 하천구간에서도 교량의 높이 값이 아닌 하천 바닥 높이 값으로 표현되어 실제 도로의 높이와 차이가 발생한다.



<위상교차지점>



<하천 교량구간>

<그림2-29> 3차원 도로데이터 중 위상교차 및 하천 교량구간의 높이 표현문제

### 나) 지형과의 불부합 문제

3차원 도로데이터 제작 시 사용된 DEM의 해상도는 5m이고, 차도경계면의 정점 간격은 일반적으로 곡선구간의 경우 좁고 직선구간의 경우 넓다. 또한 도로 폭에 의해 양쪽 정점 간격이 결정된다. 그러므로 차도경계면 정점 간격과 DEM의 해상도로 인해 지형과의 불 부합 문제는 발생한다.

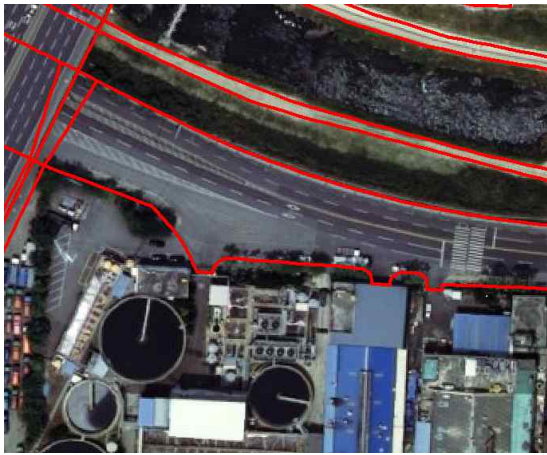
불 부합 문제를 해결하기 위해 Breakline을 적용한 DEM을 활용하여 일부 완화 할 수 있었으나, 잔존하는 불 부합 문제는 존재한다. 향후 고해상도 DEM을 적용하면 불 부합 문제는 개선될 것으로 판단된다.

### 다) 국가기본도 DB 도로 묘사의 한계

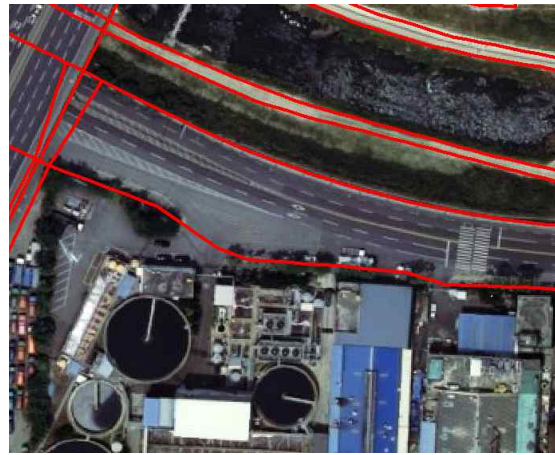
국가기본도 DB의 차도경계면은 항공사진측량을 기반으로 묘사하여 국내 포털사이트에서 서비스하는 각종 인터넷 지도와는 다르게 비포장 도로 등 불규칙한 도로의 모양을 포함하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일부지역을 선정하여 수작업을 통해 수정해 보았으나, 사진측량을 통해 구축된 차도경계를 임의로 수정하는 행위는 위치정확도를 확보할 수 없고, 수정시간이 과도하게 발생 하였으며, 소요된 시간대비 효과는 미비한 것으로 판단된다. 해당 문제를 해결하기 위해서는 국가기본도의 작업지침 및 품질기준 등을 수정해야 될 것으로 판단 된다.

#### (1) 차도경계면 세밀 묘사 이슈

세밀 묘사 이슈는 도로에 접해있는 주차장 표현, 소규모의 진입로 표현, 불규칙한 도로 외각 경계를 묘사하는 등의 유형으로 발견되며, 국가기본도 구축 시 해당 유형의 세부 묘사기준 확립이 필요하고, 임의 편집 시 위치정확도 저하문제가 발생할 수 있다.



<편집 전>

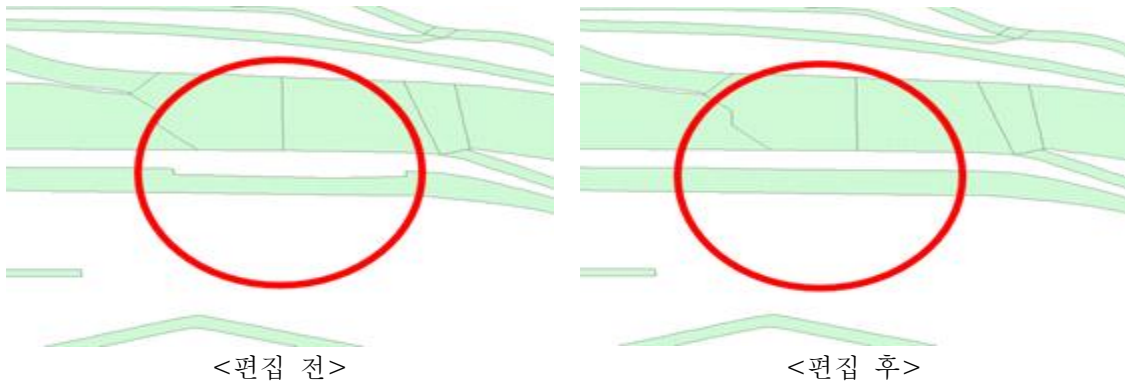


<편집 후>

<그림2-30> 차도경계면 세밀 묘사 문제 수정 전/후

#### (2) 차도경계면 불규칙 묘사에 따른 표현의 한계

실제형상과는 다르게 불규칙하게 묘사된 도로는 국가기본도 DB 구축 시 도화과정에서 항공사진을 통해 실형과 동일하게 묘사하여 발생되며, 이를 해결하기 위해서는 전수 육안검사를 통한 검증이 필요하고, 세밀 묘사 문제와 마찬가지로 임의 편집 시 위치정확도 문제가 발생한다.



<그림2-31> 차도경계면 불규칙 묘사오류 문제 수정 전/후

### (3) 불규칙한 도로 표현의 수정 시수 산출

국가기본도 DB 차도경계면의 세밀 묘사 및 불규칙 묘사의 수정 소요시간을 산출하기 위해 시범 지역 중 대구광역시에 해당하는 1:5,000축척 기준 35803061, 62, 71, 72 총 4도엽을 선정하였으며, 선정지역의 차도경계면 총 면적은 5.85km<sup>2</sup> 이고 작업시간은 12시간이 소요되었다. 이를 시범지역 전체 면적인 82.71km<sup>2</sup>에 대입하게 되면 총 예상 작업시간은 175.82시간이 소요되는 것 산출되어 전국 확산 시 비용 등의 문제로 도로 일반화 작업은 적용하기 어렵다는 결론을 내렸으며, 해당 불규칙한 도로 표현의 문제는 항공사진측량 결과를 토대로 실세계 도로 모양과 동일하게 묘사하는 도화 작업 특성상 도로 모양을 일반화 하지 않는 것이 합리적이라 판단된다.

<표2-15> 3차원 도로 데이터 묘사오류 수정 예상 시간

항목	총면적(km <sup>2</sup> )	작업시간(H)	비고
테스트 지역	5.85	12.0	
시범지역 전체 묘사오류 수정 예상	82.71	175.82	

묘사 오류 수정시간을 제외한 시범지역 도로 작업시수는 총 228시간이며, 이는 도로시설물 구간 편집시간 등도 포함된 시수로 묘사 오류를 수행 할 경우 소요시수 대비 개선효과는 크지 않다.

<표2-16> 3차원 도로 작업 시수 예상

항목	시범지역 총면적(km <sup>2</sup> )	작업시간(H)	비고
원시자료 추출	82.71	2.0	
원시자료 정비	82.71	96.0	
도로시설물 구간 편집	82.71	66.0	
높이값 부여	82.71	6.0	
품질검사	82.71	34.0	
정리점검	82.71	24.0	

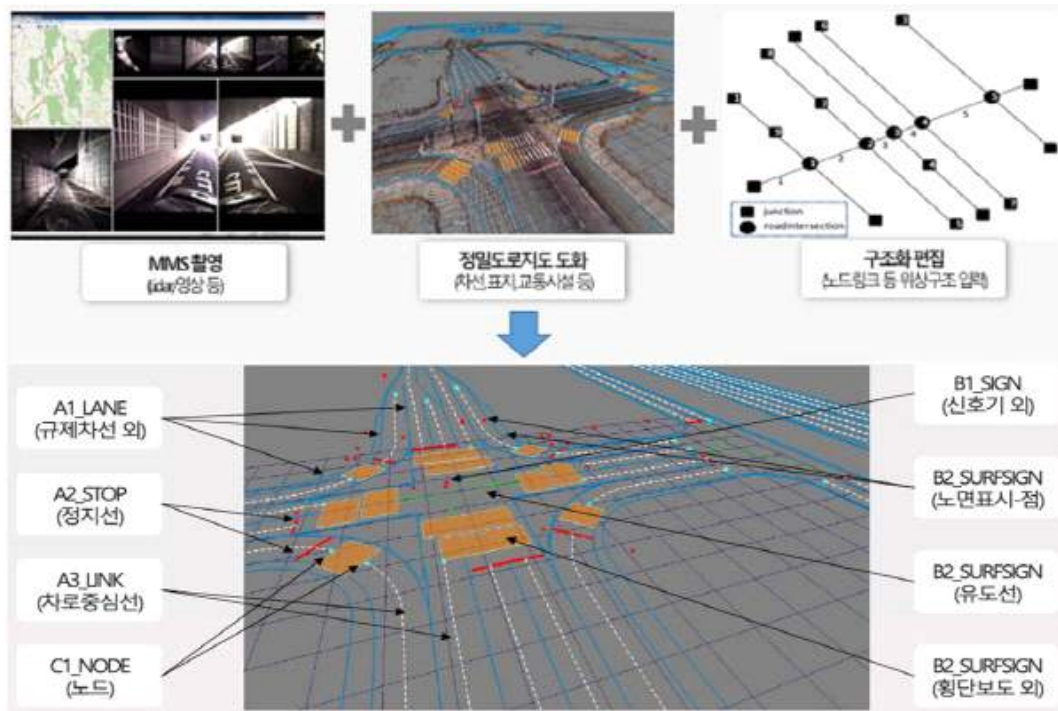
### 다. 정밀도로지도를 활용한 3차원 도로 데이터 구축방안

정밀도로지도는 차선, 규제선, 표지정보, 노면표시 등 도로와 주변 시설을 표현한 3차원 정밀 디지털 지도이다. 정밀도로지도의 점군데이터는 점군이 별도의 클래스로 구분이 되어있지 않고, 주변 건물벽면, 가로수 등 불필요한 정보를 가지고 있어 점군 데이터 자체는 활용을 할 수 없었고, 점



군을 바탕으로 구축한 정밀도로지도의 벡터데이터를 3차원 도로데이터에 활용할 수 있었다.

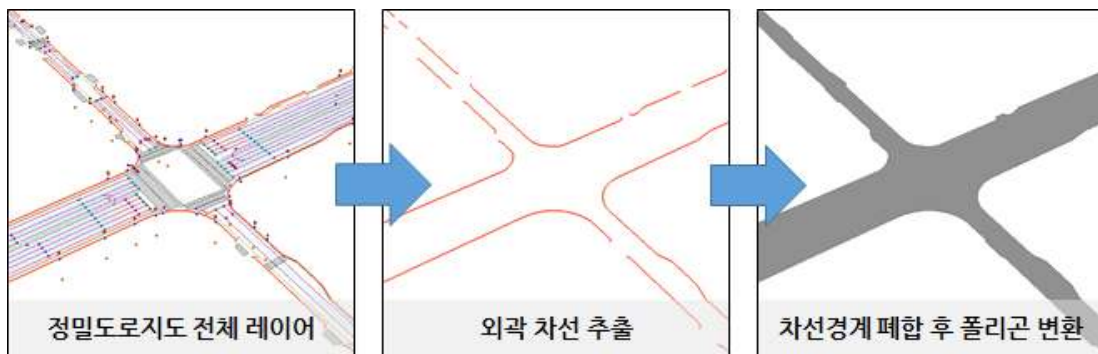
3차원 도로데이터를 구축하기 위하여 정표고로 변환된 정밀도로지도 데이터의 외곽 차선라인을 활용하는 방법을 테스트 해보았다.



<그림2-32> 정밀도로지도 레이어

### 1) 외곽 차선을 활용한 3차원 도로데이터 제작

정밀도로지도는 A1\_LANE 레이어에 Line형태로 차선을 나타내고 있는데 이를 3차원 도로데이터로 구축하기 위해서는 라인형태가 아닌 폴리곤형태로의 변환이 필요하다. A1\_LANE 레이어에서 외곽의 차선 코드인 LANE CODE 99를 추출하였다. 최신의 정밀도로지도에서는 레이어 체계에 변화가 있어 A1\_LANE 레이어는 없어지고 차선레이어가 B2, C3로 분류되었고, 이 중 C3레이어가 별도로 외곽차선만을 가지고 있다.

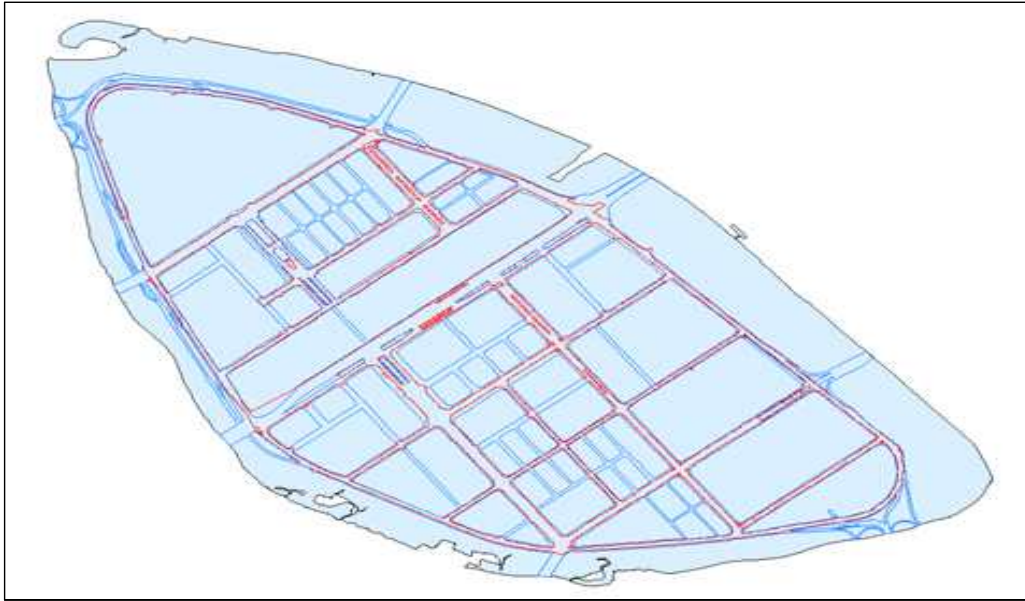


<그림2-33> 외곽 차선을 활용한 3차원 도로데이터 제작

## 2) 정밀도로지도 외곽 차선을 활용한 3차원 도로데이터의 문제점

### 가) 여의도

정밀도로지도가 모든 도로경계를 표현하고 있지 않고, 주요도로 중 일부가 구축되어있기 때문에 국가기본도의 차도경계면과 함께 부분적으로 활용해야 한다.



<그림2-34> 정밀도로지도 적용 여의도 구축결과(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)

국가기본도는 인도를 포함하여 차도경계면을 표현하고 있으나, 정밀도로지도는 인도 영역이 제외한 차량용 차도만을 표현하고 있어, 정밀도로지도 데이터를 부분적으로 활용할 경우 국가기본도의 차도경계면으로 제작한 3차원 도로데이터와 연결 부분의 표현이 현실감이 없다.



<그림2-35> 정밀도로지도와 국가기본도 차도경계면의 비교1(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)

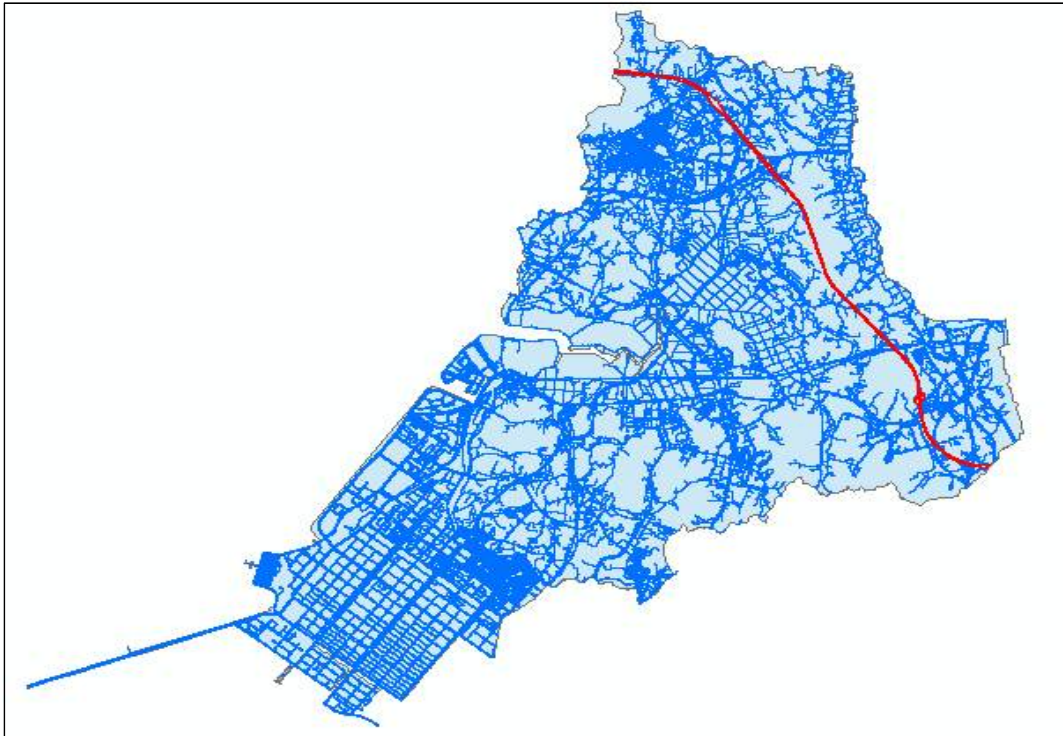


<그림2-36> 정밀도로지도와 국가기본도 차도경계면의 비교2(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)

#### 나) 시흥시

수집한 시흥시를 지나는 고속도로 100호선 중 SEC05\_판교JC\_조남JC, SEC06\_조남JC\_시흥IC, SEC07\_시흥IC\_김포IC 구간의 C3레이어를 활용하여 정밀도로 3차원 도로 데이터를 구축하였다.





<그림2-37> 정밀도로지도 적용 시흥 구축결과(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)

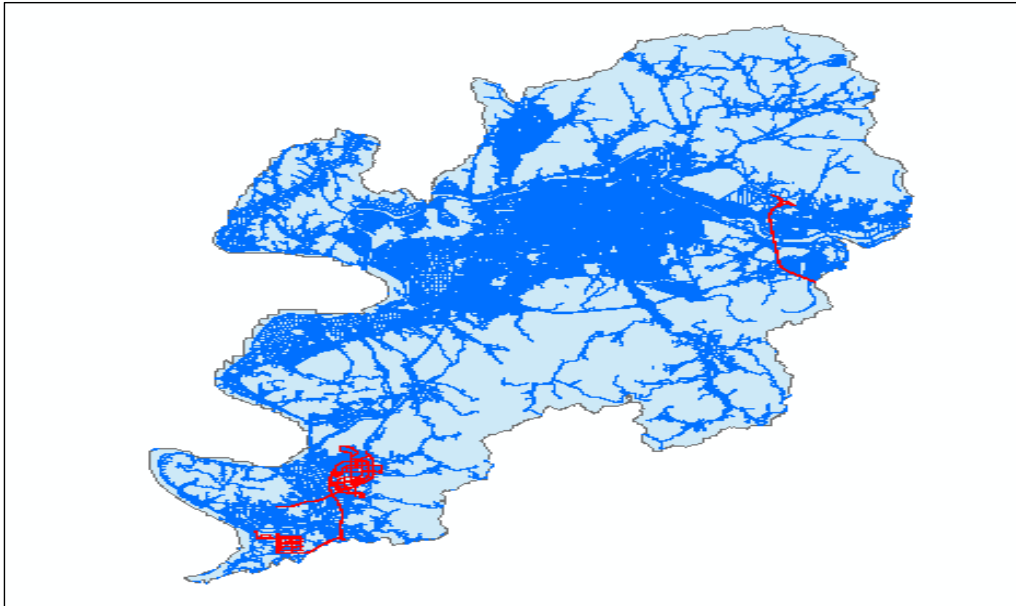
여의도와 달리 시흥시는 고속도로구간을 구축한 성과이기 때문에 인도가 없으므로 도로 폭은 국가기본도와 많은 차이가 있지 않았다. 시흥시도 여의도와 마찬가지로 국가기본도의 차도경계면과의 중복구간 삭제 및 인접구간 편집을 시행하였다.



<그림2-38> 정밀도로지도 적용 시흥 구축결과2(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)

### 다) 대구광역시

수집한 대구광역시를 지나는 고속도로 55호선(SEC01\_동대구JC\_대감JC)구간과 SEC02\_테크노폴리스, SEC03\_과학남북로, SEC05\_달성2차 산업단지의 A1레이어를 활용하여 정밀도로 3차원 도로 데이터를 구축하였다.



<그림2-39> 정밀도로지도 적용 대구 구축결과(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)

대구광역시의 고속도로구간에서는 국가기본도 차도경계면과 도로 폭의 차이가 많지 않았지만 고속도로구간이 아닌 일반 차도구간에서는 여의도와 마찬가지로 인도가 있는 구간에서는 도로 폭의 차이가 발생하여 연결부분의 표현의 한계가 있다.



<그림2-40> 정밀도로지도 적용 대구 구축결과2(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)

### 3) 정밀도로지도 적용 시 이슈 사항

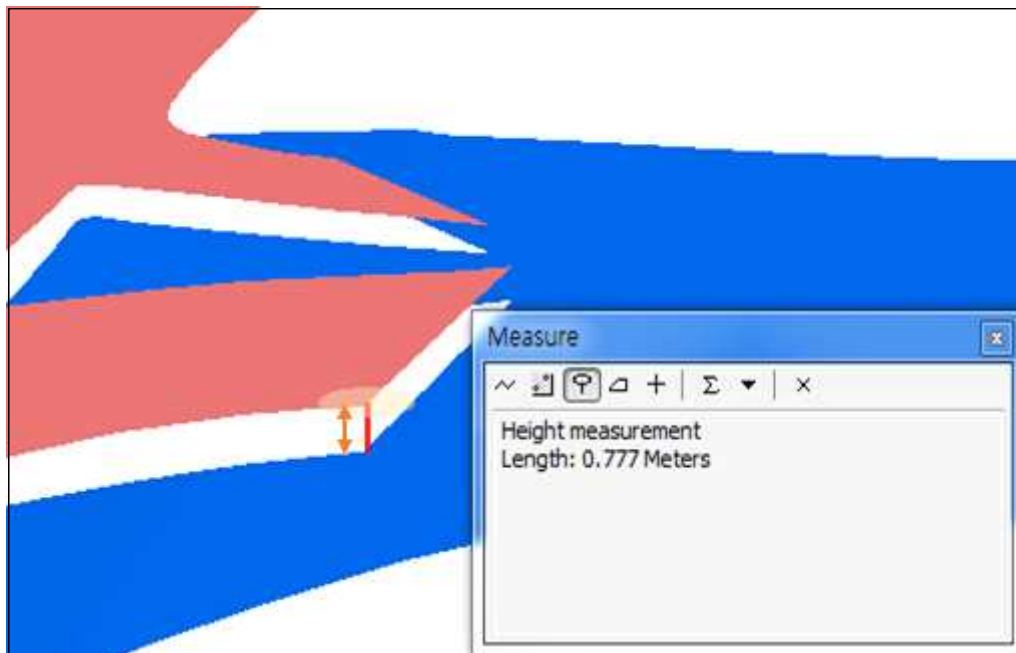
□ 정밀도로지도와 국가기본도의 차도경계면 중복구간은 국가기본도 차도경계면을 삭제하고 편집하는

작업이 필요함

- 정밀도로지도에 구축되지 않은 도로는 국가기본도의 차도경계면을 활용
- 정밀도로지도로 구축한 3차원도로지도와 DEM 높이 값을 적용한 3차원 차도경계면 데이터는 서로 높이차 발생
- 정밀도로지도로 구축한 3차원 도로지도와 DEM 높이 값을 적용한 3차원 차도경계면 데이터는 인도 포함여부에 따라 도로 폭의 차이가 발생할 수 있음



<그림2-41> 정밀도로지도와 국가기본도 차도경계면의 비교3  
(빨강 : 정밀도로 / 파랑 국가기본도)



<그림2-42> 정밀도로지도 높이 값 비교(빨강색은 정밀도로지도, 파랑색은 차도경계면)

## 라. 소결론

3차원 도로 구축을 위해서는 높이 값을 가진 도로가 면형 데이터 형태로 구축되어야 하는데, 이를 위해서는 도화성과의 선형 형태의 도로를 면형으로 변환하는 과정이 필요하다. 그러나 도화원도의 오류 수정 및 데이터 면형 가공작업이 방대하여 과도한 비용이 발생하므로 제작방안에서 배제하였다.

차도중심선 도로 폭 속성을 이용하여 도로 면형을 자동 제작하는 방안을 테스트해 보았으나, 교차로의 각각 부분 등 도로 폭 표현이 현실감이 없는 표현의 한계가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 국가기본도 DB 차도경계면을 기반으로 DEM의 지면 높이 값을 차도경계면의 각 정점마다 적용하여 3차원 도로를 구현하는 방안을 제시하였다.

기반자료가 이미 오류가 소거되고 면형화된 형태이므로 추가로 면형 가공작업이 필요하지 않는다는 장점이 있지만, 입체 교차구간에서 교량, 고가차도 등의 시설물이 하위 도로 높이 값으로 설정되어 지면으로 떨어지는 표현의 한계가 있어 문제 해결을 위해 해당 시설물을 도화원도에서 추출하여 해당도로와 정점과 높이 값 연결 편집을 통한 해결방안을 제시하였다.

정밀도로지도로 3차원 도로를 구축하기 위해서는 선형형태의 정밀도로 외곽차선을 면형으로 폐합하여 면형 데이터 형태로 구축하는 방안을 제시하였다. 정밀도로는 일부 도로만 구축이 되어, 나머지 미 구축 도로구간은 국가기본도 DB의 차도경계면을 활용한 3차원 도로로 대체하였으나, 인접부분간의 상호 높이차가 발생하는 문제가 있고, 정밀도로지도에서 인도는 구축대상이 아니므로 그로 인한 국가기본도 DB 차도경계면의 도로 폭과 차이가 발생하는 문제가 있었다.

정밀도로지도는 X,Y,Z 정확도가 높은 국토지리정보원의 소중한 자료지만, 현재는 일부 구간만이 제작되어 있고, 국가기본도 DB 차도경계면과의 연결부분의 표현의 한계를 감안하면 3차원 전국 확대 구축 시 국가기본도 DB의 차도경계만을 이용하여 3차원 도로를 구축하는 것이 최적의 방안이라 판단된다.

#### 4. 3차원 지형 데이터 구축방안

##### 가. 도화성과를 활용한 브레이크라인 DEM 구축 방안

##### 1) 원시자료 수집 및 추출

##### 가) 국가기본도 DB 추출 LAYER

<표2-17> 국가기본도 추출 레이어 목록

추출 레이어	레이어명
등고	TN_CTRLN
표고점	TN_ALPT
해안선	TN_SHORLINE

##### 나) 도화성과 추출 LAYER

<표2-18> 도화성과 추출 레이어 목록

추출 레이어	레이어명
도로	A0013110, A0013111, A0013112, A0013113, A0013114, A0013115, A0013116, A0013117, A0013118, A0013140, A0013145
경지계	D0015112, D0025111
하천	E0032111, E0052114
옹벽	F0037221, F0037222, F0037223, F0037224, F0037225
제방	C0052211, C0052212, C0052213, C0052214, C0052215

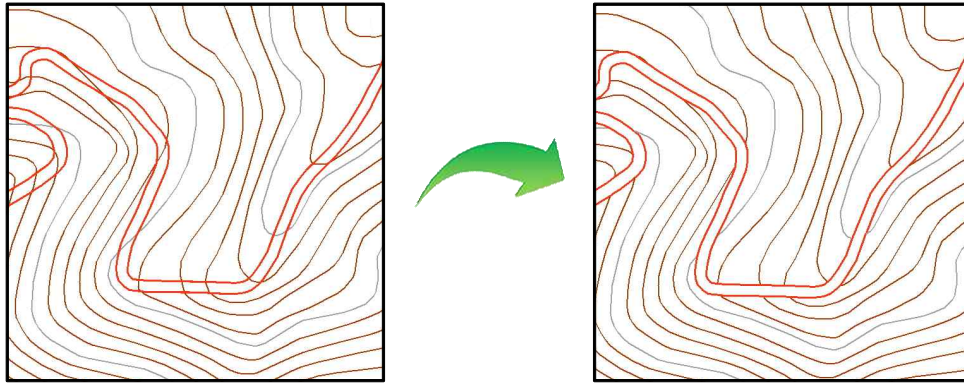
##### 2) Breakline 편집

도로, 하천, 석축, 옹벽, 등고선과 도로의 교차 부분 등 서로 다른 객체들 간의 교차로 발생하는 높이 값 중복 구간을 불연속선(Breakline) 편집을 통해 지형을 보다 정확하고 자연스럽게 표현한다.

##### 가) 등고선 편집

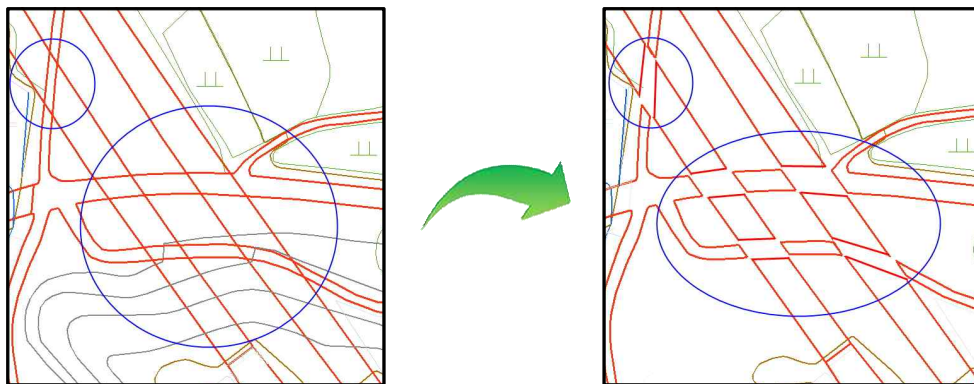
도로 구간에 등고선 높이가 아닌 실제 도로의 높이가 반영될 수 있도록 도로면에 포함되는 등고선을 끊어준 후 삭제 처리한다.





<그림2-43> 등고선 편집 전/후 비교

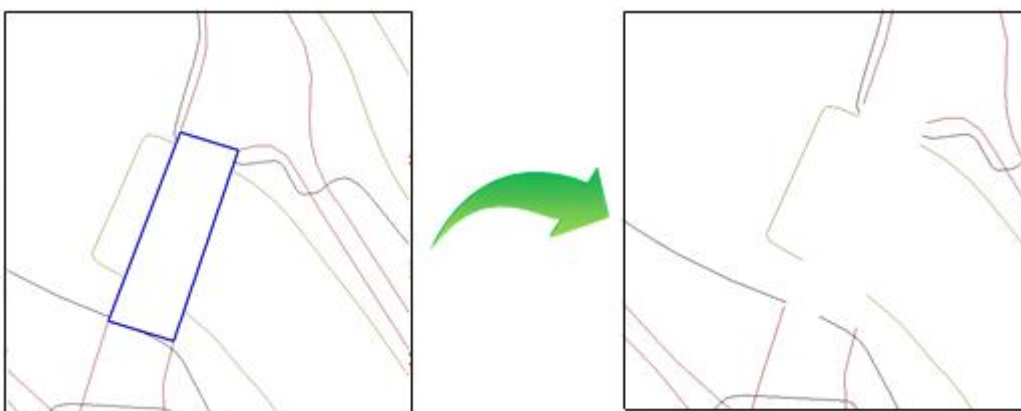
#### 나) 도로라인 편집



<그림2-44> 입체고가도로 편집 전/후 비교

입체도로에 해당하는 도로는 등고선의 높이가 자연스럽게 표현되어 실제 지면의 형상과 높이가 반영 될 수 있도록 IC, 고가 등의 도로를 끊어준 후 삭제 처리한다.

#### 다) 교량 편집



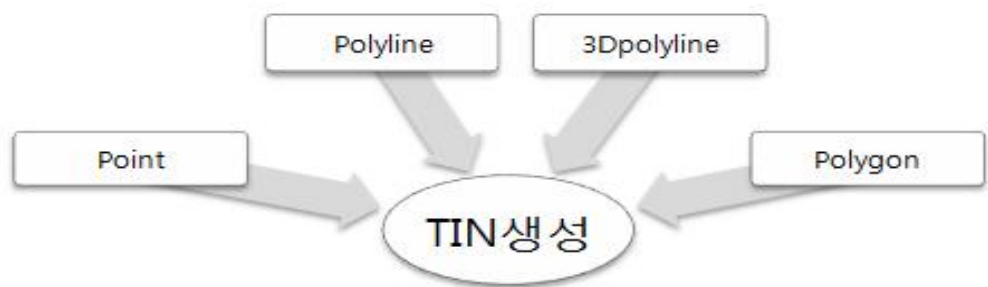
<그림2-45> 하천 교량 편집 전/후 비교

교량은 시설물이 아닌 실제 하천 지형과 등고선의 높이가 반영될 수 있도록 등고선을 감안하여

편집한다. 등고선이 교량 진입부의 도로면에 존재할 경우 등고선을 끊어주고 삭제 처리 한다.

### 3) TIN (불규칙삼각망:Triangulated Irregular Network) 생성

TIN은 불규칙적인 x, y 좌표와 z 값의 간격으로부터 계산된 삼각형의 집합으로서 서로 겹치지 않고 경사, 각도, 표면적 길이의 계산, 부피측정과 토공량 분석, 등고선 생성, 표면 z값의 보간 등에 유용하며 벡터데이터 구조로 점, 선, 면 데이터에 기초하여 삼각형과 인접한 개체의 위상관계를 지닌다. 자료의 저장에 용이하고, 불규칙한 간격을 가지는 표고 자료를 운용 할 수 있는 편리한 자료 구조를 가지고 있기 때문에 실제지형과 가까운 불규칙 삼각망을 생성할 수 있어 효율적인 자료기반 구축을 가능하게 하는 합리적인 방법이다.



<그림2-46> TIN 제작 시 필요한 Shape 분류

불연속선(Breakline) 작업이 완료된 도화 성과와 국가기본도 DB 에서 추출한 등고선, 표고점, TIN을 생성 할 영역 폴리곤을 모두 취합하여 TIN을 제작

<표2-19> TIN 제작 시 필요 Shape

객체타입	shape 항목
Point	표고점 (국가기본도 DB)
	국가기준점 및 사진기준점
Polyline	등고선(국가기본도 DB)
	해안선(국가기본도 DB)
3D Polyline	지형지물(불연속선(Breakline) 편집완료 1/5,000 도화 성과)
Polygon	구역경계

#### 가) 표고점 (Point)

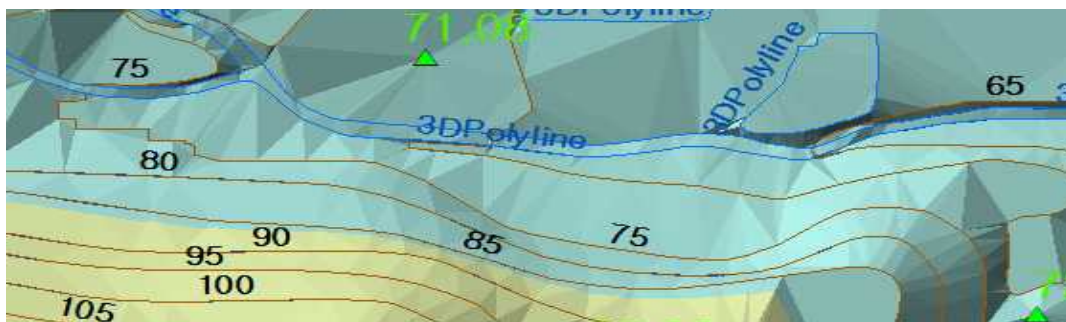
Point로 나타난 표고점은 TIN에 대한 주요한 입력 자료이고, 지표면 높이에 대한 전반적인 형태

를 구성 할 수 있다.

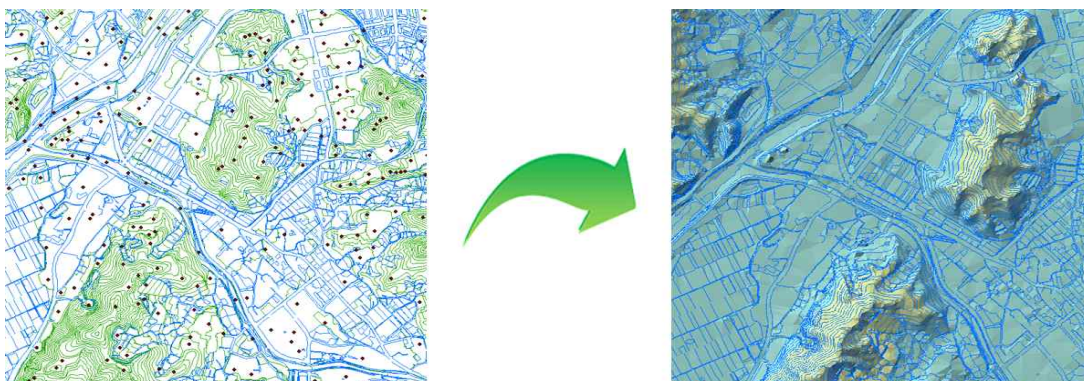
#### 나) 도화 성과 (3D polyline)

1/5,000 도화 성과에서 추출해 불연속선(Breakline) 작업을 마친 3Dpolyline으로 실제 지형을 정밀하게 표현할 수 있다.

Point, Polyline, Polygon 객체는 Vertex 마다 동일한 높이 값의 속성을 가지고 있고 3D polyline은 각각의 Vertex 마다 각각의 높이 값을 가지고 있다.



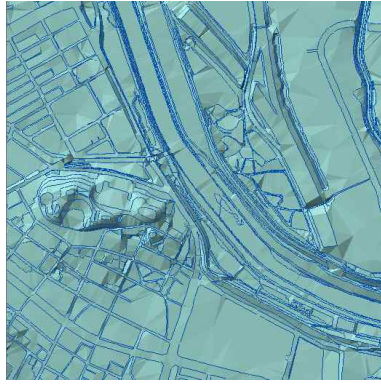
<그림2-47> 불규칙삼각망 형성



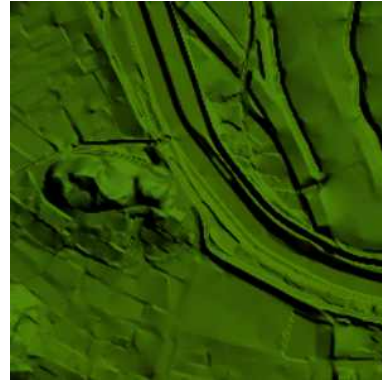
<그림2-48> DB와 생성된 TIN

#### 4) GRID 구축

GRID는 행과 열로 배열 된 동일한 크기의 정사각형 격자의 배열로 지리적 공간을 정의한다. 각 격자는 공간의 단위 및 지리적 특성을 나타내는 높이 값을 저장하고 있다. TIN을 Raster 이미지로 만들기 위해서 TIN에서 격자구조 형태인 GRID로 변환과정을 거쳐야한다. GRID는 격자 Cell 구조이므로 도화 성과로 만든 지형을 완벽하게 유지 할 수 없지만 격자 간격의 해상도에 따라 격자 간격을 작게 할수록 실제 지형에 유사하게 형성된 TIN과 가까운 지형을 표현해 낼 수 있다. 격자 간격이 커질수록 해상도가 낮아지며 데이터의 크기도 줄어든다.



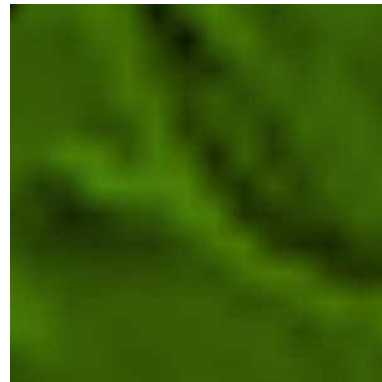
<그림2-49> TIN 상태



<그림2-50> 5m 해상도 Raster Image



<그림2-51> 30m 해상도 Raster Image

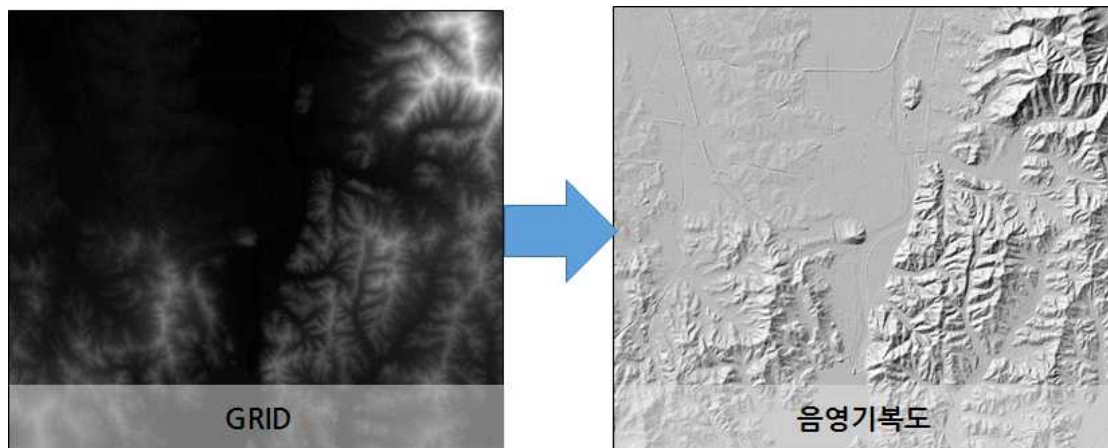


<그림2-52> 90m 해상도 Raster Image

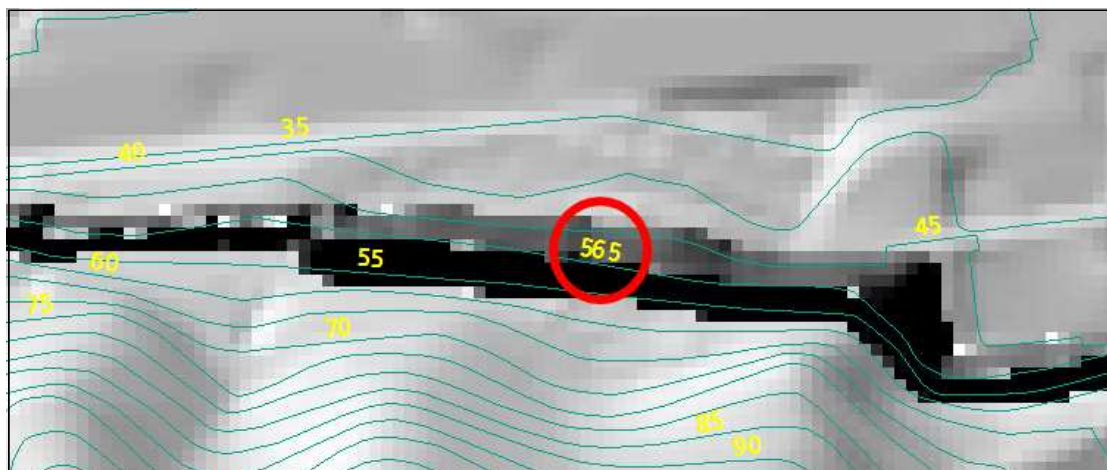
## 5) 음영기복도 분석

음영기복도 분석은 고도 차이에 따라 광원의 빛에 의해 음영이 생성되는 부분을 계산하는 방법으로 이때 생성되는 Raster 데이터는 0부터 254 사이의 값을 가지게 된다. 0은 빛이 전혀 없는 부분을 254는 제일 밝은 부분을 나타내며 이러한 음영기복도 분석은 광원의 위치와 상호 인접한 셀 사이의 상대적인 고도 값의 차이에 의해 결정되어 사실감 있는 데이터를 표현한다. 지형의 고도와 각도에 따라 음영을 반영하여 가시적 판독이 용이하며, 쉽게 오류를 판단 할 수 있어 육안검수에 효율적인 자료이다. 수집한 기초자료 오류를 수정하기 위해 GRID를 음영기복도로 변환하여 육안검수 작업을 수행하면 지형 오류 검출을 빠르게 할 수 있다.

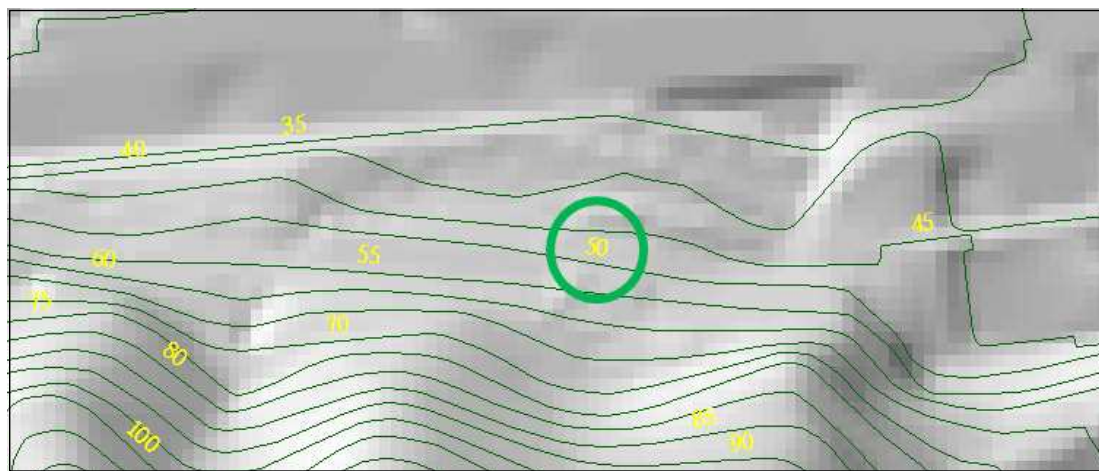




<그림2-53> 음영기복도 변환



<그림2-54> 등고선 오류 검출



<그림2-55> 등고선 오류 수정

나. 라이다 성과를 활용한 3차원 지형데이터 구축 방안

1) 변화지역 모니터링을 통한 라이다 성과 활용

수집한 시흥시의 LiDAR 데이터는 사전 분류작업이 안된 성과로 건물, 식생, 인공물이 제거된 형태의 DEM 자료가 아니므로 3차원 지형데이터로 활용 할 수 없었다.

만약, LiDAR DEM 성과 데이터가 수집 되었다면, LiDAR 성과를 사용하기 위해서는 LiDAR 데이터의 구축 시기에 따라 지형변화에 따른 최신성을 보장할 수 없으므로 필히 최신 국가기본도 DB 또는 도화 성과와 변화지역 모니터링을 수행하여 변화지역을 검색 후 제거하고, 최신성이 확인된 지역의 Lidar 성과만을 3차원 지형데이터에 적용하여야 한다.



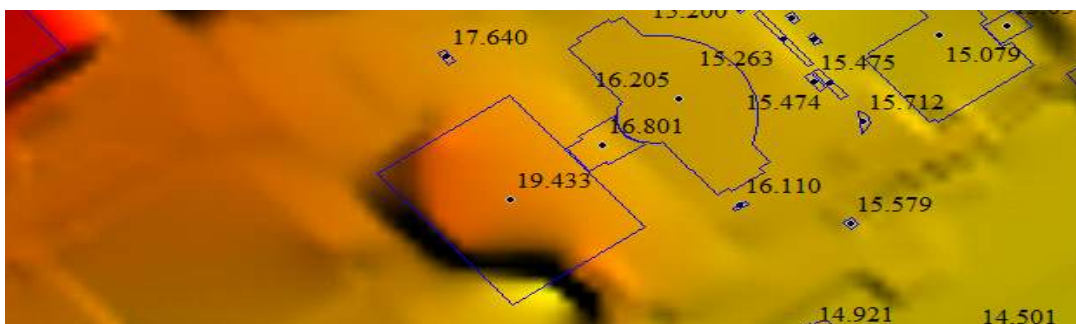
<그림2-56> LiDAR DEM 적용 (예시)

## 다. 시설물 평탄화 DEM 구축 방안

Breakline으로 생성한 DEM 및 LiDAR DEM은 시설물 위치의 표면 지형이 고르지 못하여 시설물과 지형이 불일치하는 문제가 발생하므로 시설물 위치의 표면 지형을 일정한 높이로 평탄화 해주는 작업이 필요하다. 시설물 내부중심점에 해당하는 DEM의 높이 값을 추출하여 시설물 최저 높이 값으로 적용시키고 지형에 다시 융합하는 방법이다.

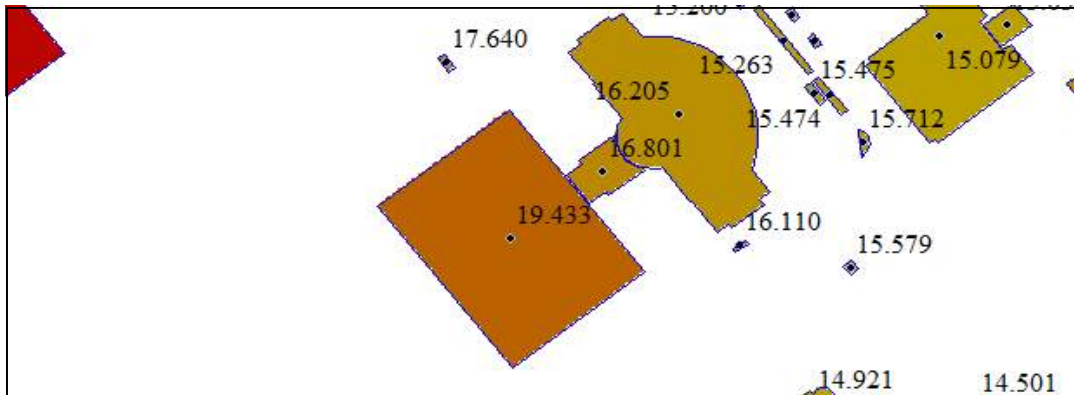
### 1) 건물 중심점 DEM 추출 및 적용

지면과 건물의 최대 오차를 줄이기 위해 건물 중심점의 높이를 가져오는 방안을 적용하였다. 건물 폴리곤을 건물 내부중심점으로 변환하여 내부중심점 위치에 해당하는 DEM 높이 값을 추출한다.

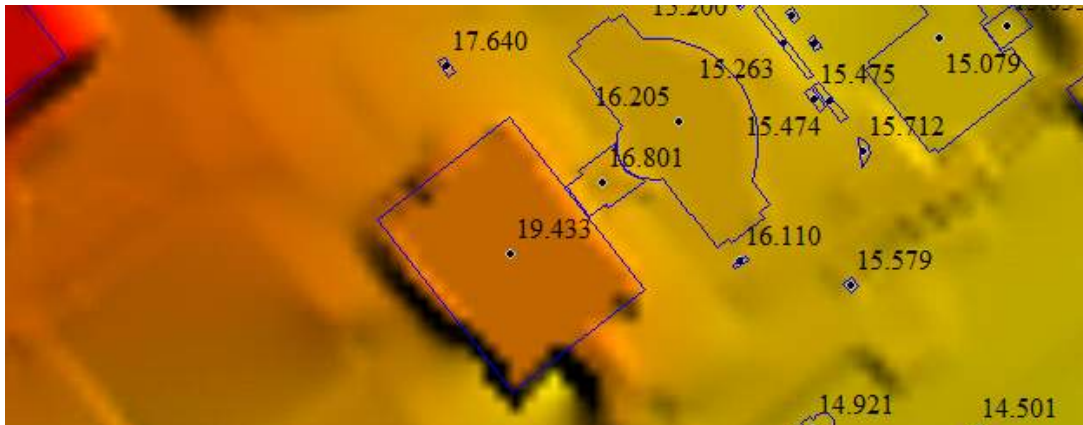


<그림2-57> 건물 내부중심점 DEM 높이 값 추출

건물 중심점의 DEM 높이 값을 건물 최저 높이로 적용하여 각 건물 영역에 건물 최저 높이를 적용한 Raster data로 생성하고, 기 제작된 Breakline을 적용한 DEM과 융합한다.



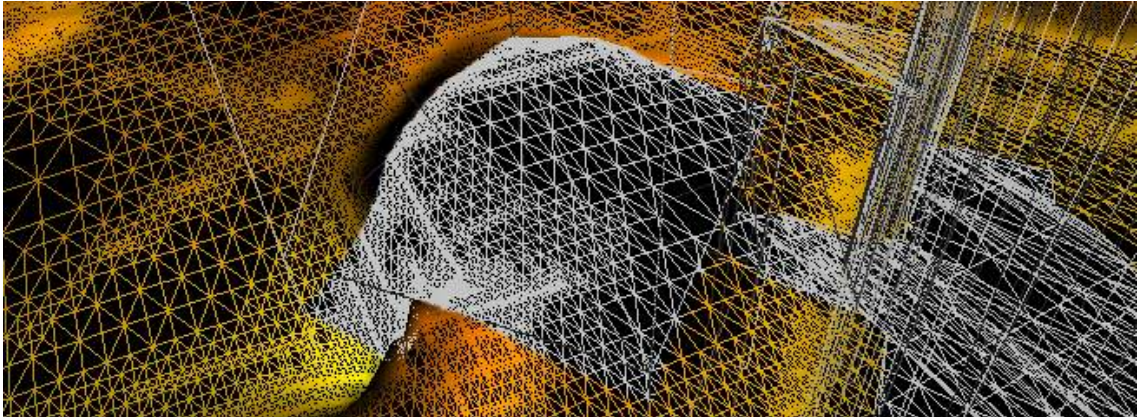
<그림2-58> 건물 최저 높이 값으로 생성한 DEM



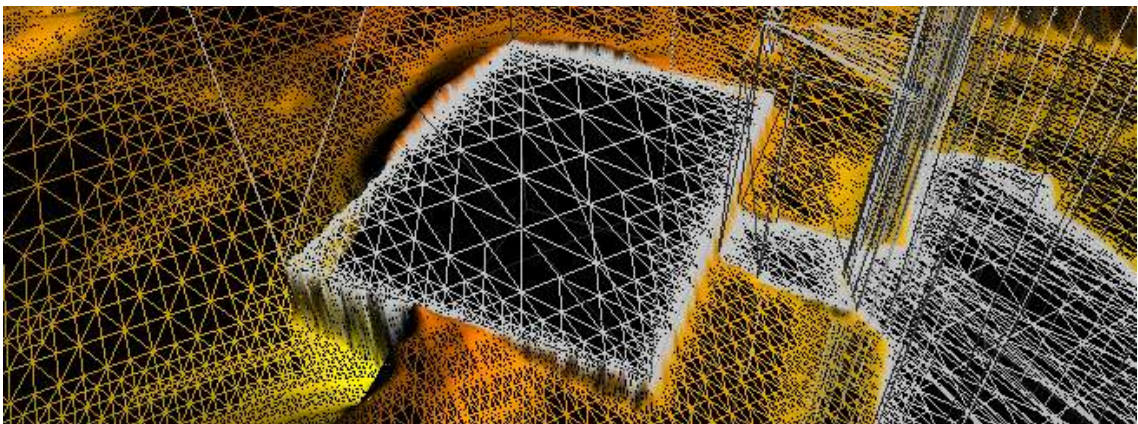
<그림2-59> 평탄화가 완료된 DEM

시설물 평탄화가 되지 않은 상태에서는 표면이 고르지 못하여 3차원 건물 데이터가 지형위에 위치할 경우 3차원 건물 데이터가 지형에 묻히거나 공중에 떠있을 경우가 발생했다. 시설물 평탄화 작업을 통해 건물 지반고의 높이와 해당 위치 지형의 높이를 일치시킴으로서 3차원 건물 데이터와 지형과의 불부합 현상을 현저히 줄일 수 있었다.





<그림2-60> 평탄화 전 DEM (3D mesh view)



<그림2-61> 평탄화 후 DEM (3D mesh view)

## 라. 소결론

3차원 건물 및 도로 데이터와의 불일치를 최소화 할 수 있는 지형을 구축하기 위하여 등고, 표고 외에 3차원 지형 데이터 제작 시 도화성과의 도로경계, 성절토, 옹벽, 제방 등을 추가하여 Break Line을 적용한 수치지형모형(DTM)을 생성하는 방안을 제시하였고, 건물과 지형의 불부합 문제를 해결하기 위해 건물의 내부중심점의 지면 높이 값을 건물 최저 높이로 적용하고, 건물 최저 높이 값을 적용한 건물 영역의 GRID를 생성하여 수치지형모형(DTM)과 융합하는 방안으로 건물과 지면의 불일치 문제를 개선하였다. 즉, 건물영역에서 건물의 지반고와 해당 지형자료의 높이 값을 일치시켜 건물과 지형의 불부합 문제를 80%이상 해결할 수 있었다.

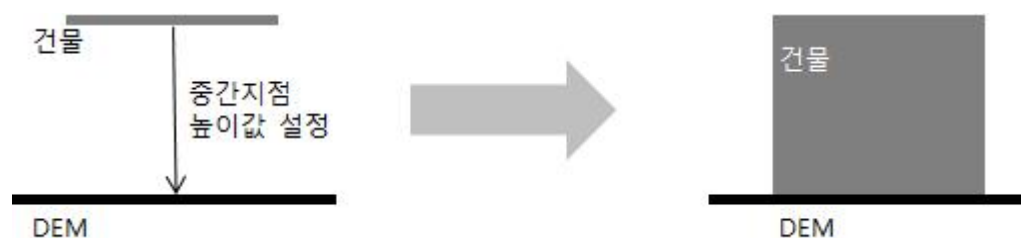


## 5. 3차원 공간 데이터 구축 시 문제점 및 개선방안 연구

### 가. 건물과 지형 불부합 문제해결

#### 1) 건물 최저 높이 값 설정방안

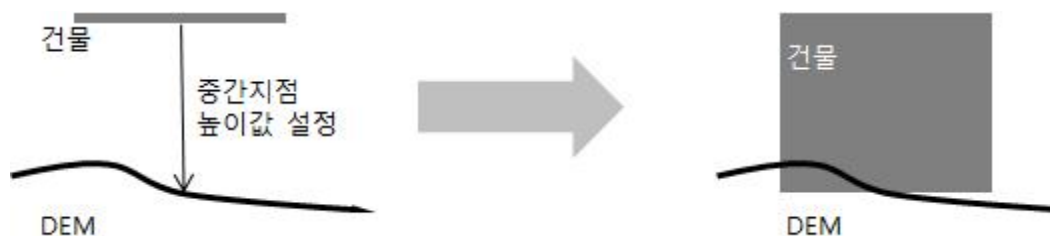
건물의 최저 높이 값은 지형과의 불부합을 최대한 방지하기 위해 건물의 중간지점에 접해있는 DEM의 높이 값으로 입력한다.



<그림2-62> 건물 하단 높이 값 설정

#### 2) 문제점 및 원인 분석

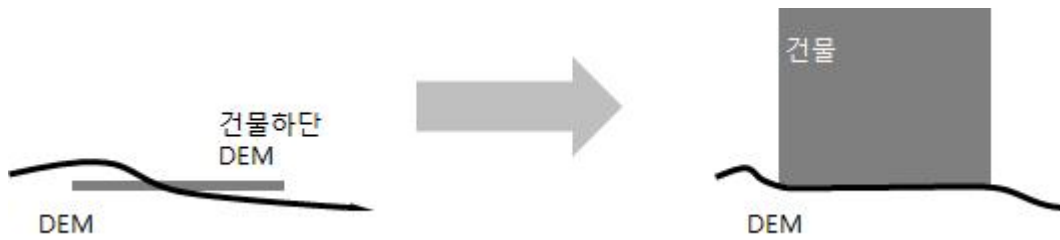
경사진 지형의 경우 건물의 중심점의 높이와 차이 나는 지점이 존재하여 건물이 DEM에 묻히거나 뜨는 불부합 현상이 발생한다.



<그림2-63> 건물 과 지형 불부합 문제 발생

#### 3) 해결방안

건물영역에 해당하는 영역의 DEM을 건물 최저 높이 값으로 제작 후 DEM과 융합하여 건물과 지형의 불부합 문제를 개선한다. 즉, 건물의 최저 높이와 해당 지반의 높이를 일치시키는 방안으로 지형과 건물의 불부합 문제를 개선할 수 있다.



<그림2-64> 건물과 지형 간 불부합 문제 해결

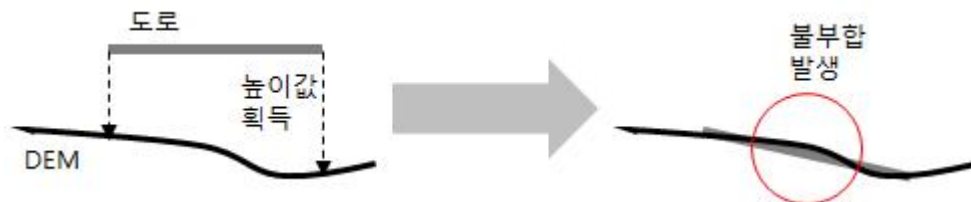
#### 4) 한계점

건물 기반으로 DEM에 평탄화를 수행하게 되면 대부분의 문제는 개선되나, DEM의 해상도가 5m 단위이므로 건물 외곽지점에 불부합이 발생할 수 있다. 융합을 통한 제작과정은 두 자료간의 불부합 접합 부분의 단차를 없애기 위해 중간 높이 값으로 보정하며, DEM 해상도에 의해 5m 단위에서 보정된다. 해당 문제는 DEM의 해상도가 정밀해 질수록 완화되나, 자료의 용량 증가로 인한 활용도는 저하될 것으로 예상된다.

#### 나. 도로와 지형 불부합 문제해결

##### 1) 문제점 및 원인 분석

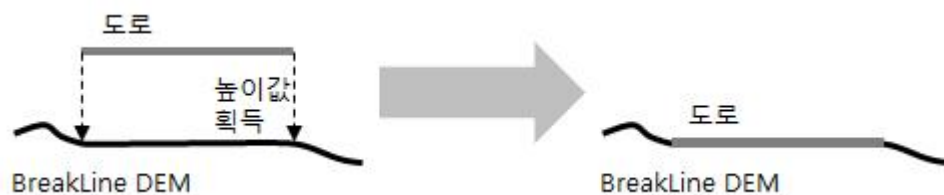
3차원 도로데이터 제작 결과 DEM과 불부합 문제가 발생하였다. 해당 문제는 도로 정점과 정점 사이에 DEM의 고도차가 존재하는 경우에 발생한다.



<그림2-65> 도로와 지형 간 불부합 문제

##### 2) 해결방안

불부합 문제를 해결하기 위해 도화성과를 활용하여 Breakline DEM을 제작하게 되면 도로구간이 평탄화 되어 불부합 문제가 완화된다.



<그림2-66> 도로와 지형 간 불부합 문제 해결

### 3) 한계점

Breakline DEM을 적용하여 3차원 도로데이터를 제작하여도 불부합 문제는 일부 발생한다. 불부합에 원인으로는 첫째, DEM의 해상도가 5m 이므로 도로 폭이 5m 이하인 경우 혹은 경사도가 높은 지점인 경우 발생한다.

둘째, 도화과정에서 도로의 경사도를 고려하여 정점 간격을 부여하지 않으므로, 경사구간의 불규칙한 DEM의 높이차로 인해 지형과 불부합이 발생할 수 있다.

## 다. 도로와 교통시설물 불부합 문제해결

### 1) 도로와 교통시설물 간 불부합 발생

기존 DEM을 이용하여 도로에 높이 값을 부여하여 3차원 제작 시 교량, 고가도로 등 입체구간에서 높이 값이 하단 도로 높이로 표현되는 문제가 발생되어 원인 분석 및 해결방안을 마련하였다.



<그림2-67> 교통시설물의 표현상의 오류

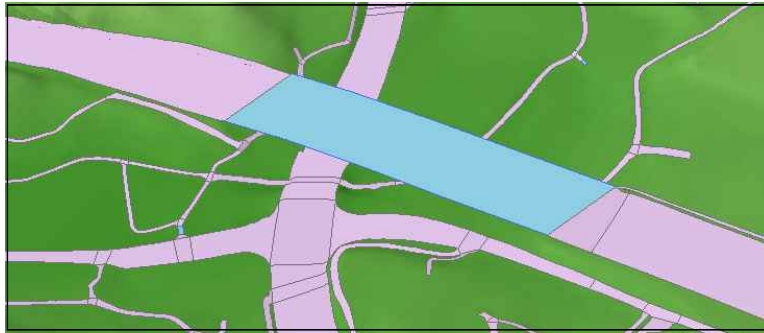
### 2) 도로와 교통시설물 간 불부합 해결방안 마련

문제 해결을 위해 국가기본도 DB의 차도경계면과, 도화성과에서 추출한 교량 및 고가도로 등 교통시설물과의 편집을 통해 차도경계면을 교통시설과 정점 및 높이 값을 일치 시켜 입체교차부 표현 왜곡 현상을 수정하는 방안을 마련하였다.

DEM의 고도 값이 입력된 차도경계면과 도화성과에서 추출한 교량 및 고가차도 등은 높이 값이 서로 달라 연결부분의 정점과 높이 값을 일치시키는 방안이 필요하다.

도화성과를 활용하여 입체교차부 편집을 수행하였으며, 수행결과 X/Y/Z 정보를 수정해야 하므로 자동 편집은 불가능 하고, 정점마다 일일이 수작업 편집이 필요하다. 수행결과 도화성과 교통시

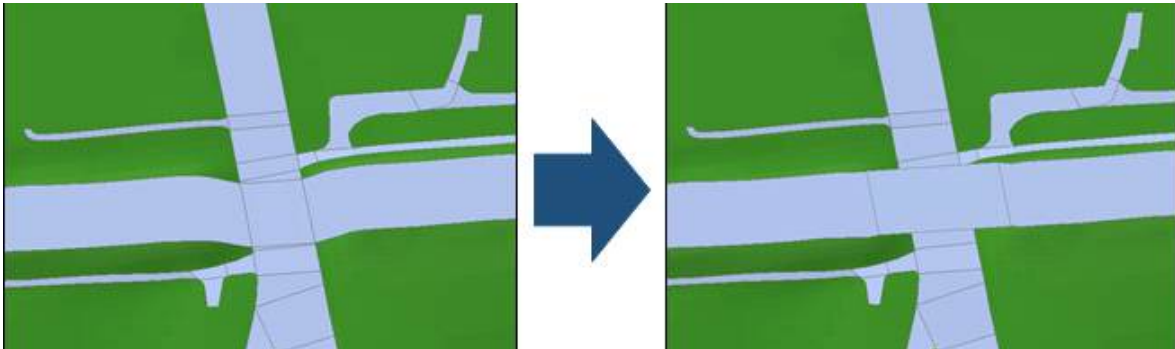
설를 이용하여 편집한 도로 구간은 현실감 있게 입체교차부 표현이 가능 하였다.



<그림2-68> 도화성과를 이용한 교통시설물 편집

### 3) 교통시설이 누락된 입체교차부 높이 값 오류 해결방안

도화묘사 시 입체교차 구간의 시설물인 교량이나 고가차도 등을 묘사하지 않은 도로 구간의 높이 오류는 별도 육안검사 및 중첩객체 추출을 통해 정점을 편집하는 방법과 도화성과에서 해당 도로를 추출하여 국가기본도 DB와 편집하는 방법이 존재하며, 두 방법 중 정점편집을 통한 수정방법이 상대적으로 공정이 간소하고 편집시간을 단축할 수 있어 효율적인 방안이다.



<그림2-69> 일반 입체도로 편집 전/후

## 라. 소결론

경사가 있는 지형의 위치에 건물이 존재할 경우 3차원 건물과 지형사이의 불부합이 발생할 수 있으며 건물이 뜨거나 묻히는 문제가 발생하게 된다. 이러한 건물과 지형의 불부합 문제를 해결하기 위하여 건물의 최저 높이 값 설정 시 건물의 중간지점에 접해있는 DEM의 높이 값을 건물의 최저 높이 값으로 적용하는 해결방안을 제시하였으며 대부분의 상황에서 개선되는 것을 확인하였다.

도로와 지형의 불부합 문제는 Breakline 적용 DEM의 높이 값을 도로의 정점에 적용하는 방안을 적용한 결과 불부합문제가 완화 되었으며, 교량 및 입체구간에서는 하단 지형의 높이 값 적용으로 인한 도로 위상 문제를 발견할 수 있었다. 이를 해결하기 위해서는 도로와 도화성과를 활용한 교

통시설물 간의 입체구간 정점과 높이 값 편집을 통해 실세계의 입체 교차부의 도로 위상표현이 가능한 해결 방안을 제시하였다.

제3장

## 도화 성과 등 구축 개선방안 연구

- 
1. 도화성과 구축·관리 개선방안
  2. 세밀도 향상을 위한 도화 작업방법 개선방안
  3. 3차원 유지관리 방안



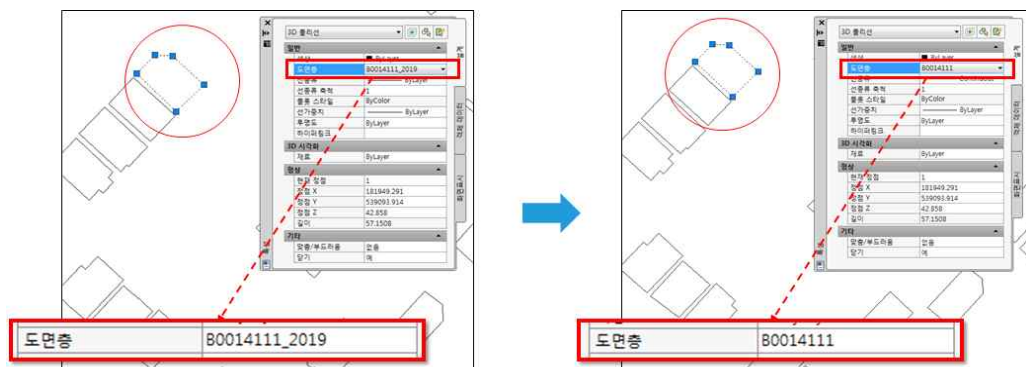
## 1. 도화 성과 구축·관리 개선방안

3차원 공간데이터 구축 기초 자료인 도화 성과를 수집하여 3차원 공간 데이터 품질에 영향을 미치는 오류를 유형별로 분석하고, 3차원 구축 기반자료로 활용하기 위한 수정을 실시하였다. 이를 토대로 오류 유형별 통계를 작성하고, 유형별 수정방안을 제시하였다.

### 가. 도화오류 유형 분석 및 개선방안

#### 1) 레이어 오류 수정 및 개선 방안

수치지도 작성규칙에 포함되지 않는 레이어를 추출하여 수치지도 작성규칙에 맞는 레이어로 수정하였다. 갱신 구축 시 수정된 객체를 도화 성과에 반영하며, 국가기본도의 속성을 그대로 유지하여 발생하는 오류이다.



<그림3-1> 레이어 오류 유형과 수정

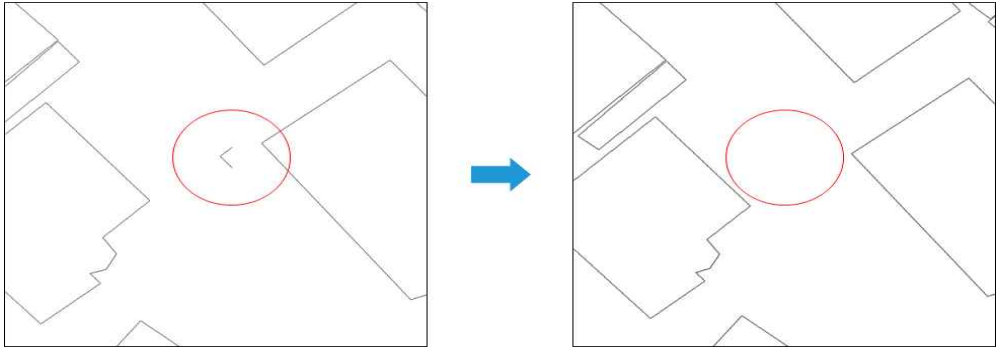
국가기본도에 정의되어 있지 않은 레이어 사용을 방지하기 위해 수치지도작성규칙 내의 레이어 표 사용에 대한 도화 작업지침 내용을 강조하고, 수시 갱신된 객체의 이력 관리에 대한 적절한 도화 레이어 기준을 마련하여 일관된 레이어 체계 방안을 마련한다.

#### 2) 불필요 객체의 오류 및 수정

갱신된 객체가 신규 입력되며 기존의 객체를 삭제하는 과정에서 발생하는 오류이다. 1차로는



close가 되어있지 않은 객체를 추출하고, 2차로 육안 확인을 통해 오류를 분류해 삭제하는 작업을 진행하였다. 삭제 시 기존의 객체들과의 관계성을 고려하여 삭제하는 것이 중요하다.

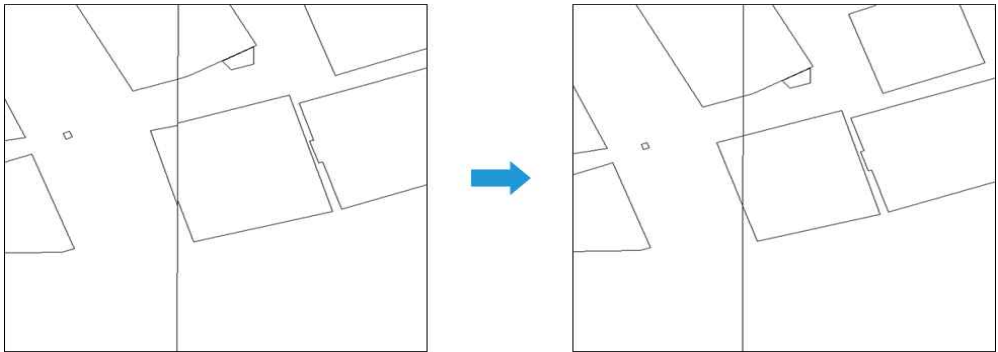


<그림3-2> 불필요 객체의 오류 및 수정

불필요한 객체, 또는 삭제되어야 할 객체는 도화 데이터에서 육안으로도 확인이 가능한 오류에 해당한다. 이러한 오류는 작업자의 편집 작업 실수에 의해 발생하는 것이 일반적이며 최종 검수 작업 시 오류 객체를 자동화 추출해 수정 할 수 있는 지침을 마련하여 도화 작업 단계에서 오류가 소거 될 수 있도록 한다.

### 3) 인접 오류 및 수정

도곽선의 인접되는 부분의 노드 불 부합 또는 형태의 상이함이 발생 된 오류이다. 전체 객체 중 노드가 개방되어있는 객체를 추출해 두 개의 노드를 결합해주는 작업을 진행하였다. 객체가 건물이라는 특성상 수정후의 건물 형태를 확인하며 수정하는 것이 중요하다.



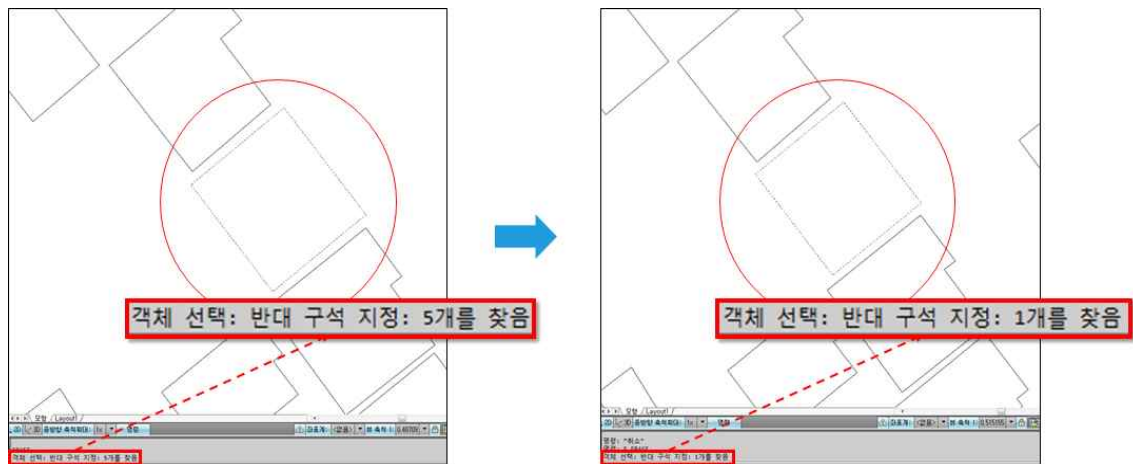
<그림3-3> 레이어 오류 유형과 수정

인접 간의 오류는 도화 제작연도 또는 업체 간 인접 확인의 부재에서 발생하는 경우가 대부분을 차지한다. 그러므로 해당 년에 제작되는 도화 작업 시 인접지역의 최신화된 도엽을 수집하고 인접

객체의 확인과 수정이 이뤄질 수 있도록 하는 도화 작업지침 방안을 마련하여 지역별, 시간별, 업체별 도화 성과가 이격이 생기지 않도록 개선한다.

#### 4) 중복 객체 오류 및 수정

2개 이상의 객체가 같은 위치에 중복된 오류이다. 도화를 2번 이상 중복 묘사한 것은 아니며, 편집 단계에서 수정 도화성과를 두 번 이상 insert 한 오류로 판단된다. 중복 객체를 추출해 한 객체를 제외한 나머지 불필요하게 중복된 객체를 삭제하여 수정한다.

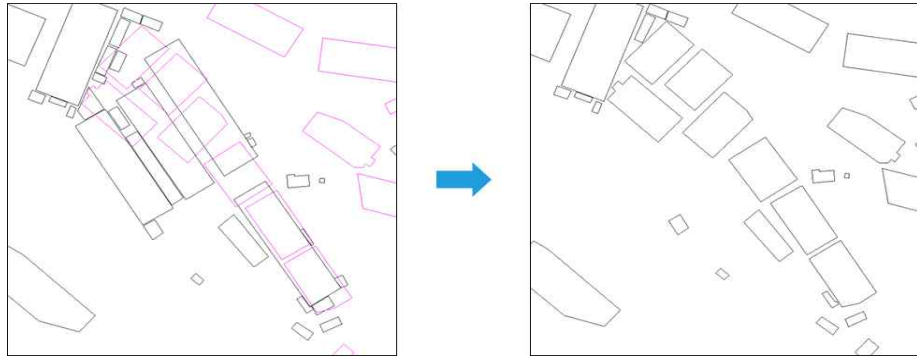


<그림3-4> 중복 객체 오류 및 수정

중복 객체 오류는 도화 후처리 과정에서 발생하는 오류이므로 자동화 추출을 통해 수정 가능한 방안을 마련하여 도화 작업 규정 및 검수 단계에 적용할 수 있도록 한다.

#### 5) 갱신 수정 오류 및 수정

현황측량성과 갱신 구축 시 수정된 객체와 기존 도화 성과가 모두 반영되어 발생하는 오류이며, 기존 구축 객체와 겹침 형태로 표현되어 있다. 수시 갱신된 객체와 기존 객체 간의 겹침 오류를 추출하고, 갱신된 지형도를 참고하여 수정과 삭제 작업을 진행하였다. 수정 시 겹침 건물 중 최신성을 확인하여 수정하는 것이 중요하다.

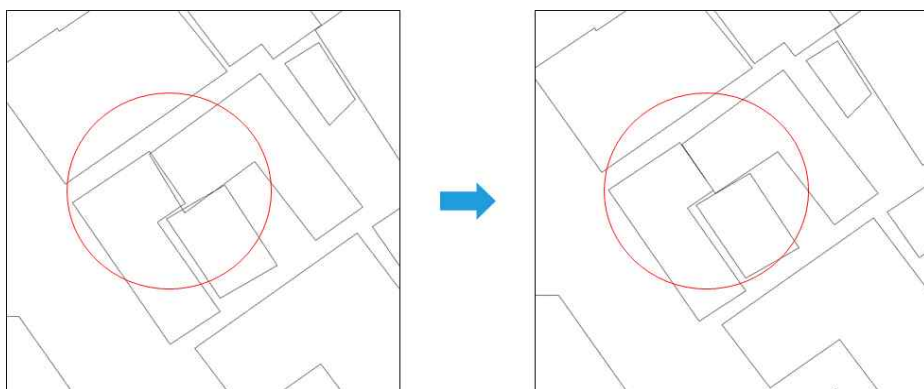


<그림3-5> 갱신 수정 오류 및 수정

갱신 수정 오류는 전체 갱신 작업 시 수정된 객체와 기존 객체의 교체 수정 작업의 오류 또는 전년도 수시 갱신된 객체를 기존 도화 성과에 확인 없이 그대로 반영하여 발생한 오류 형태이다. 따라서 전체 갱신 작업 시 앞에 제시한 오류 추출방법을 사용하여 오류를 소거하고, 수시 갱신된 객체는 도화 파일에 반영이 될 수 있도록 수시 갱신 용역의 세부 지침을 추가하여 제작할 수 있게 된다면 동일 갱신연도에 제작되는 국가기본도와 도화원도는 통일된 성과를 기대할 수 있다.

#### 6) 건물 겹침 오류 및 수정

오류 유형 중 가장 많은 양을 차지하고 있으며, 도화 묘사 시의 건물의 차양과 옆 건물 등의 겹침, 근접 객체의 고저차로 인한 겹침, 갱신 객체와 기존 객체 간의 수정 편집시의 겹침 등으로 발생하는 오류로 판단된다. 도면 정리 툴을 이용하여 추출해 낸 건물 교차점을 육안으로 확인하고, 교차된 지점을 수정하였다.



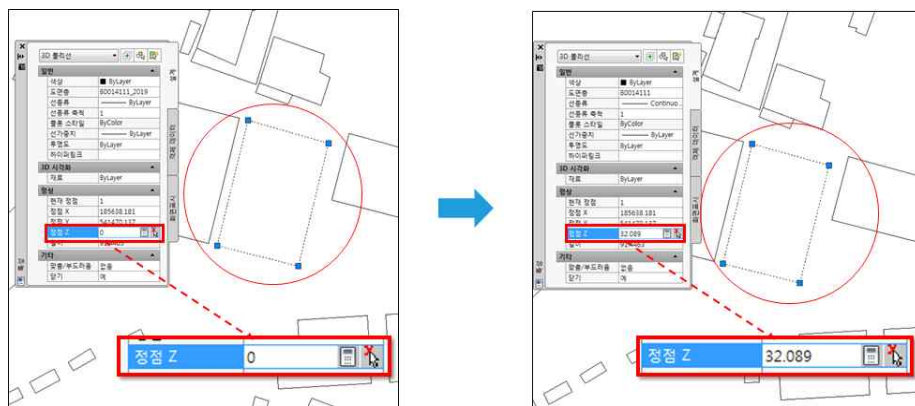
<그림3-6> 겹침 오류 및 수정

겹침 오류는 도화의 후처리 부분에서 가장 많은 시간이 소요되고, 자동화 작업이 불가능한 오류 형태이다. 그로 인한 후속 공정 및 도화성과 활용 제작사업에 많은 시간과 인력을 투입해야 하는 오류이므로 이를 도화 묘사 단계에서부터 발생하지 않도록 해당 내용에 대한 제작 기준을 마련하고, 도

화 작업지침에 반영하여 원천적으로 겹침 오류를 발생시키지 않는 방안을 마련한다.

## 7) 높이 값 오류 및 수정

객체의 높이 값이 비정상적이거나 객체의 노드 중 한 개 이상이 상이한 높이 값을 갖는 오류이다. 객체 하나의 높이 값이 일정한 높이 오류를 갖는 객체는 영상을 통해 근접 객체와의 상호 연관성을 확인하고, 동일한 높이 값 또는 그와 유사한 높이 값을 입력해 주는 작업을 진행하였다. 또한, 노드의 높이 값이 오류인 경우엔 객체의 형상을 확인하여 동일 객체 중 가장 근접한 노드의 값을 입력해 높이 값을 수정하였다.



<그림3-7> 높이 값 오류 및 수정

3차원 구축 시 기본이 되는 높이 값에 대한 오류는 3D 구축의 치명적 오류라고 할 수 있을 만큼 중요한 사항이다. 도화 묘사 시에 발생하는 오류보다 후처리(가편집, 인접 수정, 도엽 구성 등)시 발생하는 오류가 일반적이다. 이러한 오류는 도화 제작 과정에서 화면 방향 수정 후 육안 검수 가능한 오류이므로 도화 검수에 대한 품질기준을 강화하는 방안을 마련한다.

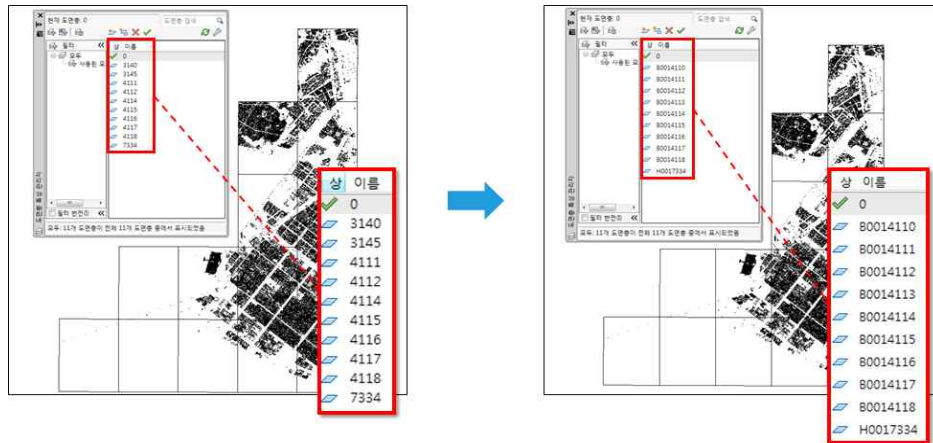
## 8) 통합코드 미 변환 오류 및 수정

수치지도 작성규칙 개정 이전의 레이어로 구축된 오류이다. 도화 구축 시 구 코드(4자리)로 제작된 데이터가 통합 코드(8자리)로 수정되지 않은 오류이다. 구 코드와 통합 코드를 분류하고 구 코드 객체를 추출해 통합 코드와 매칭 시켜 수정해 주는 작업을 진행하였다.

각 사업자마다 제작 방법, 형식이 다르고 사업자의 상호 소통 간의 차이로 발생하는 오류이며, 레이어 오류 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 형태이다.

대부분 자동화된 방법으로 변환 가능한 지역도 있지만, 일부 자동화로 매칭이 불가능한 객체는 수작업으로 수정하는 과정도 필요한 오류이다. 이와 같은 오류를 사전에 방지할 수 있도록 도화 최

중 성과물의 통합 코드를 원칙으로 하는 작업 규정을 더욱 강화하여 종전의 레이어 코드와 통합 코드가 한 도면에 존재하는 오류를 소거하는 방안을 마련한다.



<그림3-8> 통합코드 미 변환 오류 및 수정

#### 9) 객체 단락 오류 및 수정

한 도엽 내에서 폴리곤 형태의 객체가 단락 된 형태의 오류이며, 좌표변환으로 인한 도엽 재구성, 도엽 구성 시 인접 작업의 편집 실수에 의해 객체의 단락 등이 발생하는 오류로 판단된다. 전체 객체 중 단락 된 객체를 추출하고, 결합하여 한 건물이 한 개의 객체가 될 수 있도록 작업을 진행하였다.



<그림3-9> 객체 단락 오류 및 수정

한 객체당 한 개의 폴리곤을 원칙으로 하는 공간 정보 사업에 기반이 되는 도화 성과가 단락 된 형태로 2개 또는 3개 이상의 폴리라인으로 형성되어 있는 오류이며, 단락이 발생하는 원인은 여러 원인이 있으나, 도엽 재구성 시 생기는 단락 오류가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 그러므로 도화가 마무리되는 후처리 과정에서 단락 오류 검사를 강화하는 품질기준(안)을 마련하여 도화 성과의 완성도를 높이는 방안을 마련한다.

## 나. 도화오류 유형별 통계

도화 성과를 가공하기 전 전체 객체수를 파악하고 AutoCAD의 도면 정리 툴 중 중복 객체 삭제, 짧은 객체 지우기, 교차 객체 끊기, 클러스터 노드 스냅, 유사 노드 분해, 길이가 0인 객체 등의 툴을 이용한 오류의 일괄 자동 추출 개수를 집계하여 오류율을 산출하는 방법을 사용하였고, 레이어 오류 추출 과정은 1:5,000 수치지도 작성규칙 내에 있는 코드표를 이용해 이와 상이한 레이어를 분류하여 오류를 판단하여 오류율을 산출하였다. 그 밖에 일괄 자동 추출이 안되는 삭제 오류 및 높이 값 오류는 육안으로 확인하고, 개수를 파악하여 전체 객체수와 비교하여 오류 산출하는 작업을 진행하였으며, 최종적으로 3차원 구축 시 발생하는 객체 오류를 별도 추출하여 각 해당하는 오류 유형에 이를 추가하는 방식으로 오류율을 산출하였다. 도화성과 유형별 오류의 통계는 다음과 같다.

<표3-1> 도화 오류 유형별 통계

구분	여의도		시흥시		대구광역시	
전체 객체수	37,655 (4도엽)		150,369 (42도엽)		582,674 (186도엽)	
레이어 오류	142	0.38%	1,072	0.38%	—	—
불필요 객체 오류	18	0.05%	38	0.05%	1,411	0.24%
인접 오류	2	0.01%	127	0.01%	1,095	0.19%
중복 오류	4	0.01%	59	0.01	201	0.03%
갱신 수정 오류	12	0.03%	669	0.03%	—	—
건물 겹침 오류	2,948	7.83%	25,999	17.29%	47,387	8.13%
높이값 오류	—	—	13	0.00%	2	0.00%
통합코드 미변환 오류	—	—	14도엽	33.33%	—	—
객체 단락 오류	105	0.28%	3104	0.28%	10053	1.73%

위의 표와 같이 겹침 오류가 오류 형태 중 가장 많은 비중을 차지했다. 겹침 오류의 경우는 일괄 수정이 불가하고 노드 간의 일치되어 나타나는 겹침 부분과도 구분하는 과정이 필요하며, 객체 간의 상호성을 고려해 수정해야 하기 때문에 수작업이 불가피하다. 그러므로 해당 연도에 제작된 객체를 수정하기 위해 필요한 해당 연도의 영상 및 도화원도 등을 확인 하는 경우도 발생하는 수정 작업으로 인해 후속 공정이 지연되는 경우도 발생한다.

갱신 수정 오류의 경우에는 도화 성과에 수정 당시 영상과의 비교, 삭제, 수정 등의 정확한 이력 정보를 갖고 있지 않아 최종 결과와 비교하며 수정해 주는 방법으로 수정 작업을 실시하였다. 이러한 오류의 유형들은 과거 누적 오류 및 국가기본도 제작 시 소거되어 있어야 할 오류의 유형이므로

국가기본도 제작 시 해당 오류에 대한 획일화된 품질 기준안을 제시하여 국가기본도 구축 시 도화 작업 공정에 반영할 수 있도록 한다.

### 다. 도화 성과 품질기준(안)

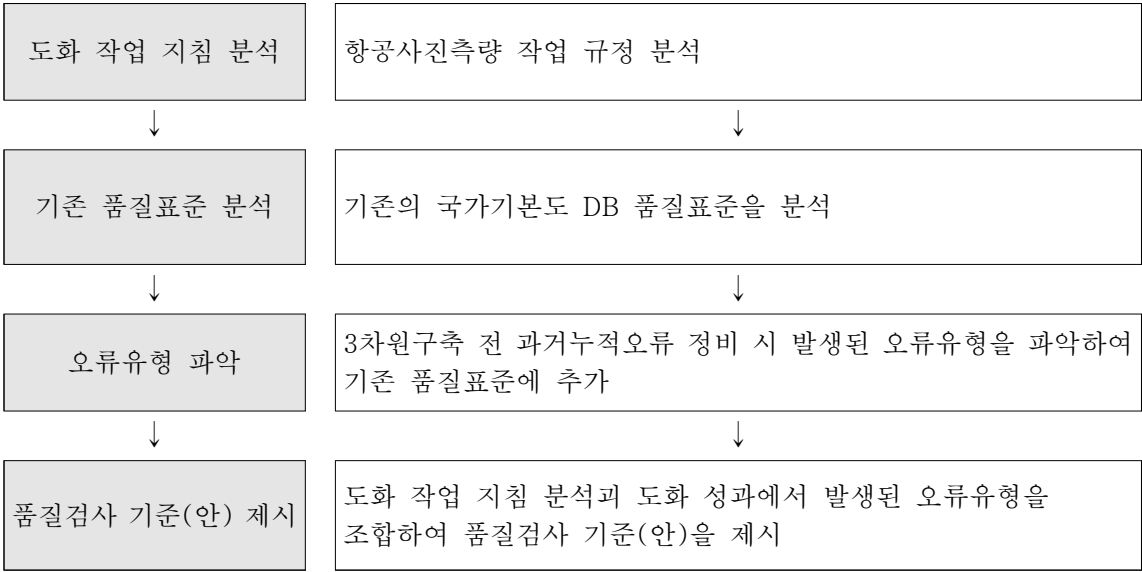
#### 1) 도화 성과 품질기준(안)의 목적

3차원 구축 시 높이 정보의 기초가 되는 도화 성과의 오류들을 분석하고, 도화 성과 품질 기준(안)을 마련하여 도화 성과의 품질을 높이는 데 있다.

#### 2) 도화 성과 품질기준(안) 연구 흐름도

기존 국가기본도 DB 품질 표준을 분석하여 제외된 도화 성과의 품질기준(안) 항목을 추가하고, 오류 내용에 따른 수정방안을 작성하여 오류 유형별로 품질기준(안)을 제시한다.

<표3-2> 도화 성과 품질기준 흐름도



#### 3) 항공사진측량 작업 규정 분석

##### 가) 도화 작업의 정의

도화 작업이란 항공삼각측량을 위한 선점 및 지상기준점(평면 및 표고)의 절대 좌표를 취득하는 기준점 측량을 실시하고, 모델 좌표를 지상 기준점 및 GPS/INS 외부표정요소 기준으로 지상 좌표를 전환시키는 작업을 통해 항공사진을 바탕으로 수치도화기를 이용하여 모든 지형·지물에 대한 표현을 수치화된 전산파일로 제작하는 과정이다.



#### 나) 도화 작업의 일반 사항

- 지리조사, 정위치, 구조화편집 등 후속 공정을 고려하여 최대한 표현하여야 한다.
- 부분수정 지역은 변경된 지형지물이 확인될 수 있도록 색상을 변경하고 수정하기 이전의 수치지형도와 합성한 파일을 출력하여 현지 지리조사 야장으로 사용하여야 한다.
- 도화의 모든 묘사 사항은 정확히 실체시 된 상태에서 묘사한다.
- 선, 면 등의 형식으로 두께를 가진 부분을 묘사하는 경우 외곽선을 묘사하여야 한다.(실폭의 도로나 수로, 건물, 교량 등)
- 방향성이 있는 선형의 묘사는 왼쪽에서 오른쪽(시계방향)으로 해야 한다.(예 : 제방, 담, 옹벽 등)
- 도화의 표정 및 묘사의 허용오차는 「항공사진측량 작업 규정」 및 「수치지형도 작성 작업 규정」을 따른다.
- 전년도 현황측량(X, Y, H) 성과는 금년 수치도화 공정에서 기존 도화원도에 반드시 반영 후 도화작업을 하여야 한다.
- 도화 공정 수행에 있어 기존 성과의 묘사 오차가 최대 오차를 초과하지 않는 경우 후속공정 수행을 위해 도화검수 및 검수단계에서 재도화 하지 않는다.(실제 변동되지 않고 AT수행 결과에 의해 발생된 묘사오차가 최대오차를 초과하지 않으면 재묘사하지 않는다.)

#### 가) 도화 작업의 주의 사항

- 판독 시 도화원도와 비교하여 실세계에서 변하지 않은 지형지물은 1.5m 이내 위치오차는 재묘사하지 않으며, 1.5m 이상 위치오차 발생 시 DB 편집자가 구분할 수 있도록 한다. (※예: 4111\_M)
- 도화 작업은 사진에 표현된 모든 지형 및 지물에 대해 묘사하여야 한다.(비닐하우스, 컨테이너, 조립식, 가건물 등 임시 건물을 포함)(※2018년 이후 사업 수행 시 1m<sup>2</sup> 이하의 건물은 편집에서 배제)
- 항공사진에 의한 모델 인덱스를 작성하여야 하고 도화가 불가능한 지역은 가능한 모두 도화한 후 사진판독과 현지조사 시 정확하게 조사하여 보완하여야 한다.
- 기존 지형도에 표현되어 있는 암초 및 바위 등에 대해서는 사진판독과 현지 조사를 통하여 최대한 묘사하도록 한다. 다만, 사진판독이 불가능하거나 그 도화가 불가능할 경우는 감독관과 협의하여 생략할 수 있다.
- 도화 Data는 반드시 3차원(X, Y, H)으로 표현되어야 하며, 도화의 범위는 표정점 이내에서 이루어져야 한다.
- 도화는 지도의 위치 정확도를 결정하는 중요한 공정으로 신규 및 수정지구에 관계없이 인접이 맞



아야 한다.

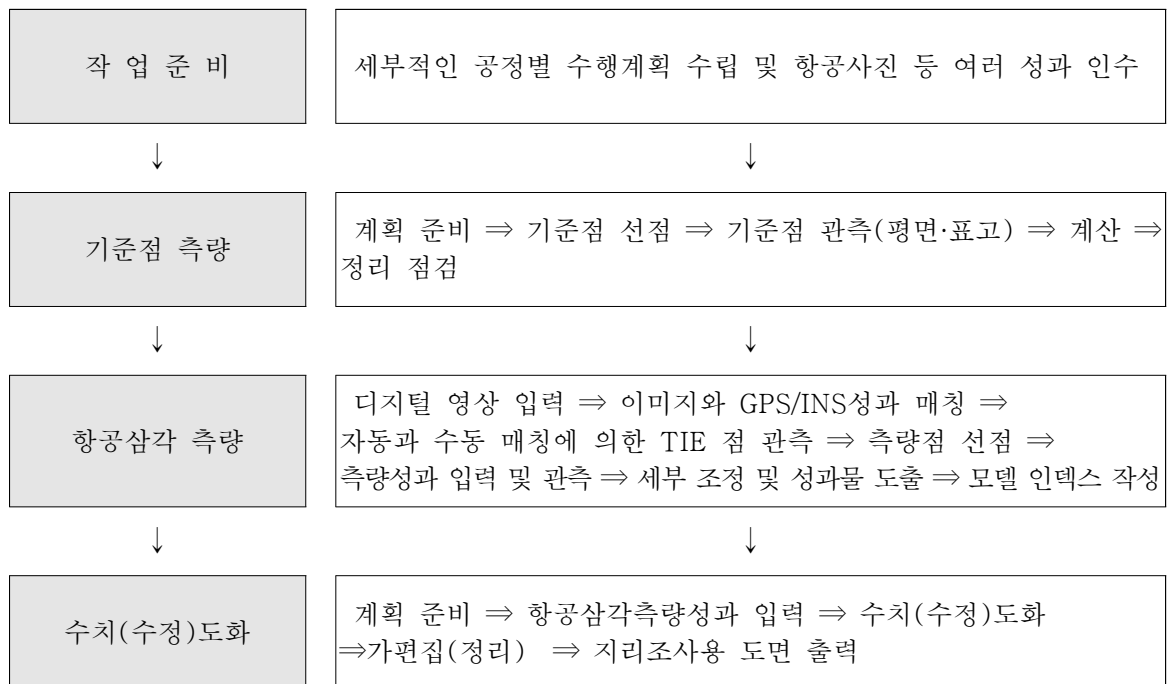
#### 다) 허용 오차 범위

<표3-3> 도화 묘사의 허용오차 범위

구 분	허용오차	평면	표고	등고선
표정오차	내부표정 잔차	0.02mm		
	상호표정 잔차	0.02mm		
	절대표정 잔차	0.8m	0.6m	
묘사오차	표준편차	1.0m	0.5m	1.0m
	최대오차	2.0m 주의사항에서는 1.5	1.0m	2.0m

#### 라) 도화 작업 순서

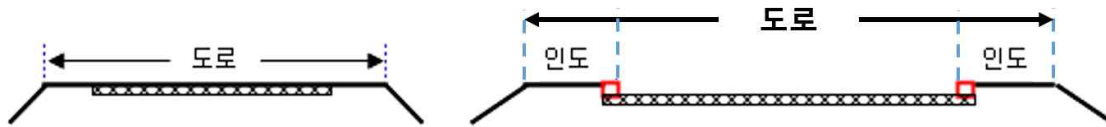
<표3-4> 수치(수정)도화 구축 흐름도(수정사업자)



#### 마) 도화 묘사의 기준

##### (1) 도로

- 도로의 폭은 다음과 같이 묘사한다.



<그림3-10> 도로 묘사

- 시가지 등 밀집 지역의 도로경계선은 건물 사이의 공간을 이용하여 최대한 정확히 묘사하여, 표고 값을 지형과 일치시켜야 한다.
- 인도는 폭 1.0m 이상만 보도 경계(경계석)를 포함하여 묘사하여야 하며, 영상에서 확인되는 모든 인도, 자전거도로는 묘사한다. \* 기존 3.0m 이상만 묘사
- 강변도로 등의 도로경계가 제방 경계와 중복될 경우에도 각각 개별 묘사하여야 한다.
- 폭 3.0m(지상) 이상의 도로는 실폭으로 묘사하고, 그 이하의 도로의 중앙을 단선으로 묘사하여야 한다.
- 국도지방도 등의 일반 도로와 아파트 단지 등 부지안도로 등 도로 관련 Layer가 바뀌는 부분은 상호 간 연계(결합) 하여 묘사하여야 한다.
- 고가도로, 입체교차로 등의 겹치는 부분은 개별로 중복 묘사하여야 한다.
- 교량은 도로경계선으로 연결 묘사하고, 교량 부분을 면으로 중복 묘사한다.
- 면리간도로와 소로는 정확히 구분 묘사한다.
- 도로경계선이 건물, 담, 제방 등과 겹치는 경우에도 개별 중복 묘사하여야 한다.
- 철도 부지의 암거 지역 등을 입체적으로 통과하는 도로는 개별 중복(연결) 묘사하여야 한다.(단, 터널 안 도로는 제외)
- 도로 주변의 음식점 등으로 인한 일시적인 빈 공간(마당, 주차 공간 등)은 도로에 포함하지 않는다.(가급적 평행선으로 묘사)
- 도로의 끝부분은 개방 묘사하여야 한다.
- 부분수정 지역의 도로 묘사는 수정 부분의 경계 끝을 기존 데이터 중 변하지 않은 부분과 연결(결합) 하여야 한다.
- 부지 내의 도로는 차량 통행로와 보행로를 구분하여 묘사하고, 그 외 광장, 화단, 주차장 등의 경계를 각각 구분 묘사한다.
- 부지 내 차량 통행이 가능한 도로는 3118 묘사 (그림 중 ①)
- 부지 내 보행로 폭 3.0m 이상은 3118-2(그림 중 ③), 3.0m 미만은 3118-3(그림 중 ④) 묘사
- 그 외 부지내의 도로와 구분되는 시설 경계(광장, 주차장, 화단 등)는 3118-1로 모두 폐합 처리할 수 있도록 타코드와 결합 묘사한다.(그림 중 ②)
- 부지 내의 차량 통행로는 일반 도로와 동일하게 묘사한다.



<그림3-11> 부지내 도로 묘사

## (2) 수계

- 폭 3.0m(지상) 이상의 수로는 실폭으로 묘사하고, 그 이하는 수로의 중앙을 단선으로 묘사하여야 한다.
- 실제 지형의 변화가 아닌 유수량에 따른 수계 변화는 묘사하지 않는다.
- 제방, 도로 등과 인접되는 수계는 중복되더라도 개별 묘사한다.
- 교량, 암거 등으로 관통되지 않는 단절된 지역도 연결 묘사한다.
- 도곽 내의 댐, 저수지 등의 수계는 단독 폐합 묘사한다.
- 복개천 등에 인접되는 수로의 끝부분은 개방 묘사한다.
- 부분수정 지역의 수계 묘사는 수정 부분의 경계 끝을 기존 데이터 중 변하지 않은 부분과 연결 (결합) 한다.
- 계곡 등 수로의 묘사는 가능한 한 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하며 묘사하고, 실제 지형 변화가 아닌 수계 변화는 묘사하는 않는다.
- 자연해안선의 변화는 수정하지 않지 않으며, 연속 해안선(해조원)을 기초로 항공사진에서 관측한 간척지, 항만시설 등의 인공 해안선 변화 정보를 반영하여 국가기본도 해안선으로 묘사한다.

## (3) 철도

- 철도는 양측 레일 사이를 단선으로 묘사하여야 한다.
- 철도 경계는 별도 경계가 없는 개방 지역만 묘사하여야 한다.
- 부분수정 지역의 철도 묘사는 수정 부분의 경계 끝을 기존 데이터 중 변하지 않은 부분과 연결 (결합) 하여야 한다.

#### (4) 건축 구조물

- 건물은 각 모서리에 정지한 상태에서 점(Point)으로 관측하여 Poly Line으로 단독 폐합(면) 되도록 묘사하여야 한다.(Rectangle 사용 불가) 단, 사찰 등 유선형 건물은 실형으로 묘사하여야 한다.
- 건물의 상단을 정확히 입체화(On the ground) 하여 묘사하여야 한다.
- 층수의 변동 등으로 건물상단의 높이가 달라지는 경우에는 각 지점(모서리)을 정확히 입체화(On the ground) 시켜 묘사하여야 한다.
- 차양 또는 비닐하우스, 컨테이너 등 임시 설치 구조물이라 할지라도 묘사한다. 다만, 판독이 불확실한 경우 묘사하고, 현지조사 시 확인하여야 한다.
- 집단지역의 건물도 각각 개별로 분리 묘사하여야 한다.
- 관공서, 학교, 아파트 단지 등 여러 건물로 표현된 일정한 면적( $100 \times 100\text{m}$ )을 가진 복합 건물(지형지물)에 대해서는 각각의 개별 건물들의 소속을 명확하게 하기 위하여 담장을 묘사하여야 한다.
- 부분 수정지역 중 일부 증축 및 개축된 건물에 대해서는 건물 전체를 재 묘사하여야 한다.

#### (5) 식생

- 식생의 경계는 논, 밭, 과수원, 목초지 등으로 구분하여 경지 경계로 필지별 단독 폐합 묘사 한다. ('19년 자료표준 개정(안)의 지류 경계 제외에 따른 조치)
- 경계에 해당되는 기호(Symbols)는 필지 당 한 개를 원칙으로 한다.
- 도로와 인접하는 부분에 대해서는 구조화 편집 공정을 고려하여 중복하여 개별 묘사한다.

#### (6) 시설물의 묘사

- 교량은 난간 등 구체적인 사항은 생략하고, 전체적인 외곽 경계를 단순 면(Box)으로 묘사하여야 한다.
- 사진판독이 가능한 시설물에 대해서는 도형정보를 부여하고 자세한 속성 정보는 현지조사를 통해 보완하도록 한다.
- '19년 자료표준 개정(안)에서 추가된 시설물(횡단보도, 줄임선평터, 요금소, 인터체인지, 도로점용시설 등)은 영상에서 확인 후 추가된 시설물에 대하여 묘사한다.

#### (7) 지형·지물의 묘사

- 제방, 성·절토는 경사면의 평면 폭 5.0m 이상만 묘사한다. 다만, 평면 폭이 5.0m 미만일 경우에도 높이가 1.5m 이상이면 성·절토를 묘사한다.

- 제방, 성·절토의 하단 경계는 다른 경계와 중복되더라도 각각 개별 묘사하여야 한다.

#### (8) 등고선의 묘사

- 등고선은 사각지역 및 음영 등으로 인하여 도화가 곤란한 경우를 제외하고는 최대한 직접 도화하여야 한다.(보간에 의한 방법으로 등고선을 묘사하여서는 아니 된다.)
- 건물 등이 밀집된 시가지라도 반드시 연결 묘사하여야 하며, 또한 교량, 암거, 입체 교차부 등 추정이 가능한 일시적인 사각 부분도 연결 묘사하여야 한다.
- 가능한 낮은 곳에서 높은 곳으로, 또한 방향이 동일하게 유지하여 묘사한다.
- 등고선과 건물이 겹치는 부분은 등고선을 건물 주변으로 돌려준다.
- 도로를 지나가는 등고선은 도로와 수직이 되게 도화 또는 편집 묘사한다.

#### (9) 표고점의 묘사

- 평탄지 : 가급적 200m 간격으로 점이 배치되도록 묘사
- 도로 : 교차로, 교량 부분 등을 포함하여 중요한 부분에 대하여 묘사
- 제방 : 실폭 또는 단선 제방의 상단에 200m 간격으로 묘사
- 경지경계 : 경지경계를 지나가는 등고선의 간격이 평면 거리 200m 이상인 경우 수평 지점(논 등)에 묘사
- 산지 : 정상 및 정상과 정상 사이의 낮은 지점
- 산 정상의 경우 기존 데이터 높이 값(산높이DB)을 반드시 확인하여 작업하고, 변동 시 감독관의 확인 후에 작업한다.
- 기타 : 오목지, 변곡점, 넓은 공지 및 필요한 지점

#### 4) 기존 품질표준 분석(공통 품질 측정, 건축물 품질 측정에 한함)

##### 가) 공통 품질 측정 항목

<표3-5> 공통 품질 측정 항목

데이터 품질 요소	데이터 품질 세부요소	측정항목이름	측정항목정의	측정항목 식별자
정보 완전성 (Completeness)	초과 (Commission)	초과 항목 오류	항목이 데이터에 잘못 존재한다는 지표	COM-001
		중복객체 오류	데이터 내의 지형지물의 중복 항목 수	COM-002
	누락 (Omission)	누락 항목 오류	특정 항목이 데이터에 없음을 나타내는 지표	COM-003
		묘사오류 (Portrayal Error)	데이터 내의 데이터 묘사가 실제와 다른 항목이 존재한다는 지표	COM-004
논리 일관성 (Logical Consistency)	개념 일관성 (Conceptual Consistency)	미정의 레이어 오류	레이어 명칭 규칙을 준수하지 않는 항목 수	COM-005
		테이블 컬럼 규칙 오류	스키마 규칙에 따라 모든 컬럼이 존재하는지 검사	COM-006
		필수 컬럼 속성 누락 오류	DB 스키마 규칙이 NN(Not Null)인 경우 Null 값 존재 수	COM-007
		객체 타입 불일치 오류	레이어의 도형 타입이 표준과 다른 경우	COM-008
		컬럼 타입 불일치 오류	컬럼 타입이 DB 스키마 규칙과 다른 경우	COM-009
	도메인 일관성 (Domain Consistency)	코드리스트 불일치 오류	DB 스키마의 코드리스트 규칙과 다른 경우	COM-010
		숫자 타입 오류	DB 스키마의 숫자 타입 필드(Integer, Real 등) 규칙과 다른 경우	COM-011
	포맷 일관성 (Format Consistency)	성과 포맷 오류	성과 포맷이 표준 물리적 구조(포맷)와 다른 항목	COM-012
		메타데이터 누락 오류	DB 스키마에서 정의한 필수 메타데이터 누락 여부	COM-013
		NFID 무결성 오류	데이터 내용 표준에서 정의한 NFID 부여 규칙 준수 여부	COM-014
	위상 일관성	꼬임	선 혹은 면 객체에 꼬임이 있는지 확인	COM-015

데이터 품질 요소	데이터 품질 세부요소	측정항목이름	측정항목정의	측정항목 식별자
	(Topological Consistency)	선형 객체 오류		
		1포인트 객체 오류	선 또는 면을 구성하기 위한 정점이 부족	COM-016
		미세면적 객체 오류	면형 객체의 면적이 0.1m <sup>2</sup> 미만이 존재	COM-017
		짧은 선형 객체 오류	선형 객체의 길이가 0.01m 미만이 존재	COM-018
		슬리버 폴리곤 객체 오류	면형 객체에 규칙 이하의 슬리버 폴리곤 존재	COM-019
위치 정확성 (Positional Accuracy)	절대적 또는 외부정확성 (Absolute or External Accuracy)	평균 제공근 오차 오류	객체 위치 좌표의 정확도 평가	COM-020
주제 정확성 (Thematic Accuracy)	분류 정확성 (Classification of Correctness)	지형지물 분류 오류	데이터 내용 표준에서 정의한 지형지물의 분류가 맞는지 평가	COM-021
시간 정확성 (Temporal Quality)	시간 측정 정확성 (Accuracy of a time measurement)	시간 범위 오류	기반자료 일자가 갱신 일자보다 늦음	COM-022
	시간적 일관성 (Temporal Consistency)	시간 충돌 오류	동일 영역에 기간자료 일자까지 변경 있음	COM-023
	시간적 유효성 (Temporal Validity)	시간 포맷 오류	해석할 수 없는 시간 값 입력	COM-024



나) 건축구조물 품질 측정 항목

<표3-6> 공통 품질 측정 항목

데이터 품질요소	데이터 품질 세부요소	측정항목이름	측정항목정의	측정항목 식별자
논리 일관성 (Logical Consistency)	도메인 일관성 (Domain Consistency)	건물 층수 오류	건물층수가 1 미만	BLD-001
		일반주택의 주기 오류	면리간도로의 도로폭이 1.6m이상~3.0m미만 이외 값 입력	BLD-002
	위상 일관성 (Topological Consistency)	건물과 건물이 침범하는 오류	건물 간에 서로 침범	BLD-003
		건물이 면형구조시설에 침범하는 오류	건물이 면형구조시설을 침범	BLD-004
		건물이 건물부속시설에 침범하는 오류	건물이 건물부속시설을 침범	BLD-005
		건물이 차도경계면에 침범하는 오류	건물이 차도경계면을 침범	BLD-006
		건물이 인도경계면에 침범하는 오류	건물이 인도경계면을 침범	BLD-007
		건물이 경지경계에 침범하는 오류	건물이 경지경계를 침범	BLD-008
		건물이 등고선을 침범하는 오류	건물이 등고선을 침범	BLD-010
		건물이 표고점을 침범하는 오류	건물이 표고점을 침범	BLD-011
		건물이 수로시설 제방을 침범하는 오류	건물이 수로시설 중 제방을 침범	BLD-012
		건물이 보행노면을 침범하는 오류	건물이 면형지형 중 보행노면을 침범	BLD-013
		건물이 보행노선을 침범하는 오류	건물이 선형지형 중 보행노선을 침범	BLD-014
		건물이 부지안경계선을 침범하는 오류	건물이 선형지형 중 부지안경계선을 침범	BLD-015
		건물 홀 폴리곤 오류	홀폴리곤 건물객체 중 홀(Hole)과 동일한 객체가 존재	BLD-016

## 5) 도화 성과 오류 유형 별 수정방안

### 가) 작업 단위 설정에 의한 오류 유형

오류 유형 분석은 국가기본도 제작 중 도화 작업 공정 중 발생하는 오류 외 과거 누적 오류, 가편 집 수정 시 작업자 실수에 의한 오류, 각 공정에서 주로 발생하는 오류를 분석하여 여덟 가지의 오류 형태를 추출하였고 품질 측정 항목에 보완할 수 있는 세부 검사 기준안을 마련한다.

#### □ 레이어 오류

<표3-7> 레이어 오류

측정항목 이름		레이어 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수치지도 작성규칙 내의 레이어 표에 정의되어 있지 않은 레이어 사용으로 발생하는 오류</li> <li>- 갱신 구축 시 수정된 객체가 도화 성과에 반영되며 국가기본도의 속성을 그대로 유지하여 발생하는 오류</li> </ul>					
수정 방법					

- 수치지도 작성규칙에 포함되지 않는 레이어를 추출하여 규칙에 맞는 레이어로 수정

#### □ 불필요한 객체의 오류

<표3-8> 불필요 객체 오류

측정항목 이름		불필요한 객체 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 갱신된 객체를 추가하며 기존의 객체와 편집 과정에서 남은 자투리를 제거하지 않아 발생하는 오류</li> <li>- 길이가 0인 객체와 불필요한 단일의 짧은 객체</li> </ul>					
수정 방법					

- 노드가 개방되어 있는 객체와 불필요하게 겹쳐진 객체를 추출
- AutoCAD의 drawing cleanup 메뉴 중 zero length objects, erase short objects 추출 후 판별 삭제

□ 인접 오류

<표3-9> 인접 오류

측정항목 이름		인접 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도곽선의 인접한 부분의 노드 불부합</li> <li>- 한 객체의 형태가 도곽선을 기준으로 상이함</li> <li>- 도곽선을 기준으로 객체의 누락</li> <li>- 50K 단위 인접 오류</li> </ul>					
수정방법					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도곽선의 인접한 객체의 끝점을 추출하여 도곽선에 끝점이 존재하는지를 추적하여 수정</li> </ul>					

□ 중복 객체 오류

<표3-10> 중복 객체 오류

측정항목 이름		중복 객체 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2개 이상의 객체가 동일 위치에 중복</li> </ul>					
수정 방법					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AutoCAD의 drawing cleanup 메뉴 중 delete duplicates 추출 후 판별 삭제</li> </ul>					

□ 갱신 수정 오류(변동정보 미반영)

<표3-11> 갱신 수정 오류

측정항목 이름		갱신 수정 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수시 및 정기 갱신된 객체와 기존 객체의 겹침 발생</li> </ul>					
수정 방법					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 갱신된 객체와 기존 객체의 겹침 및 노드 불부합 추출/수정</li> </ul>					

□ 겹침 오류

<표3-12> 겹침 오류

측정항목 이름		겹침 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
- 도화 묘사 시의 겹침, 근접 객체 간의 고 저차로 인한 겹침, 수정 편집 시 겹침 등으로 발생					
수정 방법					
- AutoCAD의 drawing cleanup 메뉴 중 break crossing object 추출 후 판별 수정					

□ 높이 값 오류

<표3-13> 높이 값 오류

측정항목 이름		높이 값 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
- 객체의 높이 값이 주변 객체들과 상이 하거나 높이 값이 0일 경우 - 객체를 구성하는 노드 중 한 개 이상이 근접한 노드와 상이할 경우					
수정 방법					
- 화면 방향을 수직에서 횡단으로 수정, 확인하여 상이한 높이 값의 노드 및 객체 추출/수정					

□ 통합 코드 미 변환 오류

<표3-14> 통합 코드 미 변환 오류

측정항목 이름		통합 코드 미변환 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					
- 수치지도 작성규칙 개정 이전의 레이어로 구축 - 구 코드(4자리)로 구축된 도화 성과와 통합 코드(8자리)를 혼용하여 구축					
수정 방법					
- 구 코드와 통합 코드를 분류해 추출해 통합 코드로 매칭					

□ 객체 단락 오류

<표3-15> 객체 단락 오류

측정항목 이름		객체 단락 오류			
품질요소	논리 일관성	세부항목	위상 일관성	검사 방법	전수검사
오류 내용 및 설명					

- 도곽 내의 객체가 단락 된 형태
- 도엽 내에서 폴리곤 형태의 객체가 단락이 되어 있는 형태의 오류. 좌표변환으로 인한 도엽의 재구성 등의 원인으로 발생하는 오류

수정 방법
-------

- AutoCAD의 drawing cleanup 메뉴 중 dissolve pseudo node 추출 후 판별 수정

라. 소결론

3차원 공간데이터의 구축 기반 자료인 도화성과의 오류를 유형별로 분석한 결과 레이어 오류, 불필요 객체, 인접오류, 중복 객체 오류, 이력관리 오류, 높이 값 오류, 건물 겹침 오류, 객체 단락 오류, 통합 코드 미 변환 오류 등 크게 9가지 오류 유형으로 분류 할 수 있었으며, 오류 통계 분석 결과 건물 겹침 오류는 건물 전체 객체의 약 10%를 차지할 만큼 오류량이 많고, 보완을 위해서는 전량 수작업이 필요하여 과도한 시간과 비용이 소요된다. 이러한 문제 해결을 위해서는 도화성과 제작 단계에서부터 오류 예방을 위한 도화성과의 명확한 품질기준과 품질검사 프로그램 개발이 시급하며, 이를 위한 초석으로 본 연구에서는 도화 품질 측정항목을 선정하고, 품질관리매뉴얼을 제시한다.

## 2. 세밀도 향상을 위한 도화 작업방법 개선방안

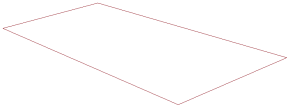
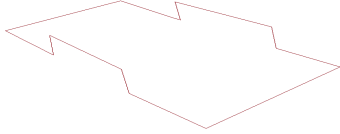

현재 국가기본도 도화성과를 활용하면 3차원 건물표현은 세밀도 LOD1에 한정되어, 도화 묘사 방법 개선에 따라 세밀도 LOD2 건물 표현 가능 여부를 유형별로 분석하고 정의한다.

본 연구에서 제시하는 건물 LOD2 구현 방안은 건물 상단 돌출부를 추가 도화 묘사하는 것으로 건물 상단 및 측면의 텍스처 구현은 고려하지 않는다.

### 가. 유형별 건물구현 테스트

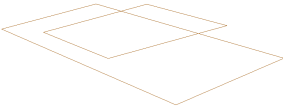
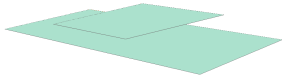
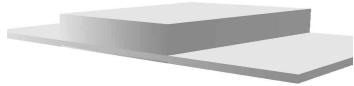
#### 1) 복층형태 건물

<표3-16> 복층형 건물 건물구현 테스트1

		
기존 도화 형태	테스트 도화(안)	3차원 구현 결과

건물 상단의 돌출 부분을 높이차가 발생하는 동일 지점을 각 높이에 맞춰 각각 묘사한 결과 상단 돌출부의 왜곡이 발생하였다. 이러한 왜곡 현상은 돌출부의 면적이나 길이에 영향이 있는 것을 확인하고, 세밀도 개선 도화 묘사 방안으로 부적합한 것으로 판단하였다.

<표3-17> 복층형 건물 건물구현 테스트2

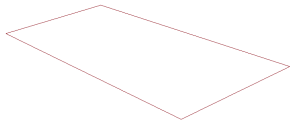


		
테스트 도화 (안)	3차원 면형 변환	3차원 구현 결과

높이가 다른 부속건물을 독립 된 하나의 객체로 단독 묘사 해 준 2차 테스트 결과 실제와 가장 가까운 형상의 건물 구현이 가능했다. 도화 묘사 시 부속건물의 레이어를 별도로 구분하고, 단독 객체로 묘사하는 작업을 실시한다.

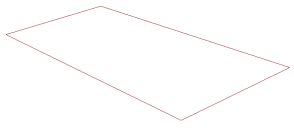

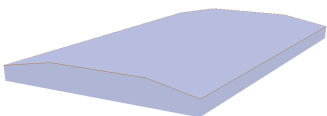


## 2) 일부구간 높낮이가 다른 형태의 건물구현(경사존재)

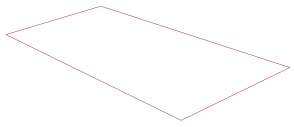

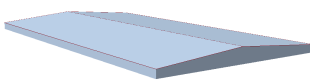
<표3-18> 높낮이가 다른 건물 구현 테스트1

		
기존 도화 형태	1차 테스트 도화(안)	1차테스트 3차원 구현결과

<표3-19> 높낮이가 다른 건물 구현 테스트2

		
기존 도화 형태	2차 테스트 도화(안)	2차 테스트 3차원 구현결과

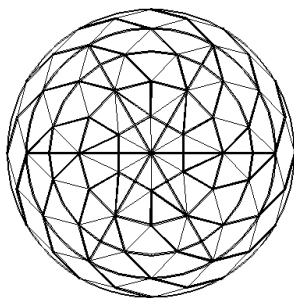
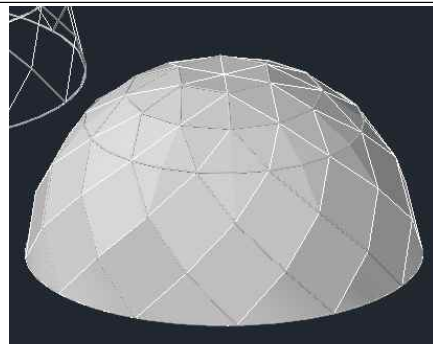
<표3-20> 높낮이가 다른 건물 구현 테스트3

		
기존 도화 형태	3차 테스트 도화(안)	3차 테스트 3차원 구현결과

박공지붕 형태는 기존의 도화 묘사를 유지하되 지붕 상단의 엣지 부분은 추가 라인을 표현하여 건물 지붕의 형상과 최고 높이를 표현해준다. 부속건물과 마찬가지로 레이어를 별도 구분하고, 라인의 끝 노드와 본 건물의 외곽라인이 접하는 부분은 건물 외곽라인에 같은 높이 값의 노드를 생성해주는 작업이 필요하다. 그러나 1,2차 테스트 도화(안)은 객체의 길이와 크기, 지붕의 높이 등에 따른 왜곡이 불규칙하게 발생하므로 구축방안으로는 적절하지 않았다.


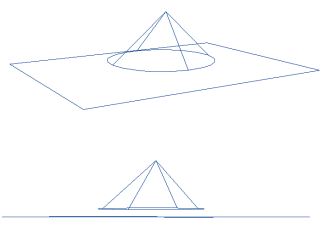
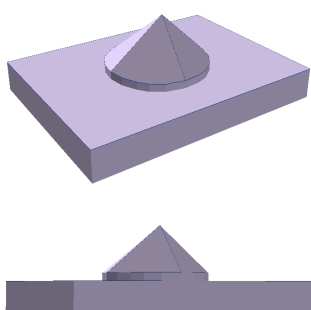
### 3) 돔 형태 건물 구현

<표3-21> 돔형태 건물 구현 테스트1

	
도화 1안	1차 돔 형태 3차원 구현결과

돔 형태의 객체 1(안)은 높이 값이 변화되는 구간마다 라인으로 묘사하는 방법으로 구현 시 실제와 가까운 형상을 구현하는 결과를 얻을 수 있지만, 작업량이 과도하게 발생하여 실질적 적용이 불가능한 것으로 판단하였다.


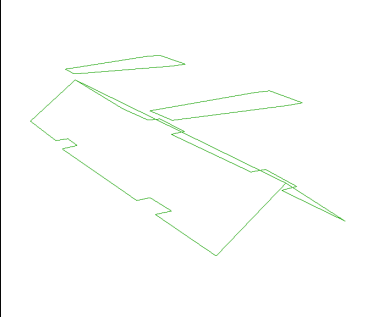
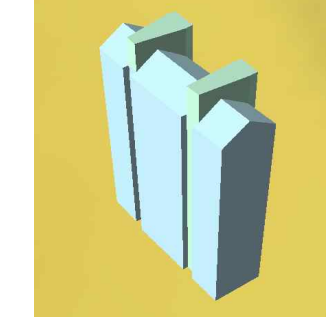
<표3-22> 돔 형태 건물 구현 테스트2

 <p data-bbox="357 1435 495 1469">국회의사당</p>		
복합 돔형태	도화 2안	2차 돔 형태 3차원 구현결과

돔 형태의 객체 2(안)은 돔 부분의 가장 높은 위치에 라인을 교차하여 묘사한다. 4개의 선형으로 돔 형태를 표현하며, 선형이 많을수록 원형에 가깝고 실제 형상과 가깝게 표현 된다.


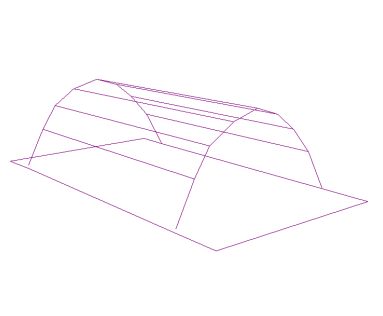
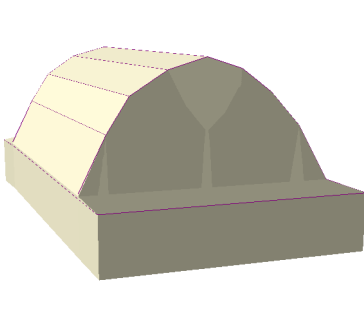
#### 4) 복합형태

<표3-23> 복합형 건물 구현 테스트

		
복합형태의 아파트	도화안	복합형태 3차원 구현결과

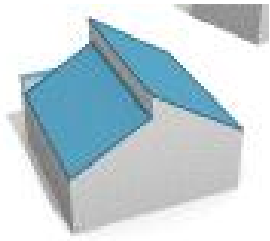
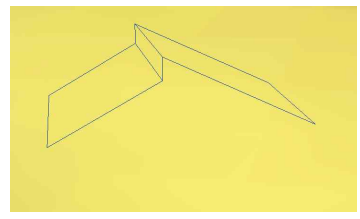
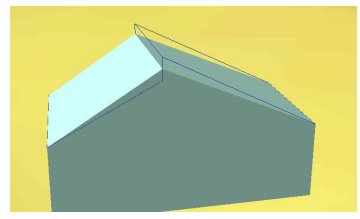
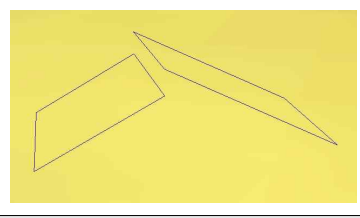
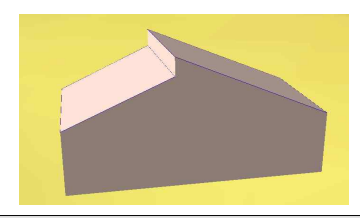
하나의 건물이 여러 가지 형태로 구성되어있는 복합 형태의 객체는 건물의 각 부분의 상단라인을 면처리 하고 계단실 부분은 독립된 객체로 단독 묘사 한다. 또한, 지붕 엣지 라인을 묘사하고, 라인과 접하는 건물의 외곽선 부분에 같은 높이 값의 노드로 일치시킨다.

<표3-24> 아치형 건물 구현 테스트

		
아치형과 복합형태의 건물	도화안	복합형태 3차원 구현결과


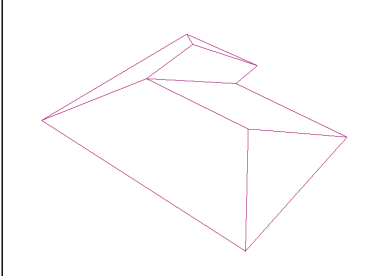
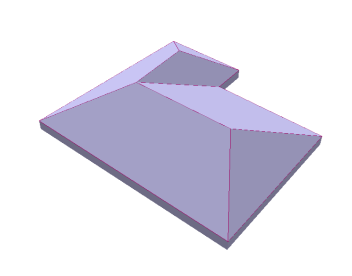
건물의 형태 중 아치형 객체와 복합으로 이루어진 객체는 건물 외곽 및 상단라인을 면처리 하고 아치부분의 상단 외곽 높이의 변화구간마다 일정한 간격으로 높이 값을 입력하며 라인으로 묘사한다. 아치형 객체는 상단외곽 라인의 구획 개수에 따라 실제와 가까운 형태로 표현이 된다.

<표3-25> 끝점이 다른 건물 구현 테스트

		
	도화 1안	1안 3차원 구현결과
		
	도화 2안	2안 3차원 구현결과


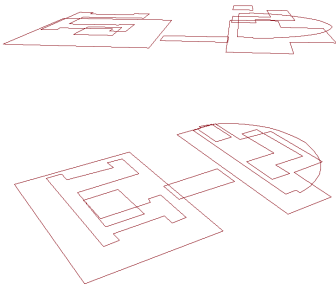
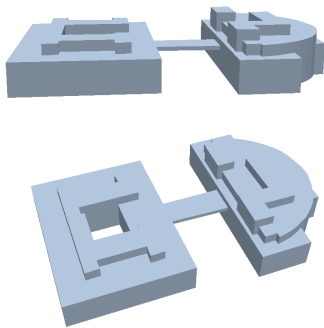
지붕 상단 엣지 부분의 높이 값이 차이가 있는 형태의 객체는 외곽을 단독으로 구획 후 높이 변화 구간에 추가 라인을 구획 하여 3차원을 구현한 결과 차이가 나는 높이 값의 중간지점으로 지붕의 엣지가 표현 되는 것을 볼 수 있다. 2번째 방안으로 서로 다른 높이를 가진 지붕의 외곽선을 각각 분리하여 구획한 결과 실제와 가장 비슷한 구현 결과를 얻을 수 있었다.

<표3-26> 복합형태 건물 구현 테스트

		
박공지붕과 복합 형태	도화안	3차원 구현결과


건물 지붕의 가장 높은 엣지 부분을 라인으로 구획하고 건물의 외곽라인의 끝 노드와 연결하여 접점부분 노드의 높이 값을 동일하게 일치시킨다.

<표3-27> 구름다리 구현 테스트

 국회의정관		
건물간의 구름다리	도화안	3차원 구현결과


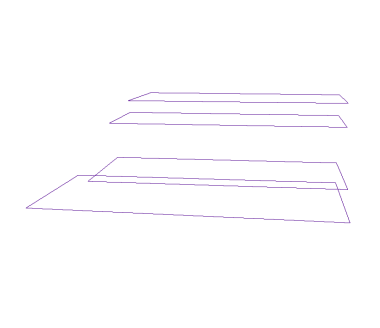
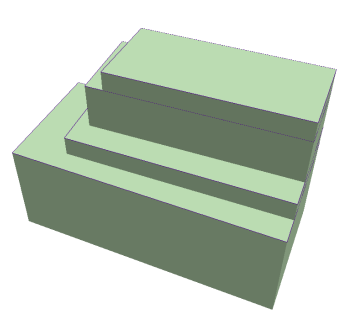
건물과 건물을 연결해주는 구름다리의 최저 값은 구름다리의 최고 값의 -4m로 설정한다. 두 건물의 최하단 레이어는 기존 도화 성과의 레이어를 사용하며 각각 두 건물 위의 서로 다른 형태의 객체들은 부속건물로 구획한다. 건물간의 구름다리는 사용자에게 2D 데이터로 제공 될 경우 별도의 설정 작업이 필요하다.

<표3-28> 돔과 아치의 복합형태 건물 구현 테스트

 전경련플라자		
돔과 아치의 복합형태	도화안	3차원 구현결과


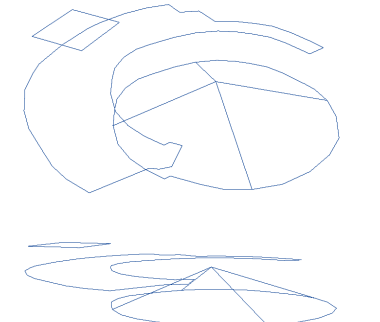
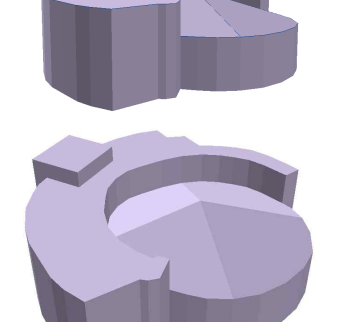
체육관 및 박람회장 등 돔과 아치가 결합된 복합 형태는 아치 형태와 모든 구간의 높이 값이 다르기 때문에 라인으로 구획하되 높이의 변화 구간마다 노드를 생성하며 묘사해준다. 노드가 많을수록 구획 라인이 많을수록 실제와 가까운 형태로 표현된다.

<표3-29> 계단식 복합형태 건물 구현 테스트

		
계단식의 복합 형태	도화안	3차원 구현결과


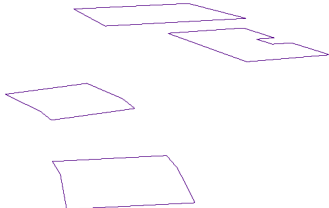
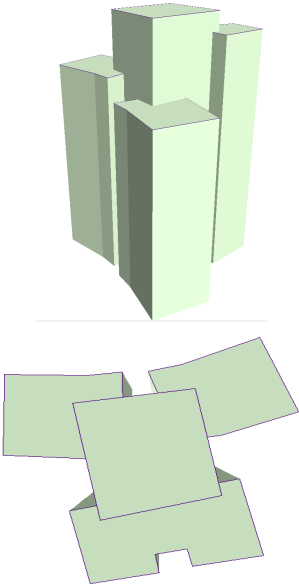
각 높이 값의 변화 구간마다 면으로 구획하여 중첩되게 묘사한다. 층의 개수만큼 노드의 불부합이 발생하고, 묘사 면적이 적은 부분이 대부분이므로 3차원 구현 시 형태의 오류 발생이 많으므로 도화묘사 후 오류에 대한 검토 및 보완이 필요하다.

<표3-30> 부속건물과 돔의 복합 형태 건물 구현 테스트

 여의도순복음교회		
부속건물과 돔의 복합 형태	도화안	3차원 구현결과


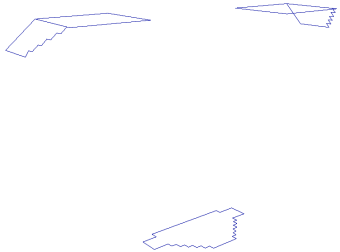
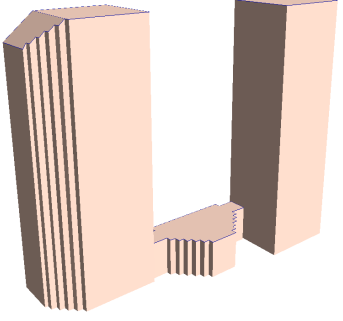
복층 형태와 원형, 돔의 복합으로 이루어진 형태의 객체는 건물 외곽선을 묘사하고, 가장 높은 지점의 노드를 건물의 외곽선과 연결하여 라인을 구획해 돔을 표현한다. 돔을 표현한 라인은 건물의 외곽선과 접점에서 노드를 추가하여 높이 값이 같은 노드를 생성하고 추가적인 부속건물은 단독으로 독립묘사 한다.

<표3-31> 건물이 연결돼 있는 형태 건물 구현 테스트

		
건물이 연결돼 있는 형태	도화안	3차원 구현결과

한 개의 건물이지만 높이가 각각 다른 여러 개의 건물이 하나로 연결돼 있는 모양을 갖는 형태이다. 형태상 모서리가 많이 발생하는 이런 형태의 건물의 가장 낮은 높이 값의 건물을 제외한 나머지 건물을 부속건물로 단독묘사 한다.

<표3-32> 계단식, 여러개의 복합형태 건물 테스트


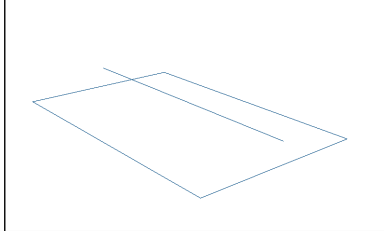
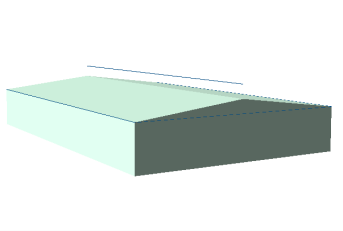
 <p>여의도 LG 트윈타워</p>		
계단식, 여러개의 복합 형태	도화안	3차원 구현결과

건물의 일부분의 높이가 일률적으로 낮아지는 계단식 건물은 객체의 외곽선을 묘사한 후, 높이가 변하는 구간에 라인을 구획하여 경사면을 표현하고 경사진 구간은 각 층별마다 해당 높이 값의 노드를 입력한다.




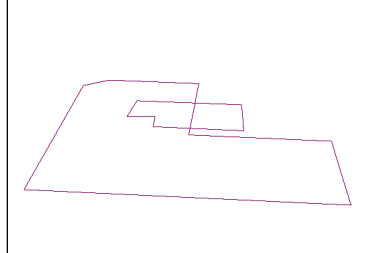
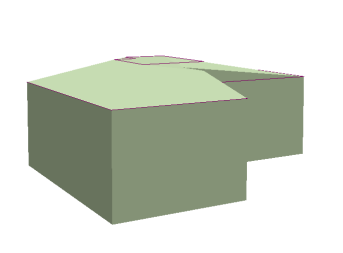
## 나. 묘사 오류 유형

<표3-33> 박공지붕 형태의 잘못 된 유형

		
박공지붕 형태	도화안	3차원 구현결과


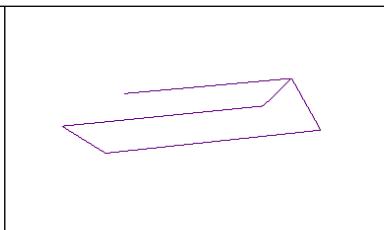
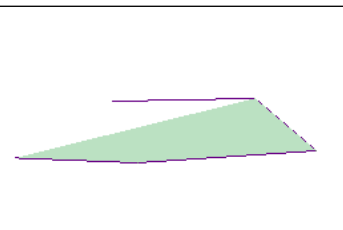
지붕의 가장 높은 엣지 부분의 노드가 건물 외곽선과 접점되지 않을 경우 또는 접점이 되어있더라도 높이 값이 상이한 경우 3차원 가시화 테스트 시 건물 외곽선의 높이와 지붕 엣지의 높이의 중간 높이 값으로 구현되는 오류가 발생한다.

<표3-34> 부속건물이 있는 형태의 잘못된 유형

		
부속건물이 있는 형태	도화안	3차원 구현결과


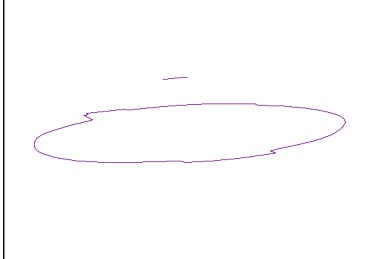
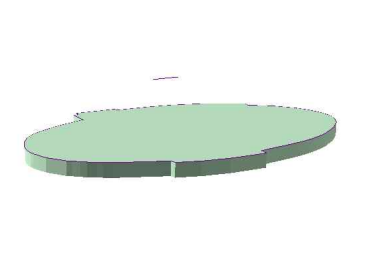
영상에서 옥탑 등 수직으로 표현되는 부속건물은 건물 외곽선과 같은 레이어 또는 겹침으로 구획 시 직각으로 표현되어야 할 형태들이 부속건물과 본 건물의 높이 차 만큼 경사지게 구현이 된다. 단독 폴리곤 구획해야 하며, 구분할 수 있는 별도의 레이어로 본 건물과 부속건물을 각각 따로 처리해야 한다.

<표3-35> 박공지붕 형태의 잘못 된 유형

		
박공지붕 형태	도화안	3차원 구현결과

건물의 외곽선을 구획하지 않고, 지붕의 엣지 부분만 표현했을 경우 3차원 구현 시 건물 끝이 일그러짐 현상이 일어난다.

<표3-36> 돔 형태의 잘못 된 유형

		
돔 형태	도화안	3차원 구현결과

원형의 건물 외곽선을 구획 하지 않고 높이 값이 가장 높은 구간을 라인으로 표현했을 때 본 건물과 연결되지 않고 분리 된 구현 결과를 볼 수 있다. 원형 돔 형태의 묘사는 높은 지점에서 본 건물로 내리는 네 개 이상의 라인을 구획하여 본 건물과 돔의 가장 높은 지점을 연결해주는 선을 표현해주는 작업이 필요하다.


다. 유형별 세밀도 개선 건물구현 결정(안)

1) 일반건물 (단일 평지붕 형태)

건물 유형 중 가장 일반적인 평지붕 형태의 건물은 건물의 외곽선을 관측하여 구획된 기존 도화 묘사 그대로 3차원 작업을 진행한다.


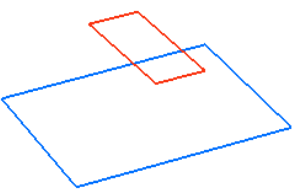
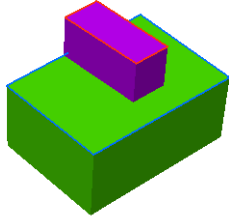
2) 복층 평지붕형태 건물 (2단 이상의 평지붕형태의 건물)

<표3-37> 복층 평지붕의 구축 방안


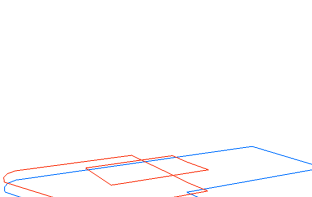
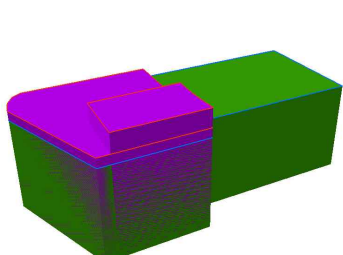
	
복층 평지붕	3차원 구현결과

평탄화된 높이 값보다 높은 부속건물들은 별도의 레이어를 사용하여 단독 묘사한다. 평탄화 작업을 미수행 시 도화 묘사 순서대로 3차원이 구현되어 경사면이 아닌 곳에 경사면으로 표현되는 오류가 발생한다.

<표3-38> 복층형태 건물의 구축 방안

	 <div data-bbox="633 700 950 757"> <span>■ 부속건물</span>    <span>■ 도화_건물부속</span>  <span>■ 기존도화객체</span>    <span>■ 도화_기존객체</span> </div>	 <div data-bbox="998 700 1331 757"> <span>■ 부속건물</span>    <span>■ 도화_건물부속</span>  <span>■ 기존도화객체</span>    <span>■ 도화_기존객체</span> </div>
예시1. 복층형태	도화안 결론	3차원 구현결과

<표3-39> 계단식 복층 건물 유형에 대한 구축 방안

	 <div data-bbox="641 1228 966 1285"> <span>■ 부속건물</span>    <span>■ 도화_건물부속</span>  <span>■ 기존도화객체</span>    <span>■ 도화_기존객체</span> </div>	 <div data-bbox="1031 1251 1364 1308"> <span>■ 부속건물</span>    <span>■ 도화_건물부속</span>  <span>■ 기존도화객체</span>    <span>■ 도화_기존객체</span> </div>
예시2. 계단식 복층	도화안 결론	3차원 구현결과

□ 작업규칙 및 기술사항

- 기존 도화 객체와 구별되는 부속건물 레이어를 생성해 별도 관리가 필요하다.
- 건물 1동 단위인 기존의 도화 객체 묘사 형태는 동일하게 유지한다.
- 부속건물은 기존의 도화 객체와 중첩하게 묘사한다.(예시1,2 참조)
- 도화 객체 노드 중 높이 값이 가장 낮은 노드의 값을 추출해 다른 노드에 일괄 적용하여 기존 도화 객체의 높이를 평탄화 한다.
- 도화에서 묘사된 각각의 폴리라인은 폴리곤으로 변환하여 3차원으로 제작한다.


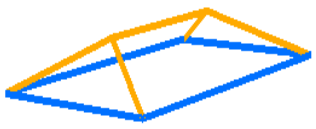
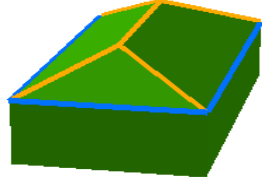
### 3) 박공, 경사지붕 건물 (단순형태)

<표3-40> 박공지붕 건물 유형의 구축 방안



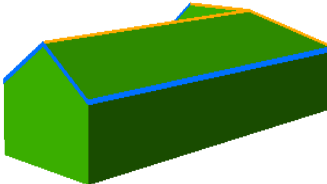
	 <div data-bbox="639 622 976 702"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>	 <div data-bbox="1023 633 1359 714"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>
박공지붕	도화안 결론	3차원 구현결과

건물의 높이 값 중 가장 높은 지붕의 엣지를 지붕라인으로 추가 도화 구획 하고, 지붕라인의 끝 노드와 접하는 기존 도화의 선형에 지붕라인 노드와 동일한 높이 값을 갖는 노드를 추가하여 입력 한다.

<표3-41> 경사지붕 건물 유형의 구축 방안

	 <div data-bbox="644 1317 980 1398"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>	 <div data-bbox="1029 1329 1365 1409"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>
예시1. 경사지붕	도화안 결론	3차원 구현결과

<표3-42> 꺾인 박공지붕 건물 유형의 구축 방안

	 <div data-bbox="639 1777 976 1857"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>	 <div data-bbox="1013 1800 1349 1880"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>
예시2. 박공지붕	도화안 결론	3차원 구현결과


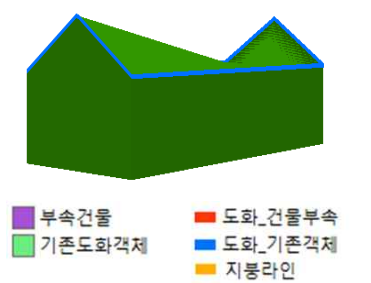
□ 작업규칙 및 기술사항

- 건물의 가장 높은 높이 값의 지붕 엣지 라인을 지붕라인으로 도화 묘사한다.
- 기존 도화 객체와 구별되는 부속건물 레이어를 생성해 별도 관리가 필요하다.
- 건물의 높이 값 중 가장 높은 지붕의 엣지를 지붕라인으로 추가 도화 구획 하고, 지붕라인의 끝 노드와 접하는 기존 도화의 선형에 지붕라인 노드와 동일한 높이 값을 갖는 노드를 추가하여 입력한다.
- 지붕라인과 접한 건물은 지붕라인과 기존 도화라인을 조합하여 면을 생성한다.

□ 지붕라인 생성이유


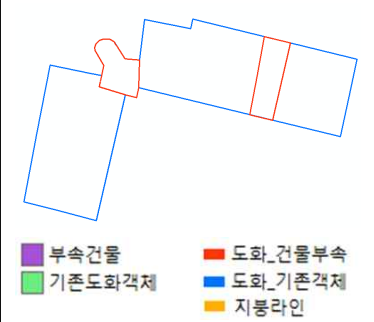
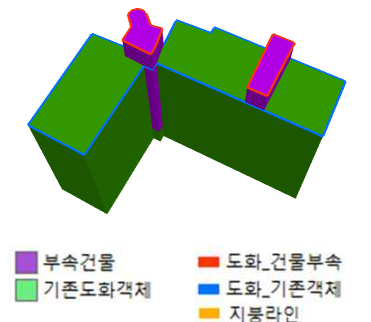
- 기존 도화라인의 중간지점의 노드만 생성할 경우 상황에 따라 표현 하고자 하는 지붕의 엣지 부분에 왜곡이 발생한다.

<표3-43> 지붕라인 생성

		
박공지붕 형태	박공지붕 형태 도화안 결론	3차원 구현결과



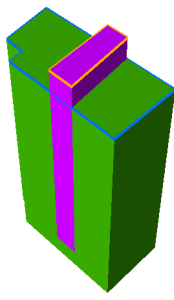
4) 복합형태(지붕라인 및 부속건물 혼재, 돔형태, 기타형태)

<표3-44> 복합형태 건물의 구축 방안

		
부속건물과 박공지붕의 혼재	도화안 결론	3차원 구현결과



<표3-45> 높이가 다른 다수의 부속건물 형태 건물의 구축 방안

	 <div data-bbox="639 596 971 675"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>	 <div data-bbox="1013 596 1344 675"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>
높이가 다른 두 개의 부속건물	도화안 결론	3차원 구현결과

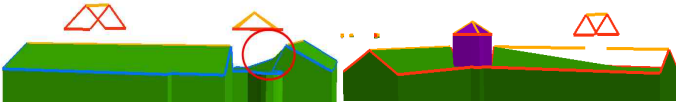
□ 작업규칙 및 기술사항

- 기존 도화 객체는 높이 값을 제외한 형상은 유지한다.
- 높이가 다른 두 개의 부속건물은 레이어를 구분하여 단독 구획한다.
- 지붕라인과 부속건물이 혼재된 경우 지붕라인은 구획하지 않는다



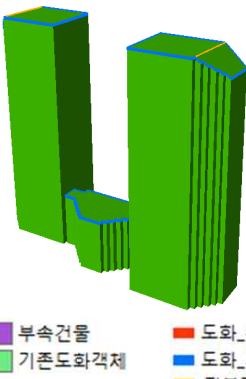
□ 지붕라인과 부속건물의 혼재 형태에서 지붕라인을 생성하지 않는 이유

- 기존 도화객체와 부속건물을 조합하여 3차원 건물을 표현할 경우 지붕라인의 경사부분에 왜곡이 발생한다.

<표3-46> 지붕라인을 입력 제외

	 <div data-bbox="834 1625 1172 1703"> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div>
부속건물과 박공지붕의 혼재	3차원 구현결과 (부적합)


<표3-47> 높낮이가 다른 건물 유형의 구축 방안

		
높낮이가 다른 건물 유형	도화안 결론	3차원 구현결과

#### □ 작업규칙 및 기술사항

- 기존 도화객체는 높이 값을 제외한 형상은 유지한다.
- 경사가 시작되는 지점에 지붕라인을 구획하여 경사면의 시작부분을 구분한다.
- 부속건물이 접하는 면이 없으므로 평탄화는 하지 않는다.

<표3-48> 부속건물과 돔의 복합형태 건물의 구축 방안

 <p>여의도순복음교회</p>		
부속건물과 돔형태의 혼재	도화안 결론	3차원 구현결과

#### □ 작업규칙 및 기술사항

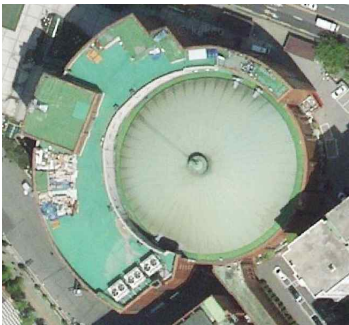
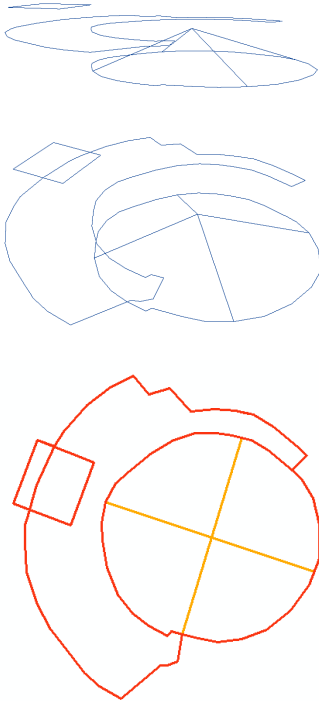
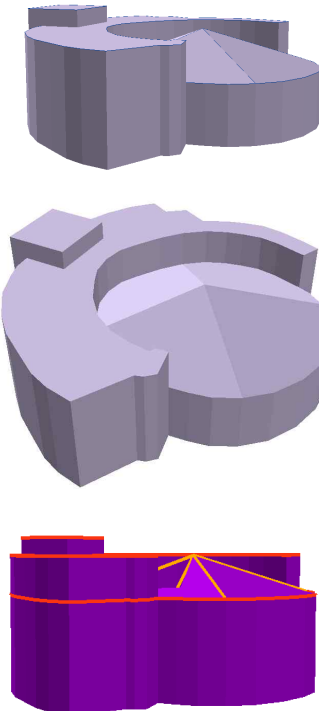
- 기존 도화객체는 높이 값을 제외한 형상은 유지한다.
- 경사가 시작되는 지점에 지붕라인을 구획하여 경사면의 시작부분을 구분한다.
- 부속건물이 접하는 면이 없으므로 평탄화는 하지 않는다.



□ 돔의 지붕라인을 구획하지 않는 이유

- 돔 부분을 둘러싼 객체를 추가로 구획하지 않는다면 아래 그림과 같이 돔 부분에 왜곡이 발생한다.
- 도화 묘사 시 돔을 표현하려면 기존 도화 객체를 분할하여 구획하는 작업이 추가되는데 이는 국가기본도 갱신 업무와 연계하여 3차원 구축 및 갱신하는 프로세스와 맞지 않아 부적합하다.
- 다만, 본 연구에서 제시하는 방안을 토대로 소규모 지역을 추가 도화를 통한 세밀도 LOD2 3차원 제작 시 적용 가능할 것으로 판단된다.

<표3-49> 혼합형태 건물의 지붕라인 제외

 <p>여의도순복음교회</p>	 <div data-bbox="643 1487 971 1565"> <p>■ 부속건물      ■ 도화_건물부속 ■ 기존도화객체      ■ 도화_기존객체                          ■ 지붕라인</p> </div>	 <div data-bbox="1016 1487 1344 1565"> <p>■ 부속건물      ■ 도화_건물부속 ■ 기존도화객체      ■ 도화_기존객체                          ■ 지붕라인</p> </div>
부속건물과 돔형태의 혼재	도화안 결론	3차원 구현결과 (부적합)

## 라. 소결론

세밀도 개선 테스트 수행 결과 도화 묘사 방법 개선을 통해 건물 3차원 세밀도 LOD2 수준으로 표현하는 것은 대부분의 건물 유형은 가능하나, 돔 형태 등은 묘사방법이 너무 복잡하여 적용하기 어려운 부분이 있으며, 건물 돌출부 및 경사 부분 묘사를 위해 건물을 분리하여 묘사하는 것은 국가 기본도와 동시에 활용할 수 없으므로 국가기본도에 1차적으로 활용하고, 부수적으로 3차원 건물 데이터로 활용하기 위해서는 묘사 시 건물 외각선형 묘사는 기존과 같이 유지하고 별도의 레이어로 부수적인 면이나 선형을 추가하여 3차원 건물을 구축하는 것이 효율적이라 판단된다.

이후 3차원 세밀도 향상을 위한 도화 작업방법 개선방안 연구에서는 위와 같은 점을 고려하여 묘사 개선방안은 기존 도화방식으로 1차 묘사 후 부속 면이나 부속 선을 추가하여 3차원 세밀도를 향상하는 방식을 테스트하고, 직접 여의도를 대상으로 수치도화하여 세밀도 LOD2를 구현 가능성을 확인하고, 추가 도화를 통한 세밀도 개선방안을 제시한다.

### 3. 3차원 유지관리 방안

3차원 건물, 도로 구축 시범사업 유지관리 방안 연구에서는 국가기본도 DB 갱신 프로세스를 분석하여 3차원 건물, 도로 전국 구축 이후 효율적인 최신성 반영을 위해 국토변화정보를 수집, 정제, 갱신에 대한 세부적인 업무현황을 알아보고, 3차원 건물, 도로 유지·갱신에 핵심요소인 국가기본도 변동객체의 이력관리 체계를 분석하여 3차원 유지관리 방안을 제시하려 한다.

본 연구에서는 3차원 항목 중 건물, 도로에 대한 유지·갱신 방안을 제시하며, 3차원 지형은 국토지리정보원 영상정보과 연구과제 및 수행업무 등을 고려하여 제외 하도록 한다. 제시하려는 3차원 유지·갱신 방안은 최대한 간략하고, 단순한 프로세스를 마련하여 향후 전국 확산 구축 후 실무에서 직각적으로 반영하여 사용할 수 있는 실용적인 방안을 제시한다.

또한, 국가기본도 DB 자료표준을 변경하여 국가기본도 DB와 3차원 공간정보를 일원화하는 방안을 제시하여 별도의 추가 작업 없이 국가기본도 갱신과 동시에 3차원 공간정보도 함께 갱신되는 유지관리 미래상을 제시하려 한다.

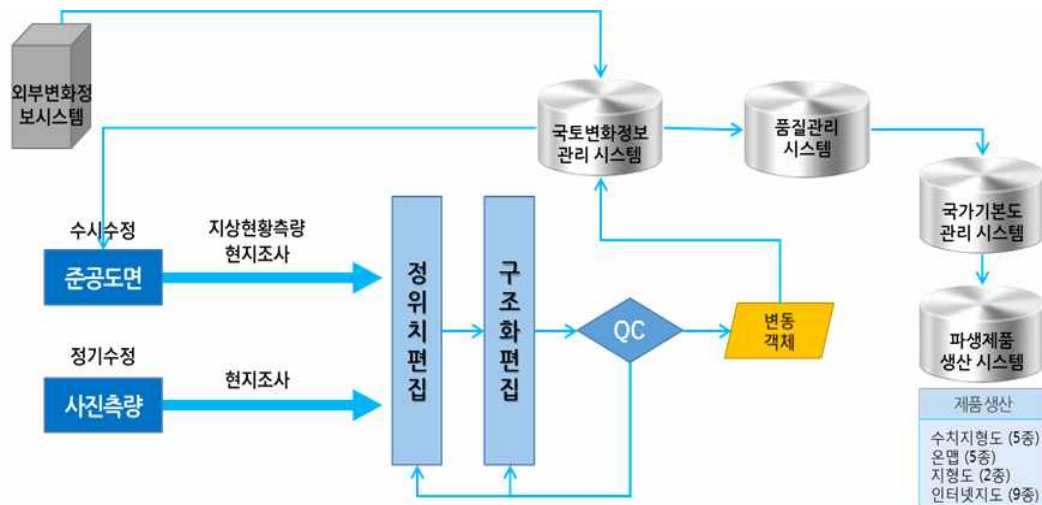
#### 가. 국가기본도 업무 프로세스 분석

현행 국가기본도 수정 갱신은 서부권역과 동부 권역으로 나누어 각각 2년 주기로 항공사진 측량을 기반으로 정기수정을 실시하고, 수시수정은 건축행정시스템, 국가주소정보시스템, 택지종합정보시스템, Hh 설계도서 관리시스템, 건축물생애이력시스템 등 외부 변화정보 관련 시스템을 국토변화정보 관리시스템과 연계하여 수집된 변화정보를 국가기본도 수정사업자가 현장 확인, 현황측량 등을 통해 2주 단위 갱신이 이루어지고 있다.

사진측량 기반 정기 갱신에서는 변동정보를 항공사진을 통해 판독하여 수정도화를 실시하고, 변화된 변동객체는 현장 확인 후 정위치, 구조화 및 변동객체 DB화를 통해 국가기본도 DB에 갱신이 이루어진다.

현황측량 기반의 수시수정 갱신에서는 변동정보를 국토변화정보시스템을 통해 확인 후 현장확인, 현황측량, 정위치, 구조화 및 변동객체 DB화를 통해 국가기본도 DB에 갱신이 이루어진다.

현재 국가기본도 변화탐지부터 변동객체를 갱신하여 국가기본도 DB가 갱신되는 전체적인 업무 프로세스를 정리하면 <그림 3-12>와 같다.



국가기본도 DB 갱신 프로세스 분석결과 이외에도 세부적으로 살펴보면 2018년 국가기본도 수정사업부터 변동객체에 이력관리 코드 신규, 수정, 삭제 등을 부여하여 객체단위 관리를 시작 했으며, 국토지리정보원은 2019년 국가기본도 수정사업부터는 당해 수정사업을 통해 갱신된 변동객체를 연계된 시스템 국토변화정보 관리시스템을 통해 등록하면, 품질검사시스템을 통해 품질검사 후 국가기본도 관리시스템에 자동 갱신되고, 파생시스템과 연계하여 온맵, 지형도, 수치지형도 등 파생제품까지 자동 생산하는 프로세스를 구축하였다.

나. 국가기본도 업무 프로세스 분석을 통한 적용방안 도출

국가기본도 업무 프로세스 분석을 통해 국가기본도 DB 업무흐름 중 변화탐지, 사진측량과 현황 측량 기반의 변화정보 갱신, 변동객체를 이용한 이력관리 등 몇 가지 특이점을 알 수 있었다.

첫째, 국토변정보를 외부 연계된 건축행정시스템, 국가주소정보시스템, 택지종합정보시스템, HJ 설계도서 관리시스템, 건축물생애이력시스템 등을 통해 수집하고, 이를 국가기본도 수정사업자에게 배포하여 변화된 정보만 갱신하는 것을 알 수 있다.

둘째, 국토변화정보관리시스템을 통해 수집된 변화정보는 지상현황측량, 현지조사, 정위치, 구조화를 통해 변동된 객체만을 추출하여 국가기본도 DB에 갱신되는 것을 알 수 있다.

셋째, 항공사진측량 기반 도화성과의 변화정보도 건물과 도로의 경우 변화된 건물과 도로 등을 갱신하여 현지조사를 통해 정위치, 구조화 수행 후 변동된 객체만을 시스템에 등록하는 것을 알 수 있다.

이렇게 변화된 변동객체는 객체생성, 공간도형과 속성을 함께 수정, 공간도형만 수정, 공간도형 분할, 공간도형 합병, 위치이동, 속성만 수정, 객체 삭제 등 변경된 특성에 따라 코드를 분리하여 갱

신 시 전국 국가기본도 DB에 자동 갱신 될 수 있도록 관리되고 있다.

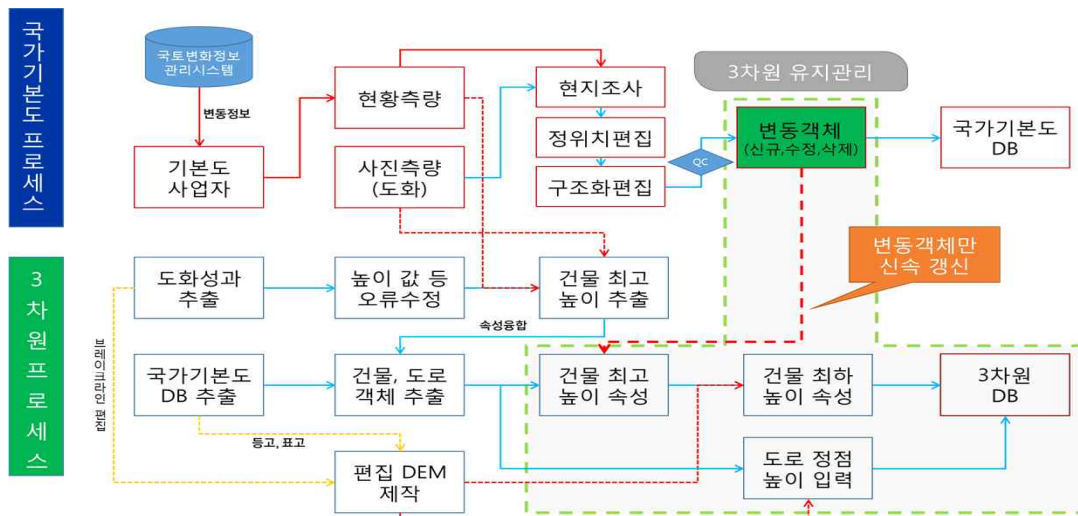
이번 연구에서는 국가기본도 갱신 시 관리되고 있는 변동객체만을 이용하여 3차원 건물, 도로 데이터를 갱신하는데 활용하는 유지관리 방안을 제시하려 한다.

3차원 건물, 도로 전국 확산 구축 이후 변화하는 국토정보를 국가기본도 변동객체를 이용하여 신규 혹은 삭제된 건물과 도로를 빠르고 쉽게 현황 파악이 가능하여 저렴한 갱신비용으로 3차원 건물, 도로 데이터를 관리 할 수 있을 것으로 기대한다.

## 다. 3차원 핵심 데이터를 최신으로 유지·관리하기 위한 방안

3차원 핵심 데이터인 건물, 도로 데이터의 유지·갱신의 핵심 요소는 국가기본도 수정사업에서 갱신되는 변동객체(신규, 수정, 삭제 등)이다. 이 중 건물 객체를 추출, 수집하여 도화성과 건물 높이 혹은 현황측량 성과의 건물 높이를 적용하면 3차원 건물을 최신으로 갱신할 수 있으며, 국가기본도 변동객체 중 도로 도형을 추출하고 DEM 높이를 이용하여 도로 정점마다 해당 위치의 DEM 높이를 적용하면 3차원 도로를 최신으로 갱신할 수 있다.

국가기본도 수정사업 프로세스와 3차원 건물, 도로 구축 프로세스를 분석하여 변동객체 연계를 통한 3차원 건물, 도로 유지갱신 방안을 정리하면 <그림 3-13>과 같다.

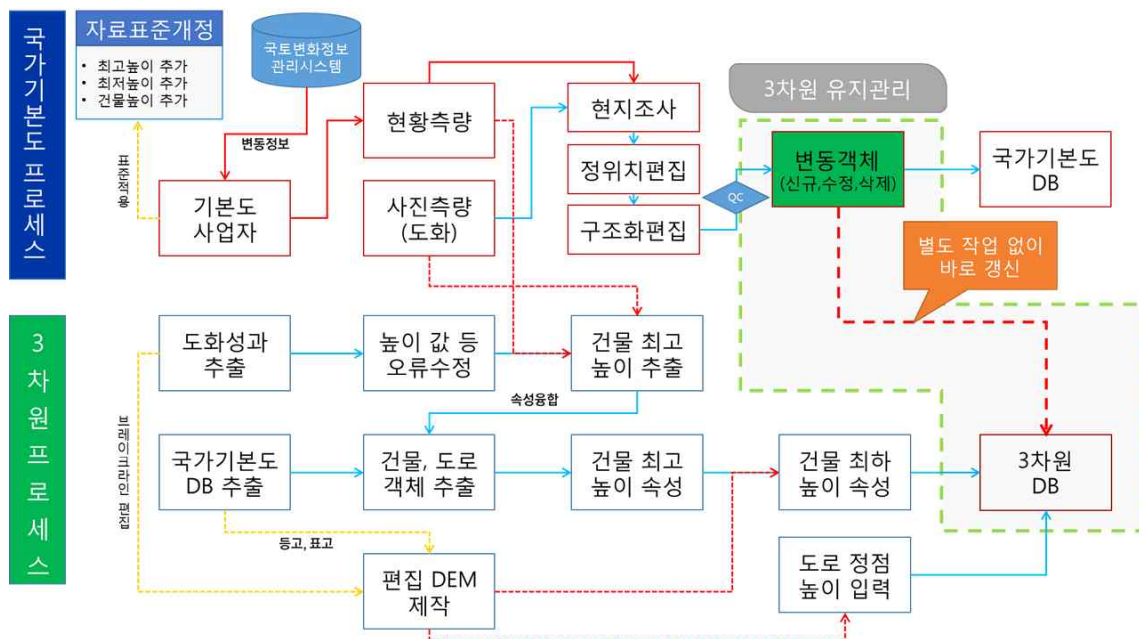


<그림3-13> 국가기본도 갱신 프로세스와 연계한 3차원 갱신 프로세스

## 라. 소결론

3차원 건물, 도로 구축 시범사업의 유지관리 방안 연구에서는 국가기본도 생산 프로세스와 3차원 건물, 도로 구축 프로세스를 분석하여 최신성 반영을 위한 갱신대상 객체를 연계할 수 있는 방법에 대해 집중 분석하였다. 분석 결과 국가기본도 수정사업의 변경된 수정도화 성과와 현황측량 기반의 수시수정 성과 중 국가기본도 DB에 갱신되고 있는 변동객체 코드인 객체생성, 공간도형과 속성을 함께 수정, 공간도형만 수정, 공간도형 분할, 공간도형 합병, 위치이동, 속성만 수정, 객체 삭제에 해당하는 항목을 추출하여 도화원도와 DEM 높이 값을 적용하면 저비용으로 빠르게 3차원 건물, 도로 데이터의 최신성 유지 및 갱신에 효율적이란 결론을 내렸다. 나아가 「국가기본도 DB 자료 표준-건축구조물」의 개정을 통해 3차원 높이 정보를 국가기본도 DB에 추가하면 3차원 데이터의 별도 가공 없이 효율성을 갖춘 최신 건물입체모형 서비스 유지에 효과적일 것이라고 판단한다.

3차원 공간정보 갱신 프로세스 미래상인 국가기본도 DB에 높이 정보를 추가하여 별도 가공 없이 3차원 유지·관리되는 프로세스를 정리하면 <그림 3-14>와 같다.



<그림3-14> 3차원 공간정보 갱신 프로세스 미래상

금번 유지관리방안에서 제시하는 모델은 확장성과 지속성을 고려한 모델로서, 2차원 국가기본도의 수정주기와 모델을 기초로 한 확장 방식으로 단 기간 내에 전 국토에 대한 건물과 도로에 대한 3차원화가 가능하다. 즉, 개별적인 또 하나의 지도가 아니라, 국가기본도 제작 공정과 통합하는 방식으로 비용과 자원을 절감할 수 있으며, 그간 3차원 지도의 가장 문제가 되어왔던 갱신주기에 대한 부분도 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

## 제4장

# 3차원 건물, 도로 데이터 구축 확대방안 연구

- 
1. 3차원 지형지물명세서 작성
  2. 3차원 교환포맷 정의
  3. 3차원 공간데이터 구축 비용 산출
  4. 3차원 공간 데이터 전국 확대구축 방안

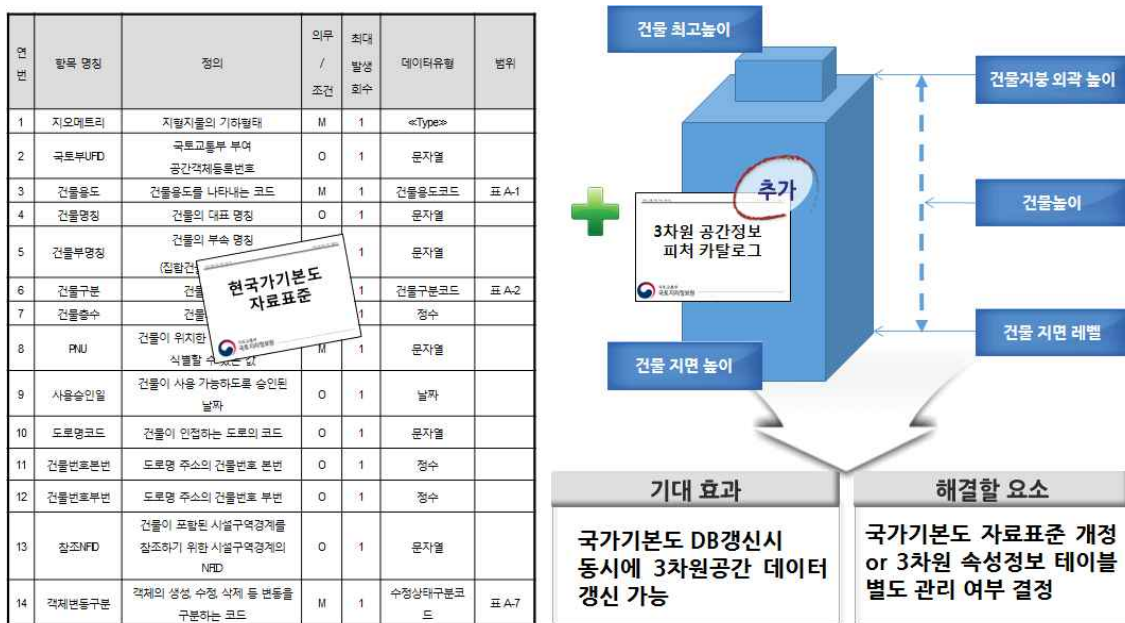




## 1. 3차원 지형지물 명세서 작성

국가기본도 지형지물 명세서는 국가기본도에서 표현되는 지형지물에 대해 통합 코드, 데이터 타입, 지형지물의 정의, 관계성 지형지물, 속성 항목 등을 정형화된 형태로 정의되어 있다. 본 연구에서는 기존 국가기본도 지형지물 명세서에 3차원 건물, 도로 데이터 구축의 확대와 유지 방안을 위한 표준화된 정보를 추가 작성하여 데이터 구축의 일관성 있는 3차원 구축에 표준화된 지형지물 명세서를 제작한다.

금번 연구에서 제시하는 지형지물 명세서는 다양한 분야에서 데이터 교환, 융합, 유통을 고려하여 국제표준 ISO 19110:Feature Catalogue를 적용하여 작성한다.



<그림4-1> 3차원 지형지물 명세서 작성 개요

금번 연구에서는 향후 3차원 공간데이터 전국 확대 구축의 기반자료로서 활용할 수 있도록 항목 분류, 객체타입, 속성항목 등을 정리하여 3차원 공간데이터 지형지물명세서(안)을 제시한다.

향후 3차원 공간데이터 지형지물 명세서는 현 국가기본도 자료 표준 개정 및 3차원 속성정보를 별도 테이블로 관리해야 하는지 여부를 결정해야 하는 숙제가 남아있다.

## 가. 국가기본도 지형지물명세서 조사 및 분석

### 1) 국가기본도 지형지물명세서 주요 내용 분석

중분류 지형지물 명세서 (ISO19110:Feature Catalogue)

중분류 지형지물 명칭	건물	레이어명	TN_BULD	지형지물 코드			
범위(Scope)				기하타입	면		
응용분야				대분류명	건축구조물		
정의	공공기관, 산업, 문화/교육, 의료/복지, 서비스 목적, 주거, 가건물 공사 중 건물 등을 모두 포함한 건물						
버전			일자	작성자			
ver1.12			2019.05.20	국토지리정보원			
속성							
속성명	설명	데이터타입	KEY	Not Null	설명여부	속성코드 유/무	비고
NF_ID	고유식별자 아이디	VARCHAR(17)	PK	O		X	
MOLIT_UFID	국토부 UFID	VARCHAR(17)				X	
BPRP_SE	건물용도 구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
BULD_NM	건물 명칭	VARCHAR(200)				X	
BATC_NM	건물부 명칭	VARCHAR(200)				X	
BULD_SE	건물 구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
BFLR_CO	건물층 수	NUMERIC(3)		O		X	
PNU_NO	PNU 번호	VARCHAR(19)		O		X	
USECON_DE	사용승인 일	VARCHAR(8)				X	
RNCODE_DC	도로명코드	VARCHAR(7)				X	
BLDMN_NO	건물번호 본번	NUMERIC(4)				X	
BLDSL_NO	건물번호 부번	NUMERIC(4)				X	
REFNF_ID	참조NFID	VARCHAR(17)				X	
OBJECT_GI	객체 지오메트리	MULTIPOLYGON		O		X	
OBCHG_DT	객체변동 일시	TIMESTAMP		O		X	
MESRMTH_SE	수정측량방법	VARCHAR(1)		O		X	사진측량:P 현장측량:F
RSREG_DT	성파등록 일시	TIMESTAMP		O		X	
CSCHG_SE	객체변동구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
MNENT_NM	제작업체 명	VARCHAR(100)		O		X	

속성명	데이터타입	속성 값				범위	
		속성코드				최소	최대
건물용도 구분	VARCHAR2(6)	BDU001	주거용단독주택	BDU002	주거용공동주택	BDU003	제1종근린생활시설
		BDU004	제2종근린생활시설	BDU005	문화및집회시설	BDU006	종교시설
		BDU007	판매시설	BDU008	운수시설	BDU009	의료시설
		BDU010	교육연구시설	BDU011	노유자(노인및어린이)시설	BDU012	수련시설
		BDU013	운동시설	BDU014	업무시설	BDU015	숙박시설
		BDU016	위락시설	BDU017	공장	BDU018	창고시설
		BDU019	위험물저장및처리시설	BDU020	자동차관련시설	BDU021	동물및식물관련시설
		BDU022	분노및쓰레기처리시설	BDU023	교정및군사시설	BDU024	방송통신시설
		BDU025	발전시설	BDU026	모지관련시설	BDU027	판광후계시설
		BDU028	장례시설	BDU029	야영장시설	BDU999	기타시설
		BDC001	일반주택	BDC002	연립주택	BDC003	아파트
		BDC004	주택외건물	BDC005	무별건물	BDC006	온실
건물 구분	VARCHAR2(6)	BDC007	공사중건물	BDC008	가건물		
객체변동 구분	VARCHAR2(6)	CSC001	객체생성	CSC002	공간도형과 속성을 함께 수정	CSC003	공간도형만 수정
		CSC004	공간도형 분할	CSC005	공간도형 합병	CSC006	위치 이동
		CSC007	속성만 수정	CSC008	객체 삭제		

연관관계						
연관관계명	정의	관계값	유형	Cardinality	탐색여부	순서화여부

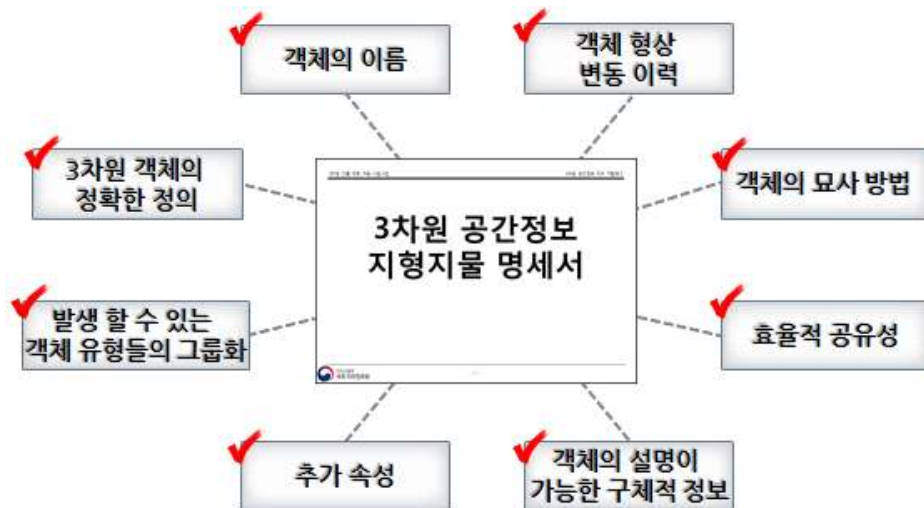
<그림4-2> 국가기본도 지형지물명세서 예시 (건물)

국가기본도 지형지물 명세서는 그림과 같이 지형지물 명칭, 레이어명, 기하 타입, 속성명, 속성명의 설명, 데이터타입, KEY 값, NOT NULL 여부, 속성 코드 등으로 구성된다. 지형지물 목록 부분에는 지형지물이 갖는 속성 항목과 속성 항목의 데이터 유형 및 속성 값으로 나타낼 수 있는 데이터에 대한 코드 리스트에 대해 정의되어 있다. 또한 각 속성별, 버전별 속성의 유무가 정의되어 있으며, 관계 부분은 지형지물이 다른 지물과 갖는 관계에 대해 정의되어 있다.

## 2) 3차원 지형지물 명세서 설계 방향성

3차원 데이터 시범 구축 시 추가되는 객체와 변경되는 객체를 구분하고, 분석하여 객체의 명칭 정의, 코드, 객체의 유형에 대한 정의서를 제작한다. 유형에 대한 정의는 3차원 데이터 구축에서 발생할 수 있는 모든 유형들을 포함할 수 있어야 하고, 공간 객체를 설명할 수 있는 유형별 틀을 가지고 있어야 한다.

3차원 공간 객체의 제목, 공간 객체의 정의, 묘사 등의 내용이 정의되어 있어야 하며, 속성만으로도 객체가 설명이 될 수 있어야 한다.



<그림4-3> 3차원 지형지물명세서 설계 방향성

## 나. 3차원 공간 데이터 구축·관리를 위한 속성 항목 도출

3차원 공간 데이터 구축에 추가되는 지형지물의 명칭은 차도 경계면, 면 형 도로시설, 건물 세 종류의 지형지물 명세서를 추가 설계된다. 레이어 명은 국가기본도 레이어명에 구분자 3D를 접두사로 붙여 향후 국가기본도와 연계할 수 있는 조건을 마련하였다.

중분류 지형지물 명세 (ISO19110:Feature Catalogue)

중분류 지형지물 명칭	차도경계면	레이어명	3D_RODWAY_BNDRY	지형지물 코드	
범위(Scope)				기하타입	polygon z
응용분야				대분류명	교통시설
정의	차도경계면은 차도경계를 면형으로 표현한 지형지물을 의미한다.				
버전	일자		작성자		
ver1.12	2019.05.20		국토지리정보원		

속성

속성명	설명	데이터타입	KEY	Not Null	설명여부	속성코드 유/무	비고
NF_ID	고유식별자 아이디	VARCHAR(17)	PK	O		X	
OBJECT_GI	객체 지오메트리	MULTIPOLYGON				X	
OBCHG_DT	객체변동 일시	TIMESTAMP		O		X	
MESRMTH_SE	수정측량방법	VARCHAR(1)		O		X	사지측량:P 현황측량:F
RSREG_DT	성과등록 일시	TIMESTAMP		O		X	
CSCHG_SE	객체변동구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
MNENT_NM	제작업체 명	VARCHAR(100)		O		X	

속성명	데이터타입	속성 값				범위	
		속성코드				최소	최대
객체변동구분	VARCHAR2(6)	CSC001	객체생성	CSC002	공간도형과 속성을 함께 수정	CSC003	공간도형만 수정
		CSC004	공간도형 분할	CSC005	공간도형 합병	CSC006	위치 이동
		CSC007	속성만 수정	CSC008	객체 삭제		

연관관계

연관관계명	정의	관계값	유형	Cardinality	탐색여부	순서화여부

<그림4-4> 3차원 공간정보 지형지물 명세서 (차도 경계면)

### 1) 3차원 공간 데이터 지형지물 명세서 제시

#### 가) 차도 경계면 3차원 공간 데이터 지형지물명세서

국가기본도 지형지물 명세서에 추가로 설계되는 3차원 차도 경계면의 피처 카탈로그는 기존의 속성 항목에 정의되어 있는 고유 식별자 아이디, 객체 지오메트리, 객체 변동 일시, 수정 측량방법, 성과 등록 일시, 객체 변동 구분, 제작 업체 명의 항목에 기존의 차도 경계면과 구분되는 레이어를 새로 지정하고, 기존의 polygon에서 각각의 정점마다 높이 값을 갖는 polygon z로 기하 타입을 설계하였다. 객체 변동 구분 항목에는 객체의 수정 유무 등 객체 유형의 변동 사항에 대한 항목을 여덟 가지로 구분하여 객체의 형태 변화 정보를 구체적으로 기술할 수 있도록 하였다. 이를 통하여 차 후 연계된 사용자에게는 객체에 대한 변동 이력 정보를 한눈에 확인 할 수 있어 데이터 활용에 유용한 가이드 역할을 할 수 있도록 설계하였다.



## 나) 면형 도로 시설 3차원 공간 정보 지형지물 명세서

중분류 지형지물 명세 (ISO19110:Feature Catalogue)

중분류 지형지물 명칭	면형도로시설	레이어명	3D_ARRFC	지형지물 코드	
범위(Scope)				기하타입	polygon z
응용분야				대분류명	교통시설
정의	면형도로시설은 도로와 관련된 안전, 편의 등을 위해 설치된 교량, 휴게소 등을 면형으로 표현한 지형지물을 의미한다.				
버전	ver1.12		일자		작성자
			2019.05.20		국토지리정보원

속성							
속성명	설명	데이터타입	KEY	Not Null	설명여부	속성코드 유/무	비고
NF_ID	고유식별자 아이디	VARCHAR(17)	PK	O		X	
ARRFC_NM	면형도로시설 명칭	VARCHAR(100)				X	
ARRFC_KD_SE	면형교통시설종류 구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
ARRFC_PH_SE	면형도로시설위상관계 구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
ARRFC_MT_SE	면형도로시설소재질 구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
OBJECT_GT	객체 지오메트리	MULTIPOLYGON		O		X	
OBCHG_DT	객체변동 일시	TIMESTAMP		O		X	
MESRMTH_SE	수정측량방법	VARCHAR(1)		O		X	사전측량:P 현황측량:F
RSREG_DT	성과등록 일시	TIMESTAMP		O		X	
CSCHG_SE	객체변동구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
MNENT_NM	제작업체 명	VARCHAR(100)		O		X	

속성명	데이터타입	속성 값					범위		
		속성코드				최소	최대		
면형교통시설종류 구분	VARCHAR2(6)	PRF001	정류장시설	PRF002	도로교	PRF003	보행교		
		PRF004	철도교	PRF005	도로보행교	PRF006	도로철도교		
		PRF007	철도보행교	PRF008	생태교	PRF009	도로터널		
		PRF010	공동터널	PRF011	철도터널	PRF012	지하보도		
		PRF013	육교	PRF014	횡단보도	PRF015	고가차도		
		PRF016	지하차도	PRF017	인터체인지	PRF018	교통섬		
		PRF019	어린이보호구역	PRF020	노인보호구역	PRF021	유류주유소		
면형도로시설위상관계 구분	VARCHAR2(6)	PRF022	가스충전소	PRF023	전기충전소	PRF024	고속국도휴게소		
		PRF025	일반국도휴게소	PRF026	지방도휴게소	PRF027	졸음쉼터		
		PRF028	주차장	PRF029	지하철역입구	PRF030	요금소		
		PRF031	도로정용시설	PRF999	기타				
		POT001	평면/단독	POT002	평면/포함합	POT003	평면/포함된		
면형도로시설소재질 구분	VARCHAR2(6)	POT004	입체/지하	POT005	입체/공중	POT006	입체/다중		
		POM001	아스팔트	POM002	아스팔트콘크리트	POM003	콘크리트		
		POM004	강재	POM005	목재	POM006	석재		
객체변동 구분	VARCHAR2(6)	POM099	해당없음	POM999	기타				
		CSC001	객체생성	CSC002	공간도형과 속성을 함께 수정	CSC003	공간도형만 수정		
		CSC004	공간도형 분할	CSC005	공간도형 합병	CSC006	위치 이동		
		CSC007	속성만 수정	CSC008	객체 삭제				

연관관계						
연관관계명	정의	관계값	유형	Cardinality	담색여부	순서화여부

<그림4-5> 3차원 공간 정보 지형지물 명세서 (면 형 도로시설)

면형 도로시설은 차도 경계면과 같이 polygon z로 기하 타입이 설계되고, 기존의 면 형 도로시설과 구분되는 레이어를 새로 지정하며, 객체 변동 구분 항목의 형태 변화 정보를 기술할 수 있는 여덟 가지의 항목을 구분하여 차도 경계면보다 다양한 종류로 분류되는 면 형 도로시설에서의 세부적인 형태 변화 이력을 확인할 수 있도록 설계하였다.

다) 건물 3차원 공간 정보 지형지물 명세서

중분류 지형지물 명세 (ISO19110:Feature Catalogue)					
중분류 지형지물 명칭	건물	레이어명	3D_BULD	지형지물 코드	
범위(Scope)				기하타입	polygon
응용분야				대분류명	건축구조물
정의	건물은 토지에 정착된 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 시설물을 표현한 지형지물을 의미한다.				
버전	ver1.12		일자	2019.05.20	
				작성자	
				국토지리정보원	

속성							
속성명	설명	데이터타입	KEY	Not Null	설명여부	속성코드 유/무	비고
NF_ID	고유식별자 아이디	VARCHAR(17)	PK	O		X	
MOLIT_UFID	국토부 UFID	VARCHAR(17)				X	
BPRP_SE	건물용도 구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
BULD_NM	건물 명칭	VARCHAR(200)				X	
BATC_NM	건물부 명칭	VARCHAR(200)				X	
BULD_SE	건물 구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
BFLR_CO	건물층 수	NUMERIC(3)		O		X	
PNU_NO	PNU 번호	VARCHAR(19)		O		X	
USECON_DE	사용승인 일	VARCHAR(8)				X	
RNCODE_DC	도로영코드	VARCHAR(7)				X	
BLDMN_NO	건물번호 본번	NUMERIC(4)				X	
BLDSL_NO	건물번호 부번	NUMERIC(4)				X	
REFNF_ID	참조NFID	VARCHAR(17)				X	
OBJECT_GT	객체 지오메트리	MULTIPOLYGON		O		X	
OBCHG_DT	객체변동 일시	TIMESTAMP		O		X	
MESRMTH_SE	수정측량방법	VARCHAR(1)		O		X	사지측량:P 현황측량:F
BULD_HMIN	건물 지면 레벨	NUMERIC(7,2)		O		X	
BULD_HMAX	건물지붕 외곽 높이	NUMERIC(7,2)		O		X	
BULD_HG	건물 높이	NUMERIC(7,2)		O		X	
RSREG_DT	성과등록 일시	TIMESTAMP		O		X	
CSCHG_SE	객체변동구분	VARCHAR(6)		O	항목설명	O	
MNENT_NM	제작업체 명	VARCHAR(100)		O		X	
속성 값							
속성명	데이터타입	속성코드				범위	
						최소	최대
건물용도 구분	VARCHAR2(6)	BDU001	주거용단독주택	BDU002	주거용공동주택	BDU003	제1종근린생활시설
		BDU004	제2종근린생활시설	BDU005	문화및집회시설	BDU006	종교시설
		BDU007	판매시설	BDU008	온수시설	BDU009	의료시설
		BDU010	교육연구시설	BDU011	노유자(노인및어린이)시설	BDU012	수련시설
		BDU013	운동시설	BDU014	업무시설	BDU015	숙박시설
		BDU016	위락시설	BDU017	공장	BDU018	창고시설
		BDU019	위험물저장및처리시설	BDU020	자동차관련시설	BDU021	동물및식물관련시설
		BDU022	분뇨및쓰레기처리시설	BDU023	교정및군사시설	BDU024	방송통신시설
		BDU025	발전시설	BDU026	모지관련시설	BDU027	관광휴게시설
		BDU028	장려시설	BDU029	야영장시설	BDU999	기타시설
		BDC001	일반주택	BDC002	연립주택	BDC003	아파트
		BDC004	주택외건물	BDC005	무벽건물	BDC006	온실
		BDC007	공사중건물	BDC008	가건물		
객체변동 구분	VARCHAR2(6)	CSC001	객체생성	CSC002	공간도형과 속성을 함께 수정	CSC003	공간도형만 수정
		CSC004	공간도형 분할	CSC005	공간도형 합병	CSC006	위치 이동
		CSC007	속성만 수정	CSC008	객체 삭제		

연관관계						
연관관계명	정의	관계값	유형	Cardinality	탐색여부	순서화여부

<그림4-6> 3차원 공간정보 지형지물명세서 (건물)

3차원 구축의 핵심인 높이 값에 대한 항목인 건물 지면의 높이, 건물 외곽선의 높이, 건물의 절대 높이에 대한 속성 항목을 추가하여 3차원 건물의 속성을 설계하였다. 연구에서는 건물 지면의 높이는 DEM과 건물의 중심이 교차되는 지점을 추출하고, 건물 지붕 외곽의 높이는 도화 성과를 이용하여, 건물 절대높이는 건물 지붕의 외곽 높이에서 건물 지면 높이의 차로 입력할 수 있다.



## 2. 3차원 교환포맷 정의

### 가. 3차원 교환포맷 조사 및 분석

3차원 공간정보는 기하학적으로 2차원 공간정보에 비하여 데이터의 양이 크기 때문에 효율적인 데이터 관리 및 유지를 위해서는 3차원 데이터 포맷의 종류와 특징을 비교·분석할 필요가 있다. 3차원 공간정보를 나타내는 데이터 포맷은 크게 파일데이터구조를 가진 Shape파일, DXF, DSG와 XML 기반의 파일구조를 가진 GML, City-GML, KML 포맷으로 구분 할 수 있다.

#### 1) 3차원 교환포맷

##### □ Shape

Shape파일 포맷은 ESRI사의 파일 포맷 표준으로 공간 데이터 정보가 들어 있는 SHP파일과 인덱스 정보가 들어가 있는 SHX 파일, 그리고 비공간 정보가 들어있는 DBF 파일 3개로 구성되어 있다. 도형정보와 속성정보가 따로 파일 단위로 관리되며, 이진 파일형태로 구성된다. GIS에서 사용되는 포맷 중 가장 간단한 포맷이다. 2차원 벡터 데이터 교환의 사실상의 표준으로 사용될 만큼 널리 사용되고, 많은 지원 프로그램들이 존재한다. 공간객체에 대한 객체타입이 위상정보를 가지고 있지 않아 위상 연산 시 시간이 많이 걸리는 단점이 있으나, 이진 파일 구조이기 때문에 파일 저장 시 적은 용량을 차지하고 데이터 타입이 적고 간단하여 읽고 쓰기 간단하며 관리가 편리하다. 또한 타 포맷으로의 전환이 용이한 장점을 가지고 있다. 대표적인 관련 프로그램은 ESRI사의 ArcGIS 제품군 프로그램이다.

##### □ DXF

DXF 포맷(Drawing Exchange Format)은 오토데스크(AutoDesk)사의 파일 포맷 표준으로 DWG 파일의 호환성을 위하여 제작되어졌으며, 확장자는 DXF이다. 파일단위로 관리되며 벡터를 기반으로 하는 아스키 파일형태로 구성된다. 현재 가장 많이 쓰이고 있는 GIS 포맷 중에 하나임에도 불구하고 GIS 데이터로 쓰기에는 비공간 데이터에 대한 정보를 포함하지 않아서 한계점을 나타내고 있으며, 또한, 텍스트 형식으로 구성되고, Display 및 공간 객체에 대한 정보가 추가적으로 존재하기 때문에 데이터 양이 많아지고 속도가 떨어지는 문제가 있다. 대표적인 관련 프로그램은 Autodesk 사의 AutoCAD 프로그램이다.

##### □ GML

GML(Geography Markup Language)은 공간정보의 모델링, 교환, 저장을 위해 XML로 정의된 언어이다. OGC와 ISO 19136에 표준으로 등록되어 있으며, ISO 19107을 기반으로 기하학적

요소와 위상학적 요소를 표현하고 있다. 또한 프로파일 구성 방식을 제공하여 개별 응용분야에 맞는 요소들을 추가함으로써 활용하며 시스템 스키마 구성이 가능하다.

#### □ City-GML

City-GML은 가상 3차원 도시 모델의 저장과 교환을 위한 XML 기반의 데이터 포맷으로 개방 데이터 모델이다. OGC표준데이터 모델이며 GML을 기반으로 하는 응용스키마로서 GML에서 부족한 모델을 보강하여 3차원 공간모델링을 보다 효율적 하도록 개발된 포맷이다.

#### □ KML

KML(Keyhole Markup Language)은 구글 어스, 구글 지도 및 기타 응용 프로그램에 쓰이는 XML 기반의 마크업 언어 스키마이다. 지형 정보(annotation)를 모델링하고 표현하는 역할을 한다. KML 2.2 사양은 OGC에서 개방형 표준으로 승인하였다. KML 인코딩을 지원하는 구글 외 회사의 월드 와이드 웹 기반의 2차원 지도나 3차원 지구 지도 브라우저에도 쓰인다.

#### □ GLTF

GLTF(GL Transmission Format)는 3차원 장면과 모델을 표현하는 파일 포맷으로 JSON 표준에 기반하고 있다. 크로노스 그룹의 3D Format 작업반에서 제정한 표준이며, HTML5DevConf 2016 행사에서 처음 발표되었다.

#### □ CityJSON

CityJSON은 3D 도시 모델 (디지털 마켓 또는 디지털 트윈이라고도 함)을 저장하기 위한 JSON 기반 인코딩이다. CityJSON 자체는 공식적으로 표준화되지 않았지만, 도시의 디지털 3D 모델을 저장하기 위한 개방형 표준화 된 데이터 모델 및 교환 형식인 City-GML과 양방향 변환을 제공하므로 CityJSON을 사용하면 City-GML데이터 모델을 사용하고 있음을 의미한다. 파일을 가볍고 쉽게 시각화, 조작 및 편집 할 수 있도록 개발자에게 친숙한 형식을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 프로그래머를 염두에 두고 설계되었으므로 이를 지원하는 도구 및 API를 신속하게 구축 할 수 있으며 이미 여러 도구가 작성되었다.

## 2) 국외 3차원 공간정보 공개데이터 포맷현황

3차원 공간 데이터 세트를 공개하고 있는 국외 도시/지역에서는 OGC(국제표준화기구)에서 채택한 도시공간정보 표준인 City-GML 교환포맷을 기준으로 3D데이터를 단일 포맷으로 제공하거나 여러 소프트웨어와 연동이 가능하도록 다양한 포맷으로 제공하고 있다.

<표4-1> 국외 3차원 공간정보 공개데이터 포맷현황

도시	국가	연도	건물LoD	포맷
애들레이드	호주	2015 년	LoD1 LoD2	3DS, Blender, FBX
미국 도시	미국	2019 년	LoD1	CityJSON, City-GML
오스틴	미국	2013 년	LoD2	KMZ
베를린	독일	2013 년	LoD2	City-GML, 2D SHP, 3D SHP-PolygonZ, 3D SHP-Multipatch, KMZ, DXF, DWG, 3DS, ESRI FGDB
보르도	프랑스	2012 년	LoD2	3DS
보스턴	미국	2017 년	LoD1 LoD2	OBJ, DWG, MAX, SHP
브뤼셀	벨기에	2014 년	LoD2	City-GML, DWG, DGN, GML, Shapefile, SketchUp
케임브리지	영국		LoD1	DXF, SHP, COLLADA
드레스덴	독일	2009 년	LoD1 LoD2 LoD3	City-GML
네덜란드 도시	네덜란드	2016 년	LoD1	City-GML, OBJ, IMGeo
에스포	핀란드	2019 년	LoD1-3	City-GML
프레더릭턴	캐나다	2016 년	LoD2	KMZ
그레이터 질롱	호주	2016 년	LoD1 LoD2	KML
함부르크	독일	2017 년	LoD1 LoD2	City-GML
헬싱키	핀란드	2016 년	LoD2	City-GML, 2D SHP, 3D SHP-PolygonZ, 3D SHP-Multipatch, KMZ, DXF, DWG, 3DS, ESRI FGDB
린츠	오스트리아	2011 년	LoD2	City-GML
룩셈부르크	룩셈부르크	2017 년	LoD1 LoD2.3	City-GML
리옹	프랑스	2009 년 2012 년 2015 년	LoD2	City-GML

도시	국가	연도	건물LoD	포맷
몬트리올	캐나다	2013 년	LoD2	City-GML, 3DM
나무르	벨기에	2018 년	LoD2	City-GML, Sketchup
뉴욕시(DoITT)	미국	2016 년	LoD2	City-GML, Multipatch (ESRI), DGN
뉴욕시(TUM)	미국	2015 년	LoD1	City-GML
노스 라인 웨스트 팔리아 주	독일	2016 년	LoD1 LoD2	City-GML
필라델피아	미국	2015 년	LoD2	GDB
포츠담	독일	2018 년	LoD2	City-GML
포즈 난	폴란드	2019 년	LoD1 LoD2	SHP, WMS, WMTS, WFS, GPKG, GDB, DXF
로테르담	네덜란드	2010 년	LoD2	City-GML
샌프란시스코	미국	2017 년	LoD1	KML, SHP, FGDB
싱가포르	싱가포르	2019 년	LoD1	OBJ , CityJSON
헤이그	네덜란드	2018 년	LoD2	City-GML, DGN
토론토	캐나다	2016 년	LoD1	SHP, ESRI Multipatch, AutoCAD, SketchUp
밴쿠버	캐나다	2009 년	LoD1	SHP, DWG, KML
반타	핀란드	2017 년	LoD1 LoD2	City-GML, Sketchup, KML
비엔나	오스트리아	2018 년	LoD2	City-GML
취리히	스위스	2019 년	LoD1 LoD2	SHP, WMS, WMTS, WFS, GPKG, GDB, DXF

국외 3차원 공간정보 공개데이터의 제공하고 있는 3차원 포맷 현황을 조사한 결과 3DM, OBJ, SHP, 3DS 등으로 다양한 포맷으로 제공하고 있으며, 특히 City-GML은 37개 해외 도시 중 21개의 도시에서 제공하고 있어, 활용 빈도가 높은 것을 알 수 있다.

## 나. 3차원 교환포맷 변환 방식 연구

3차원 데이터 포맷간의 상호운용성 문제 해결을 위하여 표준 개방데이터 형식인 City-GML로 변환이 필요하다. SHP 포맷은 용량이 상대적으로 저용량이기 때문에 관리에 용이하지만 2D 형태이므로 3D객체의 가시화에 문제가 있고, 3D SHP 포맷은 웹상에 서비스하기 어려운 단점이 있다.

### 1) City-GML 지원 상용 소프트웨어

#### □ 3DIS

CityEditor - SketchUp을 사용하여 City-GML 모델 및 기타 3D 지리 데이터의 가져 오기, 편집, 내보내기 및 프리젠테이션 (3D-PDF 및 WebGL 기반 웹 프리젠테이션)을 허용하는 확장프로그램.

#### □ Safe Software

FME - 다양한 공간 데이터를 지원하는 데이터 통합 플랫폼으로 450 개 이상의 형식을 지원하므로 다양한 데이터 형식을 다루는 사용자를 위한 유연한 데이터 통합 도구이다. 3D 모델 변환 기능을 사용하여 City-GML에 포함 된 3D 도시 모델을 수백 가지 다른 형식으로 변환이 가능하다. 코딩 할 필요 없이 데이터에 대한 액세스를 개선하고, 호환성 문제를 해결하는 사용자 지정 워크 플로를 작성할 수 있으며 자동화하여 데이터를 배포 할 수 있다.

#### □ ESRI

ArcGIS Data Interoperability - 데이터상호운용성 확장프로그램이다. Safe Software에서 개발한 FME 기능의 하위 집합을 기반으로 한다. 3D SHP(multipatch)포맷을 다양한 3D 포맷으로 내보내기가 가능하다. (City-GML, 3DS, OBJ, Collada 등)

#### □ UVM Systems

City GRID Manager - 데이터베이스 시스템에서 3D 도시 모델을 관리하기 위한 중앙 소프트웨어 모듈이다. 데이터 저장소는 다각형 벡터 모델 형태로 City-GML과 호환된다. 또한 건물 모델은 편집 가능한 모서리 구조로 관리되므로 수정이 용이하다. CAD 및 GIS 데이터를 사용하여 도시 모델을 세분화하거나 업데이트 할 수 있다.

#### □ novaFACTORY

novaFACTORY는 효율적인 지리 데이터 카탈로그, 수집 및 배포를 위한 고급 공간 데이터 관리

솔루션이다. 엔터프라이즈급 기술은 강력하고 유연하며 사용하기 쉽고 확장 가능하며 지형도, 디지털 표면 모델, 항공 사진 또는 3D 빌딩 모델과 같은 다양한 소스의 대규모 지리 데이터를 원활하게 통합하도록 설계되었다.

□ GEOPLEX

PlexMap – City-GML 데이터 저장, 처리 및 시각화를 위한 브라우저 기반 플랫폼이다. 2 차원 및 3 차원 지리 데이터 인프라 (GDI)를 구축하기 위해 자유롭게 구성 할 수 있는 시스템을 가지고 있으며 3D 데이터 선택 및 내보내기가 가능하다. (City-GML, Shape, STL, OBJ, Collada 등)

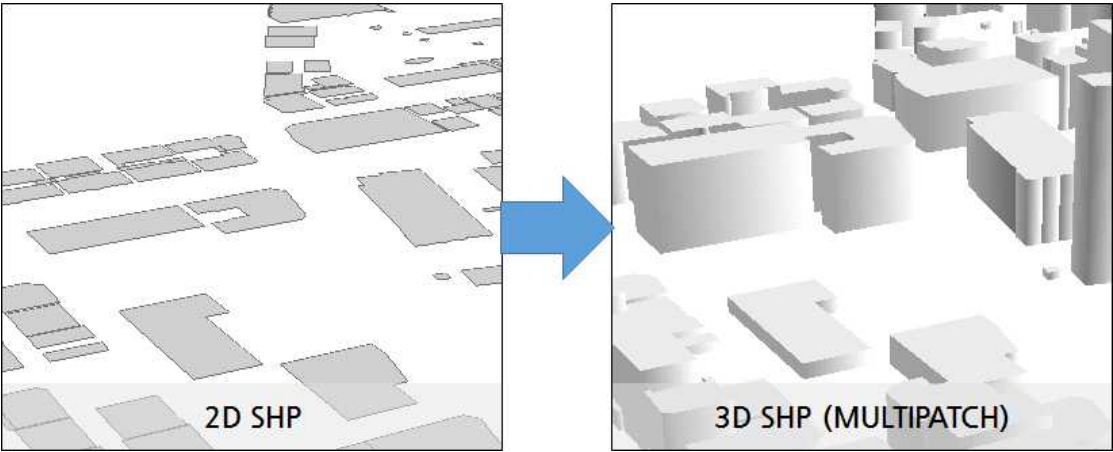
2) 3차원 교환포맷 변환 테스트

ESRI社의 ArcScene 프로그램에서 2D shapefile을 3D로 가시화가 가능하였으며, 2D shapefile을 3D shapefile(Multipatch)로 변환할 수 있었다. 3D multipatch 데이터를 데이터 상호 운용성 도구(Data Interoperability Tools)를 활용하여 City-Gml 포맷으로 변환 테스트를 수행하였다.

테스트를 통해 금번 연구에서 제시하는 높이 속성을 포함한 2D SHP을 제공하여 사용자는 3D 가시화하여 3차원 데이터로 사용 가능한 것을 확인할 수 있었다.

□ Layer 3D to Feature Class

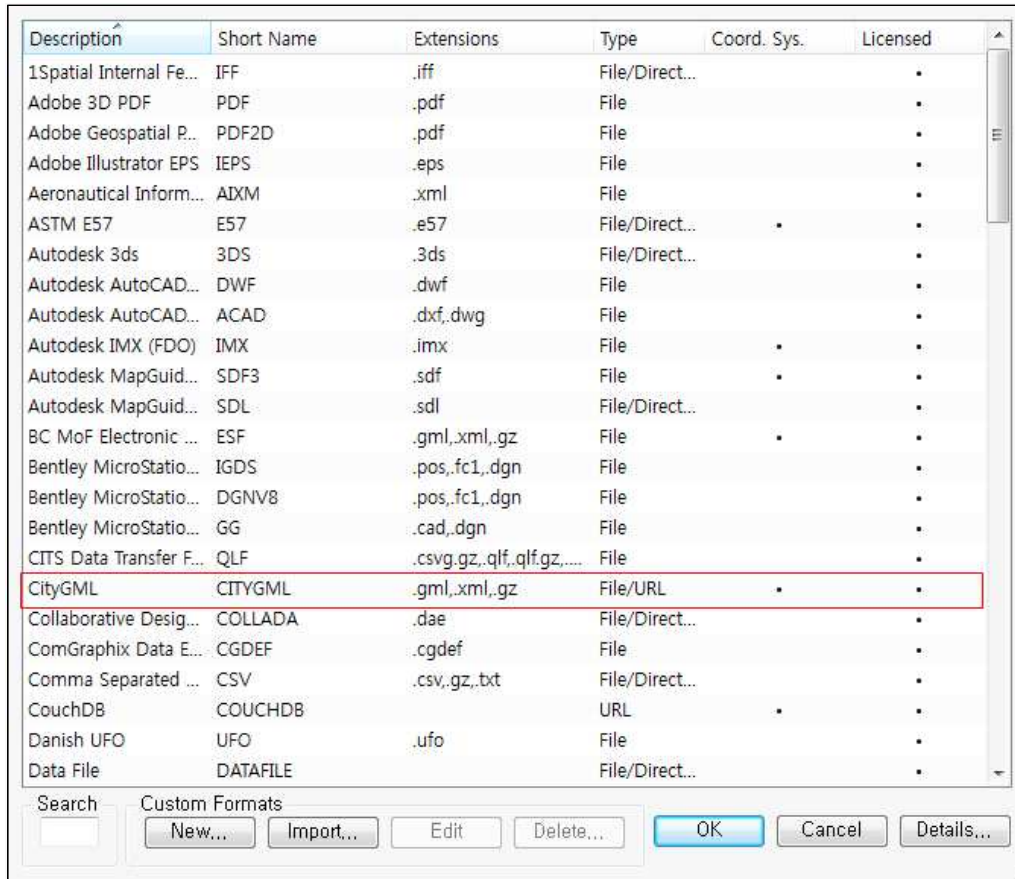
- 2D SHP 포맷의 데이터를 ArcScene에서 3D 가시화후 3D SHP으로 변환



<그림4-7> 2D shapefile에서 Extrusion을 통한 3D 가시화

## □ Data Interoperability Tools

- ArcScene을 활용하면 City-GML 외에도 다양한 3D 포맷으로의 변환이 가능하다.



<그림4-8> Data Interoperability tool Writer list

- 시흥시의 최종 최저 건물 높이 값과 최고 건물 높이 값을 토대로 3D가시화 후 3D SHP (Multipatch)와 City\_GML, KML 포맷으로 변환한 뒤 각 포맷별 용량을 비교하였다.

<표4-2> 시흥시 포맷 별 용량

포맷 구분	파일구조	표현 형태	용량
SHP	SHP, SHX, DBF	2D	76.4MB
3D SHP (Multipatch)	SHP, SHX, DBF	3D	128MB
City-GML	XML 기반	3D	676MB
KML	XML 기반	3D	572MB

- 3차원 포맷 변환 결과 3D SHP에서 City-GML 포맷으로 변환하면 데이터 용량은 5배 정도 증가하는 것을 알 수 있다.



## 다. 소결론

3차원 공간정보의 효율적인 데이터 관리 및 유지를 위해 3차원 포맷의 종류와 특징을 비교하였다. 3차원 공간정보 데이터 포맷은 크게 파일데이터구조와 XML기반의 파일 구조를 가진 포맷으로 구분할 수 있으며, 파일데이터구조의 대표적인 포맷은 Shape파일 포맷이고, XML기반의 대표적인 포맷은 City-GML이라고 할 수 있다. City-GML은 가상 3차원 도시 모델의 저장과 교환을 위한 XML기반의 OGC표준 데이터 모델이다.

3차원 교환 포맷 City-GML의 활용도를 조사한 결과 국외 3차원 공간정보 공개데이터 포맷 현황 조사 결과 37개 도시 중 21개의 도시가 City-GML을 제공하고 있어 활용 빈도가 높은 것으로 조사되었다. 그러나, 2D포맷을 City-GML로 변환하기 위해서는 SAFE사의 FME 프로그램이 유일하며, 3D Shape 포맷을 City-GML로 변환 시 용량이 약 5배 정도 증가하는 것으로 확인되어 활용에 일부 제약이 있는 것을 알 수 있었다.

향후, 국토지리정보원이 제작하는 3차원 공간데이터의 원활한 활용을 위해서는 다양한 3차원 교환 포맷 제작 및 제공을 고려 할 필요가 있으며, 국내 기술로 City-GML 등 다양한 3차원 포맷 변환 SW 개발이 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 3차원 공간데이터 구축 비용 산출

‘3차원 건물, 도로 구축 시범사업’의 시범구축 지역인 여의도, 시흥시 및 대구광역시를 대상으로 LOD 1 수준의 3차원 건물, 도로, 도로시설물, 지형 제작에 필요한 공정별 시수를 산출하고, 여의도를 대상으로 추가 도화를 통한 세밀도 LOD2 수준의 3차원 건물에 필요한 작업 시수를 산출하였다. 작업 시수 산출 시 작업자 기술등급은 3차원 구축은 고급기술자, 도화 부문은 도화 고급기능사가 시범구축을 수행하여 작업 시수를 산출하였다.

#### 가. 3차원 건물, 도로 데이터 작업 시수 산출

##### 1) 3차원 건물 데이터 작업 시수 산출

본 연구에서 제시된 3차원 건물 구축 방안은 국가기본도 DB와 도화원도의 높이 값을 융합하는 방안으로 기 구축 도화성과에서 건물 객체를 추출하고, 레이어오류, 높이 값 오류 등 누적된 오류를 소거하여 도화 건물 상단 최고 높이 값을 추출하여 국가기본도 DB 건물 객체에 융합하는 방식으로 3차원 건물을 구축하고, 각 공정에 따른 작업 시수를 산출하였다. 건물 공정별 작업 시수 산출 내역은 <표 4-3>과 같다.

<표4-3> 3차원 건물 작업 시수

항목	시범지역 총 건수(건)	오류건수(건)	작업시간(H)
계획 및 준비	228	-	2.3
자료수집 및 오류 정리	514,807	38387.88	168
도형자료 추출	514,807	-	68
객체연결 및 면형변환	514,807	694.94	29
도화성과 높이값 추출 및 부여	514,807	-	68
건물 중심점 생성	514,807	-	15
건물 지반고 추출	514,807	-	19
3차원 건물 속성 구축	514,807	-	30
품질검사	514,807	-	60
정리점검	514,807	-	30

## 2) 3차원 건물 세밀도 개선 추가 도화 부문 작업 시수 산출

본 연구에서 제시하는 세밀도 개선 방안은 기존 도화 성과 위에 건물 상단부의 돌출부를 추가 묘사하는 방안으로 기존 도화에 없는 옥탑, 엘리베이터 돌출부 등 건물 상단의 돌출부를 추가 묘사해야 하는 이유로 모든 건물의 추가 판독과 추가 묘사하는 것이 작업 시수에 많은 영향이 있으며, 전국 확산 시 전국 건물 약 19,190,000동을 모두 추가 묘사 하는 것은 과도한 비용으로 경제성이 없을 것으로 판단하고, 향후 전국 확산을 대비하여 전국 건물의 층별 통계를 산출하고, 층별에 따른 추가 도화 부문 작업 시수를 산출하였다. 건물 통계 결과 전국 건물 중 1층이 차지하는 비율이 약 85.7%로서, 대부분을 차지하여 향후 활용도를 고려하여 1층은 LOD1, 2층 이상은 LOD2 혹은 3층 이상은 추가 도화를 통한 LOD2 구축을 고려하는 것이 합리적일 것으로 판단된다. 전국 건물 층별 통계 요약 자료와 건물 세밀도 개선 추가 도화 부문 작업 시수 산출 결과는 <표 4-4>와 <표 4-5>와 같다.

<표4-4> 전국 건물 층별 통계

층수	동 수(건)	비율(%)	비고
1층 건물	16,444,684	85.69%	가건물 포함
2층 건물	1,405,377	7.32%	
3층 건물	572,701	2.98%	
4층 건물	396,403	2.07%	
5층 이상, 10층 미만 건물	246,225	1.28%	
10층 이상, 30층 미만 건물	121,156	0.63%	
30층 이상 건물	3,513	0.02%	

<표4-5> 3차원 건물 세밀도 개선 추가 도화 작업 시수 예상

항목	전국 층별 동수(건)	전국 구축 작업 일수(일)	인건비 계산 (도화 고급 기준)
도화 추가 (전체)	19,190,059	171,339.81	₩34,296,233,569
도화 추가 (2층 이상)	2,745,375	28,415.51	₩5,687,789,673
도화 추가 (3층 이상)	1,339,998	13,869.41	₩2,776,169,662
도화 추가 (5층 이상)	370,894	3,838.87	₩768,407,618
도화 추가 (10층 이상)	124,669	1,290.36	₩258,285,681

### 3) 3차원 도로 데이터 작업 시수 산출

본 연구에서 제시한 3차원 도로 구축 방안은 국가기본도 DB 차도경계면을 활용하고, 수치표고 자료의 높이 값을 융합하는 방안으로 자료추출, 자료 정비, 도로 시설물 구간 편집 등의 공정으로 시범구축을 통해 3차원 구축 방안을 적용하고, 각 공정별 작업 시수를 산출하였다. 3차원 도로 공정별 작업 시수 산출 내역은 <표 4-6>과 같다.

<표4-6> 3차원 도로 작업 시수 예상

항목	시범지역 총면적(km <sup>2</sup> )	작업시간(H)	비고
원시자료 추출	82.71	2.0	
원시자료 정비	82.71	96.0	
도로시설물 구간 편집	82.71	66.0	
높이값 부여	82.71	6.0	
품질검사	82.71	34.0	
정리점검	82.71	24.0	

### 4) 3차원 도로 시설물 작업 시수 산출

본 연구에서 제시하는 도로 구축 방안을 적용하여 3차원 도로 구축 시 문제점으로 도로의 입체구간에서 표현의 한계가 발생 하였다. 교량, 고가도로 등 입체구간에서는 상위 도로 부분이 지면 바닥에 떨어지는 왜곡 발생으로 교량 및 고가차도 부분은 도화 성과의 도로 시설물은 추출하여 3차원 도로와 접하는 부분의 노드와 높이 값을 일치 시키는 추가 작업이 필요하다. 이 부분도 3차원 도로 구축 시 필수 공정으로 판단하고, 작업 시수를 별도 산출하였다. 도로 시설물(교량, 고가차도)의 공정별 작업 시수 산출 내역은 <표 4-7>와 같다.

<표4-7> 3차원 도로시설물 작업 시수 예상

항목	시범지역 총면적(km <sup>2</sup> )	작업시간(H)	비고
원시자료 추출	326	1	
원시자료 정비	326	1	
시설물 편집	326	18	
품질검사	326	0.5	
정리점검	326	0.5	

## 5) 3차원 지형 작업 시수 산출

본 연구에서 제시하는 3차원 지형 구축 방안은 건물과 도로와의 불부합 문제를 해결하는데 중점을 두고 있다. 도로와 지면의 불일치 문제를 개선하고자 도화원도에서 도로선형, 성절토, 옹벽, 제방 등 지형자료를 브레이크라인으로 적용하고, 건물과 지면의 불일치 문제 개선을 위해 건물 지반 높이를 이용하고, 건물 GRID를 생성하여 브레이크라인 DEM과 융합하는 과정이 필요하다.

이러한 공정을 시범구축을 통해 적용하여 3차원 지형 자료를 구축하고, 공정별 작업 시수를 산출하였다. 3차원 지형 공정별 작업 시수 산출 내역은 <표 4-8>과 같다.

<표4-8> 3차원 지형 작업 시수

항목	시범지역 총 도엽수	작업시간(H)	비고
원시자료 추출	232	3.00	
브레이크라인 편집	232	68.00	도화성과 중 도로경계 등 적용
TIN/GRID 생성	232	2.00	
TIN/GRID 검사 및 수정	232	4.00	
평탄화	232	1.50	건물GRID 생성 및 융합
품질검사	232	8.00	
정리점검	232	4.00	

## 나. 3차원 건물 데이터 구축 품셈(안)

3차원 건물, 도로 구축 시범사업'의 구축 지역인 여의도, 시흥시 및 대구광역시를 대상으로 LOD 1 수준의 3차원 건물 데이터를 구축하는데 필요한 투입인력을 제작공정별로 산출하여 표준 품셈(안)을 제시한다. 시범사업 구축 대상지 및 구축 물량은 <표 4-9>와 같다.

<표4-9> 시범 구축 대상지 및 구축 물량

지역	행정경계(km <sup>2</sup> )	도엽수(1/5,000)	차도경계면(km <sup>2</sup> )	건물(km <sup>2</sup> )	건물(동)
여의도	4.04	4	0.86	0.57	1,281
시흥시	137.54	42	15.18	12.85	66,969
대구광역시	876.73	186	66.66	58.81	453,292
합계	1,018.31	232	82.7	72.23	521,542

3차원 건물 정보 구축이란 도화 원도를 이용하여 건물의 지붕 경계선의 최고 정점을 추출하고, 수치표고모형(DEM)에서 건물의 지반고를 추출하여 국가기본도 DB에 건물 지붕 높이, 건물 지반고, 건물 돌출 높이를 입력하는 작업이다. 연구에서 제시된 국가기본도 도화 원도를 이용하여 3차원 건물 구축의 공정은 다음과 같다.

- 1) 계획 및 작업관리
- 2) 자료 수집
- 3) 도화 성과 중 건물객체 추출
- 4)객체 연결 및 면형 생성
- 5) 해당 객체별 최고 정점을 취득
- 6) 건물 중심점 추출
- 7) 수치표고모형(DEM)으로 부터 지반고 취득
- 8) 국가기본도 DB 연계 속성 구축
- 9) 품질검사
- 10) 정리점검

시범 구축을 위해서 고급기술자 1인, 중급기술자 1인, 초급기술자 1인, 정보처리기사 1인으로 총 5명으로 구성된 작업반을 편성하여 투입하였으며, 구체적인 작업공정별 실제 투입 일수와 인력

현황은 <표 4-10>과 같다. 고급기술자의 투입 기준은 (중급기술자+초급기술자+정보처리기사)의 20%로 산정하였다.

<표4-10> 시범지역 3차원 건물 구축에 투입된 실제 투입일 및 투입인력

작업구분	실제 투입 일수	작업량	고급 기술자	중급 기술자	초급 기술자	정보처리 기사	합계
계획 및 준비	1	—	1	1	0	0	2
자료 수집 및 정리	2	1/5,000 도화원도 232도 엽, 국가기본도 DB	0.4	1	1	0	2.4
도형자료추출	3	1/5,000 도화원도 232도엽	0.5	1	1	0.5	3
객체 연결 및 면형 생성	5	건물 객체514,807동	0.5	1	1	0.5	3
도화 건물 최고 정점 추출	4	건물 객체514,807동	0.5	1	1	0.5	3
건물 중심점 생성	1	건물 객체514,807동	0.5	1	1	0.5	3
건물 지반고 추출	3	건물 객체514,807동	0.5	1	1	0.5	3
3차원 건물 속성 구축	5	건물 객체514,807동	0.5	1	1	0.5	3
품질검사	4	건물 객체514,807동	0.5	1	1	0.5	3
정리점검	1	건물 객체514,807동	0.4	1	1	0	2.4
합계			5.3	10	9	3.5	27.8

<표 4-10>에 따른 실제 투입일수 및 투입 인력수를 고려하여 제작에 투입된 기술인력별 총 투입 일수를 계산한 결과는 <표 4-11>과 같다.



<표4-11> 시범지역 3차원 건물 구축에 투입된 기술인력별 총 투입일수

작업구분	고급 기술자	중급 기술자	초급 기술자	정보처리 기사	합계
계획 및 준비	1	1	0	0	2
자료 수집 및 정리	0.8	2	2	0	4.8
도형자료추출	1.5	3	3	1.5	9
객체 연결 및 면형 생성	2.5	5	5	2.5	15
도화 건물 최고 정점 추출	2	4	4	2	12
건물 중심점 생성	0.5	1	1	0.5	3
건물 기반고 추출	1.5	3	3	1.5	9
3차원 건물 속성 구축	2.5	5	5	2.5	15
품질검사	2	4	4	2	12
정리점검	0.4	1	1	0	2.4
합계	14.7	29	28	12.5	84.2

시범지역 3차원 건물 구축에 투입된 기술인력별 총 투입일수를 통해 품셈(안)을 마련하기 위해서는 작업단위를 선정하여야 한다. 본 시범 구축을 통해 적용할 수 있는 작업단위는 작업면적, 도엽 수, 건물 객체 수 등이 있다. 본 시범구축을 통해 작업의 난이도는 작업면적, 지형 구분, 건물 면적과는 무관하며 건물의 동수가 작업의 경중이 됨을 알 수 있었다. 또한, 국가기본도 DB의 건물이 객체 단위로 갱신이 이루어지고 있는 것을 고려하여 본 품셈(안)은 건물의 객체 수(동)를 기준으로 작업 단위를 산정하여 제시하였다.

본 시범 구축에 사용된 건물의 객체 수는 총 521,542동으로 품셈(안)에는 건물 객체 500,000동을 1단위로 하여 시범 구축의 96%를 적용하여 <표 4-12>와 같이 3차원 건물 정보 구축 품셈(안)을 제시한다.

<표4-12> 3차원 건물 정보 구축 품셈(안)

(단위 : 건물 500,000동)

작업구분	고급 기술자	중급 기술자	초급 기술자	정보처리 기사	합계
계획 및 준비	0.96	0.96	—	—	1.92
자료 수집 및 정리	0.77	1.92	1.92	—	4.61
도형자료추출	1.44	2.88	2.88	1.44	8.64
객체 연결 및 면형 생성	2.40	4.80	4.80	2.40	14.4
도화 건물 최고 정점 추출	1.92	3.84	3.84	1.92	11.52
건물 중심점 생성	0.48	0.96	0.96	0.48	2.88
건물 지반고 추출	1.44	2.88	2.88	1.44	8.64
3차원 건물 속성 구축	2.40	4.80	4.80	2.40	14.4
품질검사	1.92	3.84	3.84	1.92	11.52
정리점검	0.38	0.96	0.96	—	2.3
합계	14.11	27.84	26.88	12	80.83

《주》 ① 3차원 건물 정보 구축이란 함은 2차원 국가기본도 DB에 건물의 지붕 경계 높이값, 건물의 지반고, 건물의 돌출 높이값을 입력하는 작업을 말한다.

② 본 품에서 측량기술자의 기술 등급은 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제39조와 같은 법 시행령 제32조에 의한 자격 기준을 말한다.

③ 본 품은 다음의 계수를 계상하여 적용한다.

㉠ 작업량에 따른 계수

구 분	50만동 이하	50만동 이상 500만동 미만	500만동 이상
증감계수	1.1	1.0	0.9

※ 설계 물량 대비 구축 물량의 인정은 ± 2% 이내로 한다.

㉡ 작업 방법에 대한 계수

구 분	도화 원도	수치표면모델(DSM)
계수	1.0	1.2

④ 본 품에는 작업준비 정리 및 인접부의 접합작업이 포함되어 있다.

⑤ 본 품에 기재되지 않은 축척에 대하여는 보간법으로 계산하여 적

용할 수 있다.

⑥ 기계비 및 재료비는 별도 계상한다.

㉔ 기계비는 중급기술자, 초급기술자 투입인수만 대상으로 '[토목 부문] 9-7-7/2. 수동입력'을 적용한다.

⑦ 본 품에는 다음의 성과품 작성이 포함되어 있다.

㉔ 건물 도화 원도(dxf, dwg, shape 등)

㉕ 건물 편집 도화 원도(dxf, dwg, shape 등)

㉖ 3차원 건물 정보가 구축된 국가기본도 DB(shape, GeoPackage, File GDB 등)

㉗ 성과점검 및 관리 파일 1식

㉘ 기타 작업과정에서 획득하거나 사용된 자료 일체

#### 4. 3차원 공간데이터 전국 확대구축 방안

3차원 건물, 도로 구축 시범사업을 추진하며 국토지리정보원에서 생산되는 국가기본도 DB, 도화원도, 수치표고모형 등의 자료를 통해 3차원 공간데이터의 전국 확대 구축 가능성을 확인할 수 있었으며, 본 연구 결과를 토대로 전국 확대 구축을 준비할 때 전략적으로 고려해야 할 사항을 다음과 같이 결론 내었다. 첫째, 3차원 입체모형자료 건물, 도로, 도로시설물, 지형 등 구축할 항목을 선정해야하며 둘째, 구축항목이 정해지면 항목별 구축에 필요한 원천자료와 구축방안 별 장단점을 분석하여 구축방안을 정하고, 셋째, 구축방안에 따른 항목별, 공정별 시수를 산출하여 전국 확대 구축에 필요한 비용을 고려해야 한다.

본 연구에서는 전국 확대 구축 시 도화원도와 국가기본도 DB, 수치표고모형 자료를 이용하여 전국을 대상으로 3차원 건물, 도로, 도로시설물(교량, 고가차도), 지형 데이터를 구축하는 것으로 정하고 이에 따른 항목별 최적의 적용 기술과 세밀도 수준, 비용 등 3차원 공간데이터 구축 추진 계획(안)을 제시한다.

##### 가. 3차원 건물, 도로 데이터 구축방안 장·단점 비교

연구에서 제시하는 건물, 도로의 각 구축방안을 분석하여 전국 확대 구축 시 적용할 방안을 결정하기 위해 각 구축방안의 장·단점을 분석하였다. 분석 결과 건물은 국가기본도 DB 도형정보와 속성정보를 사용하고, 도화원도의 건물 높이 정보를 융합하여 3차원 건물 데이터를 구축하는 것이 효율적이며, 도로의 경우 국가기본도 DB 도형과 DEM 높이를 융합하는 것이 효율적이라는 결론을 내렸다.

<표4-13> 3차원 건물, 도로 데이터 구축방안 장단점 비교

구축항목	구축방안	장점	단점
건물	도화원도만 활용	구축속도 빠름	- 건물 상단 표현 왜곡 - 속성 누락
	국가기본도(도형,속성)+도화원도(높이)	- 저비용 생산 - 건물 속성 有 - 유지갱신 용이	- 표현의 한계(LOD1)
도로	도화원도만 활용	- 실세계 모양과 유사	- 수작업 요소 과다
	도로 폭 속성 활용 도로생성	- 구축속도 빠름	- 도로 표현 왜곡
	국가기본도(도형)+DEM(높이)	- 저비용 생산 - 실세계 모양과 유사	- 표현의 한계(LOD1)

##### 나. 전국 확대 구축 시 고려사항

전국 확대 구축 시 고려할 사항으로 첫째, 구축 항목 선정은 구축 가능성 여부와 구축 후 활용성,

경제성 등을 고려해야 하는 이유로 본 연구에서 세부 구축방안을 마련한 건물, 도로, 도로시설물(교량, 고가차도), 지형으로 한정한다. 둘째, 구축항목 별 원천자료와 구축방안은 연구에서 제시한 건물은 국가기본도 DB 도형과 도화원도 높이정보를 융합하는 방안, 도로는 국가기본도 DB 도형과 수치표고모형 자료 높이 정보를 융합하는 방안, 지형은 기 구축 DEM에 도화원도의 도로 선형, 옹벽, 성절토, 제방 등을 브레이크라인으로 적용한 수치지형모형(DTM)과 건물 지반고 높이를 적용한 GRID를 융합한 시설물 평탄 DEM 제작 방안으로 한다. 셋째, 구축방안에 따른 전국 구축 비용은 3차원 공간데이터 구축 비용산출에서 제시한 세밀도 LOD1 전국 구축 비용 건물 10억, 도로 5억, 도로시설물 6억, 지형 4억으로 총 25억원의 예산이 소요되는 관계로 '21년 3차원 구축 예산 규모에 따라 '21년 전 국토를 일괄 구축 여부를 결정해야 한다. 또한, 세밀도 개선 연구에서 제시한 추가 도화 묘사를 통한 건물 LOD2 구축은 건물 중요도 및 층수, 관심도 등을 고려하여 우선순위를 정하고 순차적으로 구축하는 것을 제안한다.

### 다. 3차원 공간데이터 구축 추진 계획(안) 마련

3차원 추진 1단계로 2020년 본 연구를 통해 도화원도 및 국가기본도 DB 등 국토지리정보원에서 생산되는 원천자료를 활용하여 3차원 건물, 도로, 도로시설물(지상), 지형에 대한 저비용·고효율의 구축방안 마련과 동시에 여의도, 시흥시, 대구광역시 시범구축을 통해 구축방안의 효율성 및 문제점을 파악하여 구축방안을 고도화하고, 도화개선 방안에서는 3차원 제작 비용을 절감할 수 있도록 원천자료의 오류유형 등을 분석하여 수정방안 및 오류를 최소화 할 수 있는 작업 개선방안을 제시한다.

또한, 3차원 전국 확대 구축 준비 단계로서, 3차원 데이터의 지형지물명세서를 작성하고, 확대 구축 이후 지속적인 갱신이 가능하도록 유지관리 방안을 마련하고 '21년 전국 3차원 구축에 소모되는 비용을 산출하여 전 국토 3차원 수치지도화의 기반을 마련한다.

2단계 '21년 3차원 확대 구축 단계에서는 현 국가기본도 DB 자료표준에 3차원 높이정보를 추가하여 자료표준 개정(안)을 마련하고, 표준 심의를 거쳐 2D 기반의 국가기본도 자료표준을 3차원 국가기본도 자료표준으로 개정하는 것을 목표로 추진한다.

3차원 건물(10억), 도로(5억), 도로시설(6억), 지형(4억)은 예산에 따라 '21년 일괄 구축하는 것을 목표로 사업을 추진하며, 추가 도화를 통해 세밀도 개선방안을 적용한 LOD2 건물 제작은 '21년에는 건물 중요도 및 활용도에 따라 우선순위 및 전국 건물 층별 통계자료를 바탕으로 건물 높이에 따른 활용도를 고려하여 3층 이상 건물을 우선 구축하는 것을 제안한다.

건물 층별 통계에 따르면 전국 건물의 95% 이상이 1층과 2층으로 3차원 건물의 활용 특성상 고층 건물일수록 활용도가 높다는 점과 LOD2 세밀도 개선에 따른 경제성을 감안하여 3층 이상 건물

을 우선 구축하는 것을 효율적이라 판단된다.

3층 이상 건물 LOD2 구축 비용(80억)을 고려하면 단계적으로 서부와 동부로 나누어 '21~'22년 2년 내에 제작하는 것이 바람직하며, 우선 '21년에는 '20년 항공사진촬영 성과를 이용하여 서부지구를 우선 구축하는 것을 제안한다.

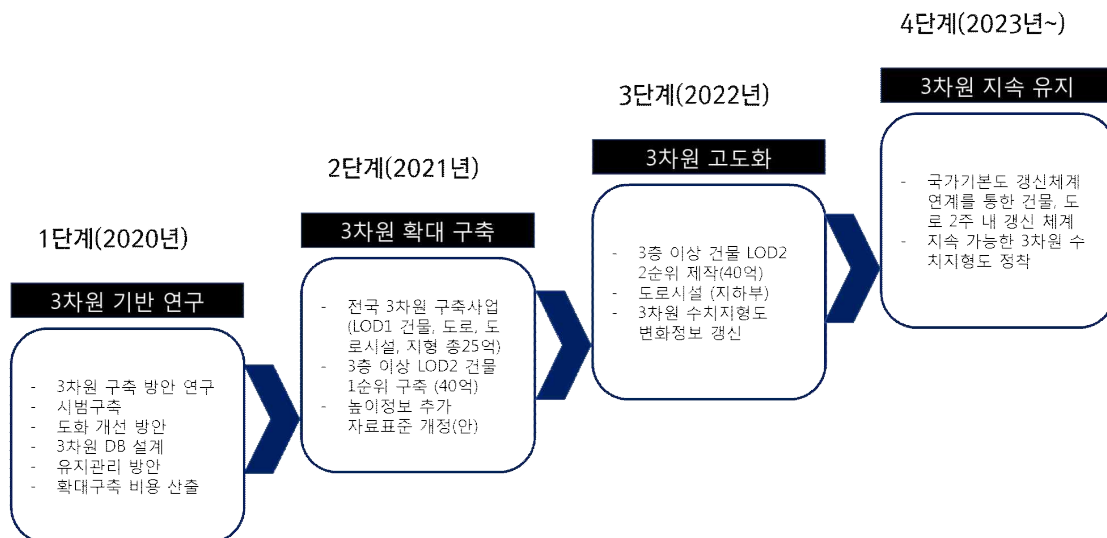
도로의 경우 향후 완전한 3차원 공간데이터 구축을 위한 도로 지하부(지하차도, 터널 등) 구축방안 마련 연구가 필요하며, 3차원 도로의 경우 현재 활용도가 극히 낮아 전국 구축에 따른 경제성 분석이 필요하다.

3단계 '22년 3차원 고도화 단계에서는 '21년 자료표준 개정 사항을 마무리하고, 건물 세밀도 LOD2 제작 우선순위에 따라 동부지역 3층 이상 건물을 구축하고, 완전한 3차원 데이터 구축을 위해 도로시설물 구축 2단계로 지하차도, 터널 등을 추가 구축하여 기 구축 도로와 연결성을 유지하고, '21년 3차원 전국 구축 이후 변경된 건물, 도로 정보를 수집하여 갱신하는 작업이 필요하다.

4단계 '23년부터는 3차원 지속 유지 단계로서, 나머지 1, 2층 건물에 대해 3차원 세밀도 LOD2 수준으로 구축한다.

4단계 지속유지 단계에서는 국가기본도 갱신업무와 연계하여 국가기본도와 3차원 데이터의 갱신체계를 일원화하여 국가기본도 건물, 도로 갱신 시 3차원 건물, 도로 데이터도 2주 이내 갱신이 가능할 것으로 기대한다.

3차원 공간데이터 추진 계획을 3차원 기반연구부터 확대구축, 고도화, 지속유지 단계로 정리하면 <그림 4-9> 3차원 공간데이터 추진계획(안)과 같다.



<그림4-9> 3차원 공간데이터 추진계획(안)

## 제5장

# 도화성과를 활용한 3차원 공간정보 구축 시범 구축

1. 시범 구축 지역별 특징 및 구축 현황
2. 3차원 건물 데이터 시범 구축(여의도, 시흥시, 대구광역시)
3. 3차원 도로 데이터 시범 구축(여의도, 시흥시, 대구광역시)
4. 3차원 지형 데이터 시범 구축(여의도, 시흥시, 대구광역시)
5. 기타 연구 지원을 위한 데이터 구축





## 1. 시범 구축 지역별 특징 및 구축 현황

도화성과를 활용한 3차원 공간정보 구축 시범 구축에서는 시범구축 지역별 특징을 고려하여 연구에서 제시하는 구축 방안 테스트 및 3차원 공간 데이터 구축을 수행 하였다.

여의도의 경우 대형 건물과 고층빌딩이 밀집한 지역으로 지역 특성을 고려하여 추가 도화를 통한 건물 세밀도 개선방안 테스트 수행을 통해 3차원 건물 데이터의 세밀도를 LOD2 수준으로 구축하였으며, 도로는 도화원도만을 활용하여 3차원 도로 데이터를 구축하는 테스트를 수행하였다.

시흥시의 경우 소규모 공장과 일반주택, 연립주택 등 주택 밀집지역으로 국가기본도 DB 도형과 도화원도 높이를 융합하는 방안으로 3차원 건물 데이터를 세밀도 LOD1 수준으로 구축하고, 도로는 교량 및 고가차도 등 입체구간에서 위상 표현이 왜곡되는 현상을 개선하기 위한 교통 시설물의 높이와 도로를 결합하는 테스트를 수행하였다. 또한, 정밀도로지도 서울외곽순환고속도로 구간을 적용한 3차원 도로 데이터를 구축하였다.

대구광역시의 경우 분지 지형으로 복잡한 도로망을 갖춘 대도시로서, 복잡한 도로망을 고려하여 저비용으로 3차원 도로 면형을 제작할 수 있는 도로 폭 속성을 이용한 면형 자동 제작 방안 테스트를 수행하였다.

<표5-1> 시범지역 특징 및 구축 현황

구분	여의도	시흥시	대구광역시
지역별 특징	대형건물 및 고층빌딩 밀집 지역	소규모 공장과 주택 밀집 지역	분지이며, 복잡한 도로망을 갖춘 대도시
구축 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도화원도 활용 LOD1 건물 제작</li> <li>- 추가도화를 통한 세밀도 개선 LOD2 건물 제작</li> <li>- 도화원도 활용 3차원 도로 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가기본도 DB 도형과 도화원도 높이 융합으로 건물 LOD1, 도로 제작</li> <li>- 정밀도로지도도 적용, 도로 시설물 높이 적용 테스트 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가기본도 DB 도형과 도화원도 높이 융합으로 건물LOD1, 도로 제작</li> <li>- 도로 폭 속성을 이용한 도로 면형 생성 테스트, 정밀도로지도도 적용</li> </ul>

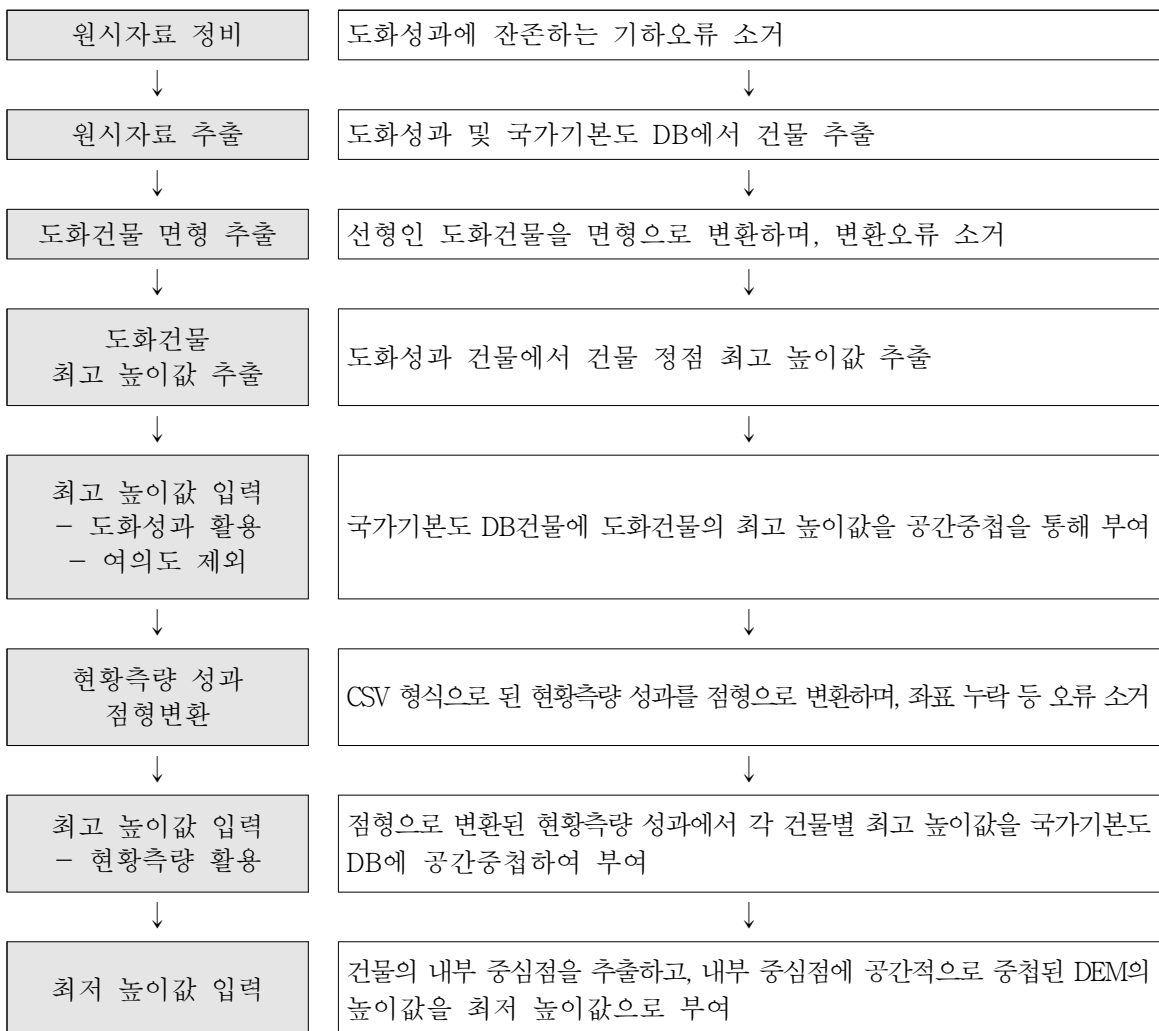
## 2. 3차원 건물 데이터 시범 구축(여의도, 시흥시, 대구광역시)

### 가. 3차원 건물 데이터 세밀도 LOD1 시범구축

국가기본도 DB 및 도화성과, 현황측량 성과를 활용하여 건물 상단 높이 값을 획득하고, DEM을 통해 건물 하단 높이 값을 획득하였다. 연구결과의 다양성을 위해 대구광역시 및 시흥시의 경우 국가기본도 DB 건물 도형을 기반으로 구축하였고, 여의도는 도화성과 건물 도형을 기반으로 구축하였다.

#### 1) 3차원 건물 데이터 구축 작업흐름도

<표5-2> 3차원 건물 데이터 구축 작업흐름도



## 2) 원시자료 수집

- 국가기본도에서 건물(TN\_BULD) 수집
- Breakline 및 시설물 평탄화가 적용된 DEM 수집
- 도화성곽에서 건물 수집 및 추출

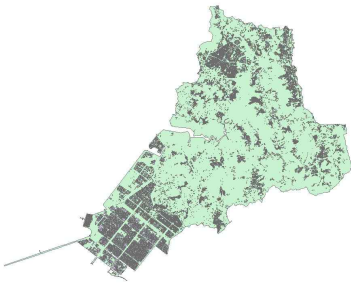
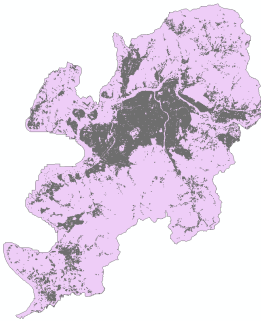
<표5-3> 도화성곽 추출대상

분류	지형지물명	통합코드
건물	건물경계(미분류)	B0010000
	(건물경계)미분류	B0014110
	주택외건물	B0014111
	주택	B0014112
	연립주택	B0014113
	공사중건물	B0014114
	아파트	B0014115
	무벽건물	B0014116
	온실	B0014117
	가건물	B0014118

## 3) 원시자료 추출

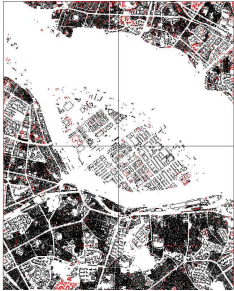
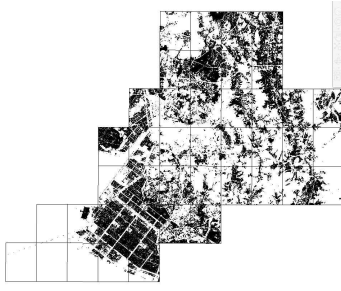
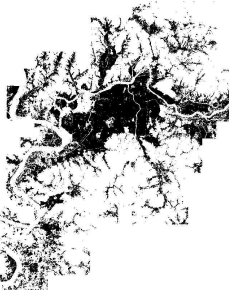
- 시흥시, 대구광역시 영역에 해당하는 국가기본도 DB 건물 추출

<표5-4> 국가기본도 DB 건물 작업대상 추출

	
시흥시	대구광역시

□ 여의도, 시흥시, 대구광역시 영역에 해당하는 도화성과 건물 추출

<표5-5> 도화성과 건물 작업대상 추출

		
여의도	시흥시	대구광역시

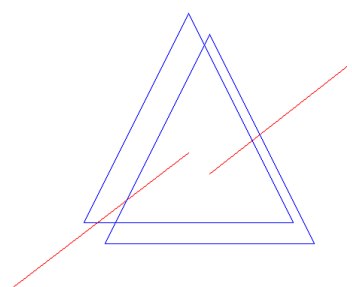
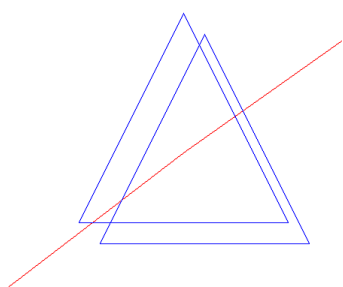
4) 도화건물 면형 추출

도화건물은 DWG, DXF 형식이며, 폐합된 선형의 자료이다. 도화건물의 높이 값을 국가기본도 DB에 원활하게 입력하기 위해 면형 SHP 형식으로 추출해야 한다. 추출 전 폐합 오류 등을 수정한다.

□ 폐합 처리

일반적으로 도화성곽에서는 건물객체에 대해 형상적으로 폐합되어 있으나, 객체가 도형적으로는 폐합되지 않은 경우가 대다수 이므로 폐합 처리를 수행한다.

<표5-6> 폐합 오류 수정 전 후

	
<폐합오류 수정전>	<폐합오류 수정후>

## □ 면형 추출(SHP 형식)

폐합된 객체들은 Polygon Z 형식으로 추출하였다.

추출 후 도화성과 객체와 추출된 면형객체의 개수를 비교하여 값이 다른 경우 Multi Part객체, 추출되지 않은 오류 등이 있는 경우이므로 추가 검사를 수행한다.

Multi Part객체의 경우 GIS 툴에서 Single Part 처리하여 처리 전후 개수를 비교함으로 오류 유무를 확인할 수 있으며, 오류로 확인된 경우 오류 객체를 추적하여 해당 객체만 재 추출하고, 교체한다.

Multi Part 오류가 아닌 경우 추출되지 않은 오류이며, 추출된 면형을 선형으로 변환하고, 도화성과에서 선형을 추출 한 후 공간중첩을 통해 추출되지 않은 객체를 검출 할 수 있고, 오류 객체는 객체 꼬임 등의 오류를 점검 및 수정한다.

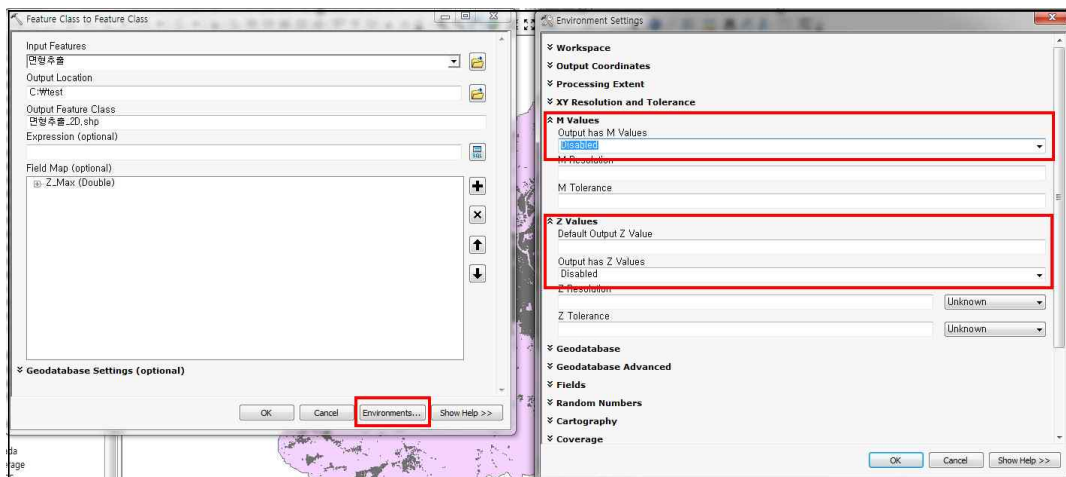
## 5) 도화건물 최고 높이 값 추출

### □ 최고 높이 값 입력

Polygon Z 형식으로 추출 된 도화건물 중 정점 중 최고 높이 값을 추출하여 건물 속성 값으로 입력한다.

### □ 2D Polygon 변환

최고 높이 값이 입력된 건물은 높이 정보가 속성 값으로 입력되었으므로, 가공의 용이성을 위하여 2D 객체로 변환한다. 변환방법으로는 ArcGIS의 Feature Class to Feature Class 기능을 활용하며, 환경설정에서 Z값 및 M값을 제외한다.



<그림5-1> 건물 2D Polygon 변환

## 6) 최고 높이 값 입력

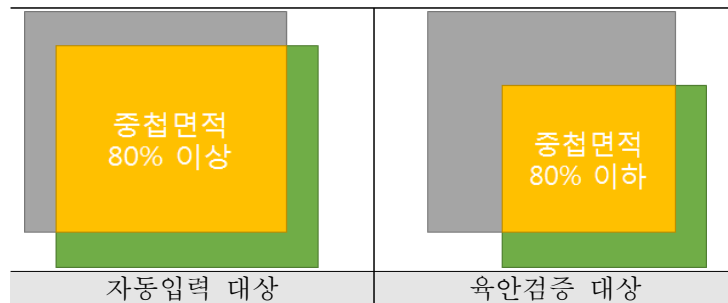
공간중첩을 통해 국가기본도 DB 건물에 도화건물 최고 높이 값을 입력한다. 중첩된 객체 간 면적 비율 및 중첩면적 비율을 통해 자동입력 및 육안검증을 수행하였다.

객체 간 면적비율 및 중첩면적 비율이 모두 충족된 경우 자동입력 하였으며, 그 외 경우 육안검증을 통해 속성을 입력하였다.

### □ 중첩면적 비율 검증

객체 간 중첩된 비율과 원본 객체의 면적이 80%이상 일치하는 경우 자동입력대상으로 구분하였다.

<표5-7> 중첩면적 의한 높이 값 입력



### □ 객체 간 면적비율 검증

중첩된 자료 간의 면적비율을 계산하여 80% 이상인 경우 자동입력대상으로 구분하였다.

<표5-8> 면적비율에 의한 높이 값 입력





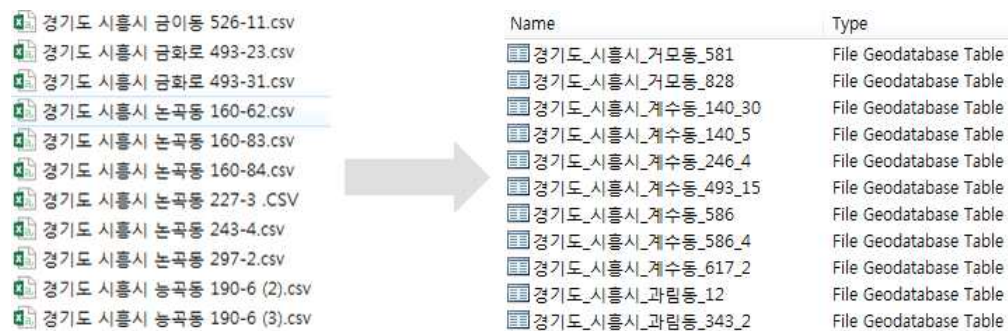
## 7) 현황측량 성과 점형 변환

현황측량성과는 건물별 CSV 형식의 파일로 구성되며, 현황측량으로 구축된 국가기본도 DB 건물은 현황측량 시 획득한 높이 값을 기반으로 3차원 건물데이터를 구축해야한다. 현황측량 성과의 높이 값을 건물에 입력하기 위해서는 공간중첩을 수행해야 하며, 원활한 수행을 위해 현황측량 성과를 점형으로 변환한다.

점형으로 변환하기 위해 CSV 형식의 파일을 DB Table 형식으로 변환 한 후 좌표검증 등의 과정을 거쳐 점형으로 변환한다.

### □ DB Table 변환

원활한 가공을 위해 CSV형식의 자료를 DB Table 형식으로 변환하였다.



Name	Type
경기도_시흥시_거모동_581	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_거모동_828	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_계수동_140_30	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_계수동_140_5	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_계수동_246_4	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_계수동_493_15	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_계수동_586	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_계수동_586_4	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_계수동_617_2	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_과림동_12	File Geodatabase Table
경기도_시흥시_과림동_343_2	File Geodatabase Table

<그림5-2> CSV to DB Table

### □ 공사명 속성입력 및 병합

원활한 가공을 위해 DB Table을 병합하며, 병합 전 건물단위 구분속성을 입력하기 위해 임의의 필드를 생성 한 후 파일명을 입력한다. 파일명 입력 후 여러 DB Table 파일들을 하나의 DB Table로 병합한다.

경기도_시흥시_계수동_246_4						
	OBJECTID *	Field1	Field2	Field3	Field4	file_nm
▶	1	1	538659,107	183997,423	32,805	경기도_시흥시_계수동_246_4
	2	2	538680,552	184000,479	33,104	경기도_시흥시_계수동_246_4
	3	3	538684,494	184007,603	35,015	경기도_시흥시_계수동_246_4
	4	4	538682,293	184023,349	34,929	경기도_시흥시_계수동_246_4

<그림5-3> 공사명 속성입력

## □ 좌표 값 검증

병합된 DB table의 좌표 값들의 유효성을 검증한다. X, Y, Z 값이 누락된 경우 동일한 공사명 건물 내에 대체할 수 있는 올바른 좌표 값의 객체가 존재하는 경우 삭제 처리한다. 또한 X, Y, Z 값이 서로 바뀌어 입력된 경우를 검증하고 수정한다.

6382	1	526017,7644	172664,6149	13	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO55
6383	2	526025,7657	172670,8422	<Null>	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO55
6384	3	526011,8204	172688,7602	<Null>	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO55
6385	4	526003,8191	172682,5329	<Null>	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO55
6386	1	526030,9119	172647,7221	13	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO56
6387	2	526018,1926	172664,0648	<Null>	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO56
6388	3	526026,1939	172670,2921	<Null>	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO56
6389	4	526038,9132	172653,9494	<Null>	경기도_시흥시_정왕동_2592_2NO56

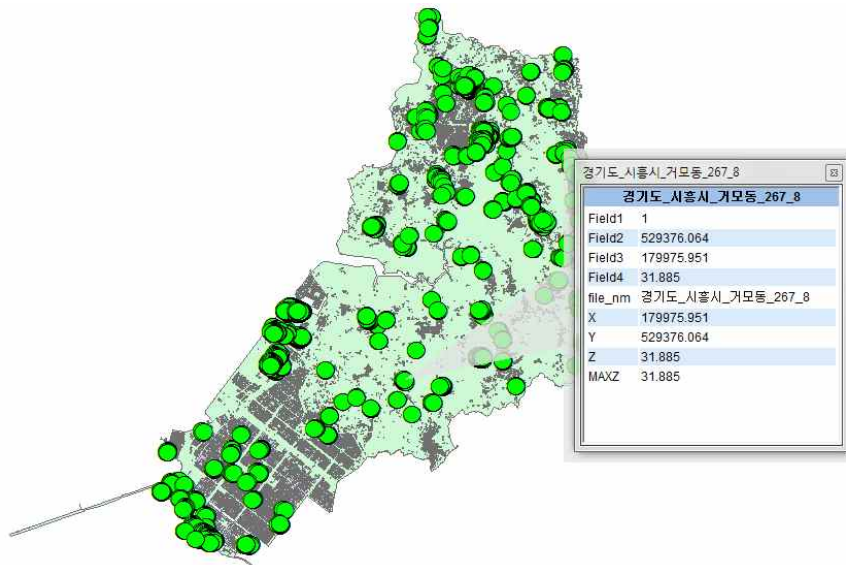
<그림5-4> 좌표 누락 오류

6	6	539003,462	181817,572	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
7	7	539001,684	181816,277	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
8	8	538993,677	181827,271	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
9	1	180399,601	530356,838	50,161	경기_시흥시_철곡동_307
10	2	180391,704	530353,781	50,185	경기_시흥시_철곡동_307
11	3	180386,856	530365,492	50,138	경기_시흥시_철곡동_307
12	4	180394,292	530369,119	50,245	경기_시흥시_철곡동_307
13	1	539297,268	182245,956	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
14	2	539302,776	182233,974	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
15	3	539326,812	182245,024	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
16	4	539321,304	182257,006	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2

<그림5-5> 좌표 입력위치 오류

## □ 점형 변환

Display XY Data 기능을 활용하여 DB Table형식의 현황측량 성과를 점형으로 변환한다.



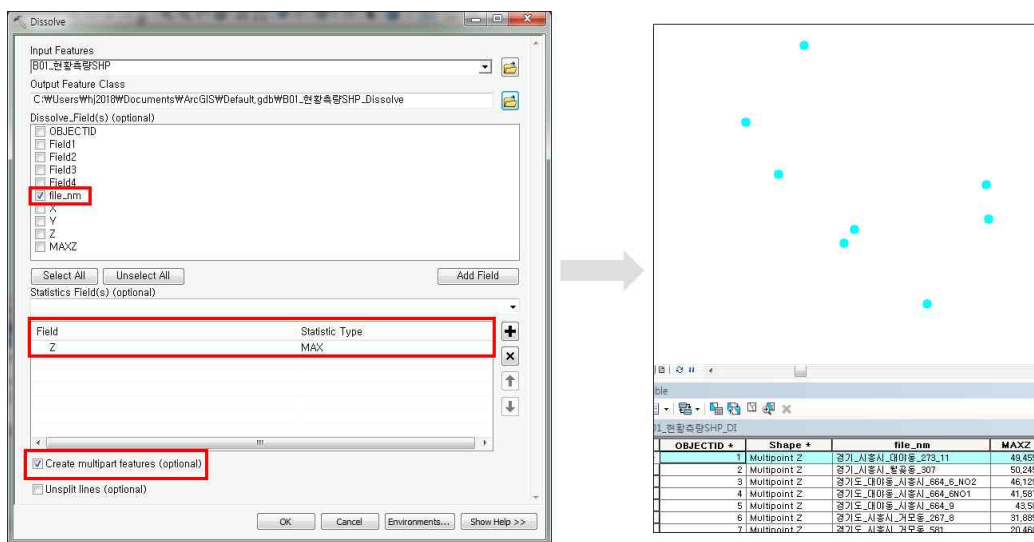
<그림5-6> 현황측량 성과 점형 변환

## 8) 높이 값 입력(현황측량 활용)

국가기본도 DB 건물에 현황측량 성과의 높이 값을 입력하기 위해 점형을 공사단위로 융합하고, 융합된 점형과 공간중첩을 수행한다. 융합을 수행하는 이유는 공간중첩의 1:N 매칭여부를 판별하기 위해서 수행하였다.

### □ 공사단위 융합

Dissolve기능을 활용하여 공사명을 기준으로 융합한다. 융합 시 높이 값은 Max값으로 추출한다.



<그림5-7> 공사단위 융합

### □ 높이 값 입력

공간중첩을 통해 현황측량의 높이 값을 국가기본도 DB 건물에 입력한다. 매칭시 1:1이 아닌 경우 육안검증을 통해 속성 값을 입력한다.

## 9) 최저 높이 값 입력

국가기본도 DB 건물의 하단 높이 값을 DEM을 기반으로 입력한다. 건물의 내부중심점을 추출한 후 내부 중심점에 공간적으로 중첩된 DEM의 높이 값을 입력한다.

□ 내부 중심점 추출

Feature to Point(Inside) 기능을 활용하여 내부 중심점을 추출한다.

□ Point Z 형식으로 변환

DEM의 높이 값을 내부 중심점에 적용하여 Point Z 형식으로 내부중심점을 변환한다.

Shape *	OBJECTID	NF_ID	MOLIT_UFID	BPRP_SE	BULD_NM	BATC_NM
Point Z	1	BLD010000000VR7GJ	B00100000002JVL6L	BDU002	무진아파트	101동
Point Z	2	BLD010000000VR7HK	B00100000002JVL1G	BDU002	무진아파트	109동
Point Z	3	BLD010000000VR7IL	B00100000002JVL5K	BDU002	유천아파트	916동
Point Z	4	BLD010000000VR826	B00100000002KA2LW	BDU017		(주)다원케미칼

<그림5-8> 내부중심점 Point Z 형식으로 변환

□ 높이 값 추출

Point Z 형식으로 변환된 내부중심점의 높이 값을 속성 값으로 입력한다.

Shape *	Z	OBJECTID	NF_ID	MOLIT_UFID	BPRP_SE	BULD_NM
Point Z	5.5018	1	BLD010000000VR7GJ	B00100000002JVL6L	BDU002	무진아파트
Point Z	5.6281	2	BLD010000000VR7HK	B00100000002JVL1G	BDU002	무진아파트
Point Z	5.2025	3	BLD010000000VR7IL	B00100000002JVL5K	BDU002	유천아파트
Point Z	4.6827	4	BLD010000000VR826	B00100000002KA2LW	BDU017	
Point Z	1.9212	5	BLD010000000VR848	B00100000002K22TW	BDU017	

<그림5-9> 높이 값 속성부여

□ 속성연계를 통한 건물면형에 높이 값 속성 입력

PK값을 활용한 속성연동을 통해 건물 면형에 건물 하단 높이 값을 입력한다.

MESRMTH_SE	RSREG_DT	CSCG_SE	MNENT_NM	DBREG_DT	MAXZ	MINZ	Shape_Leng	Shape_Area
P	2020-04-02	CSC999	최초배포	2020-04-02	34.076	5,501.793	134,374354	586,026951
P	2020-04-02	CSC999	최초배포	2020-04-02	20.131	5,62787	135,362994	645,813967
P	2020-04-02	CSC999	최초배포	2020-04-02	33.194	5,20867	92,18793	375,136491

<그림5-10> 하단 높이 값 입력결과

## 10) 구축결과

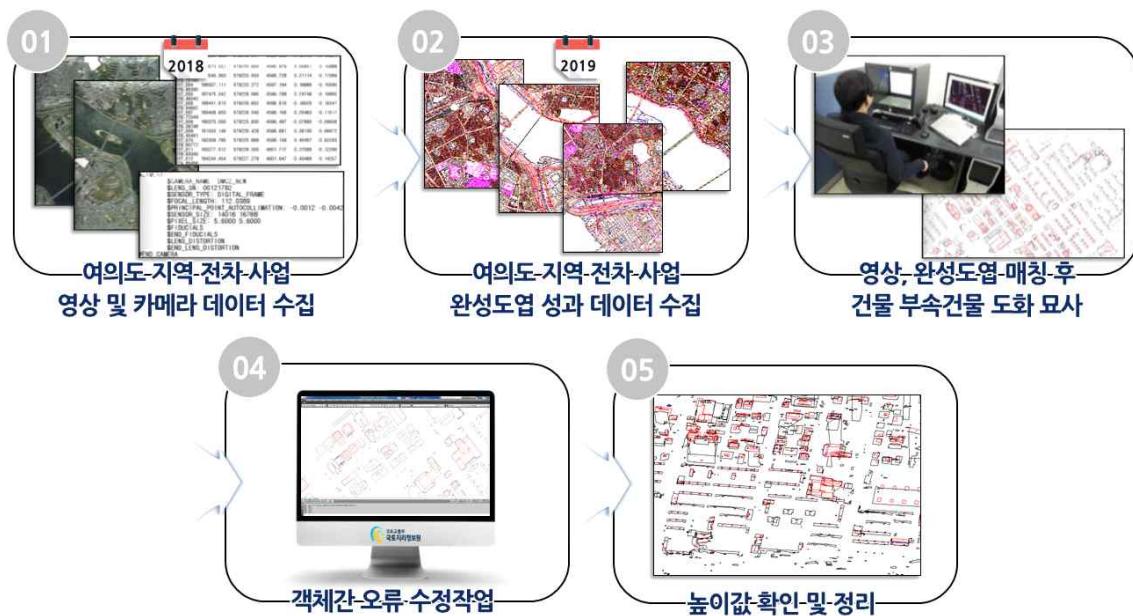
□ 지역별 구축결과

<표5-9> 3차원 건물데이터 지역별 구축결과

구축지역	구축건수(건)	구축면적(m <sup>2</sup> )	비고
여의도	1,615	607,702	도화성과 기반
시흥시	68,153	13,579,902	국가기본도 DB 기반
대구광역시	445,039	58,399,717	국가기본도 DB 기반
합계	514,807	72,587,321	

## 나. 3차원 건물 데이터 세밀도 LOD2 시범구축(여의도)

본 연구에서 제시한 건물 세밀도 개선방안을 적용하여 여의도 지역의 건물의 세부 높이 값을 도화 묘사하는 작업을 실시하였다. 높이 값이 다른 건물들은 개별 묘사하여 3차원 구축 시 건물의 형상이 보다 현실과 가깝게 표현하는 데 중점을 두고 도화 작업을 진행하였다.



<그림5-11> 3차원 구축방안 도화 절차

### 1) 시범 도화지역 영상 자료 수집

‘18년도 촬영된 여의도 지역 항공삼각측량의 성과 및 모델 색인도를 인수하여 영상과 작업 영역이 표시된 인덱스, 항공사진, 수치도화장비(HIST-DPW) 등을 준비하고 계획하였다. 수치도화 작업에 투입된 HIST-DPW 장비는 표고 데이터 추출을 비롯하여 수치 도화까지 가능한 장비로서 정확도 기능이 월등하며 영상 자료를 이용한 다양한 이미지 제작도 가능한 수치도화기이다.

<표5-10> 투입장비 현황표

구분	장비 명	제작사	투입 대수	비고
수치도화기	HIST-DPW	네이버시스템(주)	1대	HIST-DPW-0801-10027

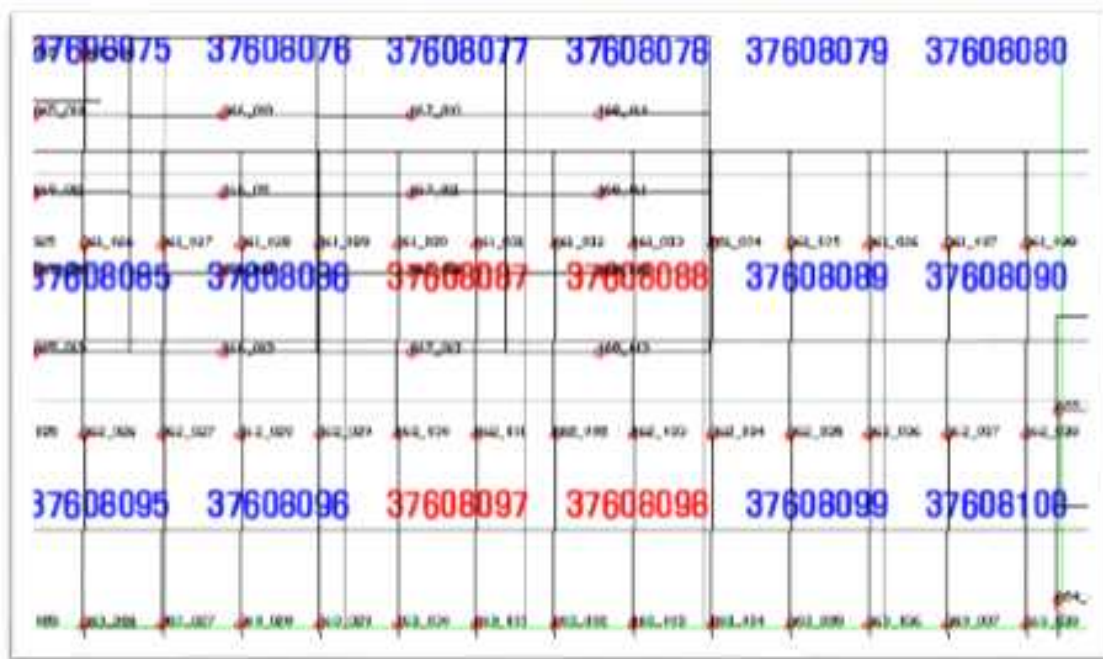




<그림5-12> 투입장비 사진

## 2) 도화 성과 데이터 수집

도곽 인덱스와 모델 색인도를 중첩하여 '19년도 제작된 여의도 지역 완성도엽을 인수하여 기본적인 오류 수정작업을 마친 후 건물 CODE를 분류해 3차원 구축을 위한 도화 묘사를 준비한다.

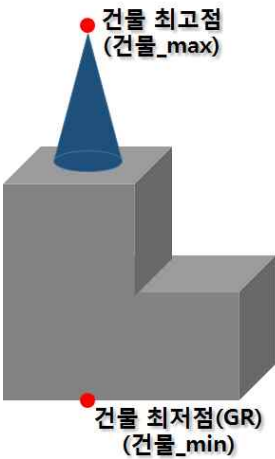
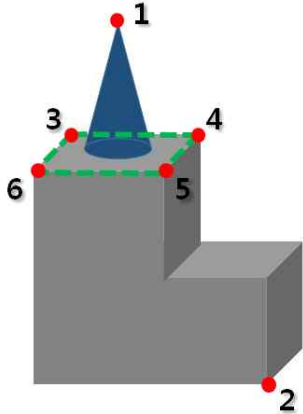
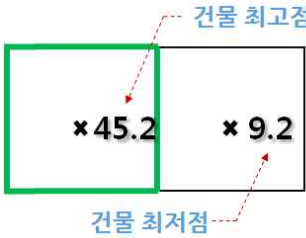


<그림5-13> 여의도 지역 모델인덱스

### 3) 3차원 구축 방안을 적용한 도화 묘사

LOD2 구축 방안에 정의된 레이어를 별도로 추가하여 부속건물과 지붕라인을 구분해 도화 묘사한다. 건물의 가장 높은 지점과 가장 낮은 지점을 관측하여 높이 값을 갖는 표고점(건물\_max/ 건물\_min)으로 입력하고, 기존 도화 객체를 베이스로 객체의 가장 낮은 노드의 값을 갖는 객체 형태를 제외한 부속건물, 지붕의 형상, 또는 건물 상단의 돌출부를 폴리곤으로 묘사한다.

<표5-11> LOD2 구축 방안 도화 묘사 방법

건물 유형	관측 순서	도화 묘사
	 <p>● 도화 관측점 ┌ LOD2 도화 관측선</p>	 <p>□ 도화 기존객체 ■ LOD2 도화 묘사선</p>

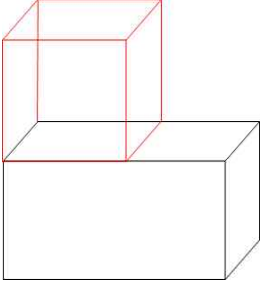
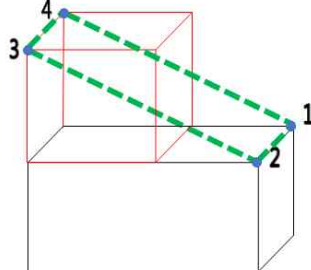
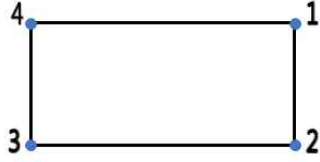
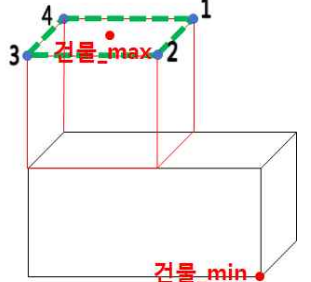
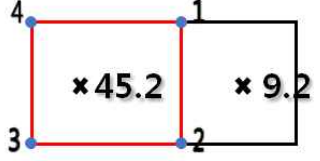
기존 도화 객체의 레이어는 유지하되, 가장 낮은 노드 값을 제외한 나머지의 추가 객체는 <도화\_건물부속>레이어를 사용하여 폴리곤으로 묘사하고, 아치 및 둥근 모양의 지붕 형태, 박공지붕형태 및 지붕의 높낮이로 형상이 달라지는 구간은 <도화\_지붕라인>레이어를 사용하여 3D PolyLine으로 묘사한다.

건물 위에 부속건물과 지붕라인이 동시에 존재하는 경우엔 부속건물만 표현하며, 여러 가지 형태 즉, 부속건물과 계단식의 형태 또는 부속건물과 돔 지붕 등 복합적 형태로 이루어진 건물은 지붕라인의 추가 구획 없이 부속건물만 묘사한다.

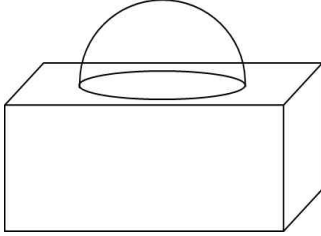
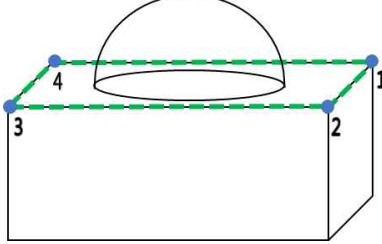
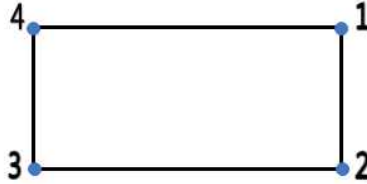
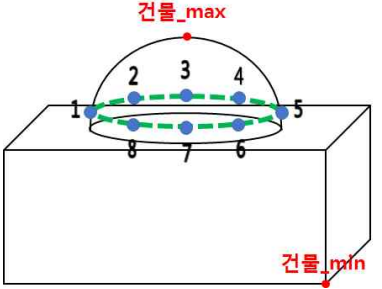
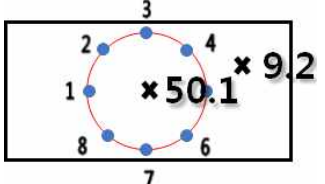


가) 도화 관측 순서 및 묘사

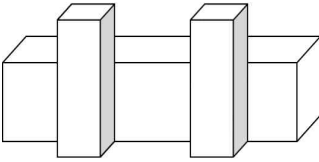
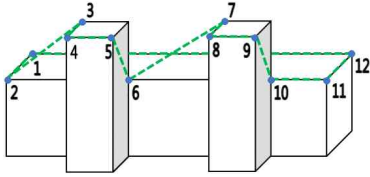
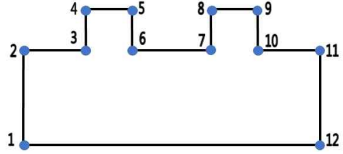
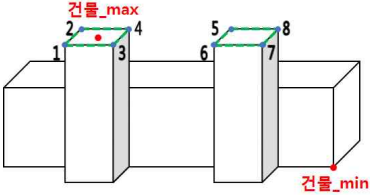
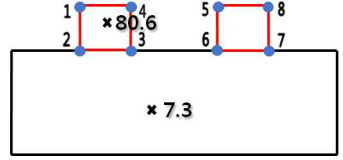
<표5-12> 도화 관측 순서 및 묘사1

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>● +건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		

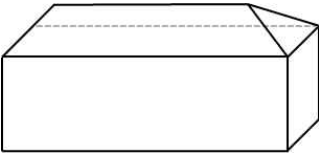
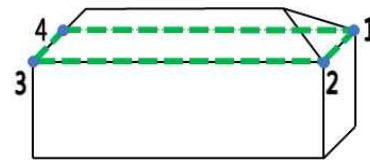
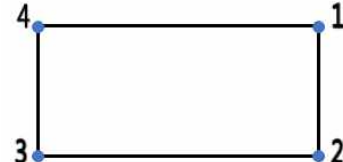

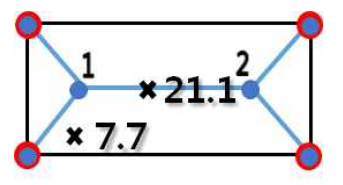
<표5-13> 도화 관측 순서 및 묘사2

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>● +건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		

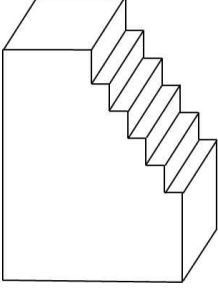
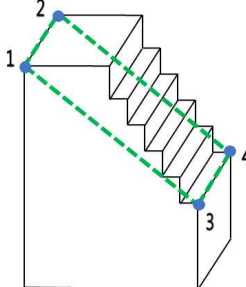
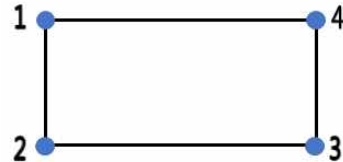
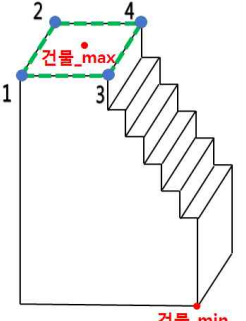
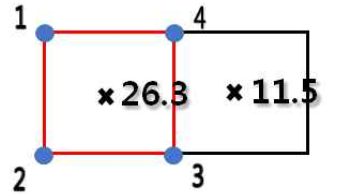
<표5-14> 도화 관측 순서 및 묘사3

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>□ 기존객체 노드</li> <li>+ 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_관측선</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		

<표5-15> 도화 관측 순서 및 묘사4

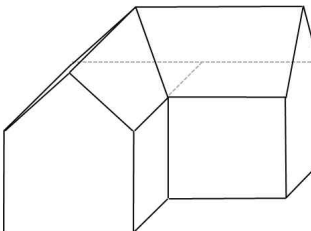
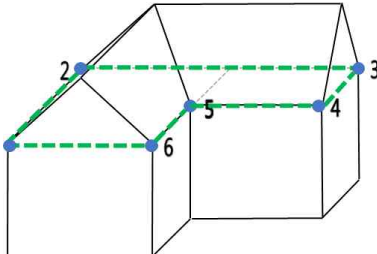
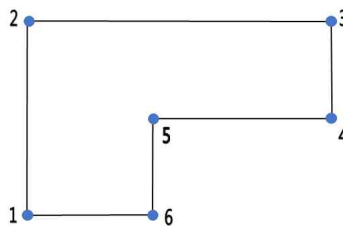
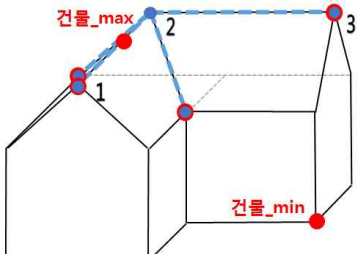
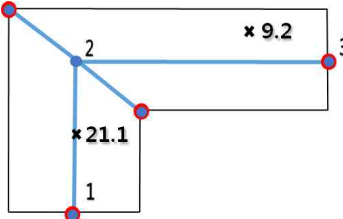
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>□ 기존객체 노드</li> <li>+ 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_관측선</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		

<표5-16> 도화 관측 순서 및 묘사5

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		

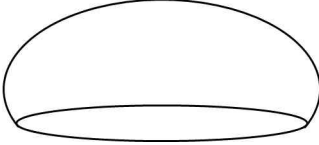
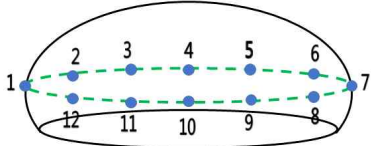
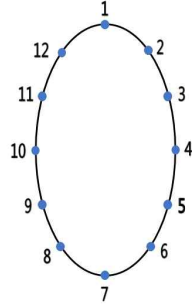
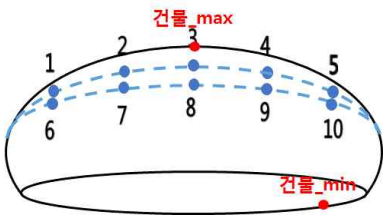
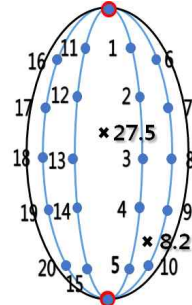
- 도화 관측점
- 도화 관측선
- 기존객체 노드
- 도화\_기존객체
- +건물부속 노드
- 도화\_건물부속
- 건물\_max
- 도화\_지붕라인
- 건물\_min

<표5-17> 도화 관측 순서 및 묘사6

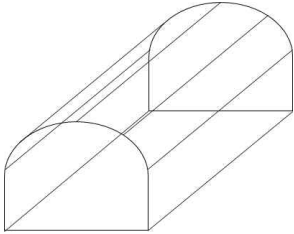
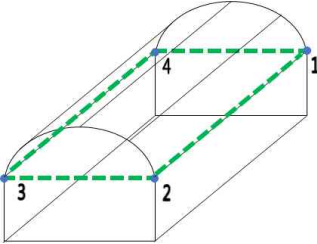
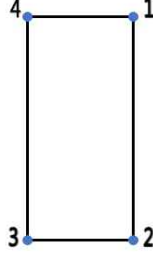
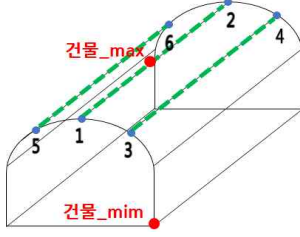
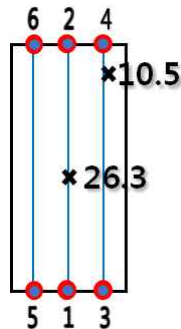
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		

- 도화 관측점
- 도화 관측선
- 기존객체 노드
- 도화\_기존객체
- +건물부속 노드
- 도화\_건물부속
- 건물\_max
- 도화\_지붕라인
- 건물\_min

<표5-18> 도화 관측 순서 및 묘사7


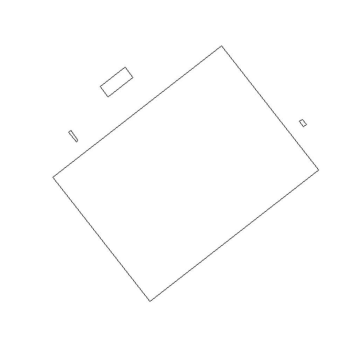
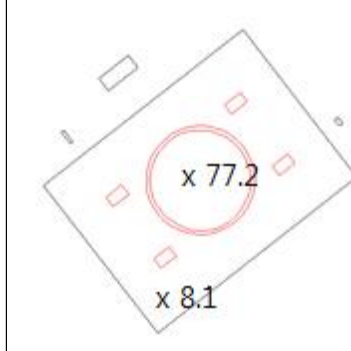
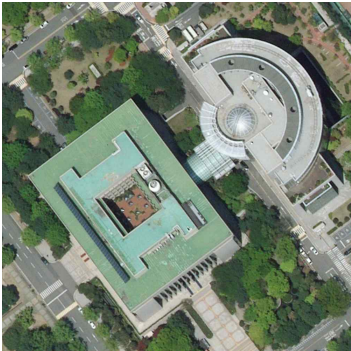
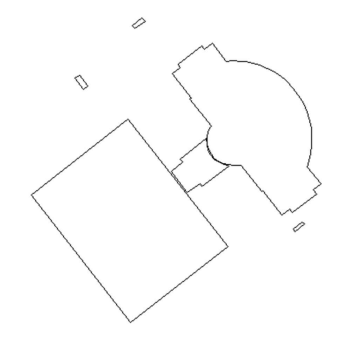
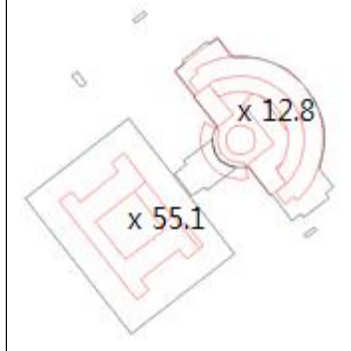

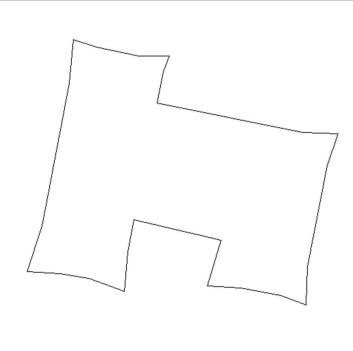
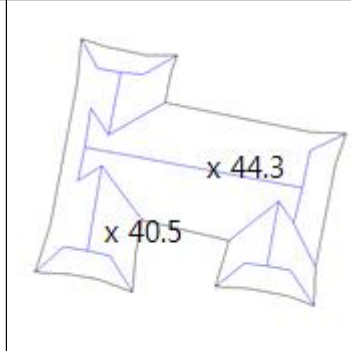
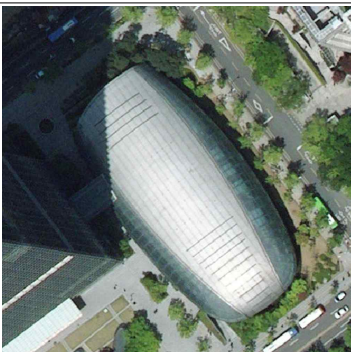
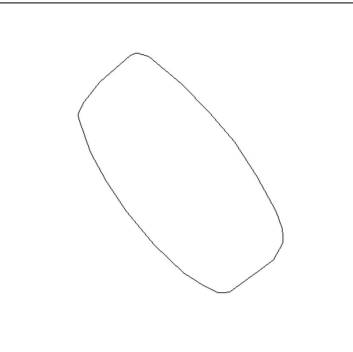
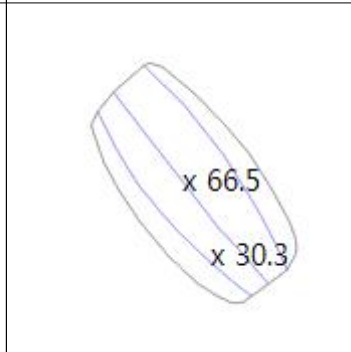
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>● + 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		

<표5-19> 도화 관측 순서 및 묘사8

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>● + 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	3차원 구축을 위한 관측 순서	도화 묘사
		


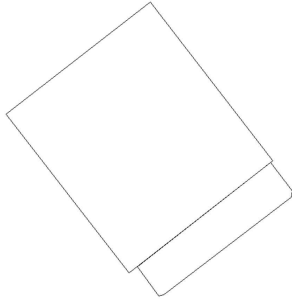
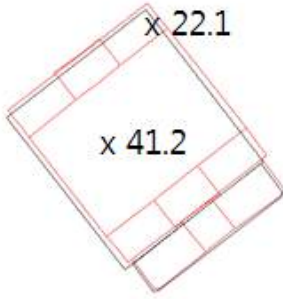
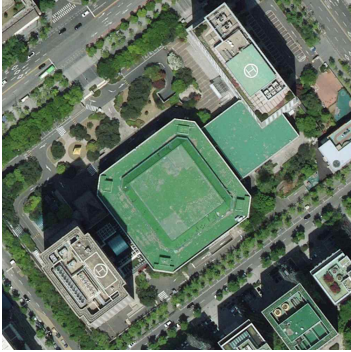
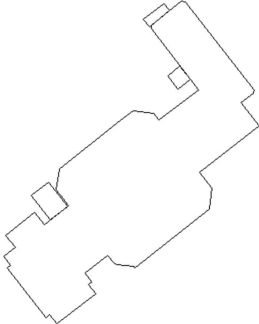
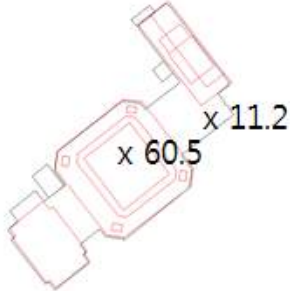

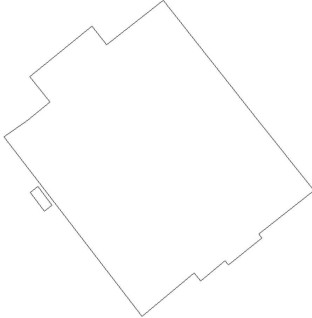

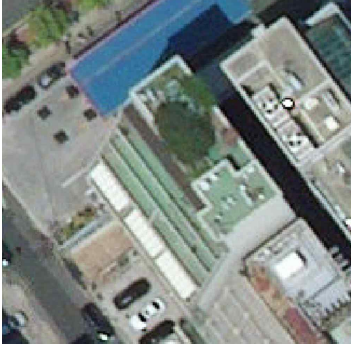
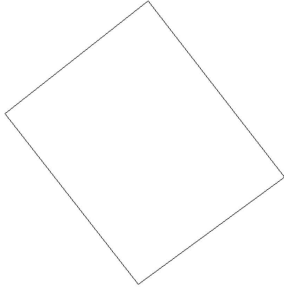
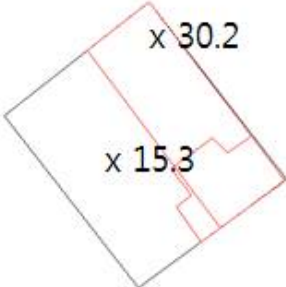
나) 일반 도화 묘사와 LOD2 구축방안을 적용한 도화 묘사의 비교

<표5-20> 기존 도화 묘사와 비교1

영상	기존 도화 묘사	LOD2 구축방안을 적용한 도화 묘사
		
		
		
		



<표5-21> 기존 도화 묘사와 비교2

영상	기존 도화 묘사	LOD2 구축방안을 적용한 도화 묘사
		
		
		
		

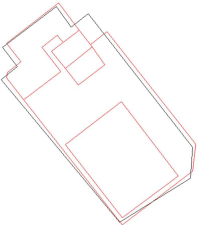
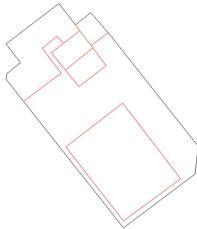
#### 4) 도화 객체 간 오류 수정

3차원 구축 방안을 적용하여 묘사된 도화 성과는 기존의 도화 성과 간의 오류, 도화 묘사 시에 영상의 고저차 및 기울기 등으로 인한 이격 오류가 발생한다. 이격 오류는 도화 작업 시 오차를 감안하고, 묘사와 동시에 수정하는 방법과 후처리 작업으로 진행하는 방법이 있다.

<표5-22> 도화 묘사 불부합 수정1

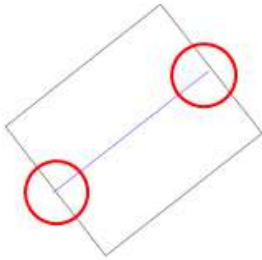
오류 형태	오류 원인 및 설명	오류 해결 및 수정
	 <p>본 건물과 부속건물의 고저차로 인해 발생한 위치 오류 실제로는 동일선상에 있지만 건물 간의 고저차로 발생한 영상의 기울기로 인해 생기는 오류</p>	 <p>후보정하여 본 건물과 부속건물의 노드를 결합한다.</p>

<표5-23> 도화 묘사 불부합 수정2

오류 형태	오류 원인 및 설명	오류 해결 및 수정
	<p>1.5m 허용오차범위 이내로 발생하는 오류 도화 제작의 허용오차내 위치오차와 새로 묘사되는 부속건물간에 발생하는 오류</p>	 <p>도화 작업 시 또는 후처리 작업 시 높이값을 고정하고 노드와 노드를 결합하며 수정한다.</p>



<표5-24> 도화 묘사 불부합 수정3

오류 형태	오류 원인 및 설명	오류 해결 및 수정
	박공지붕의 상단과 하단 높이값이 다르기 때문에 발생하는 불부합 오류 높이값이 다르면 평면 위치가 다르다.	지붕의 상단 노드를 지붕의 하단 라인에 결합시키고 노드와 라인이 합류하는 구간에 새로운 노드를 생성한다.

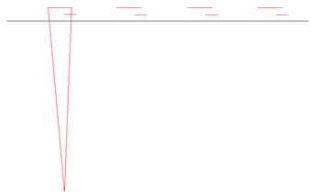
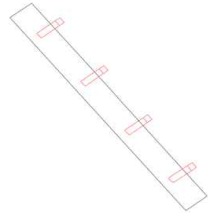

## 5) 높이 값 확인 및 정리

3차원 구축 방안을 적용한 도화 객체의 위치 오류 수정이 종료된 후 높이 값의 오류를 확인하는 작업을 실시한다. 도화 객체의 높이 값 오류는 3차원 구축을 가시화 하는 작업에서 형태 변형의 원인이기도 하다.

수치도화기에서 묘사되는 건물의 모든 노드 값은 위치 및 높이 값을 가지게 되는데 도화 작업 시 또는 수정 편집의 위치 수정 시 높이 값의 오류가 발생하기도 한다.

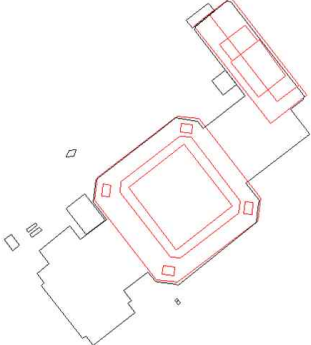
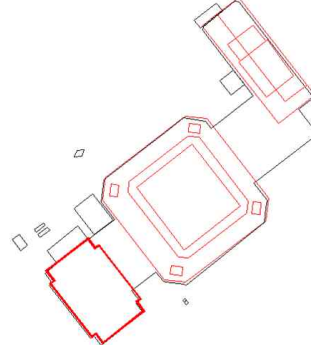
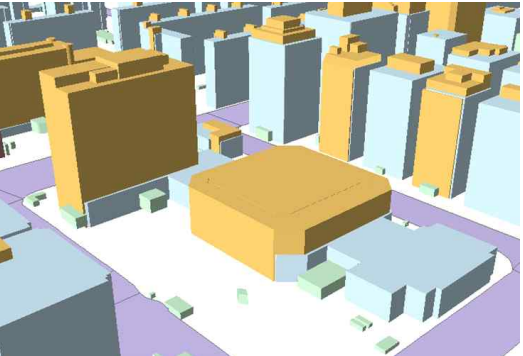
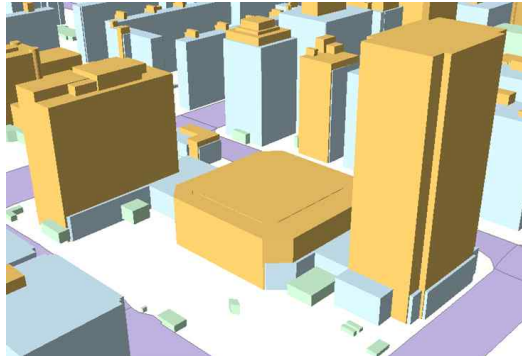
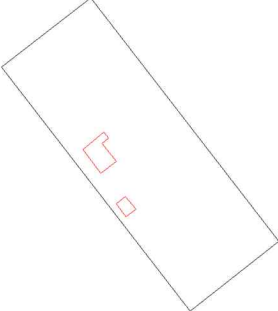
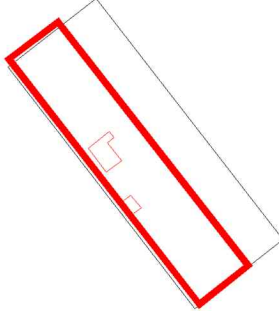


이러한 높이 값 오류는 단층 화면으로 전환하여 육안으로도 식별이 가능하기 때문에 작업 마무리 단계에서 확인하고, 수정하는 작업을 한다. 높이 값 오류의 수정은 해당 객체를 영상과 비교하여 형태를 파악하고, 가장 가까운 노드의 높이 값을 재입력한다. 또한 수정 편집시의 높이 값 오류의 경우에는 해당 도화 성과의 원본 파일을 확인하여 동일한 오류 객체의 높이 값을 확인하고 재수정 한다.

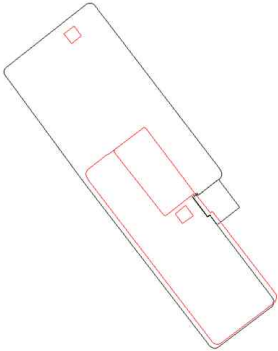
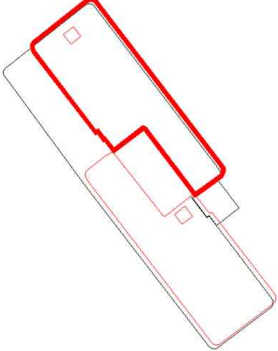
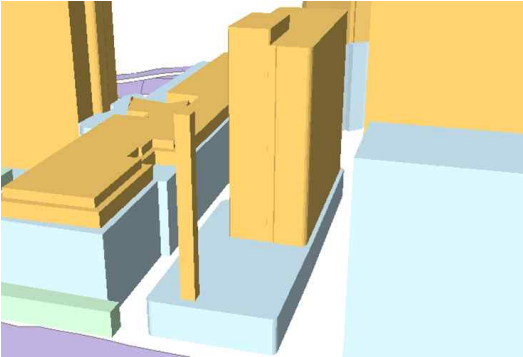
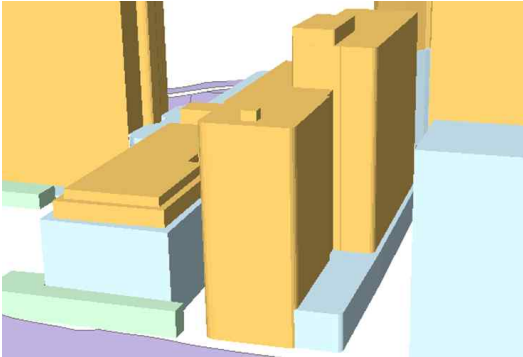
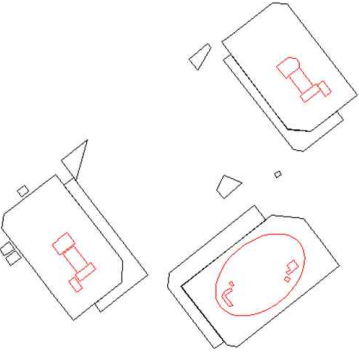
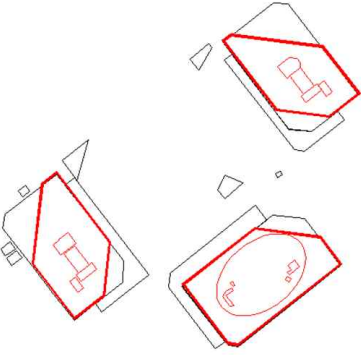
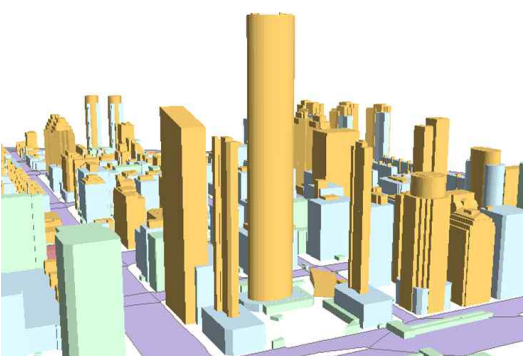
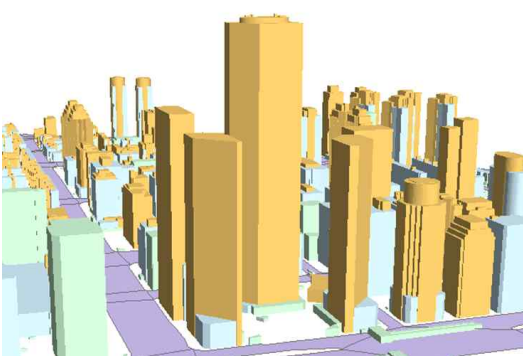
<표5-25> 도화 높이 값 오류 수정



높이값 오류형태	평면상에서의 오류 위치 확인	높이값 오류 수정
		

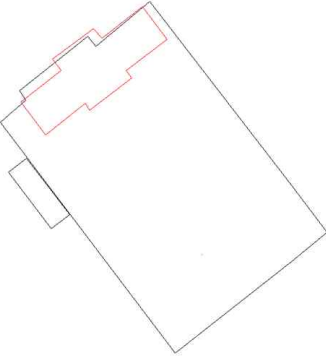
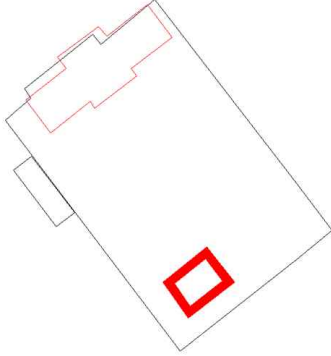
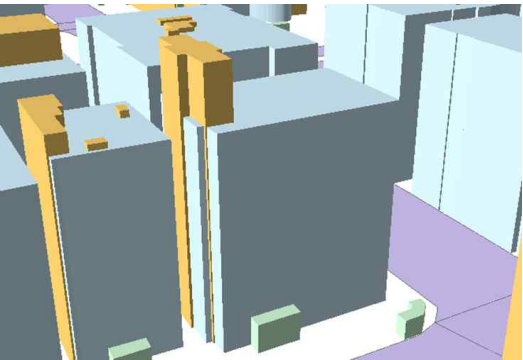
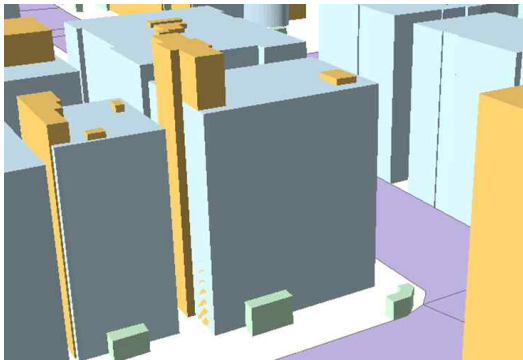
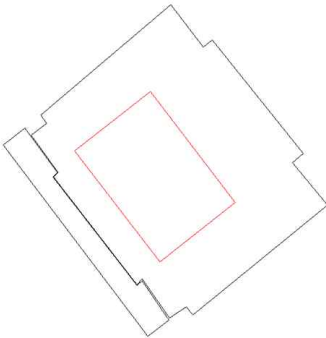
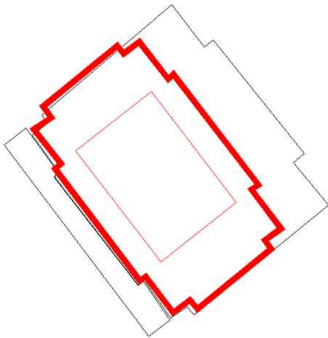
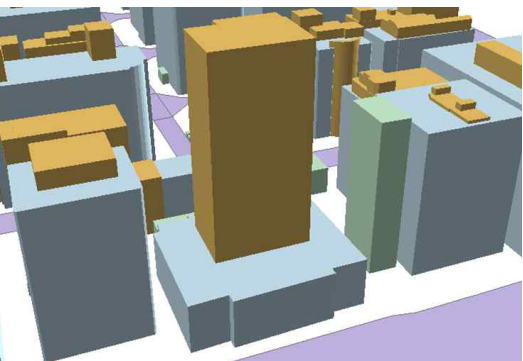



높이 오류 수정을 마친 후 3차원 가시화 작업을 통해 최종적으로 오류와 누락을 체크하고 형태상 상이한 객체를 추적하여 수정한다.

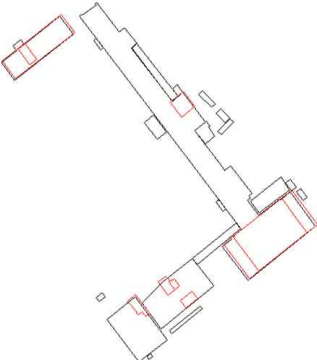
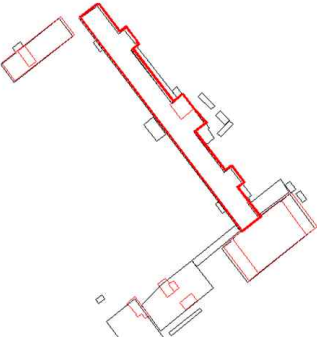
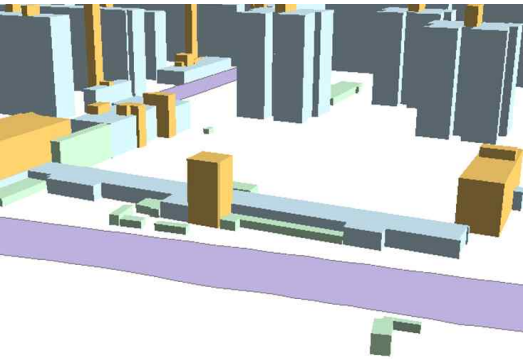
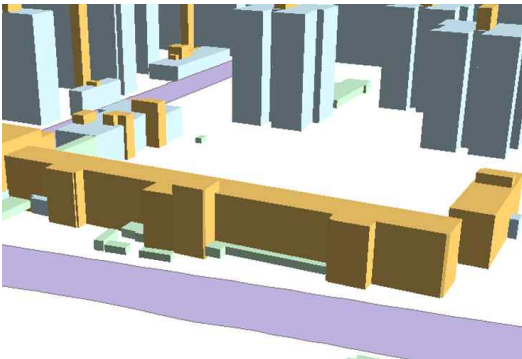
<표5-26> 3차원 구축 테스트 오류 도화 보완



형상 오류	오류 수정
	
	
형상 오류	오류 수정
	
	

형상 오류	오류 수정
	
	
형상 오류	오류 수정
	
	

 건물부속  
 기존도화\_평탄화 객체

형상 오류	오류 수정
	
	
형상 오류	오류 수정
	
	
<div>  건물부속          기존도화_평탄화 객체       </div>	

형상 오류	오류 수정
	
	

 건물부속  
 기존도화\_평탄화 객체

### 3. 3차원 도로 데이터 시범구축(여의도, 시흥시, 대구광역시)

#### 가. 3차원 도로 데이터 시범구축

Breakline이 적용된 DEM의 높이 값을 차도경계면 각 정점에 부여하여 3차원 도로데이터를 제작하였다. 그 중 시흥시의 경우 위상 중첩구간 높이 값 오류를 소거하기 위해 도화성과의 교량, 고가차도 등 교통시설물과 3차원 도로데이터와의 정점 및 높이 값 편집을 수행하였다.

#### 1) 3차원 도로 데이터 구축 작업흐름도

<표5-27> 3차원 도로 데이터 구축 작업흐름도



## 2) 원시자료 수집

□ 국가기본도에서 차도경계면(TN\_RODWAY\_BNDRY) 수집

□ Breakline이 적용된 DEM 수집

□ 도화성곽에서 교량 및 고가차도 수집 및 추출

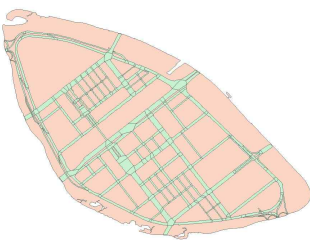
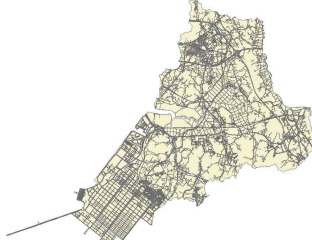
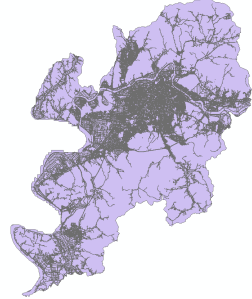
<표5-28> 도화성과 추출대상

분류	지형지물명	통합코드
교량	교량(미분류)	A0070000
	(다리)미분류	A0073340
	(다리)콘크리트교	A0073341
	(다리)강교	A0073342
	(다리)목교	A0073343
	(철교)미분류	A0071210
	철교	A0071211
	(철교)고가부	A0071212
	철도터널	A0071213
입체교차부	입체교차부(미분류)	A0090000
	(입체교차부)미분류	A0093350
	(입체교차부)고가차도	A0093351

## 3) 작업대상 지역 추출

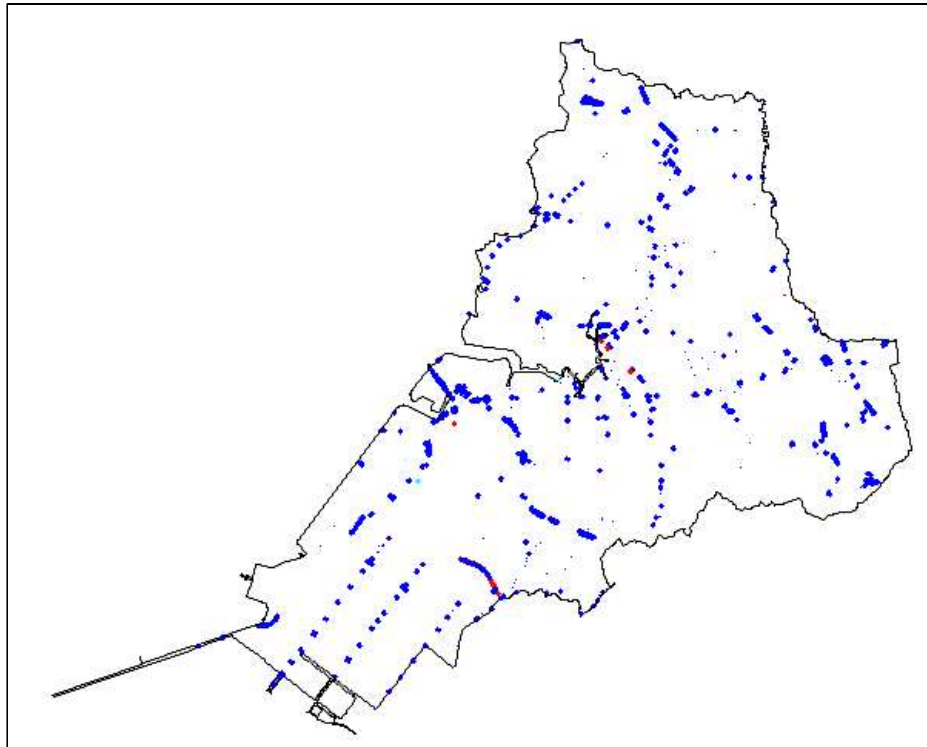
□ 여의도, 시흥시, 대구광역시 영역에 해당하는 국가기본도 DB 차도경계면 추출

<표5-29> 차도경계면 작업대상 지역 추출

		
여의도	시흥시	대구광역시



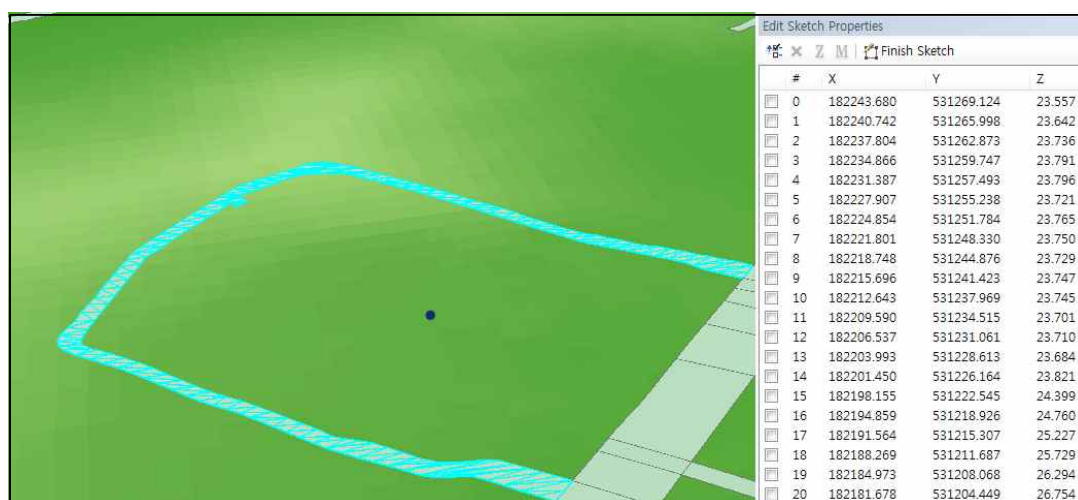
□ 시흥시 영역에 해당하는 도화성과 중 교량, 고가차도 추출



<그림5-14> 시흥시 도화성과 중 교량, 고가차도 추출

#### 4) 차도경계면 높이 값 부여

Breakline이 편집된 DEM을 기반으로 차도경계면 각 정점에 높이 값을 부여하였다.



<그림5-15> 차도경계면 DEM 높이 값 부여

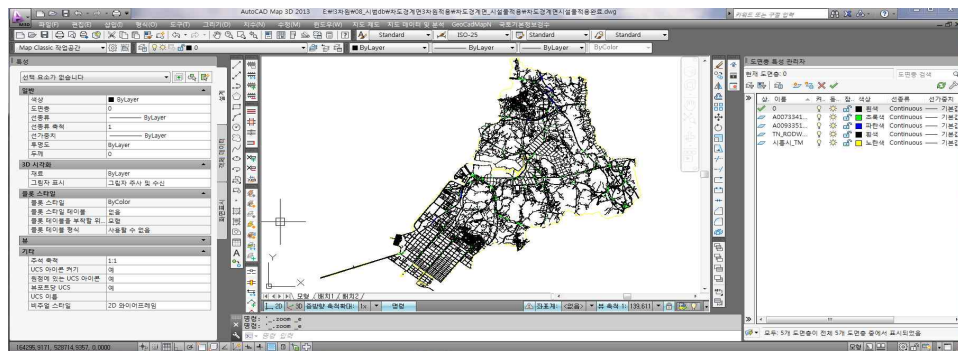
## 5) 차도경계면 DWG 변환(시흥시)

편집의 용이성을 위해 DWG형식으로 변환하여 AutoCAD Map에서 수정작업을 진행하였다. 해당 프로그램에서는 정점 편집 시 기준이 되는 객체의 높이 값을 이동시킨 정점의 Z값에 입력하여 작업이 용이하다.

다만, 면형 형태가 아닌 선형으로 편집하므로 추출 후 다시 면형변환 과정이 필요하다. 해당 공정은 일부 오류객체를 제외하고는 자동화 공정이다.

시흥시 영역으로 추출된 도화성과 교량 및 고가차도 또한 추가한다.

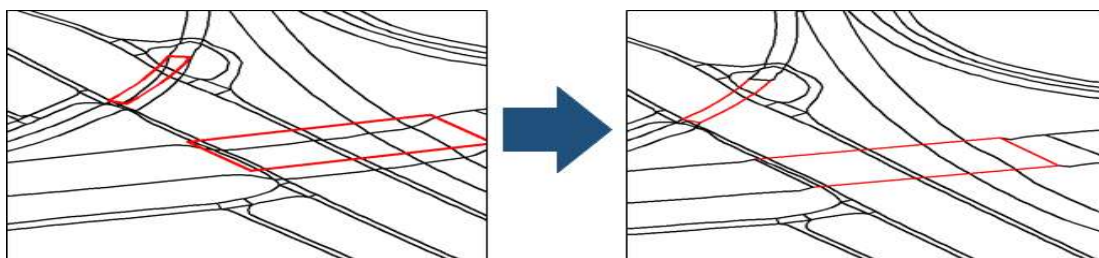
- 높이 값을 부여한 차도경계면을 DWG 형식으로 변환
- 도화성과 중 교량, 고가차도 객체를 작업대상 파일에 추가



<그림5-16> AutoCAD Map에서 작업대상 편집

## 6) 시설물 정점 편집(시흥시)

- 높이 값을 부여한 차도경계면을 dwg 형식으로 변환 후 시설물 정점 편집을 수행한다.
- 차도경계면의 정점을 snap을 이용해 교통시설에 맞춤으로써 차도경계의 높이와 정점 불부합을 수정한다. (3d polyline의 닫기 여부 확인)



<그림5-17> 시설물 정점편집

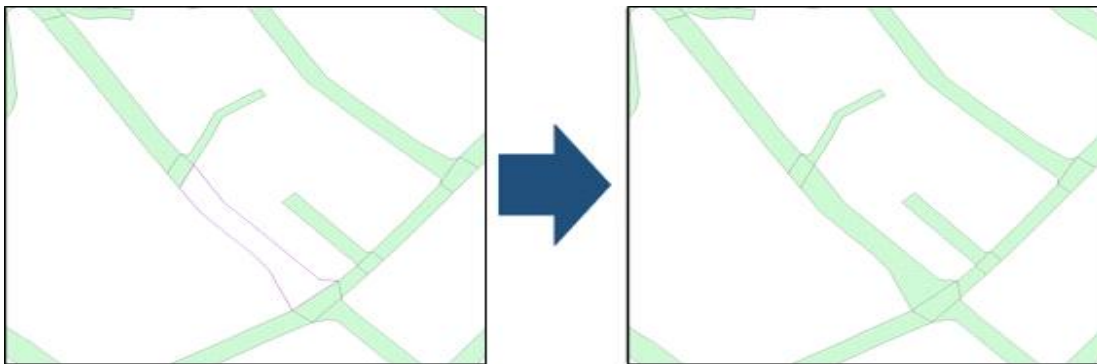
## 7) 면형변환(시흥시)

- 3D polyline 형태의 객체를 추출 후 면형으로 변환한다.



<그림5-18> 선형으로 된 도로시설물, 차도경계면의 면형변환

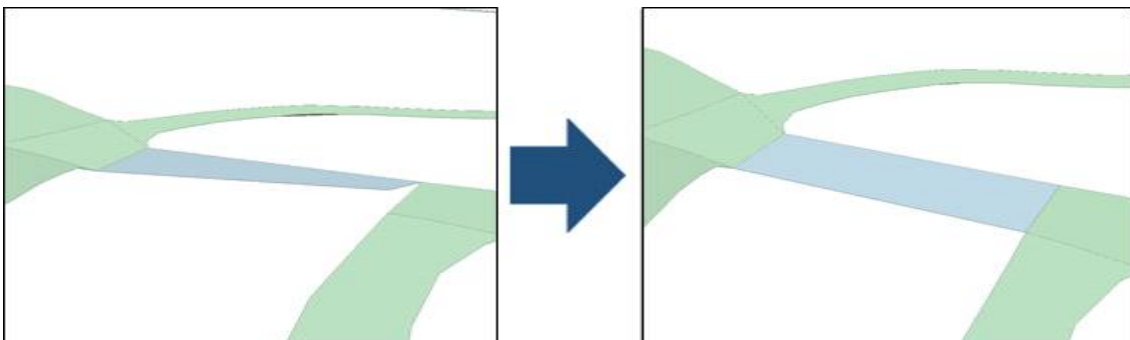
- 추출된 객체와 원본 3D Polyline의 객체수를 확인하여 이상이 있을 경우 공간중첩을 통해 변환되지 않은 객체를 수정한다.



<그림5-19> 면형변환여부 검사

## 8) 육안검사(시흥)

- 변환한 파일이 3D상에서 면형교통시설의 높이가 적절한지 확인한다.



<그림5-20> 시설물 정점 불부합 여부 검사

## 9) 3차원 도로 시범구축결과

### □ 지역별 구축결과

<표5-30> 3차원 도로데이터 지역별 구축결과

구축지역	구축건수(건)	구축면적(m <sup>2</sup> )	시설물(건)	시설물(m <sup>2</sup> )
여의도	400	849,979	—	—
시흥시	22,290	16,313,629	286	422,082
대구광역시	122,943	66,771,062	—	—
합계	145,633	83,934,670	286	422,082

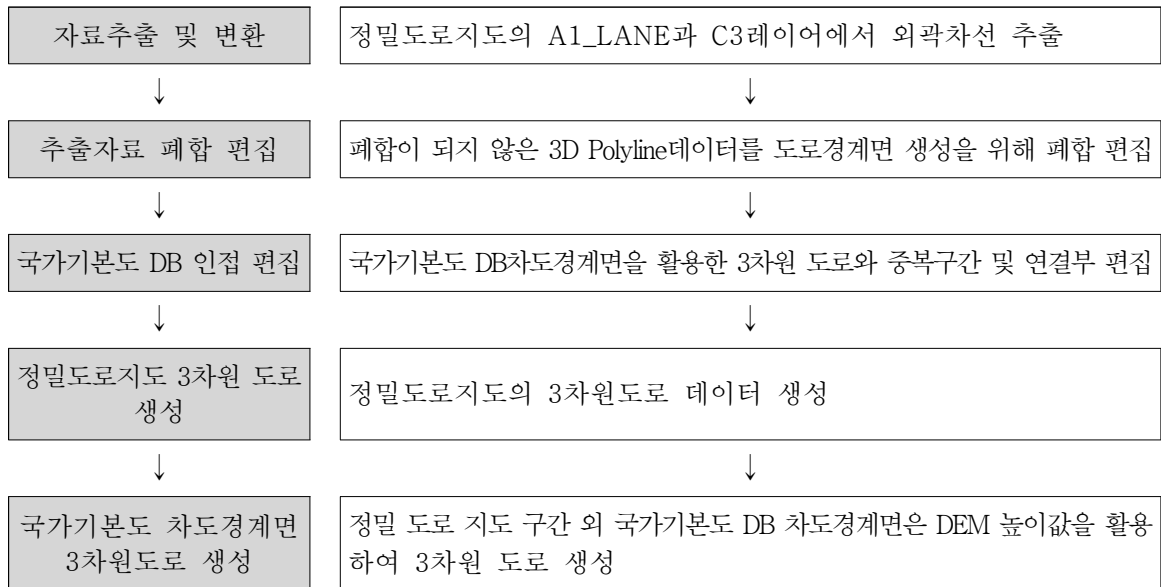
### □ 교통시설별 구축결과

<표5-31> 3차원 교통시설물 종류별 구축결과

구축지역	시설물 종류	시설물(건)	시설물(m <sup>2</sup> )
시흥시	교량	273	359,972
	고가도로	13	62,109
합계		286	422,082

## 나. 정밀도로지도 활용 구축

<표5-32> 정밀도로지도 3차원 구축 작업흐름도



### 1) 자료추출 및 변환

수집한 정밀도로지도의 벡터데이터 중에서 UTM\_K좌표의 정표고 데이터를 활용하여야 하는데 잘못된 좌표로 되어 있는 데이터가 있어 분류 작업을 하였다.

<표5-33> 데이터 분류 표

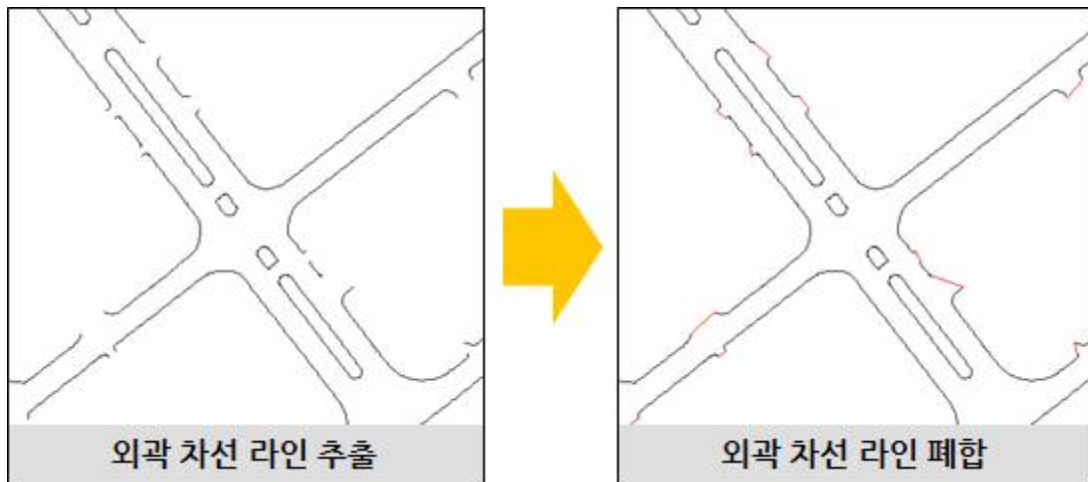
지역	1차 수집	차선 레이어	좌표	활용
시흥시 고속 국도 100호선	고속국도100호선	A1	오류	사용불가
대구 규제프리존	SEC01_테크노폴리스로	A1	오류	사용불가
	SEC02_테크노폴리스	A1	오류	사용불가
	SEC03_과학남북로	A1	오류	사용불가
	SEC04_국가산업단지	A1	오류	사용불가
여의도	SEC01_여의도	A1	사용가능	사용가능
	SEC01_여의도(갱신)-최신	C3	사용가능	사용가능(최신)
시흥시 고속국도 100호선	SEC01_김포IC_통일로IC(2019_신규)	C3	사용가능	비구축대상
	SEC02_통일로IC_호원IC(2019_신규)	C3	사용가능	비구축지역
	SEC03_호원IC_상일IC(2019_신규)	C3	사용가능	비구축지역
	SEC04_상일IC_판교JC(2019_신규)	C3	사용가능	비구축지역

지역	1차 수집	차선 레이어	좌표	활용
	SEC05_판교JC_조남JC(2019_신규)	C3	사용가능	사용가능
	SEC06_조남JC_시흥IC(2019_신규)	C3	사용가능	사용가능
	SEC07_시흥IC_김포IC(2019_신규)	C3	사용가능	사용가능
	SEC01_판교JC_판교JC(갱신)	A1	오류	사용불가
대구 고속국도 55호선	SEC01_동대구JC_대감JC	C3	사용가능	사용가능
	SEC02_테크노폴리스(갱신_2019)	A1	사용가능	사용가능
대구 규제 프리존	SEC03_과학남북로(갱신_2019)	A1	사용가능	사용가능
	SEC04_국가산업단지	A1	오류	사용불가
	SEC05_달성2차산업단지	A1	오류	사용불가
	SEC05_달성2차산업단지(갱신_2019)	A1	사용가능	사용가능
	SEC05_달성2차산업단지(갱신1회)-최신	A1	사용가능	사용가능
	SEC06_대구주행시험장	A1	오류	사용불가
대구시 자율주행특화 지역	SEC01_수성의료지구내부도로	A1	오류	사용불가
	SEC02_앞산터널로종점~수성의료지구	A1	오류	사용불가
대구 규제 프리존	SEC02_테크노폴리스	C3	사용가능	사용가능
	SEC03_과학남북로	C3	사용가능	사용가능
	SEC04_국가산업단지	C3	사용가능	사용가능
	SEC05_달성2차산업단지	C3	사용가능	사용가능
	SEC05_달성2차산업단지	C3	사용가능	사용가능
	SEC05_달성2차산업단지	C3	사용가능	사용가능
	SEC06_대구주행시험장	C3	사용가능	사용가능
대구시 자율주행특화 지역	SEC01_수성의료지구내부도로	C3	사용가능	사용가능
	SEC02_앞산터널로종점~수성의료지구	C3	사용가능	사용가능

각 데이터의 구축시기에 따라 레이어 분류 체계가 다르게 구성되어 있기 때문에 A1레이어의 CODE number가 99인 데이터와 외곽차선 단일 레이어인 C3 레이어를 추출하였다. 활용 가능한 데이터 중 중복으로 존재하는 구간은 최신으로 구축된 데이터로 구축하였다.

## 2) 추출자료 폐합 및 편집

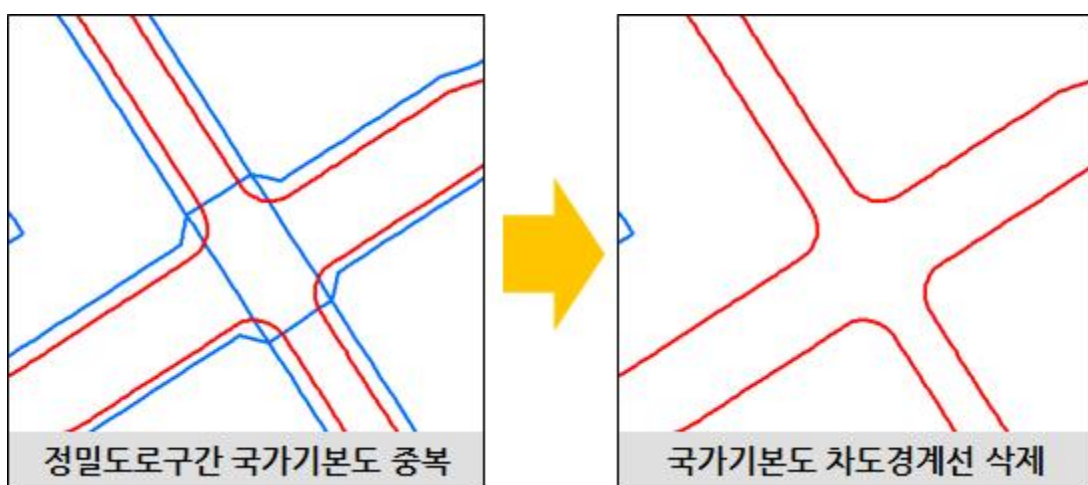
정밀도로의 외곽 차선 레이어는 국가기본도의 차도경계면과 달리 외곽차선의 경계선만 있는 상태이므로 3차원 도로데이터로 활용하기 위해서는 면형데이터로의 제작이 필요하다. 면형데이터로 제작하기 위해 외곽 차선라인이 단절된 구간은 임의의 선으로 폐합시켜주어야 한다.



<그림5-21> 외곽 차선 레이어 수정

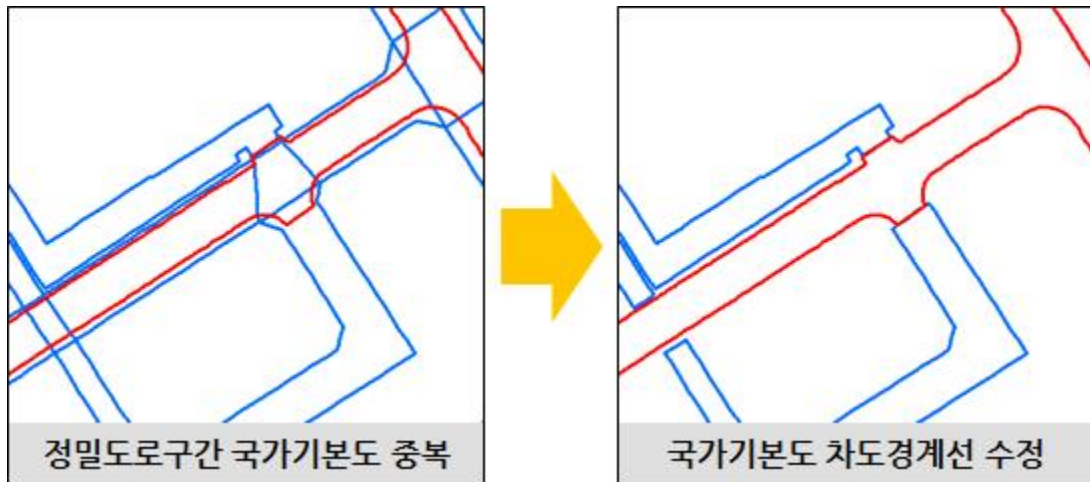
## 3) 국가기본도 차도경계면 편집

정밀도로는 일부지역만 구축되어있기 때문에 구축되지 않은 구간은 국가기본도의 차도경계면을 활용하였다. 두 데이터가 중첩되지 않도록 정밀도로구간은 국가기본도 차도경계면을 삭제해주는 작업이 필요하다.



<그림5-22> 정밀도로구간 차도경계면 삭제





<그림5-23> 정밀도로구간 차도경계선 수정

정밀도로와 국가기본도가 인접하는 구간도 국가기본도 차도경계선 편집을 통해 두 데이터가 겹치지 않도록 수정해 준다.

#### 4) 3차원 도로데이터 생성

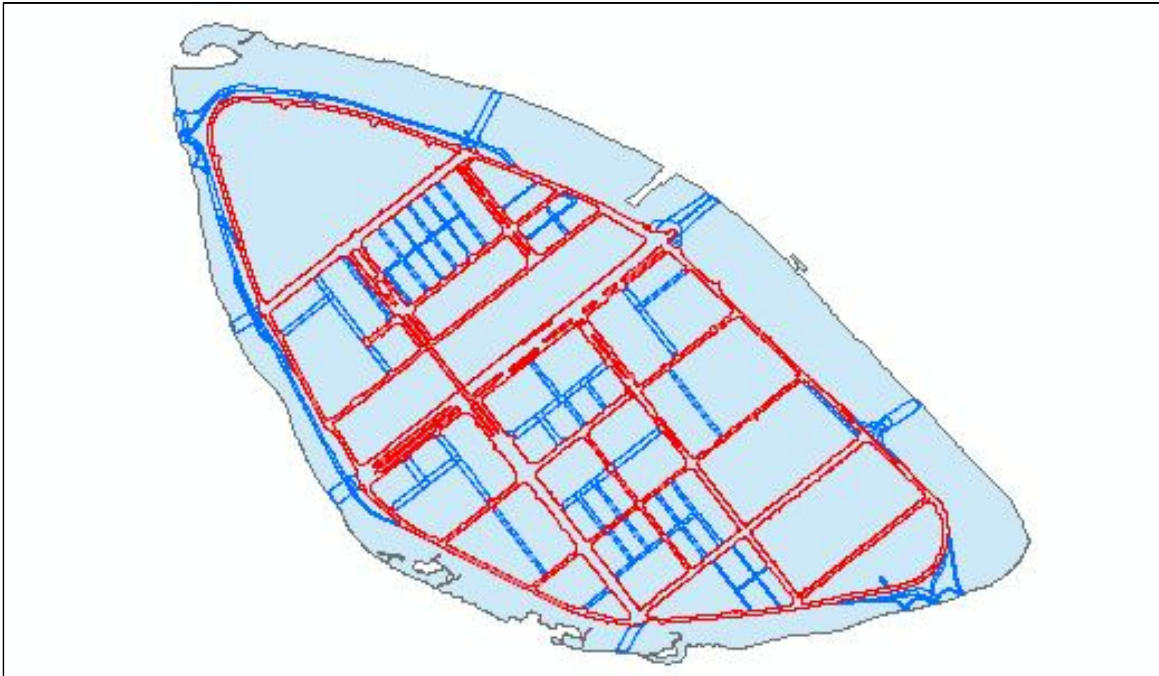
정밀도로구간은 3차원으로 구축이 되어있어 각 라인의 정점 마다 높이 값을 가지고 있기 때문에 폐합한 뒤 바로 면형 변환을 통해 3차원 도로 데이터를 생성할 수 있다.



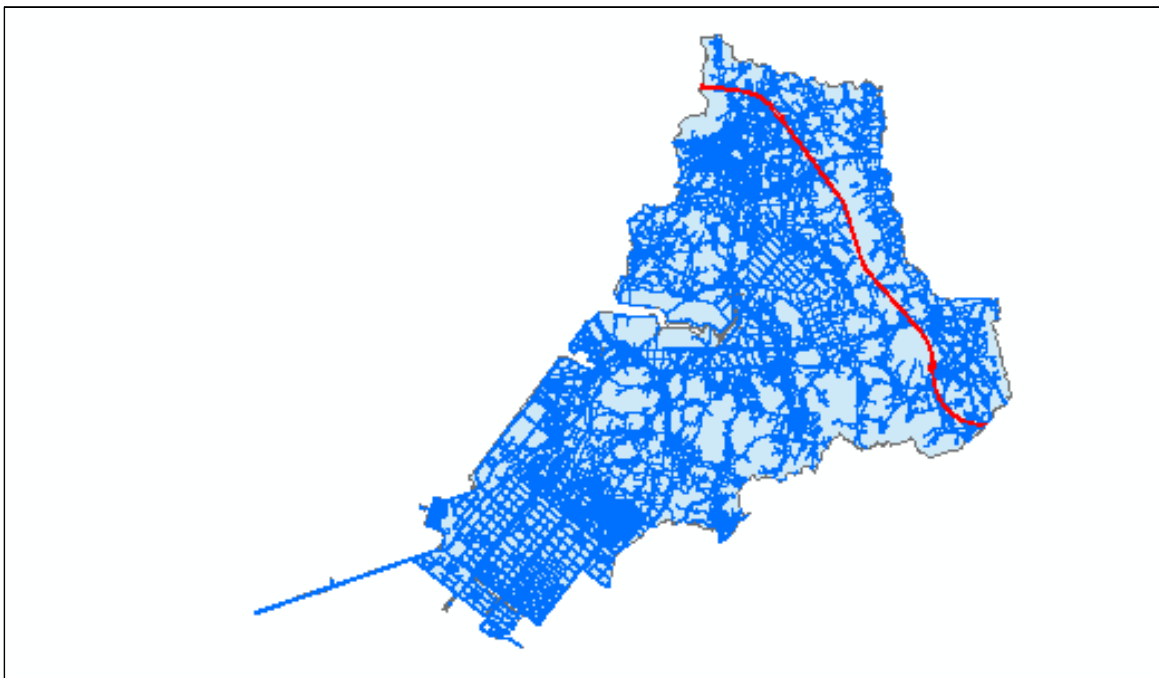
<그림5-24> 정밀도로구간 면형제작

정밀도로가 구축되지 않은 구간은 편집한 국가기본도DB 차도경계면 성과를 바탕으로 지형데이터에서 가져온 높이정보를 활용하여 3차원 도로데이터를 생성한다.

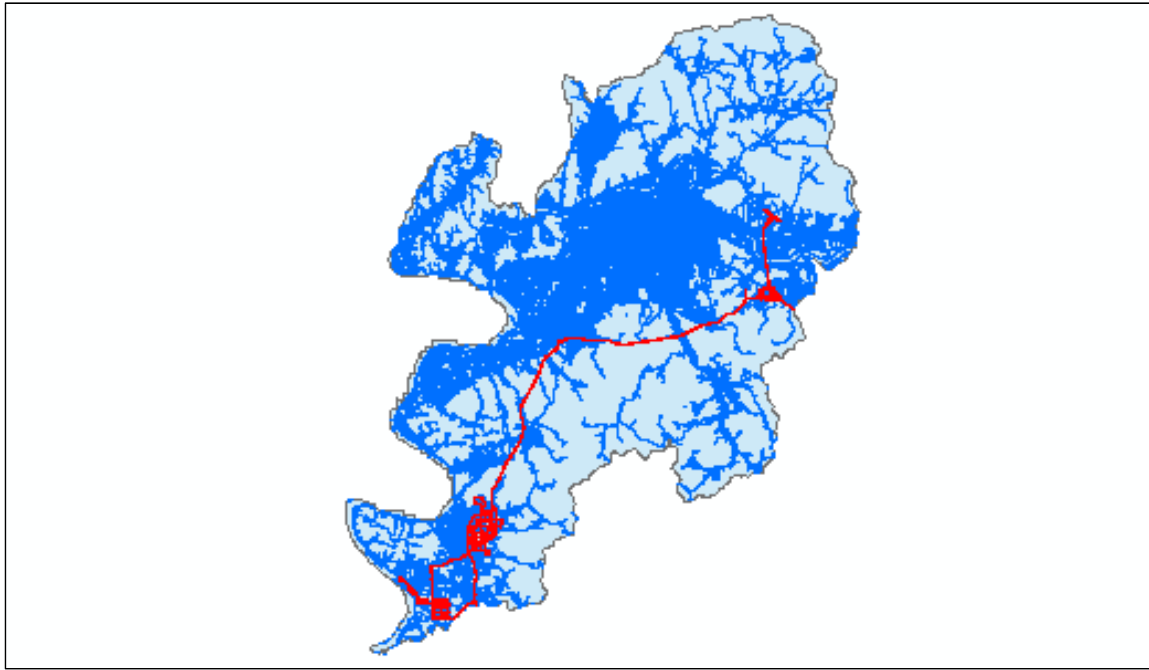
## 5) 구축결과



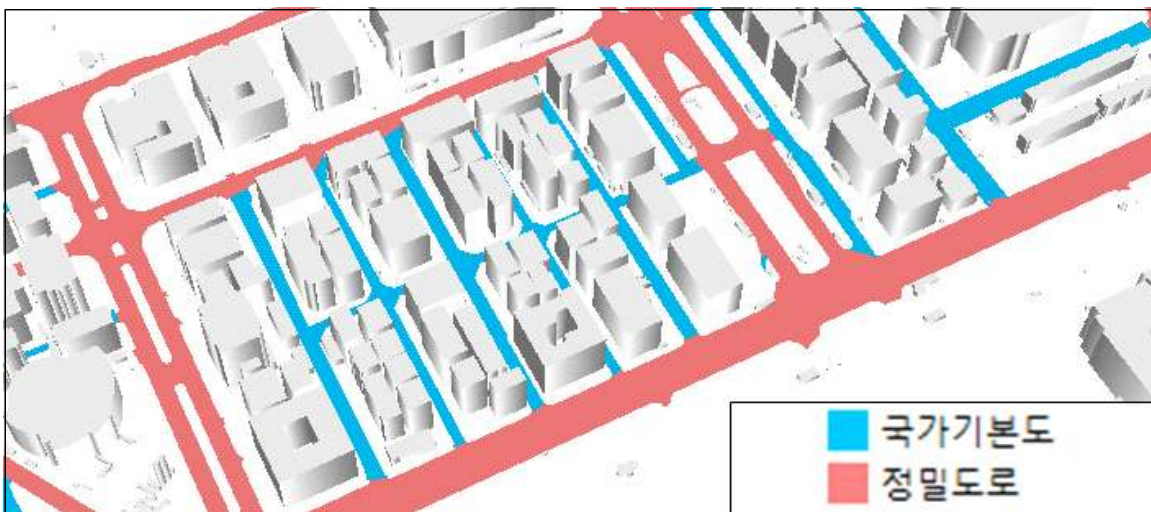
<그림5-25> 여의도 정밀도로지도(빨간색), 국가기본도3차원도로(파란색)



<그림5-26> 시흥시 정밀도로지도(빨간색), 국가기본도3차원도로(파란색)



<그림5-27> 대구광역시 정밀도로지도(빨간색), 국가기본도3차원도로(파란색)

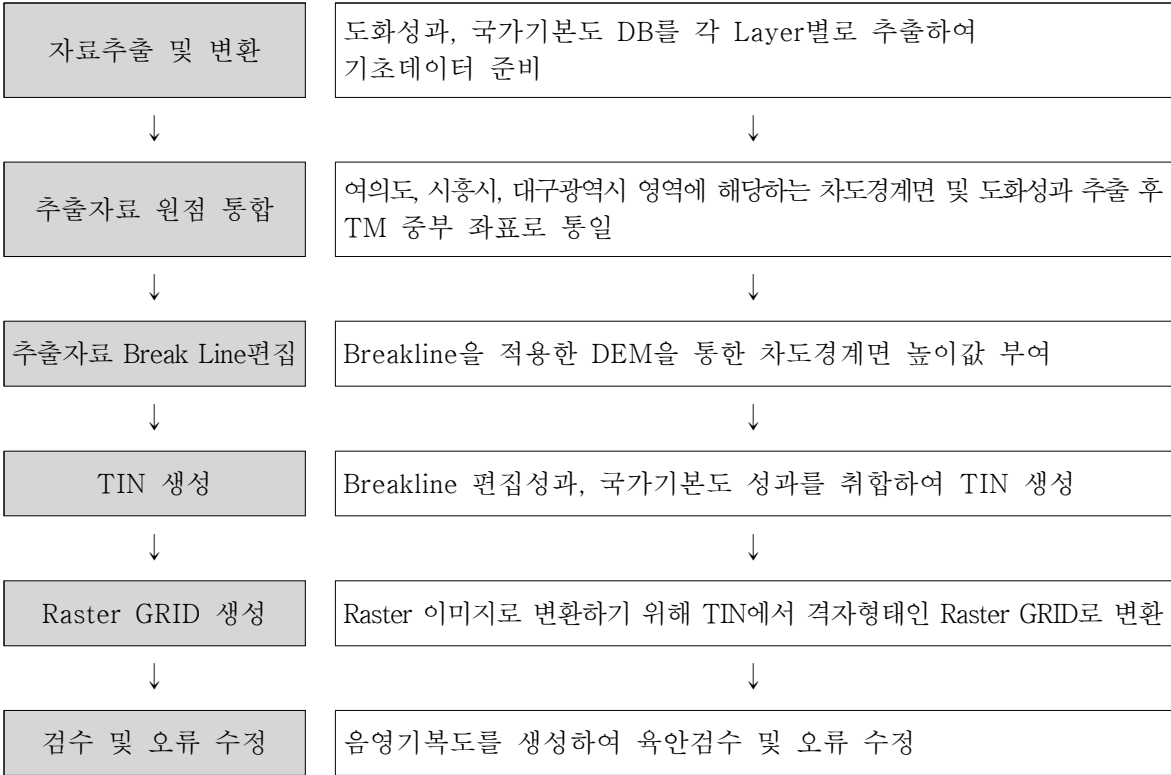


<그림5-28> 정밀도로지도 활용 3차원 구축

#### 4. 3차원 지형 데이터 시범 구축(여의도, 시흥시, 대구광역시)

##### 가. 브레이크라인 적용 DEM 구축

<표5-34> Breakline DEM 구축 작업 흐름도



##### 1) 자료추출 및 변환

##### 가) 국가기본도 추출 LAYER

<표5-35> 국가기본도 추출 레이어

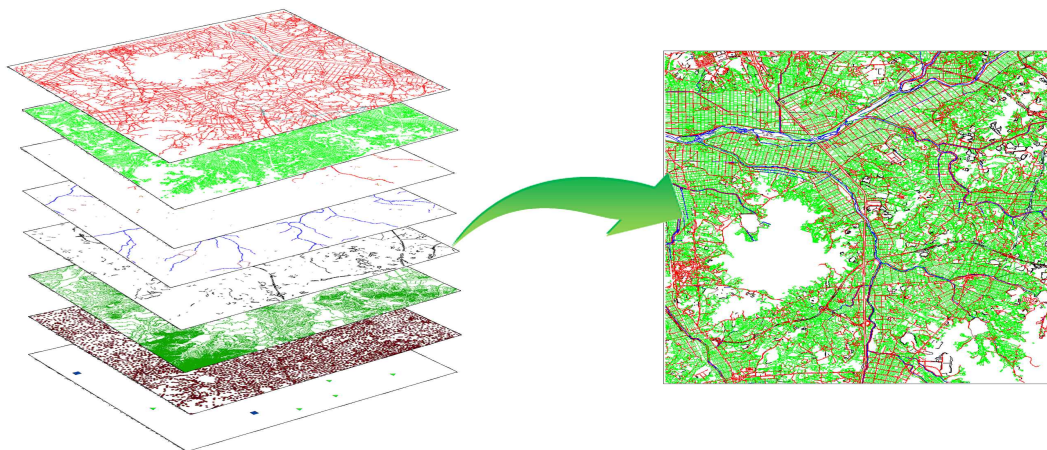
추출 레이어	레이어명
등고	TN_CTRLN (국가기본도)
표고점	TN_ALPT (국가기본도)
해안선	TN_SHORLINE (국가기본도)
면형교통시설	TN_ARRFC (국가기본도)
차도경계면	TN_RODWAY_BNDRY (국가기본도)
하천경계	TN_RIVER_BNDRY (국가기본도)
호소	TN_LKMH (국가기본도)

## 나) 도화성과 추출 LAYER

<표5-36> 도화성과 추출 레이어

추출 레이어	레이어명
도로	A0013110, A0013111, A0013112, A0013113, A0013114, A0013115, A0013116, A0013117, A0013118, A0013140, A0013145
경지계	D0015112, D0025111
하천	E0032111, E0052114
옹벽	F0037221, F0037222, F0037223, F0037224, F0037225
제방	C0052211, C0052212, C0052213, C0052214, C0052215

국가기본도DB는 좌표계가 UTM-K이고, 도화성과는 TM중부(여의도,시흥시), TM동부(대구시)로 되어있기 때문에 추출자료를 하나로 통합하기 위해서는 좌표변환이 필요하다. 국가기본도 추출 LAYER인 등고, 표고점, 해안선은 TM중부로 변환하고 TM동부인 대구시도 좌표변환을 통해 TM중부로 통일시켜준다.



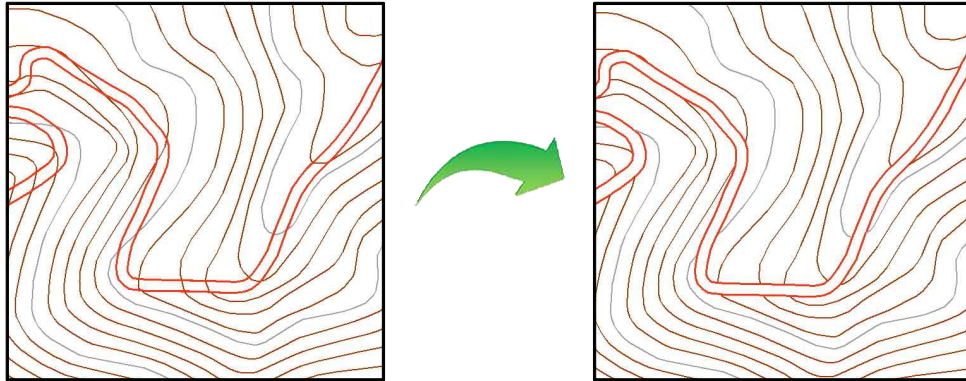
<그림5-29> 기초데이터 레이어별 추출



## 2) Break Line 편집

### 가) 등고선 편집

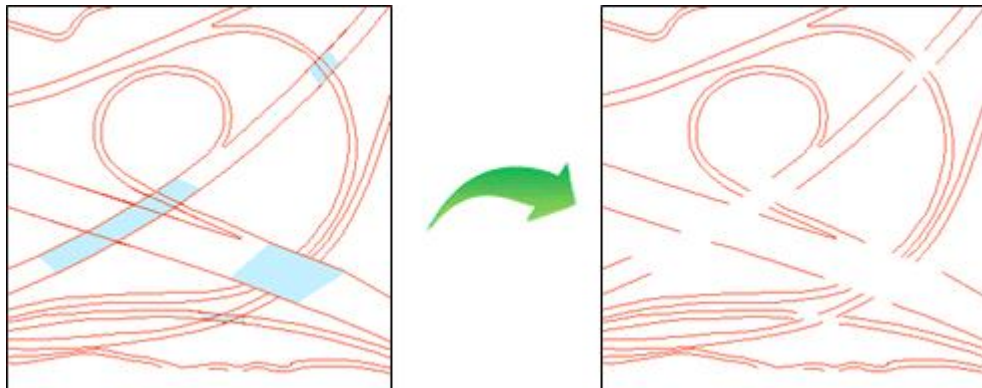
도로와 등고선의 높이 값이 교차되어 발생하는 오류를 없애기 위하여 도로 위를 지나는 등고선을 제거하는 작업을 한다. 터널을 지나는 도로의 경우에는 실제 지형을 반영하기 위해 등고선을 삭제하지 않고 남겨두어야 한다.



<그림5-30> 등고선 편집 전/후 비교

### 나) 도로라인 편집

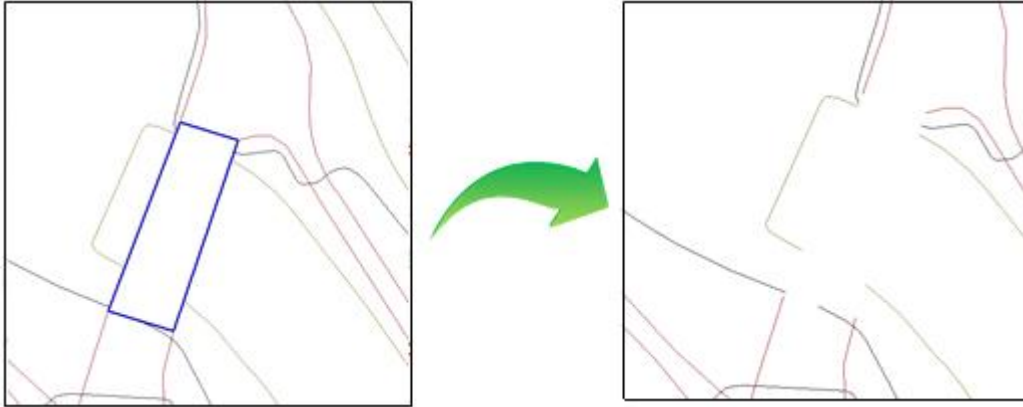
입체도로에 해당하는 도로는 등고선의 높이가 자연스럽게 표현되어 실제 지면의 형상과 높이가 반영 될 수 있도록 IC, 고가 등의 도로를 끊어준 후 삭제 처리한다.



<그림5-31> 입체고가도로 편집 전/후 비교

## 다) 교량 편집

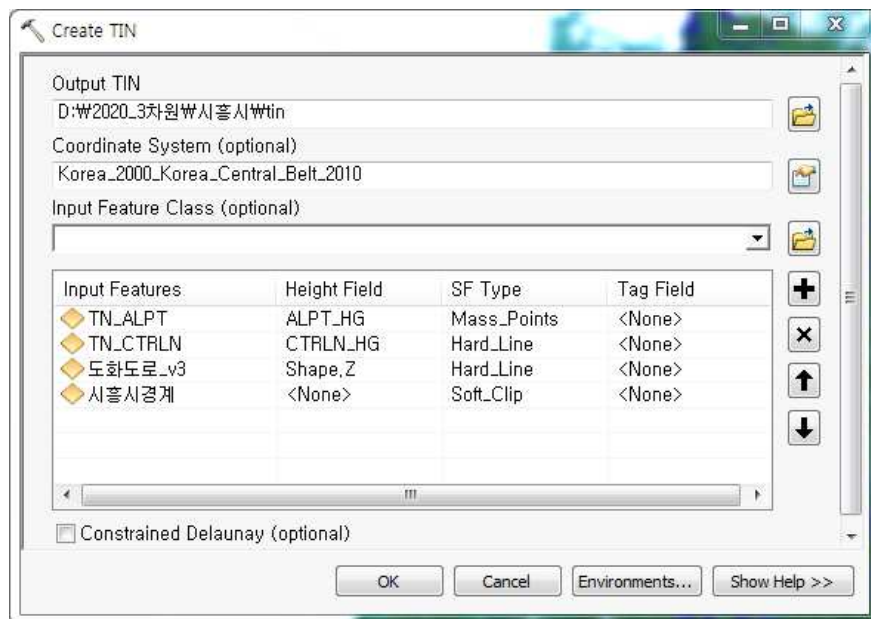
교량은 시설물이 아닌 실제 지형인 하천과 등고선의 높이가 반영될 수 있도록 등고선을 감안하여 편집한다. 등고선이 교량 진입부의 도로면에 존재할 경우 등고선을 끊어주고 삭제 처리 한다. 교량을 지나는 도로와 교량이 없어도 호수, 하천을 가로지르는 도로도 삭제 처리 해준다.



<그림5-32> 하천 교량 편집 전/후 비교

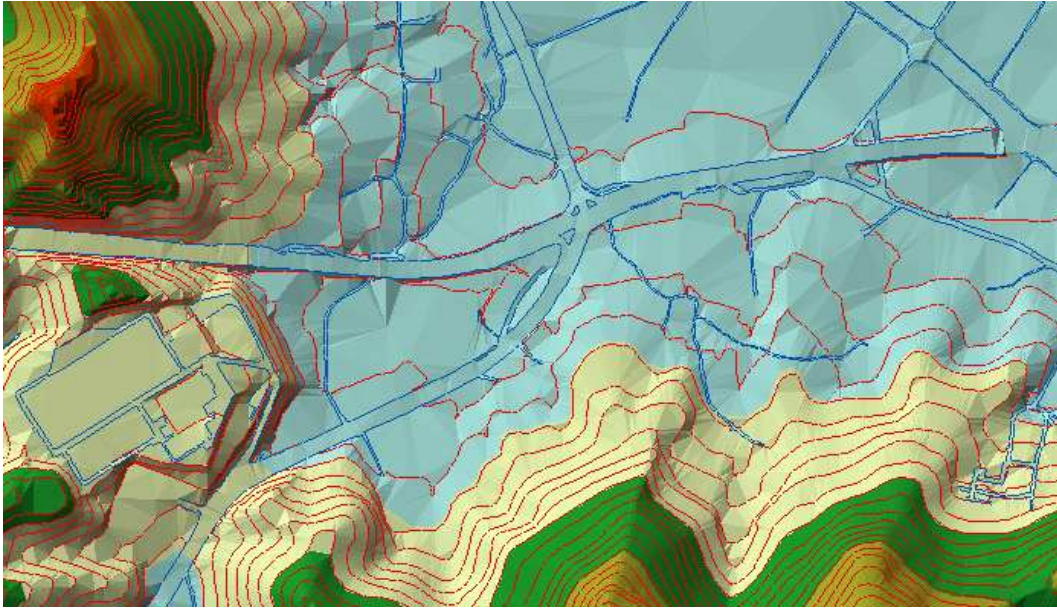
## 3) TIN 생성

Breakline 작업이 완료된 도화 성과와 연속수치지형도에서 추출한 등고, 표고, TIN을 생성할 영역 폴리곤을 모두 취합하여 TIN을 제작한다.



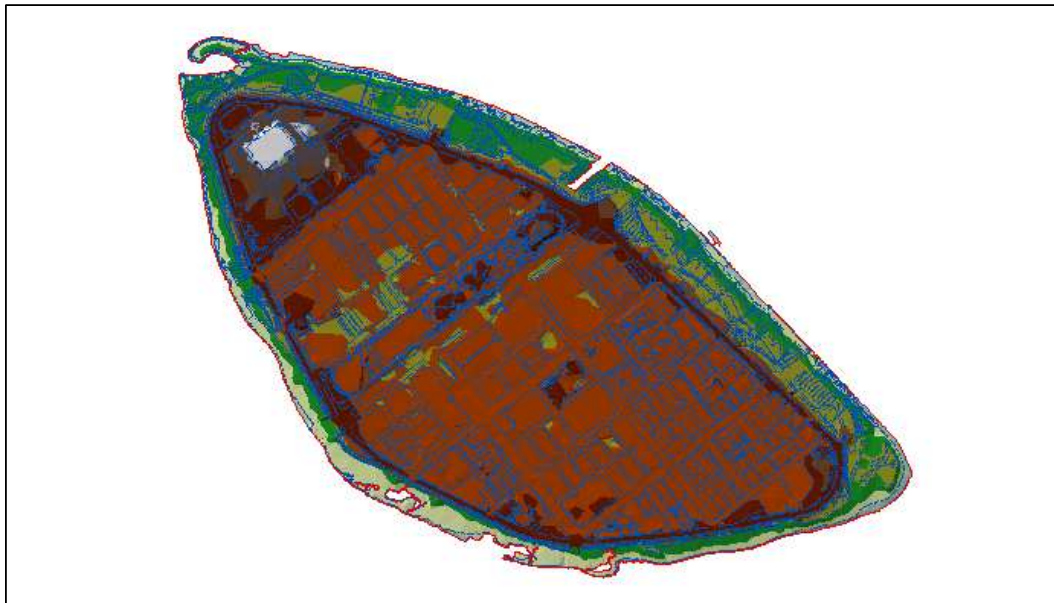
<그림5-33> TIN 생성(시흥시)





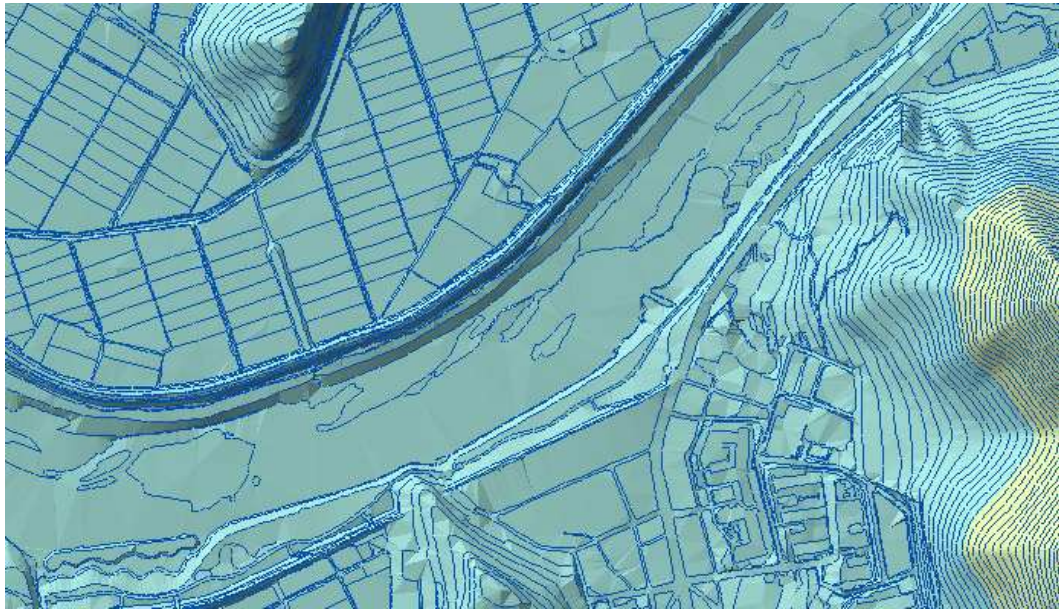
<그림5-34> TIN 생성(시흥시)

시흥시의 경우 도화성과 중 도로 레이어만을 추가하여 TIN을 생성하였고 여의도와 대구시는 도로, 경지계, 하천, 옹벽, 제방 레이어 모두를 추가하여 TIN을 생성하였다.



<그림5-35> TIN 생성(여의도)

여의도의 경우 도화성과 중 도로, 경지계, 하천, 옹벽, 제방레이어를 모두 포함하여 TIN을 생성하였는데 경지계, 하천, 옹벽, 제방의 분포가 많지 않은 지역이었기 때문에 도화도로 레이어만 넣은 시흥시와 두드러진 차이가 나타나진 않았다.

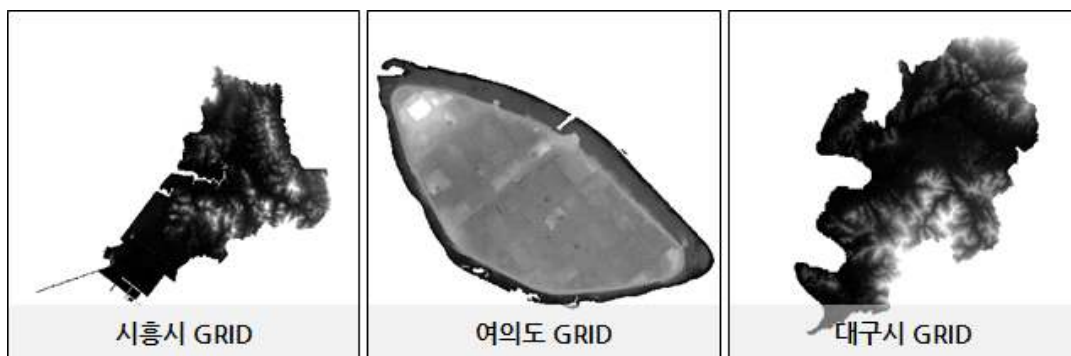


<그림5-36> TIN 생성(대구시)

대구광역시에는 도화성과 중 도로, 경지계, 하천, 웅벽, 제방 레이어를 모두 포함하여 TIN을 생성하였다. 도화에서 도로 성과만을 넣은 시흥시보다 지형 표현이 좀 더 정밀하고 자세하게 나타남을 알 수 있다.

#### 4) GRID 변환

생성한 TIN을 지형데이터로 활용하기 위해서는 격자구조 형태인 GRID로 변환과정을 거쳐야 한다. 등고선 간격이 5m인 데이터로 생성한 TIN이었기 때문에 격자 셀 간격도 최소 5M로 설정해 주어야 한다. 5M가 초과할 경우 데이터의 크기는 줄어들지만 해상도가 낮아질 수 있고 지형 위에 올라가는 건물 및 도로와 불부합 가능성이 높아질 수 있다.

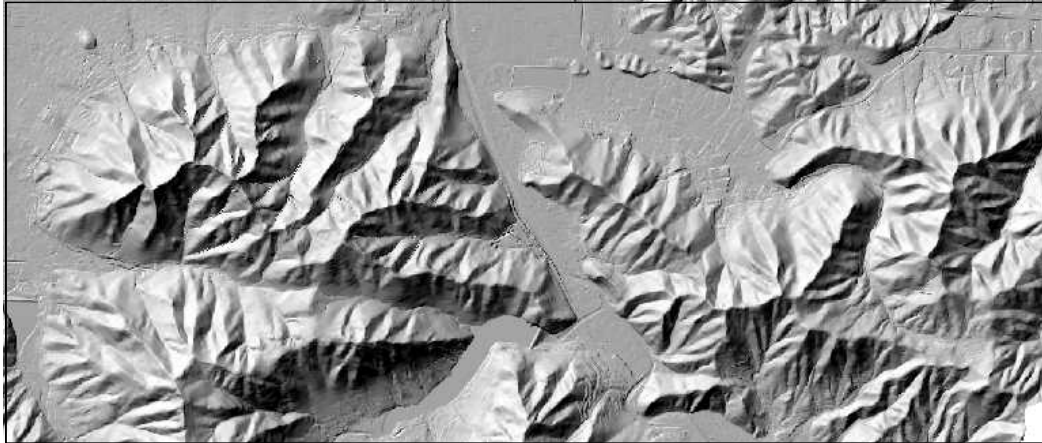


<그림5-37> GRID 변환



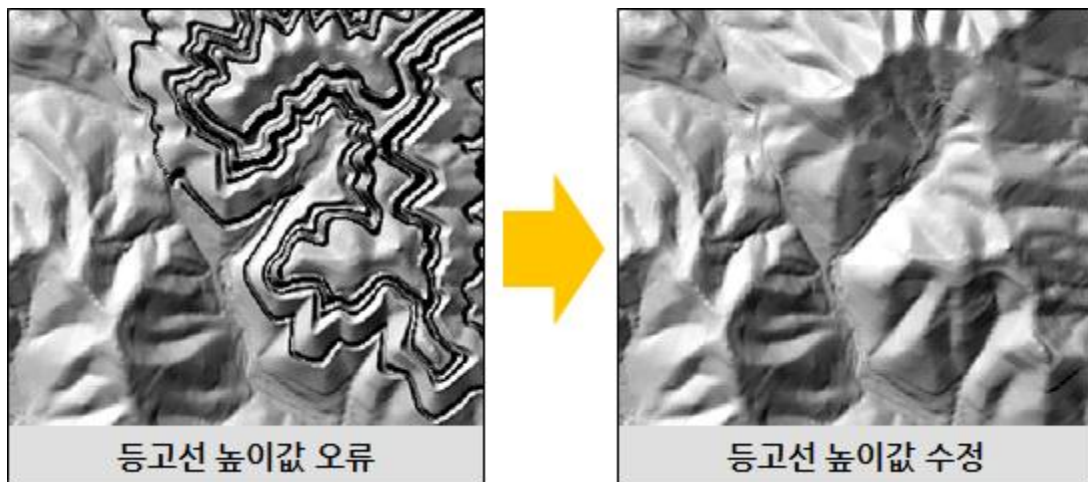
## 5) 검수 및 오류 수정

GRID로 변환한 데이터로는 데이터의 오류가 눈에 잘 띄지 않아 발견하기 어렵기 때문에 음영기복도를 생성하여 오류검수를 하였다. 음영기복도는 지형의 고도와 각도에 따라 음영을 반영한 데이터로 가시적 판독이 용이하며 쉽게 오류를 판단 할 수 있어 육안검수에 효율적이다.



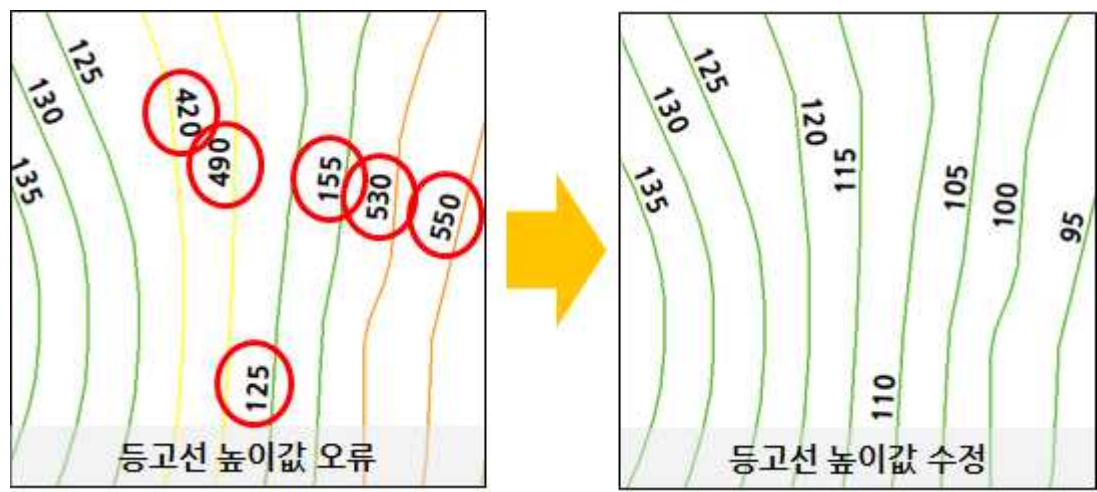
<그림5-38> 음영기복도 생성

### □ 등고선 높이 값의 오류 검출



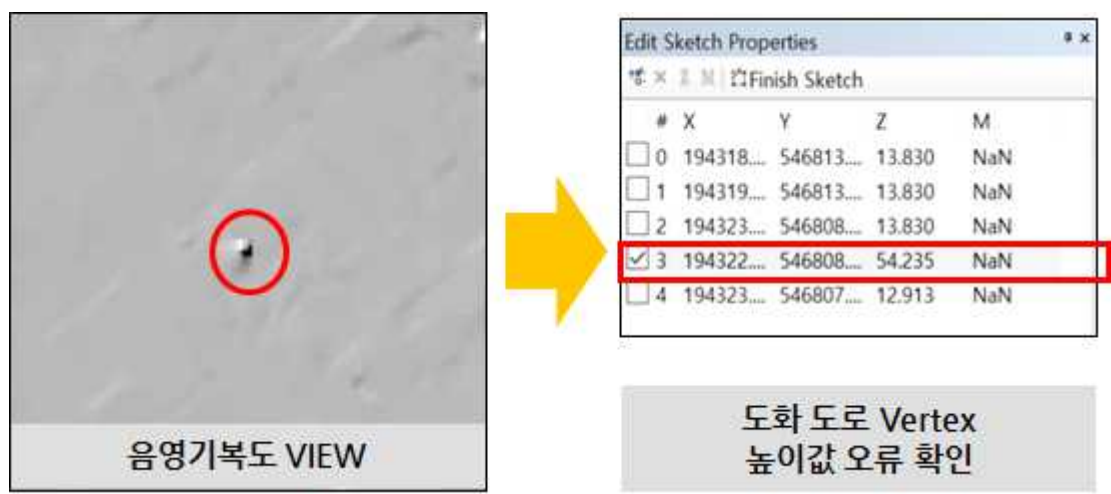
<그림5-39> 등고선 수정 전후

□ 등고선 높이 값의 오류 수정



<그림5-40> 등고선 오류 수정 전후

국가기본도의 등고선 높이 값의 오류는 주변 높이 값에 맞추어 정상 높이 값으로 레코드를 수정해 준다. 도화성과 도로의 높이 값의 오류의 경우에 주변 버텍스 값에 맞춰 높이 값 수정을 해 준다.

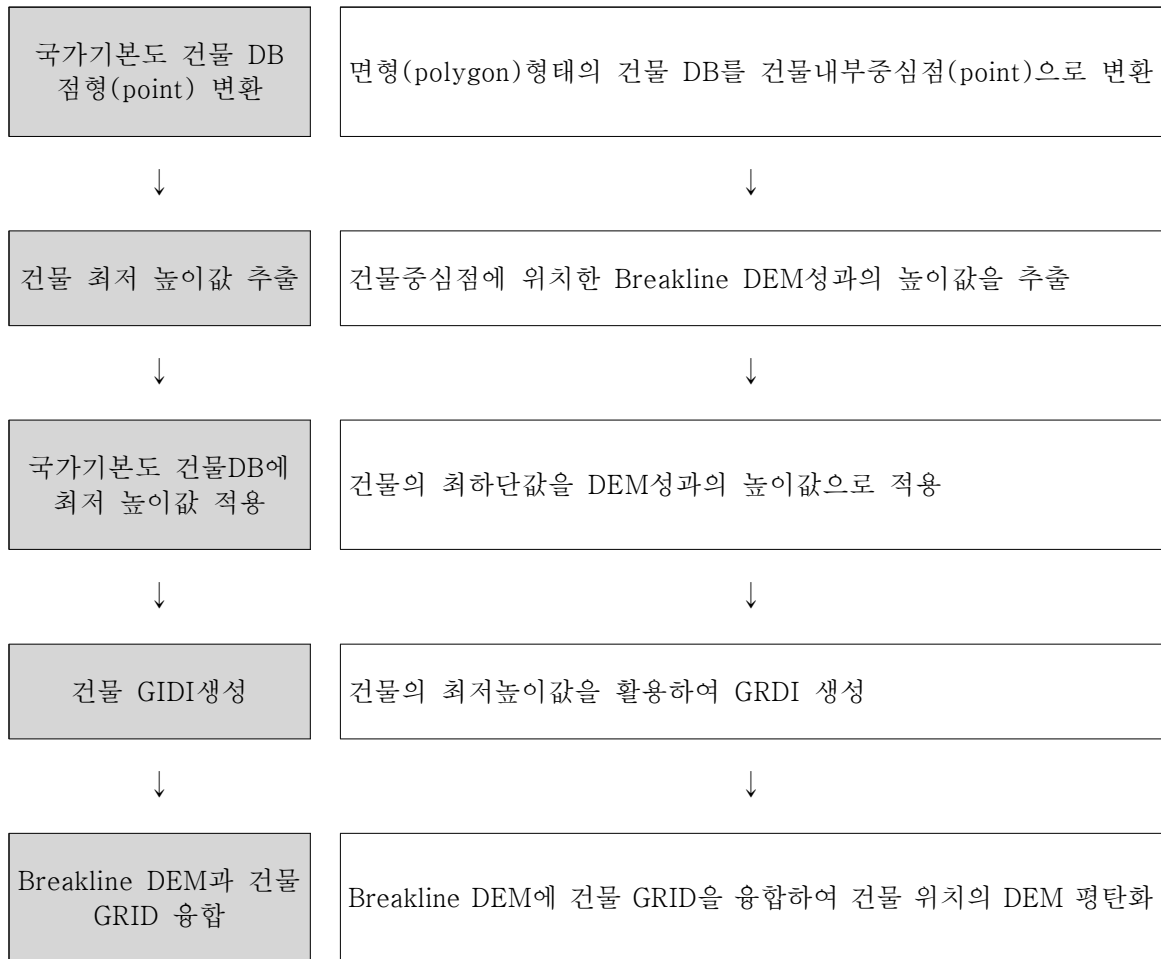


<그림5-41> 도화 도로 오류 높이 값

전체 오류 수정 후 TIN생성부터 다시 지형데이터를 제작하여 음영기복도 육안 검수 후에도 오류가 나오지 않을 때까지 높이 값 검수 및 수정을 반복 수행한다.

## 나. 시설물 평탄화 DEM 제작

<표5-37> 시설물 평탄화 DEM 제작 흐름도



## 1) 건물 최저 높이 값 추출

건물의 최저 높이 값을 추출하기 위해서는 건물 최저 높이 값의 오차를 최대한 줄이기 위해 건물의 중심점 위치의 DEM 높이 값을 가져와야하기 때문에 건물의 중심점 변환을 해 준다.



<그림5-42> 건물 내부중심점 변환

건물의 내부중심점으로 변환한 데이터는 Breakline DEM성과의 높이 값을 추출한다.

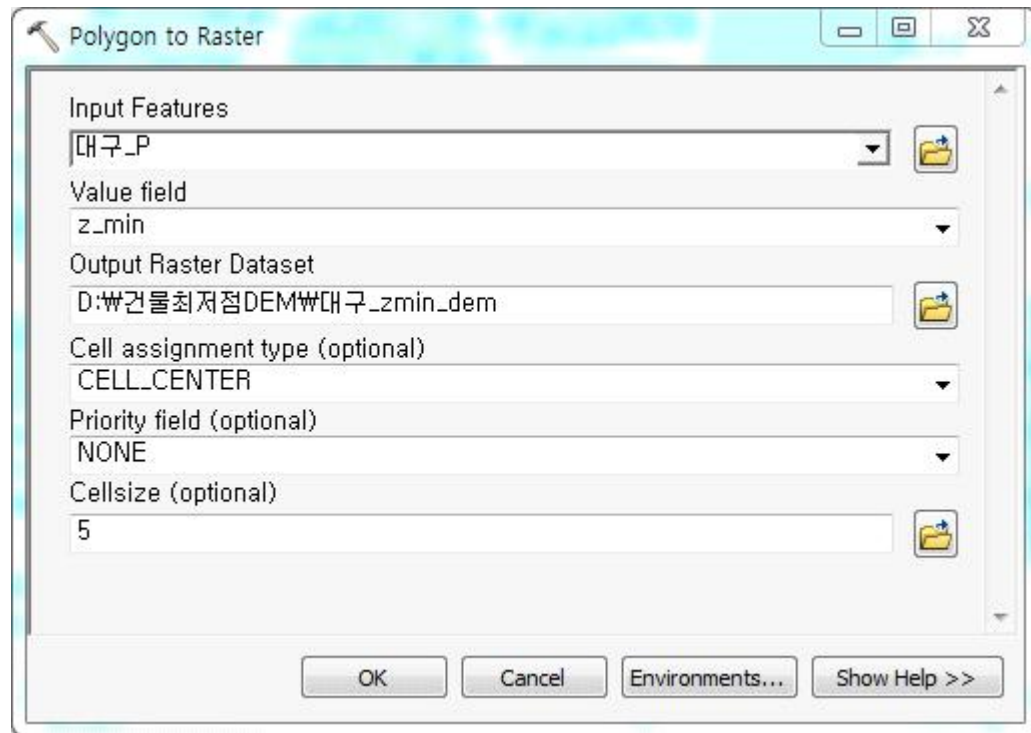


<그림5-43> 건물 내부중심점 변환

건물 내부중심점 변환 후 건물 포인트에 있는 최저 값을 건물 폴리곤에 적용시켜 준다.

## 2) 건물 GRID 생성

최저 높이 값이 적용된 건물 폴리곤은 ArcGIS의 Polygon to Raster 툴을 사용하여 최저 높이 값을 가진 Raster를 생성해 준다. 격자간격은 Break Line DEM과 같이 5m로 설정하여 GRID를 생성한다.



<그림5-44> 건물 내부중심점 변환

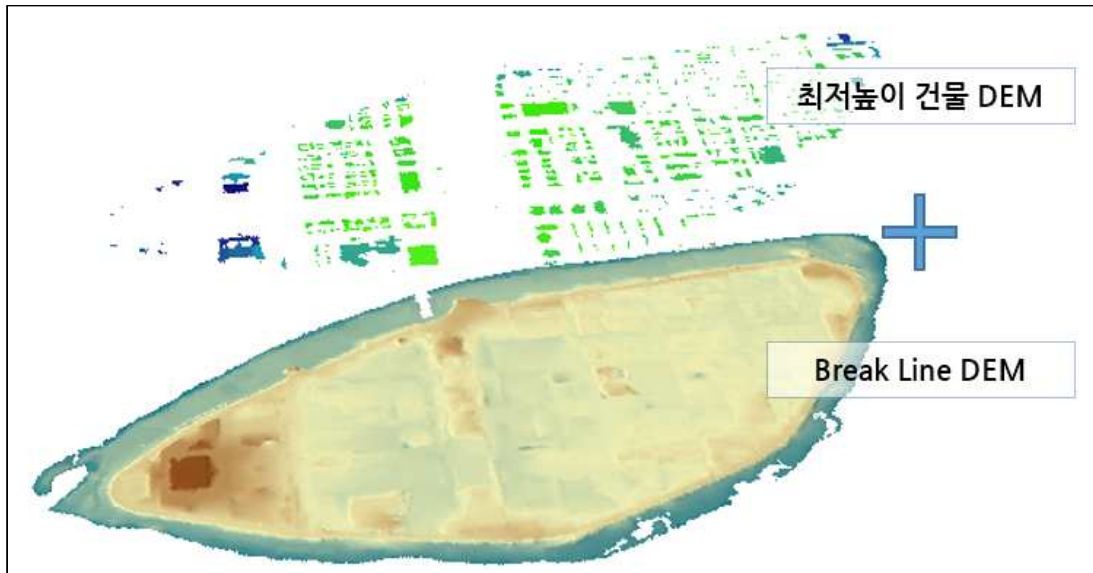


<그림5-45> 건물 내부중심점 변환

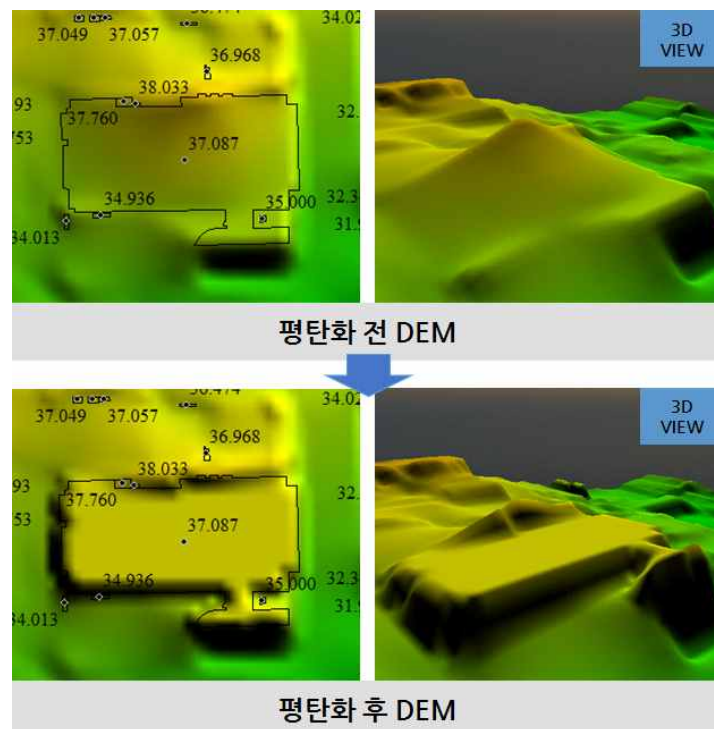


### 3) Break Line DEM과 융합

건물의 최저 높이 값으로 생성한 GRID를 Break Line DEM 위에 중첩시킨 후 DEM을 융합한다. DEM 융합 후 건물영역은 건물 최저점 높이로 평탄화가 완료 된 것을 확인 할 수 있다.



<그림5-46> 건물 DEM 융합(여의도)



<그림5-47> 건물 평탄화 전 후 비교

## 5. 기타 연구 지원을 위한 데이터 구축

### 가. 연구 방안에 따른 샘플데이터 구축 결과

#### 1) LOD1 구현 테스트 샘플데이터 구축

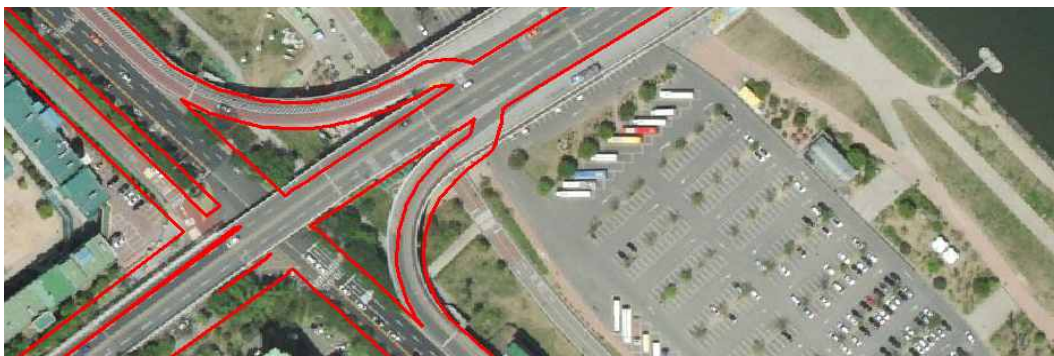
LOD1 수준의 건물 및 도로를 구현하기 위해 경사가 존재하며, 건물의 양이 많은 지역의 5k 도곽 단위 테스트를 진행 하였다. 도화성과에서 추출한 건물에서 최대 높이 값을 추출하였고, DEM을 통해 건물 하단 높이 값을 추출하였다. 도로의 경우 국가기본도 DB에서 추출한 후 DEM을 통해 3차원 구현하였다.



<그림5-48> LOD 1 구현 테스트를 위한 샘플데이터 구축 결과

#### 2) 차도중심선의 폭을 활용한 경계면 제작 샘플데이터 구축

3차원 도로데이터 구축 방법 중 국가기본도 DB 차도중심선의 차도 폭을 활용하여 차도경계면을 자동 제작하는 방안 연구를 위하여 대구광역시를 대상으로 차도중심선을 통한 차도경계면 제작을 수행하였다. 수행결과 현실감 없는 도로 표현의 왜곡으로 부적합 한 방안으로 판단되었다.

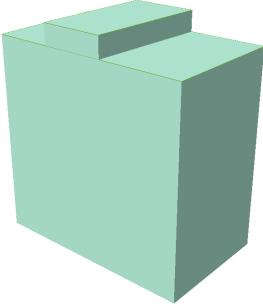
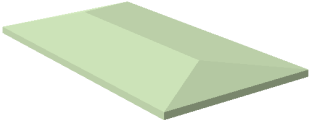
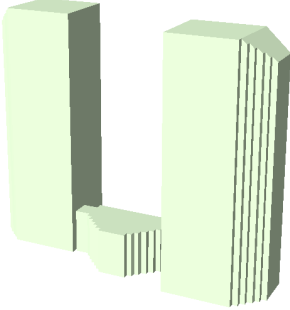


<그림5-49> 차도중심선의 폭을 활용한 경계면 제작 샘플데이터 구축 결과

### 3) 건물 LOD2 구현을 위한 샘플데이터 구축

3차원 건물데이터의 다양한 활용성 확보를 위해 추가도화를 전제로 한 건물 LOD2 수준의 샘플 데이터를 구축하였다. 계단형, 경사형, 복합형 등 다양한 유형의 건물을 여러 작업방식에 의해 샘플 제작 하였으며, 3차원 구현 시 표현형태, 구축의 복잡성 등도 고려하였다.

<표5-38> LOD2 구현을 위한 샘플데이터 구축

		
<계단형>	<경사형>	<복합형>

---

## 참고문헌

---

- 국토지리정보원 (2009), 공주시 3차원 국토공간정보 구축사업
- 국토지리정보원 (2014), 전국정밀수치표고모형제작
- 한국지형공간정보학회 (2006), LIDAR 자료기반의 3차원 건물정보 구축
- 한국지형공간정보학회 (2007), 도화원도를 이용한 3차원 건물모델의 자동생성
- 대한원격탐사학회지 (2008), 항공 LiDAR 데이터를 이용한 3차원 건물모델링
- 대한공간정보학회지 (2019), 3차원 공간정보 도로 데이터 모델 표준 설계 및 구현
- Delft University of Technology (2016), An improved LOD specification for 3D building models
- Dimitra Preka, Anastasios Doulamis
- (2016), 3D BUILDING MODELING IN LOD2 USING THE City-GML STANDARD
- OGC (2012), City Geography Markup Language(City-GML)En-coding Standard



## 3차원 건물 데이터 구축 계획(안)

### I. 추진 개요

#### □ 추진 배경

- 초연결·초지능 기술 사회 핵심정보로 3차원 공간정보 중요성 증가
- 국가 주도 3차원 공간정보 구축 중단으로 활용 가능한 입체정보 부재
  - ※ 기존 3차원 사업은 과다한 비용문제로 인해 일부만 구축되었으며, 갱신이 중단됨
- 국가기본도를 2D에서 3D로 전환하는 방안 마련 필요

#### □ 추진 목표

- (저비용) 국토지리정보원이 매년 생산하는 도화원도 및 국가기본도 DB를 활용하여 저비용 투자로 3D 지도를 생산하는 방안 마련
- (고효율) 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 호환성을 강화한 저용량·고효율 3D 공간정보 제공 방안 마련
- (지속갱신) 국가기본도 수정사업과 연계하여 별도의 추가 가공 없이 전국에 대해 신속하고 지속적인 입체모형 제공 및 유지갱신

#### □ 추진 전략

- 최단 시간 내 전국 건축물에 대한 일관성 있는 3차원 입체모형 구축
- 단계적으로 Lod 1을 우선 구축하고 Lod 2로 업그레이드 수행
- 국가기본도와 유지갱신 주기를 일원화하여 데이터의 최신성 유지
- 지자체 스마트시티 사업의 기초자료 제공을 통한 호환성 및 정확도 확보

## II. 주요검토내용

### □ 건물 입체모형 구축방안

- 저비용 투자와 유지관리를 고려한 구축방안 마련(붙임1)
  - 국가기본도 DB의 건물 도형과 도화 건물의 지붕 경계 높이 값 정보를 융합하는 방안 제시로 전국 확대구축 시 비용 절감 효과 발생 기대
  - 국가기본도 DB의 건물 속성으로 3D 정보를 구축·관리하면 추후 발생하는 변동객체(신규, 수정, 삭제)만 추가 적용하면 최신성 유지 가능
  - 3차원 높이 정보를 속성으로 구축·관리하게되면 별도 가공 없이 저용량·효율성의 최신 건물 입체모형 서비스에 효과적이라 판단
- 도화 성과 활용을 위한 개선 방안 도출(붙임2)
  - 도화 작업 시 건물 옥상 상단의 옥탑, 엘리베이터실 등 돌출 부분은 묘사하지 않고 지붕의 외곽선을 묘사하여 高레벨의 3차원 구축은 한계
  - 기구축 도화 성과 위에 건물 옥상부의 돌출 구조물을 추가로 구축하는 방식으로 세밀도 LOD 2 수준으로 개선 가능하며
  - 「융복합 산업 활성화를 위한 입체모형 구축타당성 연구(국토지리정보원, '19.07)」의 경제성 및 정책적 분석 결과 LOD2 수준의 입체모형이 타당하다고 제시

### □ 3차원 지형 구축 방안

- 건물 불일치 문제 해소(붙임3)
  - 5M급 DEM은 지형을 표현하는 데 한계가 있어 건물과 지형의 높이차로 인해 건물이 지면에 묻히거나, 지면 위로 뜨는 현상 발생
  - 도화성과 중 도로, 성절토, 옹벽 등을 브레이크라인으로 활용하여 수치지형모형(DTM)을 제작하면 건물, 도로와의 불일치 현상 완화
  - 건물 지반고 높이를 적용한 건물 GRID와 수치지형모형(DTM)을 융합하여 시설물 평탄 DEM 제작시 건물과 지형 불일치 80% 이상 해소



### Ⅲ. 추진 방안

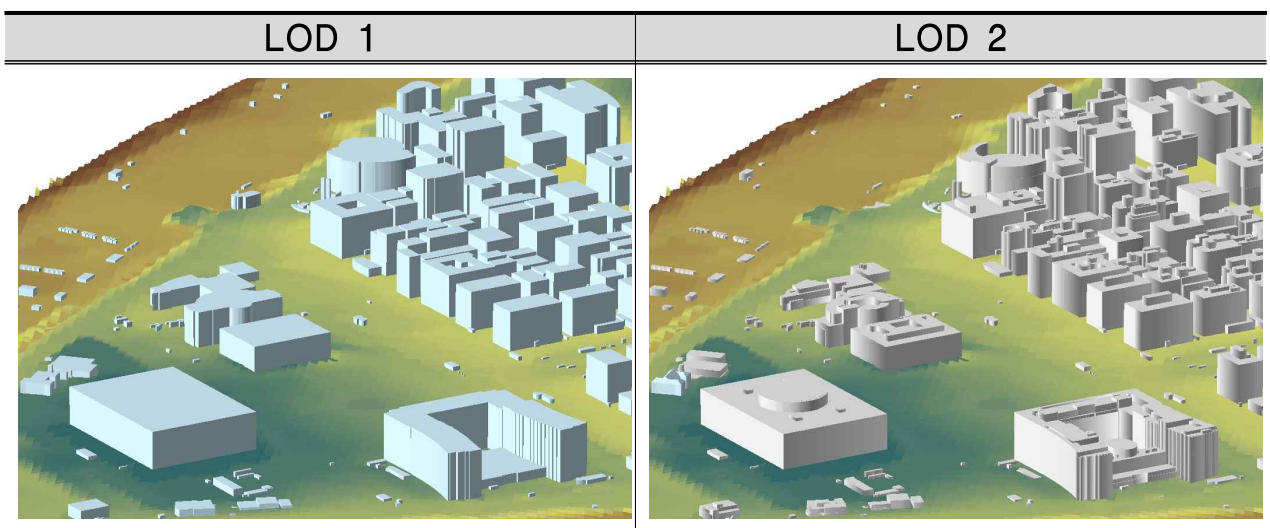
#### □ 1단계 : Lod 1 수준의 전국 건축물 입체모형 추진

- 소요기간 및 예산 : 1년, 20억
  - 대상물량 : 전국 건축물 전체 약 1,900만동, 가시화용 3차원 지형 모형 구축
- 구축방법
  - '19년+ '20년 도화 건축물과 국가기본도 DB 건축물과 융합
  - 국가기본도 DB 건축물 속성 정보로 입체 정보 구축

#### □ 2단계 : Level 2 수준의 전국 건축물 입체모형 추진

- 소요기간 및 예산 : 2년, 80억
  - 대상물량 : 전국 건축물 中 3층 이상 약 270만동, 가시화용 3차원 지형 모형 갱신
- 구축방법
  - 국가기본도 생산체계 개선을 통해 신규 건축물 및 옥상 구조물 보완
  - 국가기본도 DB 건축물 속성 정보로 입체 정보 구축

#### □ LOD 건물 입체모형 구축 예시



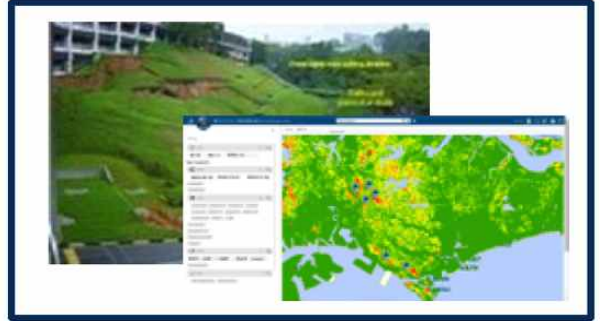
## IV. 활용 분야

### ○ 가상테스트(Virtual Experimentation)

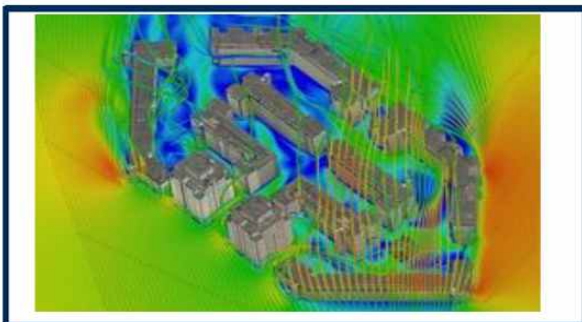
네트워크 커버리지 분석



위험 분석



대기 흐름 분석

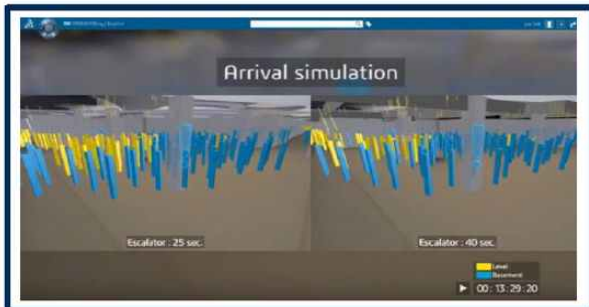


대기 오염 분석



### ○ 가상실험(Virtual Test Bedding)

건물대피 시뮬레이션



도시 침수 시뮬레이션



태양열 설치 검증



소음 분석 검증



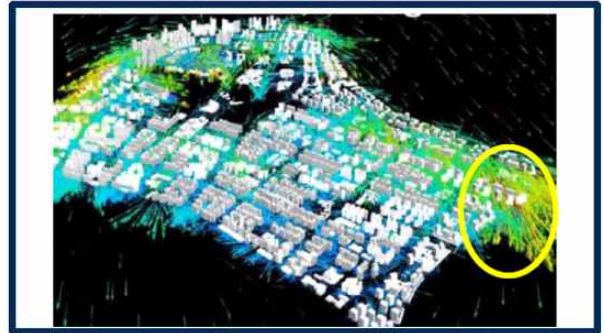


○ 계획과 결정(Planning and Decision-Making)

단지 계획 수립



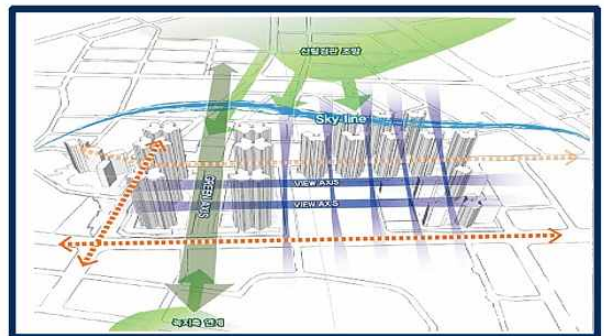
풍량을 고려한 건물 배치



그림자를 고려한 단지 조성



경관 심의 결정



○ 연구 및 개발(Research and Development)

IOT 모니터링



시민 서비스 개발



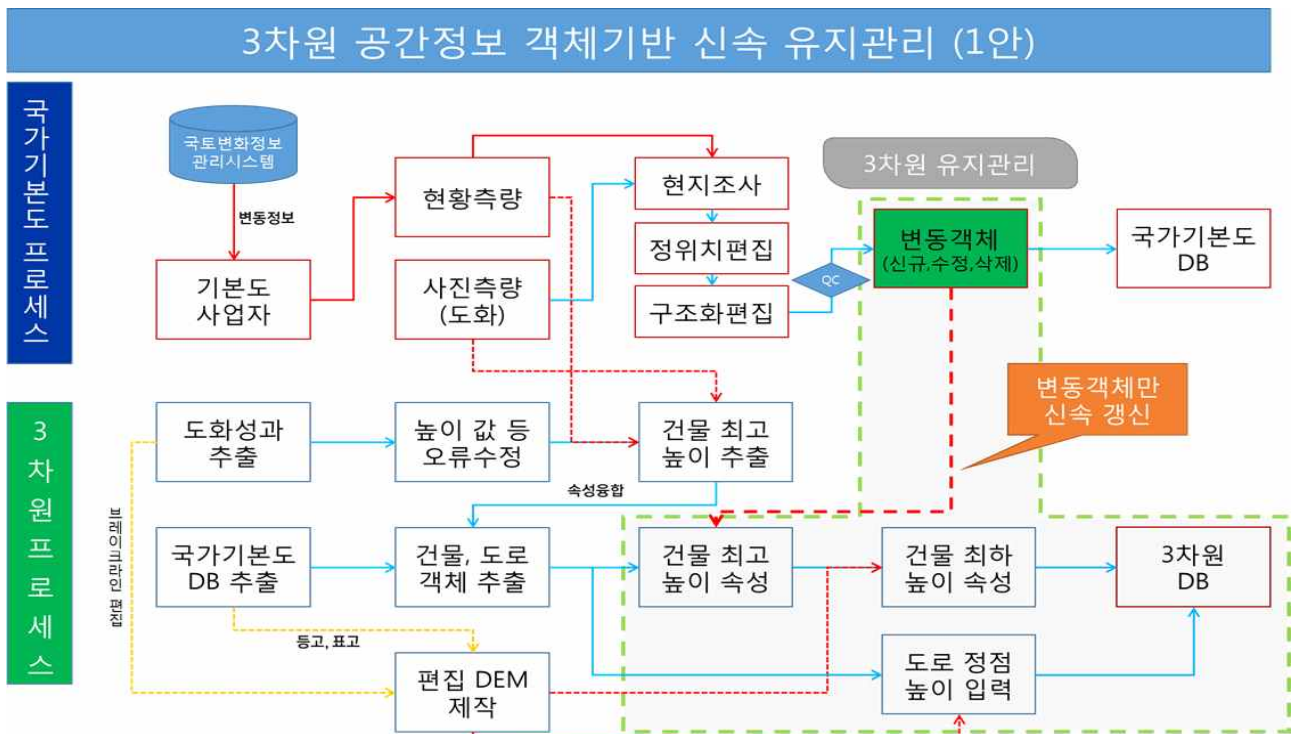
환경 개선 연구



드론길 개발



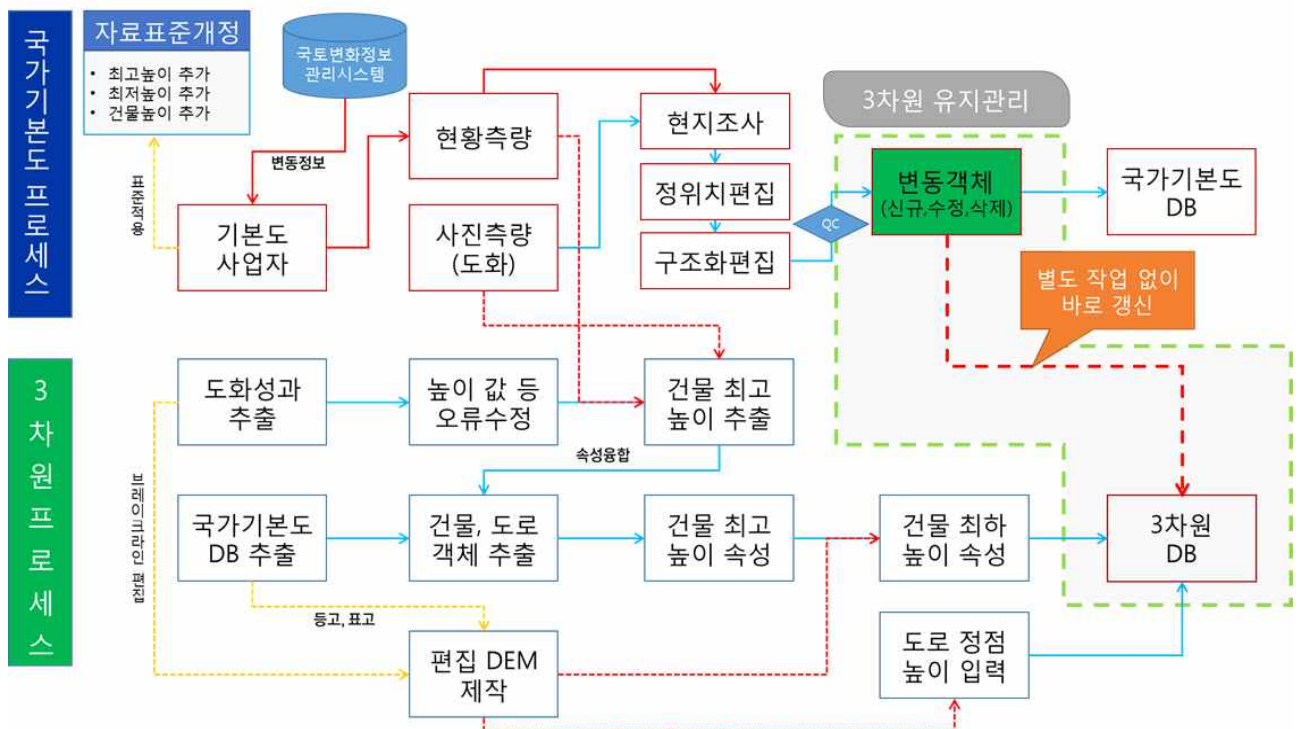
- 국가기본도 구축 프로세스 분석을 통해 도형 및 속성 정보연계 방안 마련
  - 국가기본도 변동객체를 활용한 신속 갱신 체계 검토
  - 국가기본도 DB 건물 변동객체(신규, 수정, 삭제)와 도화 성과의 높이 정보 연계
  - 국가기본도 DB 도로 변동객체와 DEM 높이 정보 연계
- 국가기본도 수정주기 일원화를 통한 3차원 최신성 문제 해결
  - 국가기본도 제작공정 통합을 통한 갱신주기 일원화 구현
  - 현황측량 기반의 건물, 도로는 국가기본도 DB와 동일한 2주 이내 수시수정 갱신
  - 항공사진측량 기반의 도화성과(건물, 도로, 지형)는 정기수정 갱신 주기에 맞춰 2년 주기 갱신



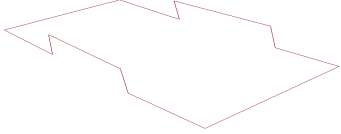

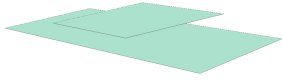
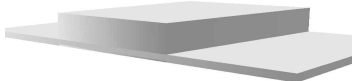
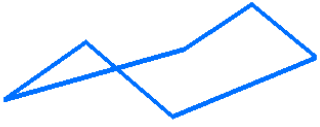
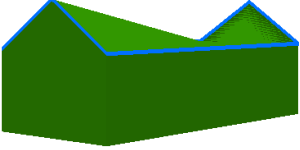
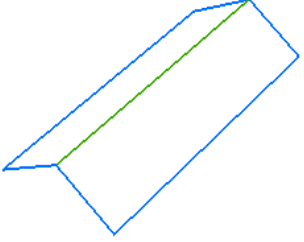
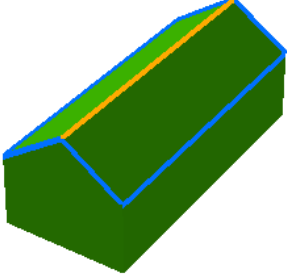
○ 3차원 공간정보 유지관리 미래상

- 3차원 높이정보를 포함하는 국가기본도 자료표준 개정
- 국가기본도 변화정보 갱신과 동시에 별도의 3차원 추가 작업 없이 3차원 공간정보로 활용 가능
- 항공사진측량 기반의 도화성과(건물, 도로, 지형)는 정기수정 갱신 주기에 맞춰 2년 주기 갱신

### 3차원 공간정보 객체기반 신속 유지관리 (2안)



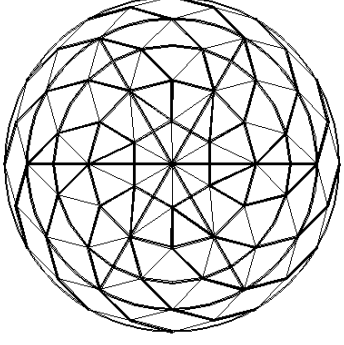
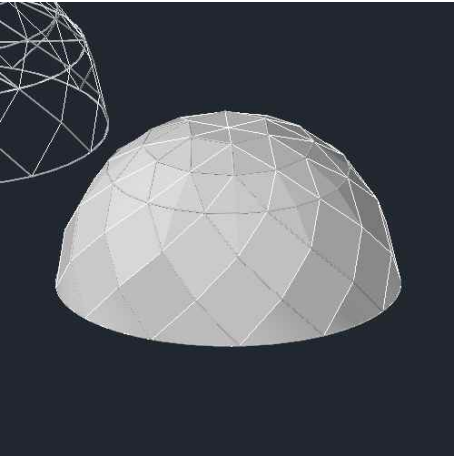
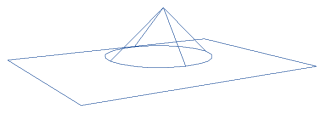
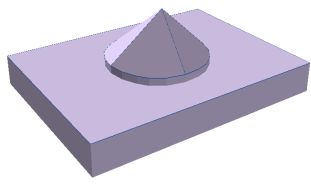
- 도화성과를 추가 편집 없이 사용할 경우 세밀도는 LOD1 수준
- 추가도화를 통해 3차원 세밀도 향상방안을 제시
- 계단형/경사형 건물구현 방안 마련
  - 단일 객체로 구획시 일그러짐 현상이 발생
  - 추가 객체를 구획하여 중첩 표현시 표현 가능

유형	도화 안	3차원 가시화 표현
계단형 건물 (단일 구획)		
계단형 건물 (추가 구획)		
경사형 건물 (단일구획)		
경사형 건물 (추가 구획)		



### ○ 돔 형태 지붕 구현 방안 마련

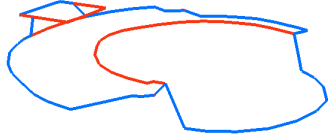
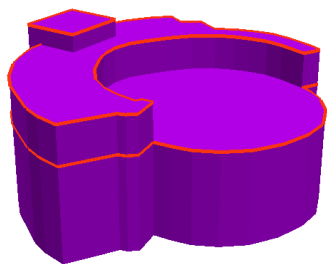
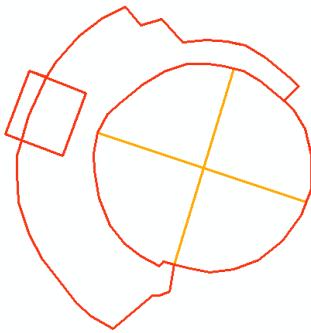
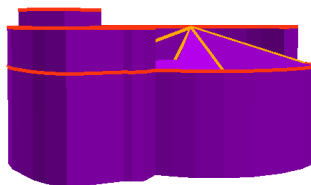
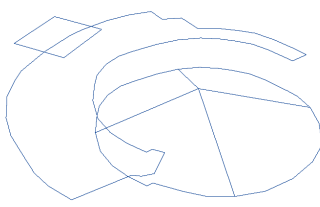
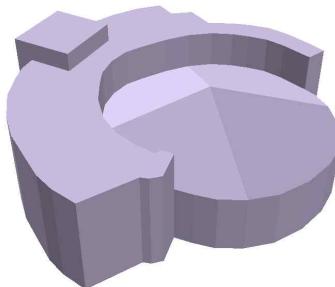
- 추가 도화량이 많을수록 원형에 가깝게 표현 할 수 있으나,
- 작업량이 과다 발생하므로 교차하는 두 선형으로 표현

유형	도화 안	3차원 가시화 표현
돔 지붕 (세밀 구획)		
돔 지붕 (두 선형으로 구획)		

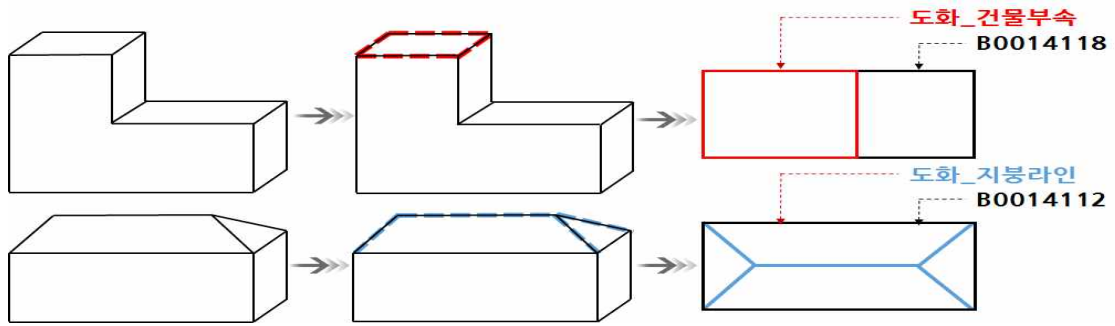
### ○ 복합 형태 구현 방안 마련

- 하나의 건물을 여러 객체로 분할하여 다양한 형태의 건물 구현가능
- 다만 작업량이 추가로 발생하고, 이 후 3차원 면형으로 제작하는 과정에서도 수작업이 요소 발생
- 또한, 경사형과 계단형이 동시에 존재하는 경우도 3차원 면형으로 제작하는 과정에서도 과도한 수작업이 요소 발생
- 경사형과 계단형이 동시에 존재하는 복합적인 건물의 경우 계단형 구간만 표현



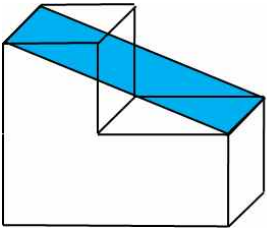

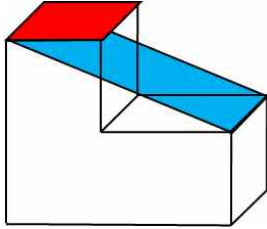
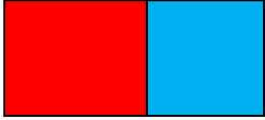
유형	도화 안	3차원 가시화 표현
여의도 순복음교회 (제시 안)	<div> <div>부속건물</div> <div>기존도화객체</div> <div>도화_건물부속</div> <div>도화_기존객체</div> <div>지붕라인</div> </div> 	
여의도 순복음교회 (3차원 면형 가공시 자동화 처리할 경우 건물 일그러짐)		
여의도 순복음교회 (별도 구축하여 표 현할 경우 가시화는 가능하나 전체 추가 도화 필요)		

- 여의도 지역의 최신성 있는 항공삼각측량의 성과 및 모델 인덱스, 항공사진을 수집하여 수치도화장비(HISR-DPW)를 활용해 3차원 데이터 구축 방안을 이용한 수치도화 묘사
- 기존의 건물 외곽라인 외 추가 3차원 세밀도 개선을 위한 CODE를 추가하여 국가기본도와 구별

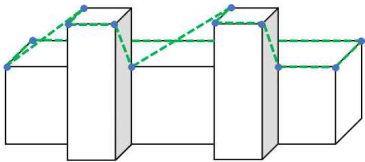
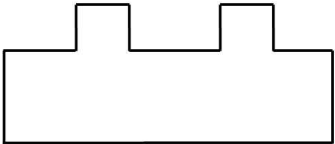
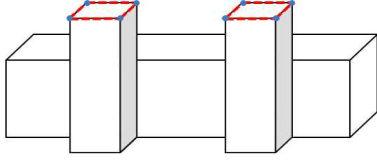
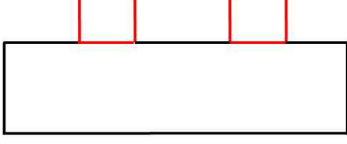


### 국가기본도 레이어와 3D데이터 구축을 위한 추가 레이어




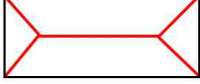
- 기존 국가기본도 객체의 높이 값이 가장 낮은 노드를 기준으로 그 이상의 노드는 부속건물로 간주하여 국가기본도 위에 독립묘사

국가기본도 도화 묘사	 <div>도화 묘사 결과</div> 
3D구축 방안 적용 추가 도화 묘사	 <div>도화 묘사 결과</div> 

- 주요 건물 형태의 도화 묘사

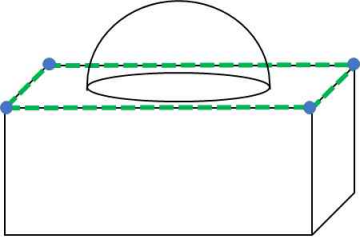

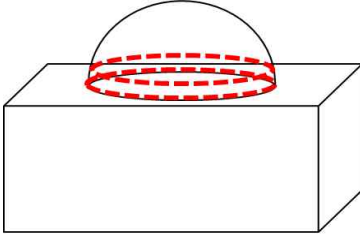
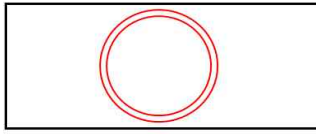
 <div>도화 묘사 결과</div> 	 <div>도화 묘사 결과</div> 
국가기본도 도화 묘사	3D 구축 방안 적용 도화 묘사

- 아파트

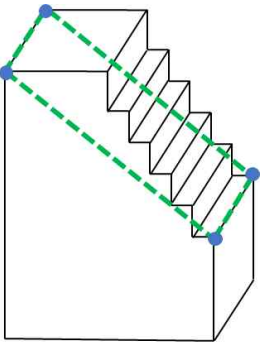

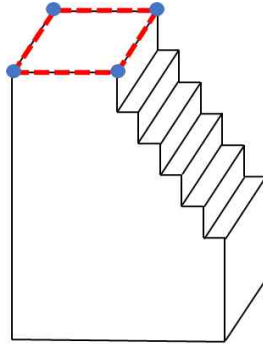

  <p>도화 묘사 결과</p>	  <p>도화 묘사 결과</p>
국가기본도 도화 묘사	3D 구축 방안 적용 도화 묘사

- 박공지붕형 건물

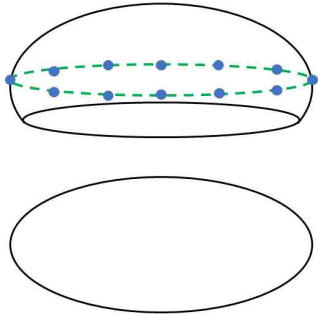
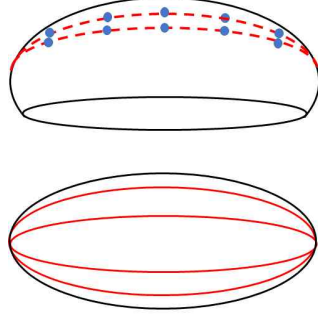
- 돔형태 부속건물

  <p>도화 묘사 결과</p>	  <p>도화 묘사 결과</p>
국가기본도 도화 묘사	3D 구축 방안 적용 도화 묘사

- 계단식 벽면 건물

  <p>도화 묘사 결과</p>	  <p>도화 묘사 결과</p>
국가기본도 도화 묘사	3D 구축 방안 적용 도화 묘사

- 돔 또는 기하학 형태 건물

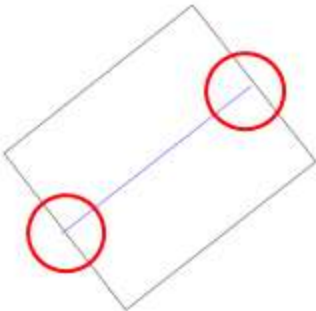
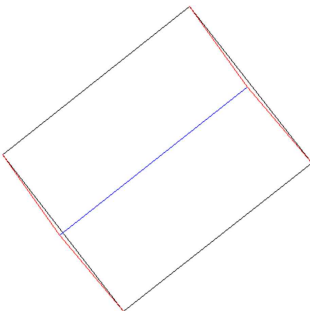
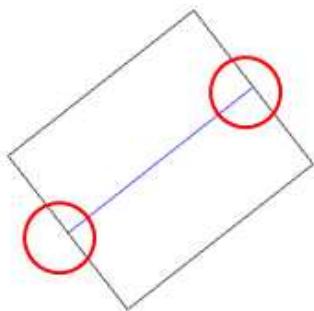
 <p>도화 묘사 결과</p>	 <p>도화 묘사 결과</p>
국가기본도 도화 묘사	3D 구축 방안 적용 도화 묘사

○ 3차원 데이터 구축 방안을 적용한 도화 묘사시 발생하는 오류 분석, 수정

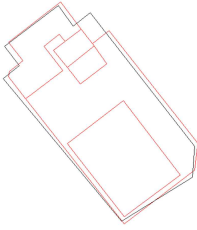
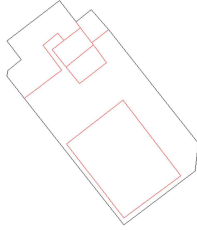
- 본건물과 부속건물의 고저차로 인한 노드의 미결합 오류

오류 형태	오류 원인	오류 해결 및 수정
		

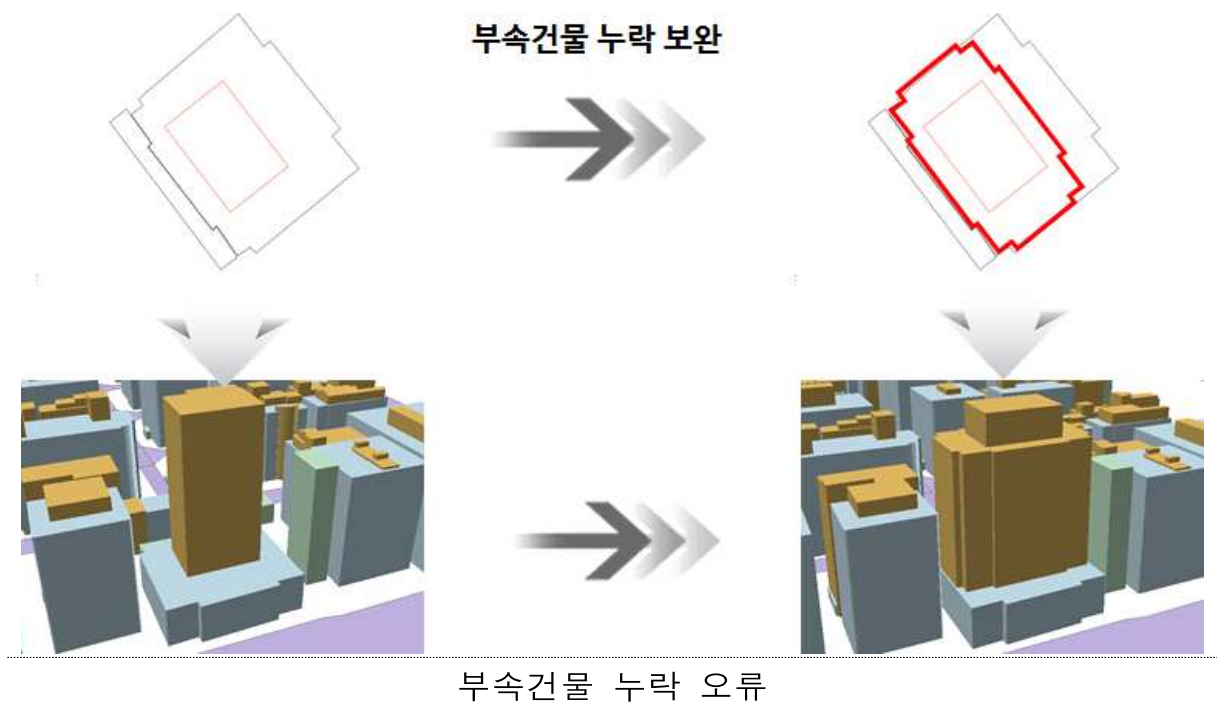
- 본건물과 지붕라인의 고저차 ,기울기에 대한 노드의 미결합 오류

오류형태	오류 원인	오류 해결 및 수정
		

- 도화 허용 오차 범위 이내로 발생하는 오류

오류 형태	오류 원인	오류 해결 및 수정
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.5m 허용오차범위 이내로 발생하는 오류</li> <li>• 도화 제작의 허용오차내 위치오차와 새로 묘사되는 부속건물간에 발생하는 오류</li> </ul>	

○ 3차원 가시화 작업을 통한 최종적 오류 체크 및 보완

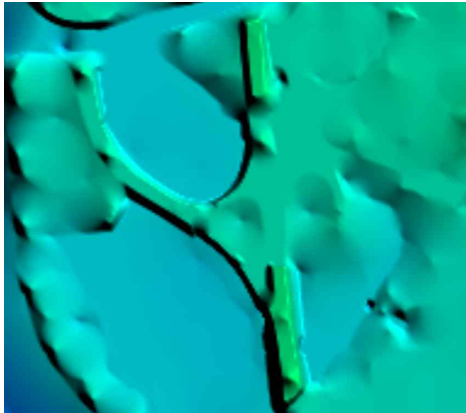
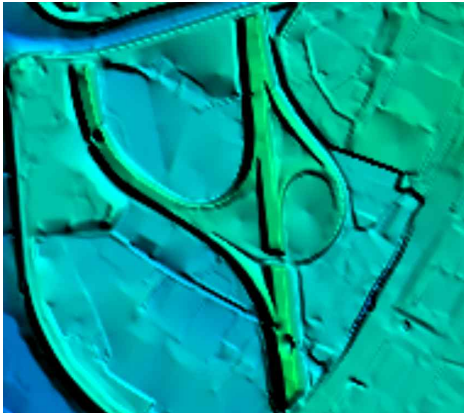
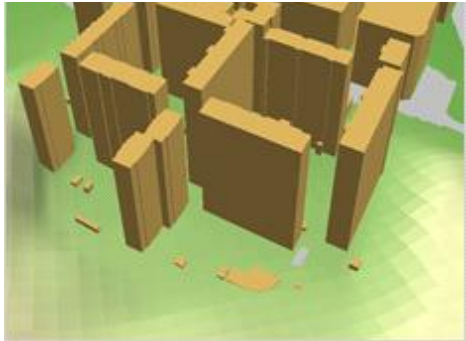



- 구축 결과

유형	건물 세밀도 개선 전	건물 세밀도 개선 후
건물 구축 결과		
건물 구축 결과		
건물 구축 결과		

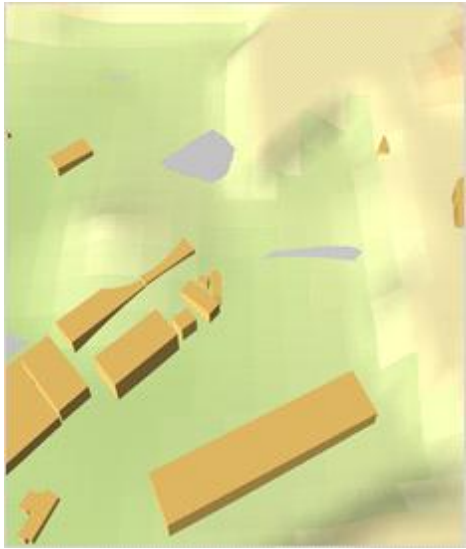

○ 도로와 지형 불부합 문제해결

- 기존 DEM을 활용하여 3차원 도로를 가시화 할 경우 DEM과 불부합 되는 현상이 발생
- 도로 등을 고려한 Breakline DEM을 제작

유형	Breakline적용 전	Breakline 적용 후
DEM		
3차원 가시화 도로		


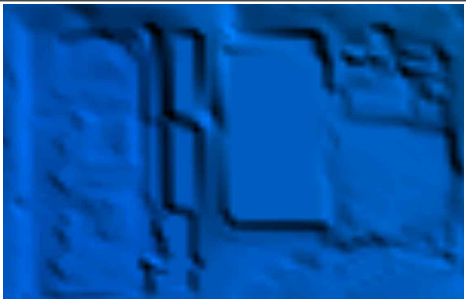


- Breakline을 적용하여 불부합 문제는 완화되었으나, DEM의 해상도 및 도로의 정점 간격 등으로 인하여 불부합 문제는 일부 존재



유형	Breakline적용 전	Breakline 적용 후
잔존하는 불부합 오류		

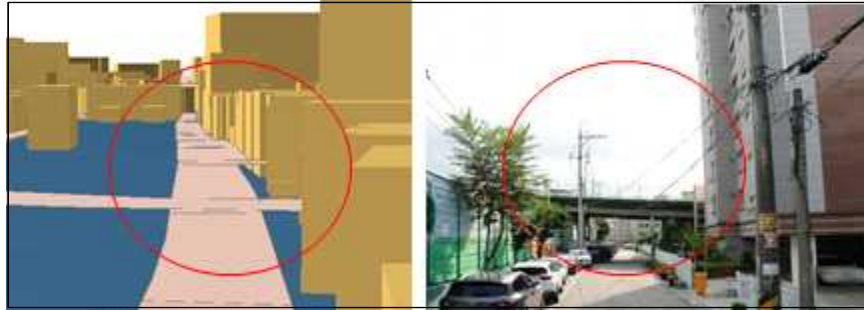
#### ○ 건물과 지형 불부합 문제해결

- 기존 DEM을 활용하여 3차원 건물을 가시화 할 경우 DEM과 불부합 되는 현상이 발생
- 건물의 면형과 중첩되는 DEM을 건물의 하단 높이 값으로 평탄화
- 평탄화를 통해 일부 중첩 문제는 해결했으나, DEM의 해상도 및 건물의 정점 간격 등으로 인하여 일부 불부합 문제는 존재

유형	평탄화 적용 전	평탄화 적용 후
DEM		
3차원 가시화 건물		

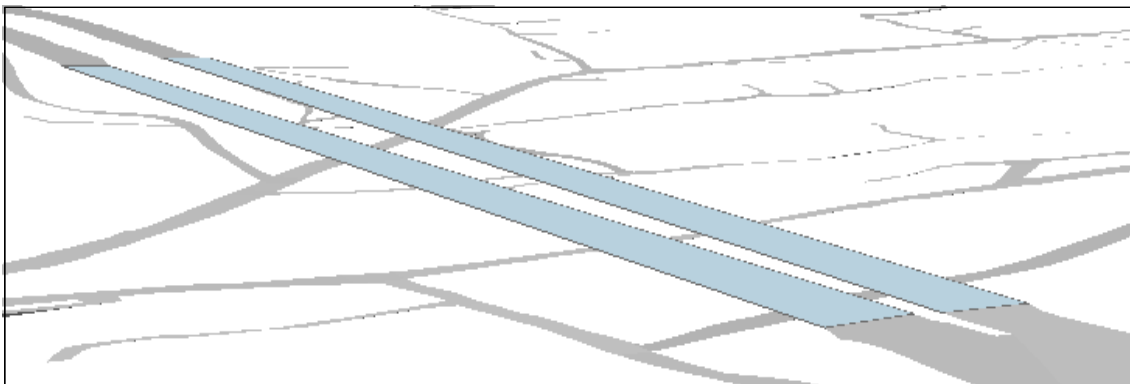
○ 도로와 교통시설물 불부합 문제해결

- DEM을 통해 높이 값을 부여하여, 고가도로 등 입체도로 구간은 표현의 문제 발생



<고가도로 등 입체부의 표현문제 발생>

- 도화성파에서 교량, 고가 등의 시설물과 국가기본도 차도경계면을 정점 편집하여 입체부 표현문제 해결방안 제시



<고가도로 등 입체부의 표현문제 해결 예시>

# 3차원 공간데이터 제작

－ 작업매뉴얼 －



국토교통부  
국토지리정보원



## <목차>

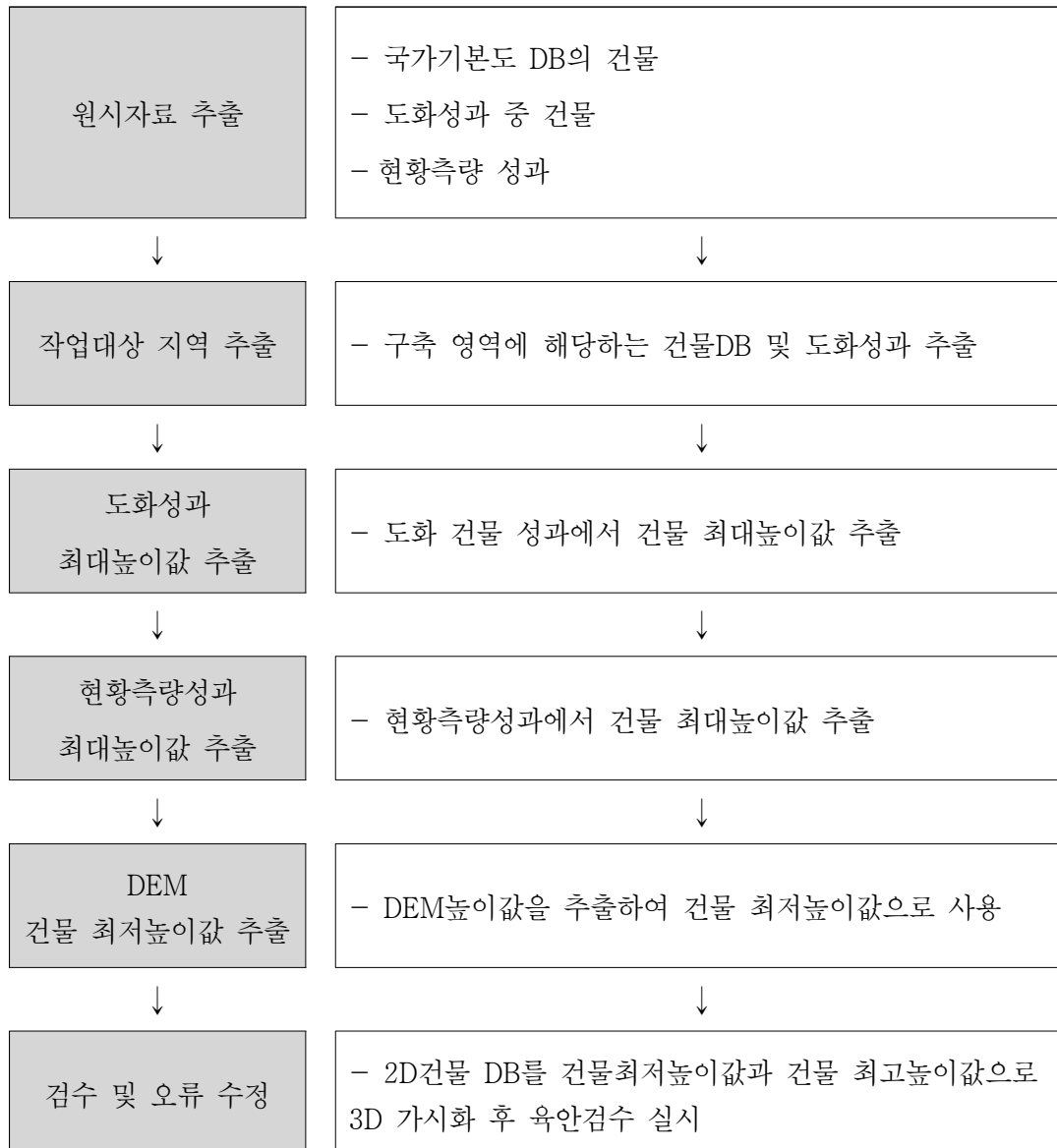
1. 3차원 건물 구축 .....	1
1.1. 3차원 건물 구축 작업흐름도 .....	1
1.2. 원시자료수집 .....	2
1.3. 도화성과 건물 최고높이값 추출 .....	2
1.4. 현황측량성과 건물 최고높이값 추출 .....	4
1.5. DEM을 활용한 건물 최저높이값 추출 .....	9
1.6. 검수 및 오류 수정 .....	9
2. 3차원 도로 구축 .....	2
2.1. 3차원 도로 구축 작업흐름도 .....	21
2.2. 원시자료 추출 .....	3
2.3. 차도경계면 높이값 부여 .....	31
2.4. DWG변환 .....	13
2.5. 시설물 편집 .....	4
2.6. 면형변환 .....	5
2.7. 검수 및 오류 수정 .....	6
3. DEM 구축 .....	17
3.1. DEM 구축 작업흐름도 .....	71
3.2. 자료추출 및 변환 .....	7
3.3. Break Line 편집 .....	18
3.4. TIN 생성 .....	2

3.5. GRID 변환 .....	2
3.6. 검수 및 오류 수정 .....	8
3.7. 건물평탄화 DEM 제작 .....	8

## 1. 3차원 건물 구축

### 1.1. 3차원 건물 구축 작업흐름도

[표 1] 건물 3차원 구축 작업흐름도





## 1.2. 원시자료수집

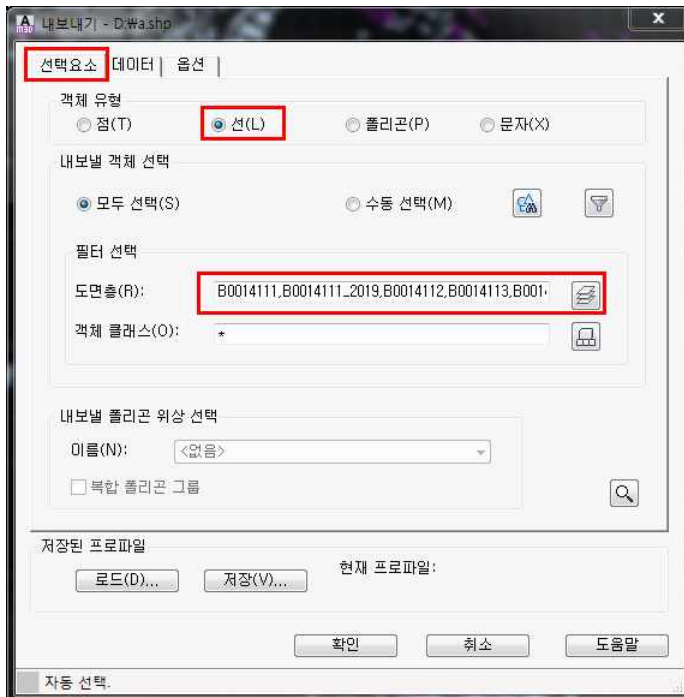
국가기본도의 건물DB, 현황측량성과, 도화성과를 수집한다.

[표 2] 도화성과 추출대상

분류	지형지물명	통합코드
건물	(건물경계)미분류	B0014110
	주택외건물	B0014111
	주택	B0014112
	연립주택	B0014113
	공사중건물	B0014114
	아파트	B0014115
	무벽건물	B0014116
	온실	B0014117
	가건물	B0014118

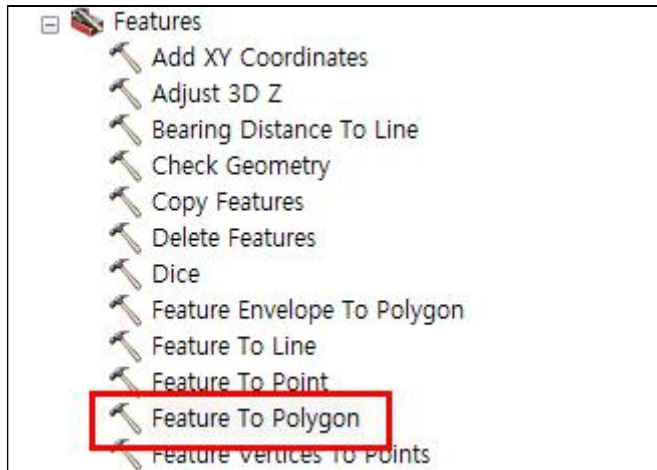
## 1.3. 도화성과 건물 최고높이 값 추출

- 1) AutoCad프로그램에서 건물도화성과를 로드 후 명령어 mapexport 입력 후 저장 경로를 설정한다.
- 2) 객체유형 선 체크, 필터선택 도면층 건물레이어를 선택한다.



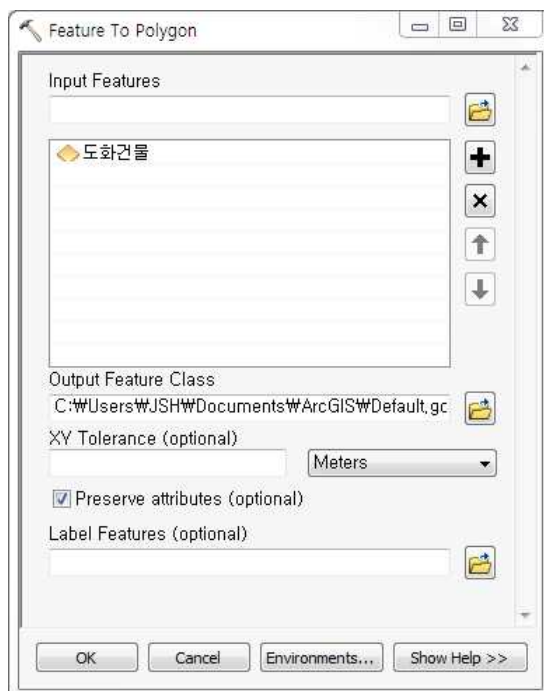
[그림 1] mapexport 선택요소 설정

3)도화건물데이터를 선형에서 면형객체로 변환하기 위하여 ArcMap의 Data Management – Features – Feature To Polygon 툴을 사용한다.



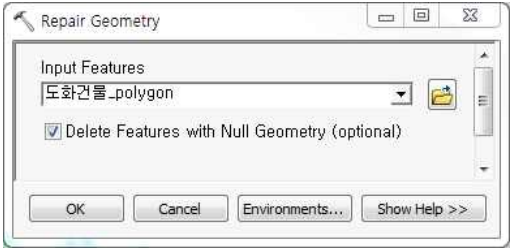
[그림 2] Feature To Polygon

4)Input Feature에 도화건물(선형)을 넣고 저장경로 지정 후 OK를 클릭한다.



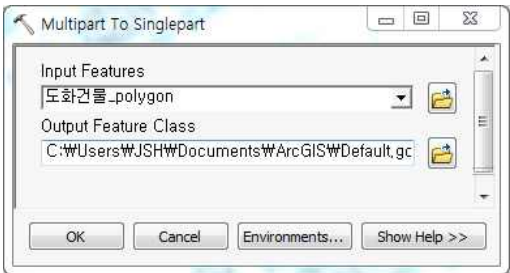
[그림 3] Feature To Polygon 설정

5) 도화 면형변환 객체의 오류를 제거하기 위해 Data Management- Features - Repair Geometry툴을 사용한다.



[그림 4] Repair Geometry 설정

6) Data Management- Features - Multipart To Singlepart 툴을 사용한다.



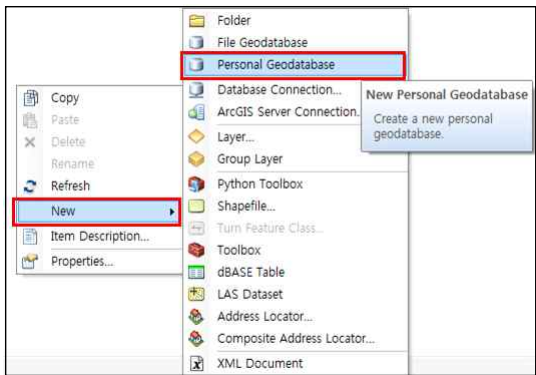
[그림 5] Multipart To Singlepart  
설정

7) 도화건물의 최대 높이 값을 추출하고 국가기본도DB에 공간중첩을 하여 최대 높이 값을 가져온다.

#### 1.4. 현황측량성과 건물 최고높이 값 추출

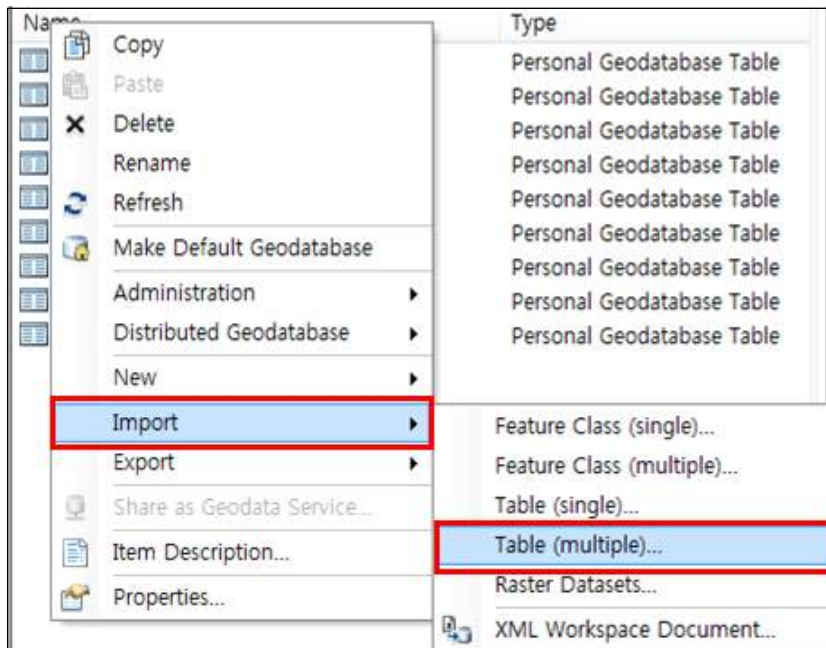
- CSV파일은 그대로 활용하기 어렵기 때문에 DB파일로 변환이 필요하다.

1) ArcMap - Catalog 파일을 저장할 경로에서 마우스 우클릭 후 New- Personal Geodatabase를 누르면 .mdb 파일을 생성한다.



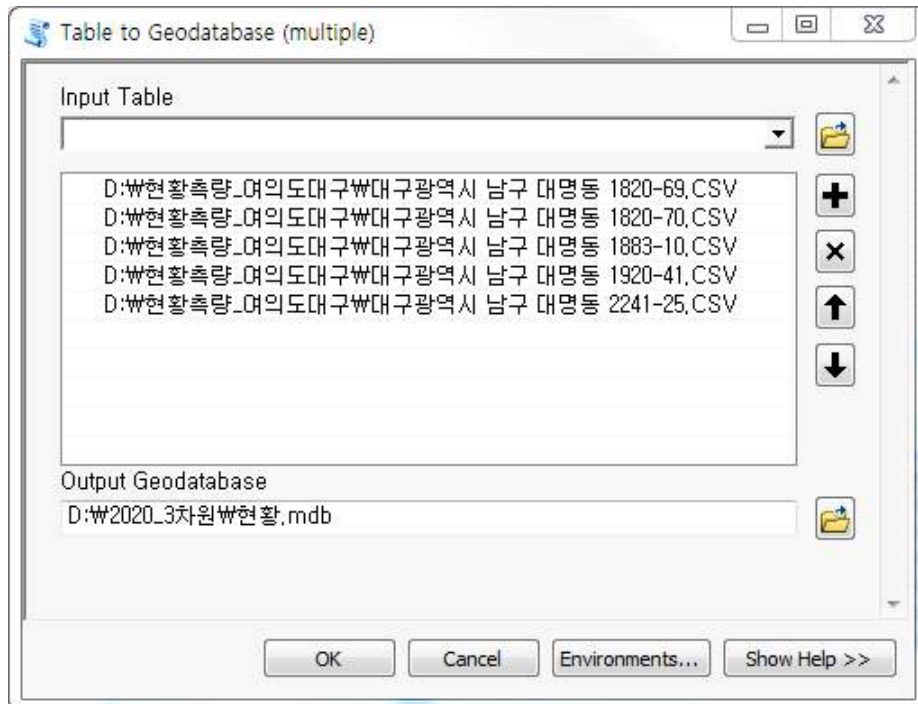
[그림 6] MDB 생성

2) 생성한 MDB 내부에서 마우스 우클릭 후 Import - Table (multiple)을 선택한다.



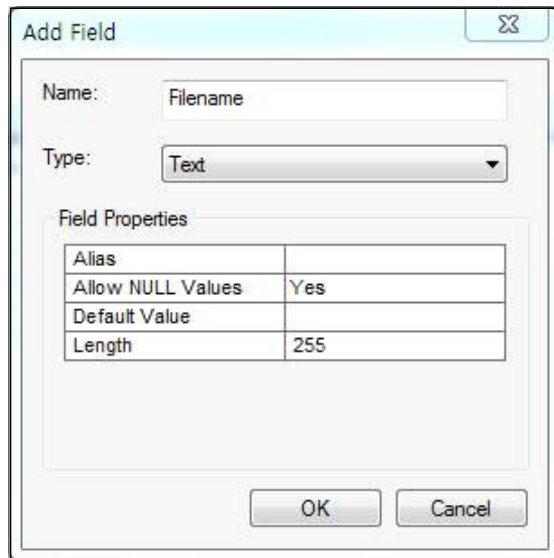
[그림 7] Import - Table (multiple)

3) Input Features에 현황측량성과 CSV파일 선택 후 OK를 클릭한다.



[그림 8] 테이블 가져오기

4) 각 현황측량 성과 테이블에 Filename Field를 추가 하여 파일명(공사명)을 넣는다. 필드형식: Text (Length 255)

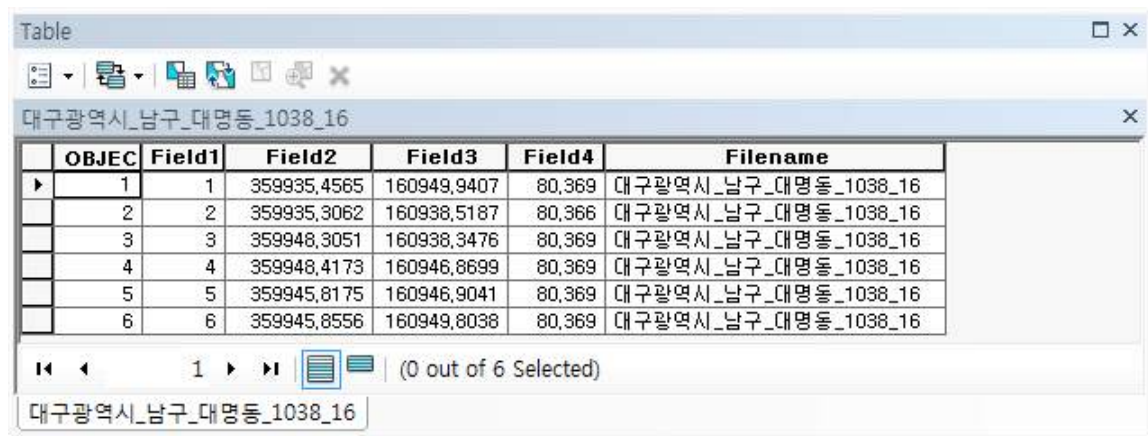


The 'Add Field' dialog box is shown with the following details:

- Name:** Filename
- Type:** Text
- Field Properties:**

Alias	
Allow NULL Values	Yes
Default Value	
Length	255
- Buttons:** OK, Cancel

[그림 9] Add Field



The 'Table' window displays a table with the following data:

	OBJEC	Field1	Field2	Field3	Field4	Filename
▶	1	1	359935,4565	160949,9407	80,369	대구광역시_남구_대명동_1038_16
	2	2	359935,3062	160938,5187	80,366	대구광역시_남구_대명동_1038_16
	3	3	359948,3051	160938,3476	80,369	대구광역시_남구_대명동_1038_16
	4	4	359948,4173	160946,8699	80,369	대구광역시_남구_대명동_1038_16
	5	5	359945,8175	160946,9041	80,369	대구광역시_남구_대명동_1038_16
	6	6	359945,8556	160949,8038	80,369	대구광역시_남구_대명동_1038_16

Navigation controls at the bottom show: 1 (selected), (0 out of 6 Selected), and the table name '대구광역시\_남구\_대명동\_1038\_16'.

[그림 10] 현황측량 테이블

5) CSV 파일명의 공백, 특수문자 등을 소거하고, 그 과정에서 파일명의 중복이 발생하지 않게 점검 후, 테이블에서 X, Y, Z 값 누락여부를 점검한다.

6) X값 혹은 Y값의 누락이 존재하는 경우 동일한 건물에 다른 점형 중 X, Y값이 올바른 점형이 존재하는 경우 누락된 점형은 삭제 처리한다. 그러나 한 건물에 올바른 X, Y값이 없는 경우 별도로 추출하여 주소정보를 통해 국가기본도 DB에 높이 값을 적용한다.

Table						
A01_현황측량_시흥_Merge_NULL객체제거						
	OBJECTID *	Field1	Field2	Field3	Field4	file_nm *
	4612	2	<Null>	176501,47	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4613	3	<Null>	176504,3291	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4614	4	<Null>	176505,1618	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4615	5	<Null>	176510,818	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4616	6	<Null>	176511,6507	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4617	7	<Null>	176515,9268	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4618	8	<Null>	176517,985	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4619	9	<Null>	176519,7313	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4620	10	<Null>	176521,2868	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2
	4621	11	<Null>	176529,4132	91,752	경기도_시흥시_정왕동_2388NO2

[그림 11] X 혹은 Y값 누락

7) Z값이 누락된 경우 해당 건물에 높이 값이 입력된 정점이 존재하는 경우 0 값으로 입력하며, 해당 건물에 높이값이 입력된 정점이 없는 경우 별도로 추출하여 주소정보 및 층수정보를 활용하여 높이 값을 입력한다.

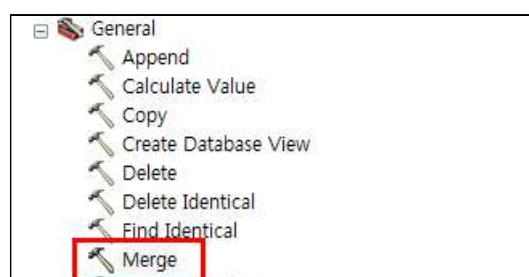
8) X, Y값이 서로 반대로 입력된 경우 혹은 좌표원점 오류는 점형으로 변환하여 육안검사 등을 통해 추출하며, 이를 위해 시군구 단위로 작업한다.

	6	6	539003,462	181817,572	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
	7	7	539001,684	181816,277	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
	8	8	538993,677	181827,271	49,455	경기_시흥시_대마동_273_11
	9	1	180399,601	530356,838	50,161	경기_시흥시_황곡동_307
	10	2	180391,704	530353,781	50,185	경기_시흥시_황곡동_307
	11	3	180386,856	530365,492	50,138	경기_시흥시_황곡동_307
	12	4	180394,292	530369,119	50,245	경기_시흥시_황곡동_307
	13	1	539297,268	182245,956	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
	14	2	539302,776	182233,974	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
	15	3	539326,812	182245,024	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2
	16	4	539321,304	182257,006	46,129	경기도_대마동_시흥시_664_6_NO2

[그림 12] x,y 값 입력오류

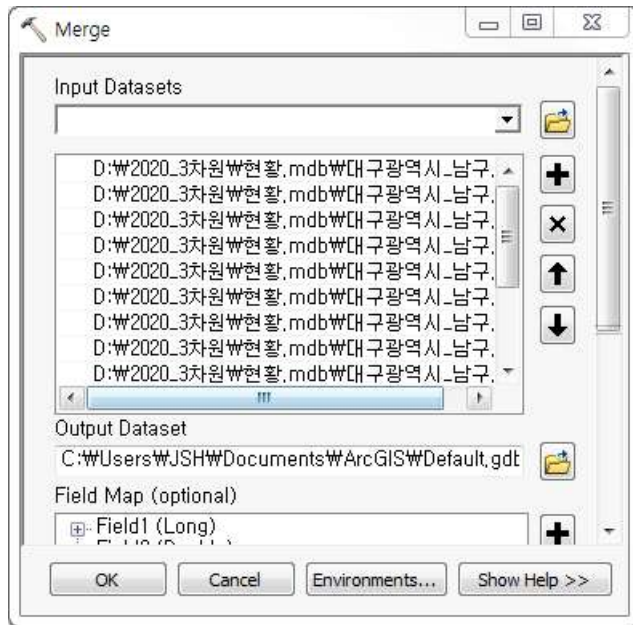
9) 파일이름을 추가한 현황측량 테이블을 지역별로 병합한다.

- ArcMap - Data Management - General - Merge



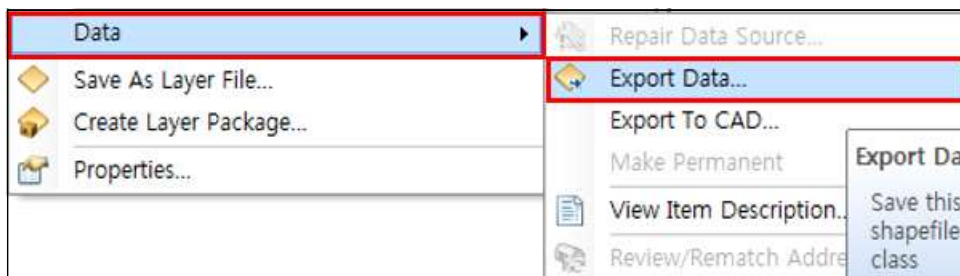
[그림 13] Merge





[그림 14] Merge 설정

10) 테이블의 좌표값을 포인트로 변환하여 포인트 레이어 우클릭 후 Export Data로 Shapefile을 저장한다.



[그림 15] Export Data

11) 각각 포인트별로 분리된 현황측량 포인트를 공사명별로 융합한다.

12) 현황측량 성과의 건물 최대 높이 값을 추출하여 건물DB성과에 공간중첩 후 건물 최고 높이 값을 입력한다.

- ※ 도화성과. 현황측량 성과가 서로 중첩된 경우 최신의 자료를 기준으로 최고높이 값을 적용함
- ※ 도화성과. 현황측량 성과에 높이 값이 존재하지 않은 건물DB는 구축대상에서 제외함



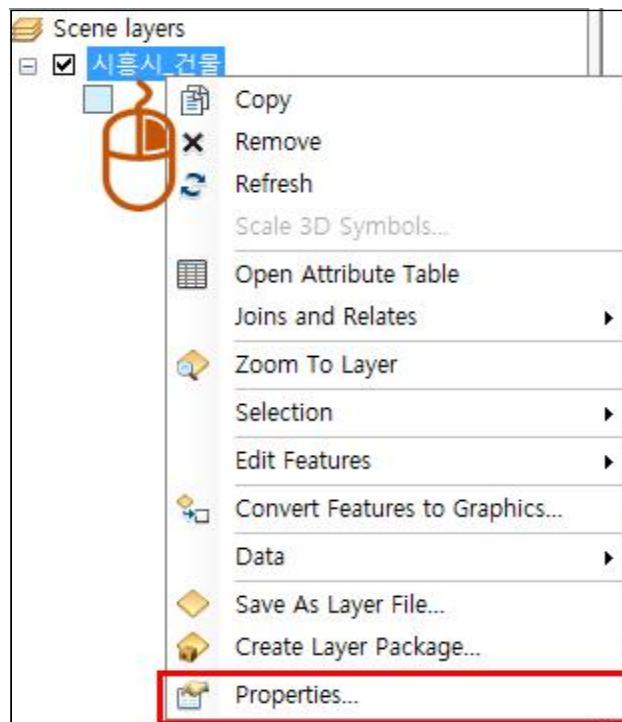
## 1.5. DEM을 활용한 건물 최저높이 값 추출

- 1) 국가기본도DB의 건물성곽을 건물내부중심점(Point)로 변환한다.
- 2) 건물 내부중심점 포인트 위치에 해당하는 DEM 높이 값을 추출하여 국가기본도 건물 DB(Polygon)에 적용시켜 준다.

## 1.6. 검수 및 오류 수정

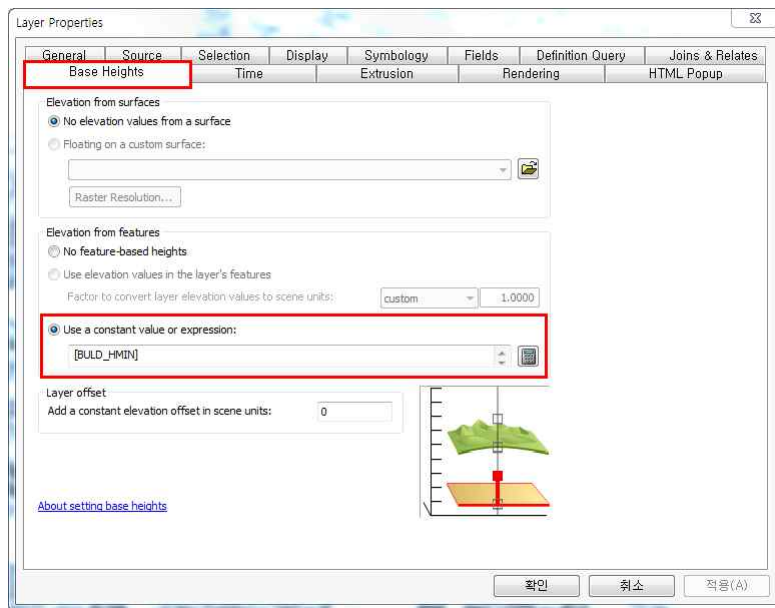
- Arcscene에서 건물 3D 가시화하여 육안검수 및 오류 높이 값을 수정한다.

- 1) 건물 데이터 로드 - 건물레이어 우클릭 후 [Properties...] 선택한다.



[그림 16] 건물 레이어 속성 설정

- 2) [Base Heights] 메뉴 선택, Elevation from features의 Use a constant value or expression에 [BULD\_HMIN] 필드를 입력한다.

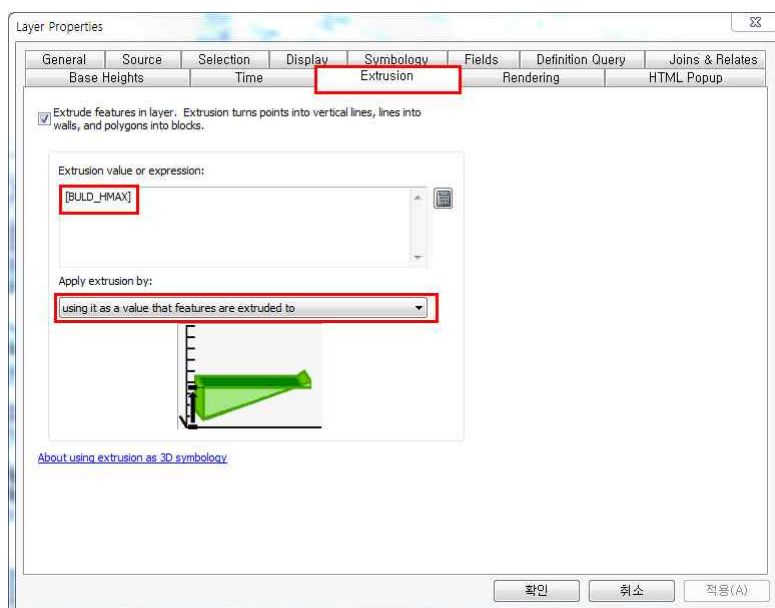


[그림 17] 건물 최저 높이 값 필드 입력

3) [Extrusion] 메뉴 선택, [Extrude features in layer. Extrusion turns points into vertical line, lines into walls, and polygons into blocks.]에 체크 후 Extrusion value or expression : 에 [BULD\_HMAX] 필드를 입력한다.

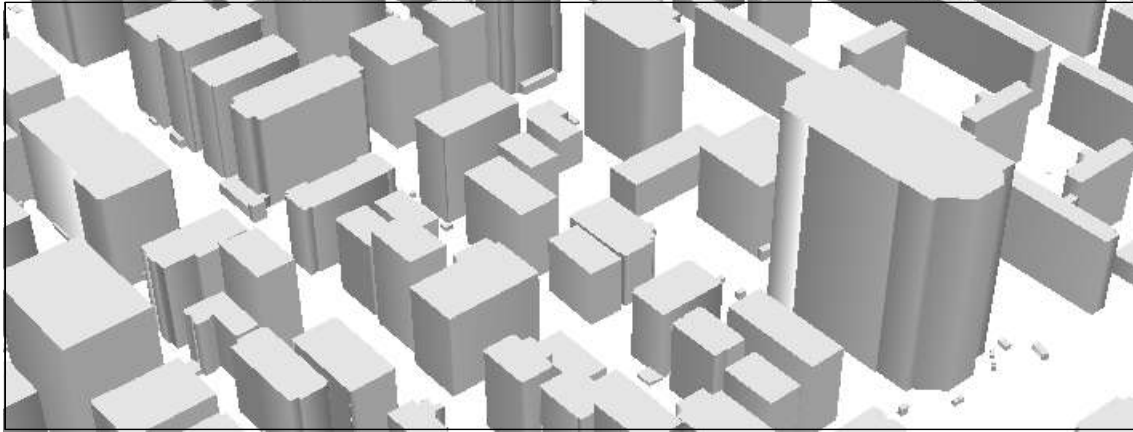
4) 아래의 Apply extrusion by : 설정

using it as a value that features are extruded to 선택 후 확인을 클릭한다.



[그림 18] 건물 최고 높이 값 필드 입력

5) 3D로 가시화된 건물객체 높이 값을 확인하고 오류를 검수한다.

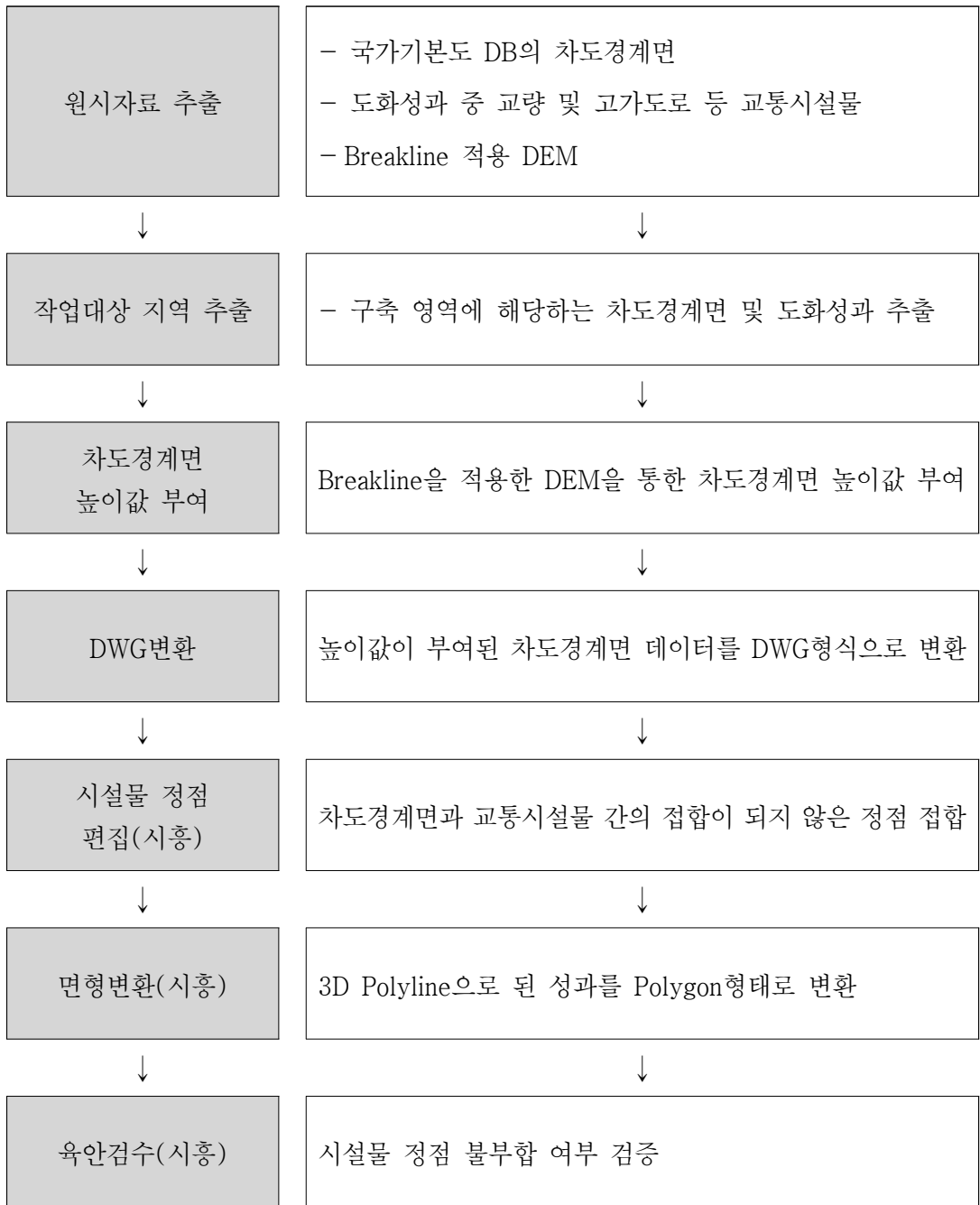


[그림 19] 건물 3D View

## 2. 3차원 도로 구축

### 2.1. 3차원 도로 구축 작업흐름도

[표 3] 도로 3차원 구축 작업흐름도



## 2.2. 원시자료 추출

- 국가기본도에서 차도경계면(TN\_RODWAY\_BNDRY) 수집
- Breakline이 적용된 DEM 수집
- 도화성곽에서 교량 및 고가차도 수집 및 추출

[표 4] 도화성과 추출대상

분류	지형지물명	통합코드
교량	교량(미분류)	A0070000
	(다리)미분류	A0073340
	(다리)콘크리트교	A0073341
	(다리)강교	A0073342
	(다리)목교	A0073343
	(철교)미분류	A0071210
	철교	A0071211
	(철교)고가부	A0071212
	철도터널	A0071213
입체교차부	입체교차부(미분류)	A0090000
	(입체교차부)미분류	A0093350
	(입체교차부)고가차도	A0093351

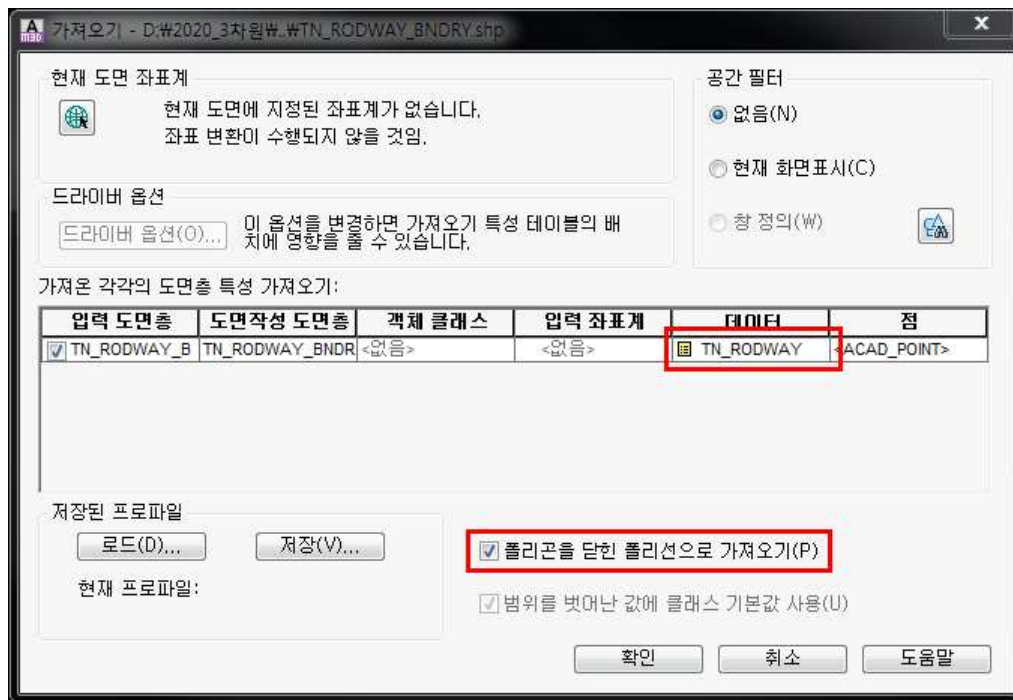
## 2.3. 차도경계면 높이 값 부여

- 차도경계면과 Breakline DEM을 중첩하여 DEM의 높이 값을 차도경계면에 적용시켜준다.

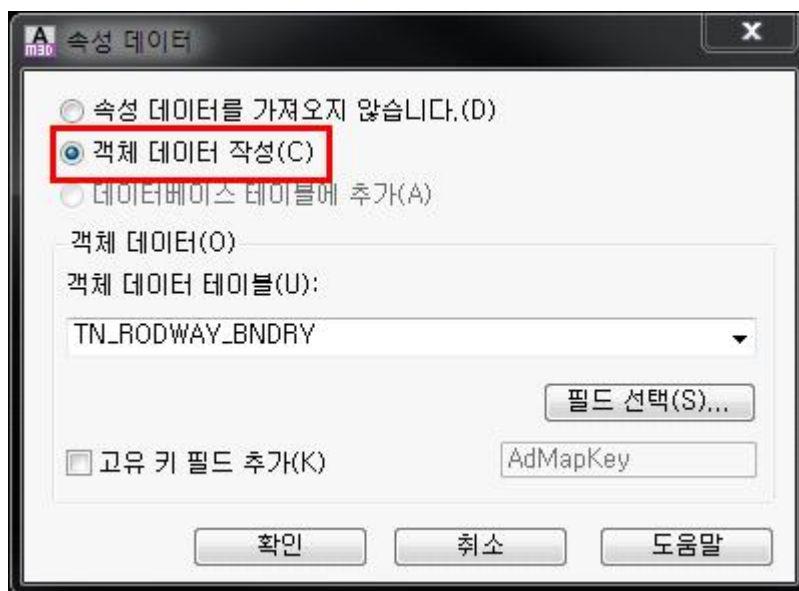
## 2.4. DWG변환

- 도화 성과인 시설물과의 편집을 원활하게하기 위해 높이 값을 부여한 차도 경계면을 DWG로 변환한다.

- 1) AutoCad에서 명령어 mapimport입력 후 차도경계면 불러오기
- 2) 데이터 클릭 후 객체 데이터 작성, 폴리곤을 닫힌 폴리선으로 가져오기에 체크



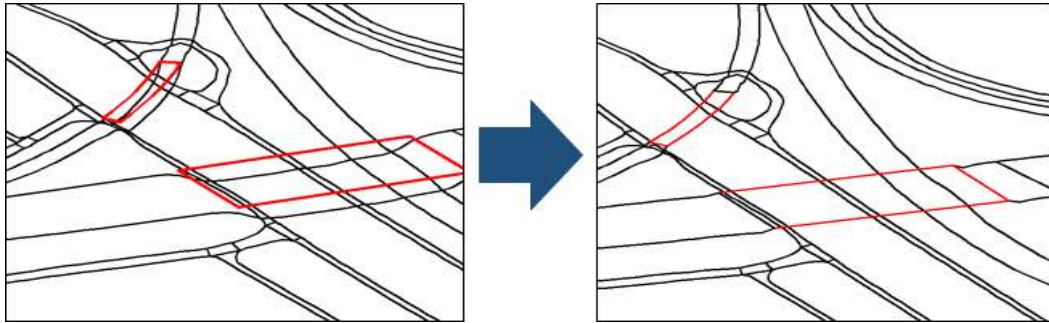
[그림 20] mapimport 가져오기 설정



[그림 21] mapimport 속성 데이터 설정

## 2.5. 시설물 편집

- 높이 값을 부여한 차도경계면을 dwg 형식으로 변환 후 시설물 정점 편집을 수행
- 차도경계면의 정점을 snap을 이용해 교통시설에 맞추므로써 차도경계의 높이와 정점 불부합을 수정 (3d polyline의 닫기 여부 확인)

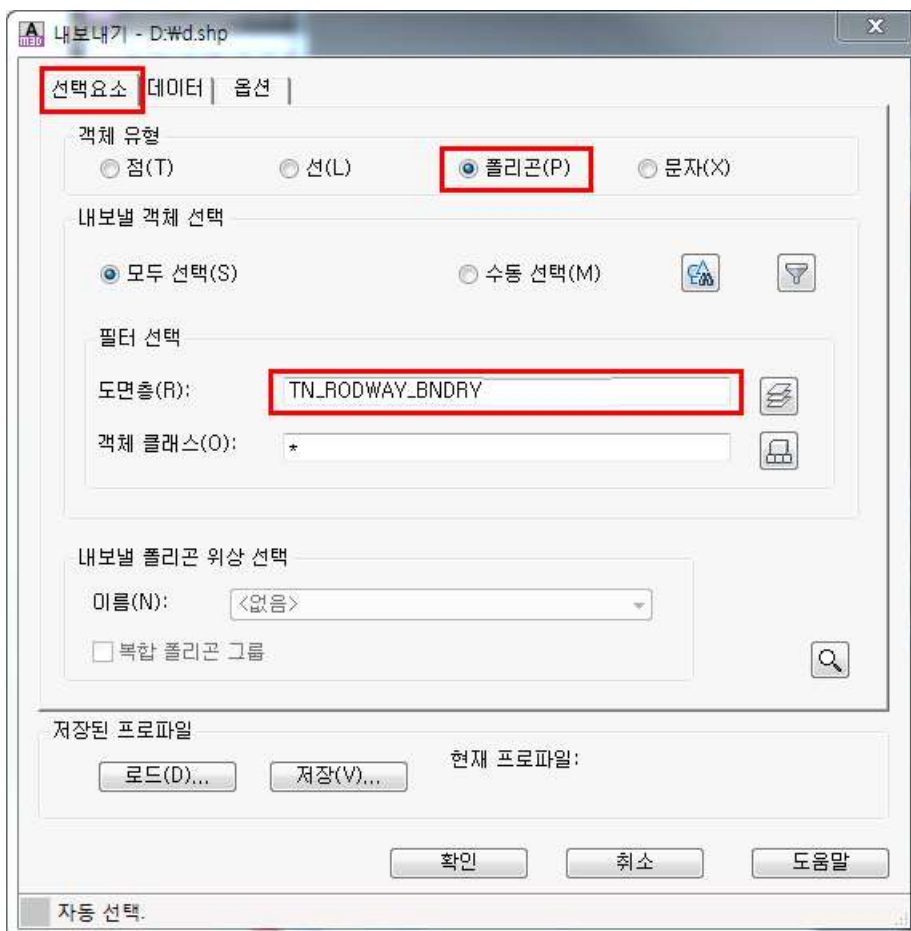


[그림 22] 시설물 정점편집

## 2.6. 면형변환

- 3D폴리라인 형태의 객체를 3D면형 SHP포맷으로 추출한다.

- 1) 작업한 AutoCad창에서 명령어 mapexport 입력 후 저장경로 지정
- 2) 객체유형 폴리곤 체크, 필터선택 도면층 차도경계면을 선택하여 내보낸다.

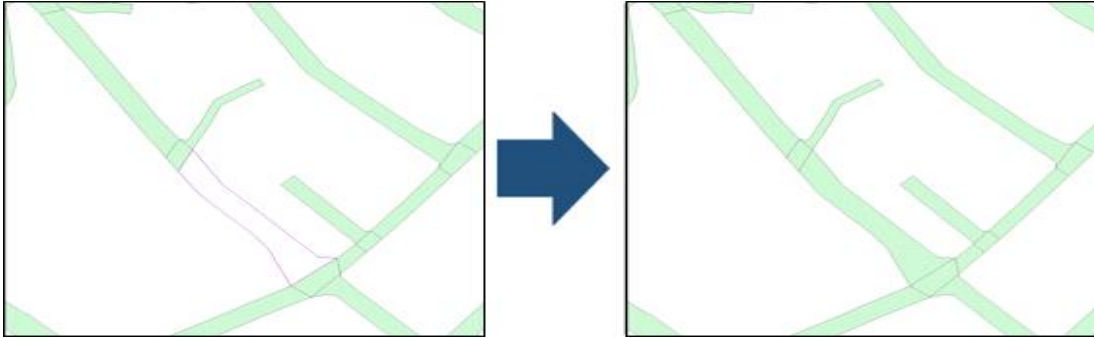


[그림 23] mapexport 선택요소 설정



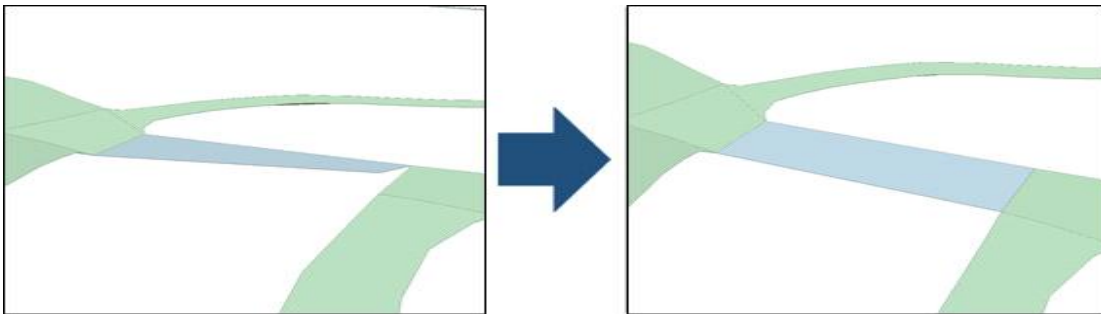
## 2.7. 검수 및 오류 수정

- 추출된 객체와 원본 3D Polyline의 객체수를 확인하여 이상이 있을 경우 공간중첩을 통해 변환되지 않은 객체를 수정한다.



[그림 24] 면형변환여부 검사

- 변환한 파일이 3D상에서 면형교통시설의 높이가 적절한지 확인한다.

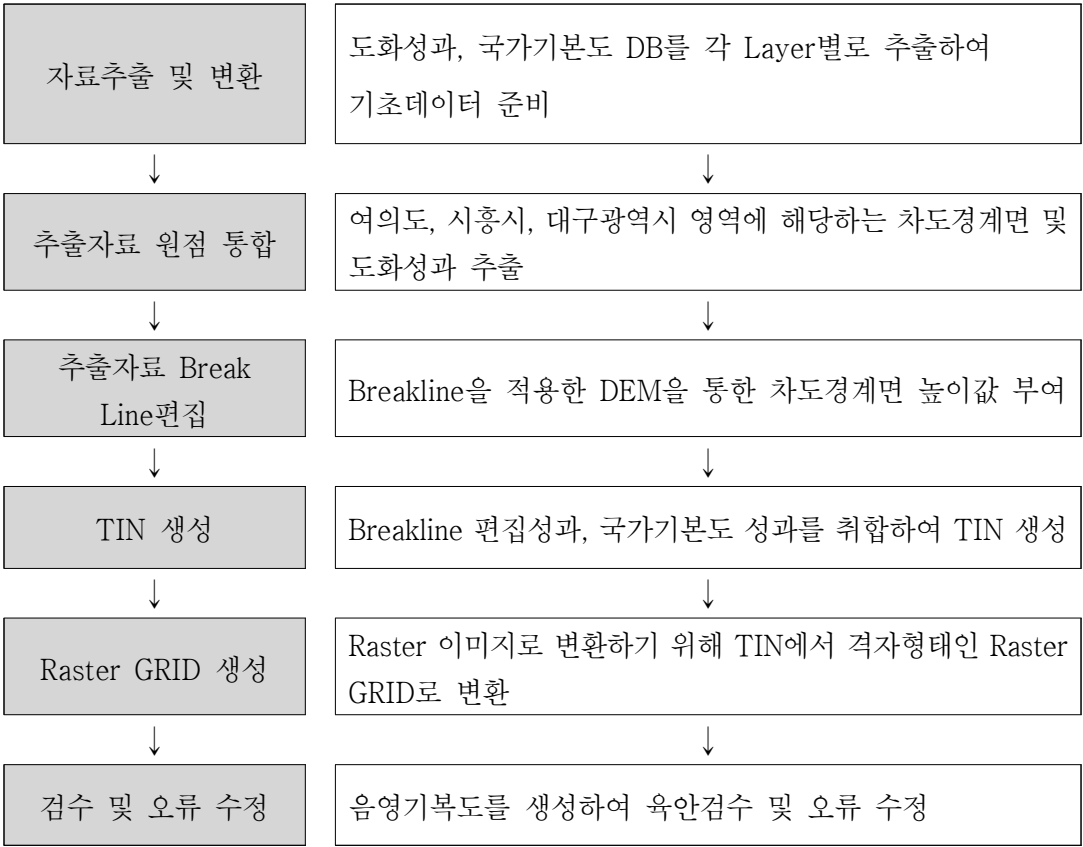


[그림 25] 시설물 정점 불부합 여부 검사

3. DEM 구축

3.1. DEM 구축 작업흐름도

[표 5] DEM 구축 작업 흐름도



3.2. 자료추출 및 변환

● 국가기본도 추출 LAYER

[표 6] 국가기본도 추출 Layer

추출 레이어	레이어명
등고	TN_CTRLN
표고점	TN_ALPT
해안선	TN_SHORLINE
면형교통시설	TN_ARRFC
차도경계면	TN_RODWAY_BNDRY
하천경계	TN_RIVER_BNDRY
호소	TN_LKMH

● 도화성과 추출 LAYER

[표 7] 도화성과 추출 Layer

추출 레이어	레이어명
도로	A0013110, A0013111, A0013112, A0013113, A0013114, A0013115, A0013116, A0013117, A0013118, A0013140, A0013145
경지계	D0015112, D0025111
하천	E0032111, E0052114
옹벽	F0037221, F0037222, F0037223, F0037224, F0037225
제방	C0052211, C0052212, C0052213, C0052214, C0052215

1) DEM 구축 영역 추출

- 수집한 성과를 생성할 DEM의 영역에 맞게 클립한다.

2) 좌표변환

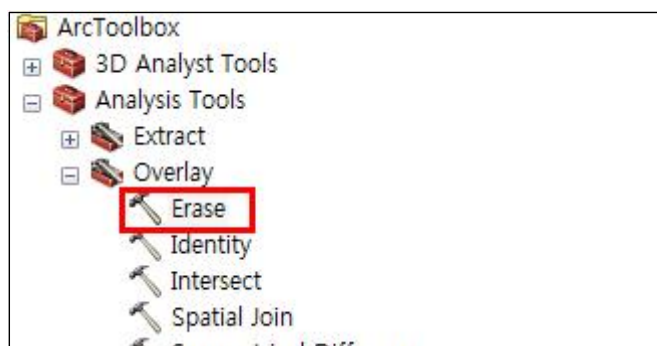
- 국가기본도DB는 국가기본도DB는 좌표계가 UTM-K이고 도화성과는 TM중부, TM서부, TM동부로 되어있기 때문에 추출자료를 하나로 통합하기 위해서는 좌표변환이 필요하므로 좌표를 TM중부로 통일 시켜준다.

### 3.3. Break Line 편집

● 등고선 편집

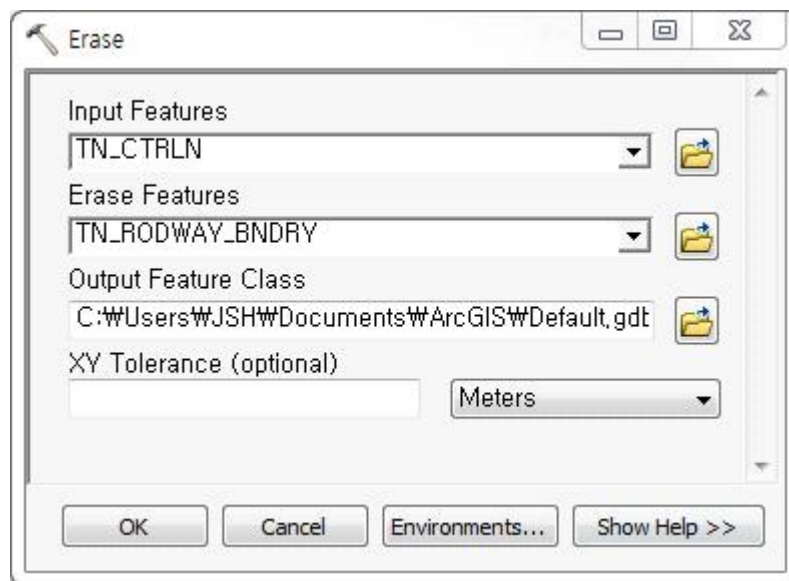
- 도로라인 위를 지나는 등고선을 제거하는 작업이다.

1) ArcMap프로그램의 Toolbox에서 Analysis Tools-Overlay-Erase



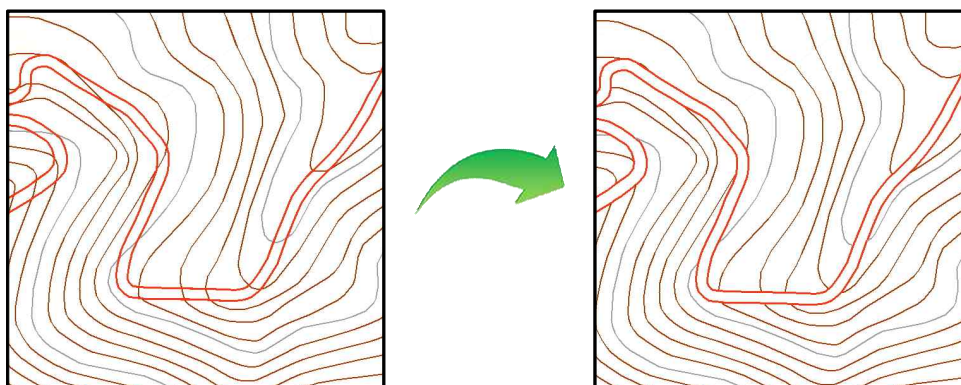
[그림 26] Erase Tool

2) Input에 등고선 Layer를 넣고 Erase Features에 차도경계면 Layer를 넣은 후 Output Feature Class에 파일 저장 경로 지정 후 OK클릭



[그림 27] 도로 위 등고 삭제

※ 터널안의 도로까지 등고선이 제거되면 자연적인 지형표현이 되지 않으므로 터널 안 도로는 미리 삭제작업이 필요



[그림 28] 등고선 편집 전/후 비교

## ● 도로라인 편집

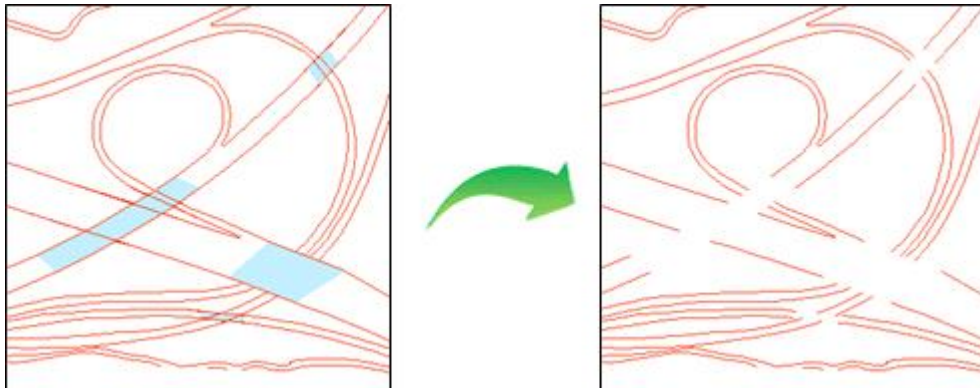
- 입체도로에 해당하는 도로는 등고선의 높이가 자연스럽게 표현되어 실제 지면의 형상과 높이가 반영 될 수 있도록 IC, 고가 등의 도로를 끊어준 후 삭제 처리하는 작업이다.

1) 국가기본도DB의 TN\_ARRFC(면형교통시설)에서 입체속성을 가진 코드를 추출한다.

속성항목	속성항목 설명	코드구분	속성코드
ARRFCKD _SE	면형교통시설종류 구분	도로교	PRF002
		보행교	PRF003
		철도교	PRF004
		도로보행교	PRF005
		도로철도교	PRF006
		철도보행교	PRF007
		생태교	PRF008
		도로터널	PRF009
		공용터널	PRF010
		철도터널	PRF011
		지하보도	PRF012
		육교	PRF013
		횡단보도	PRF014
		고가차도	PRF015
		지하차도	PRF016
		인터체인지	PRF017

[표 8] 국가기본도DB 면형교통시설 중 입체 속성 코드

2) 면형교통시설 중 입체 속성 코드 데이터만 추출하여 도로의 입체구간을 제거한다.

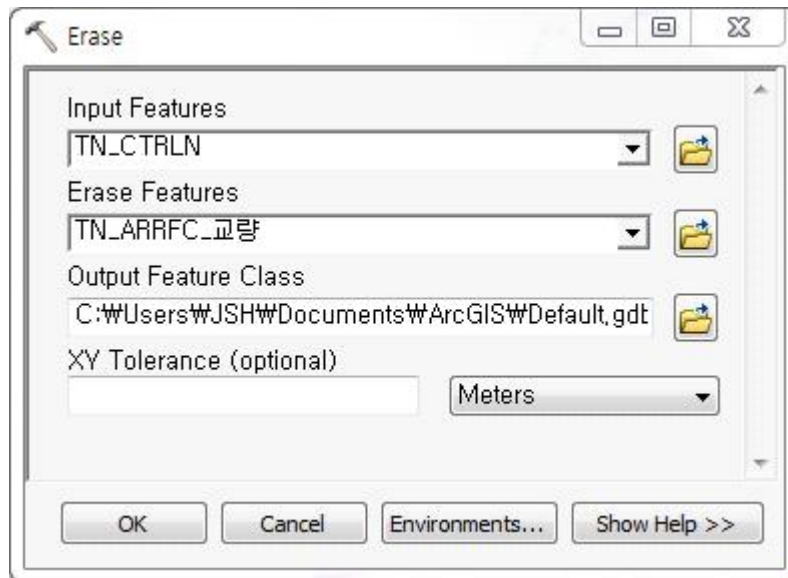


[그림 29] 입체고가도로 편집 전/후 비교

## ● 교량 편집

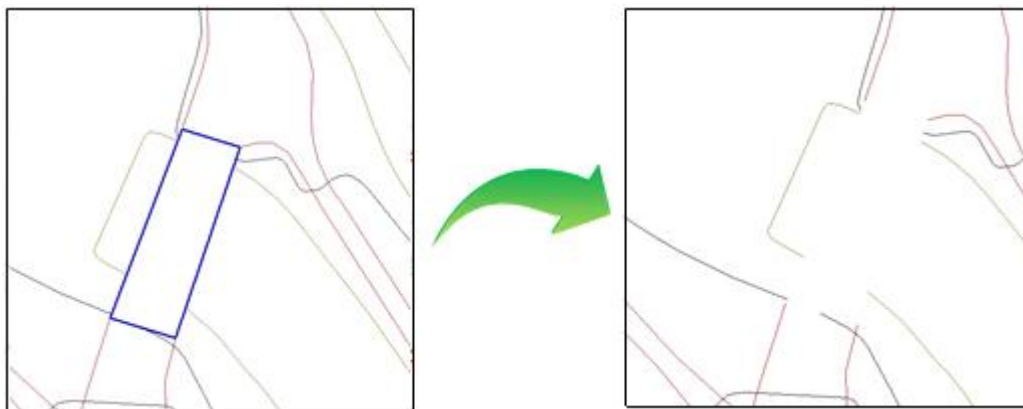
- 교량 위의 등고선, 표고를 삭제하는 작업

- 1) ArcMap프로그램의 Toolbox에서 Analysis Tools-Overlay-Erase툴을 사용한다.
- 2) Input Features에 등고선, Erase Features에 교량을 넣고 경로지정 후 OK를 클릭한다.



[그림 30] 교량 위 등고선 삭제

※ 교량위에 있는 표고점의 경우도 동일하게 진행한다.

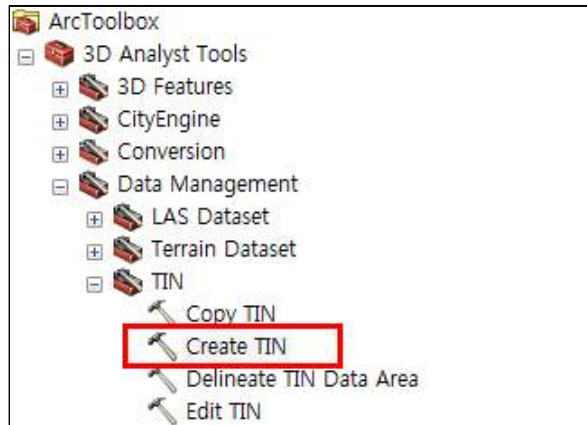


[그림 31] 하천 교량 편집 전/후 비교

### 3.4. TIN 생성

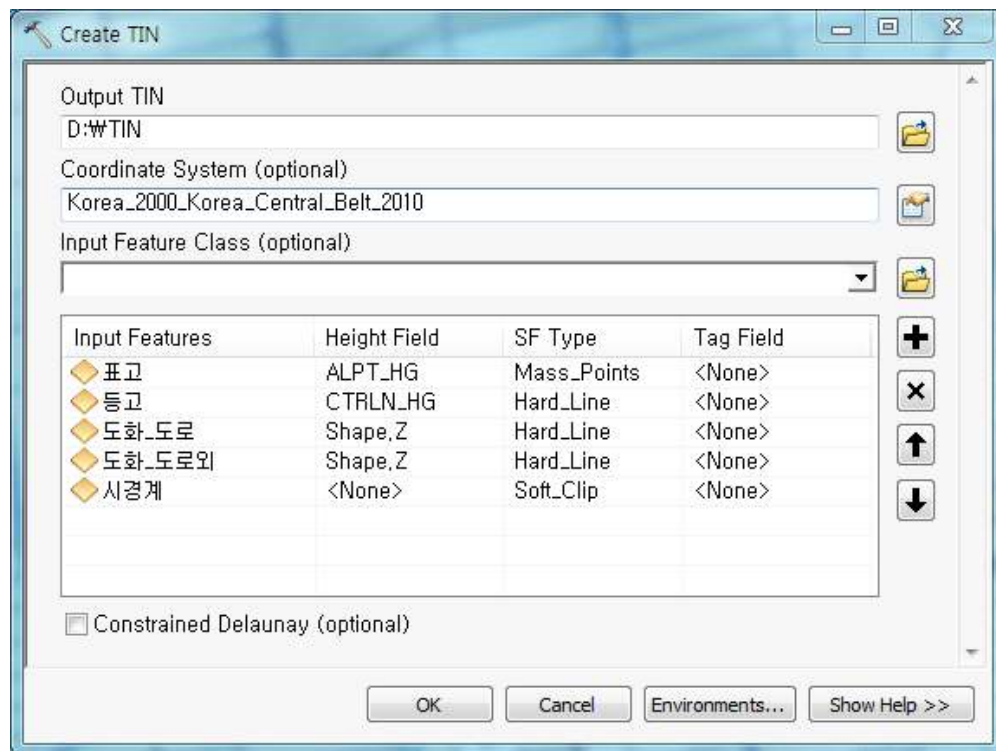
- Break Line 편집을 완료한 성과를 취합하여 TIN을 생성한다.

1) ArcMap-3D Analyst Tools-Data Management-TIN-Create TIN을 실행한다.



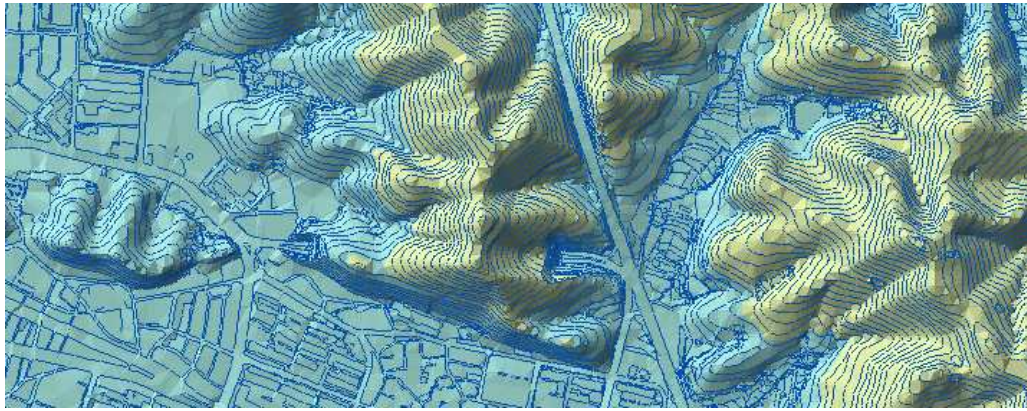
[그림 32] Create TIN

2) Output TIN에 경로 지정 후 편집한 성과를 Input Features에 넣어준다.



[그림 33] Create TIN 설정



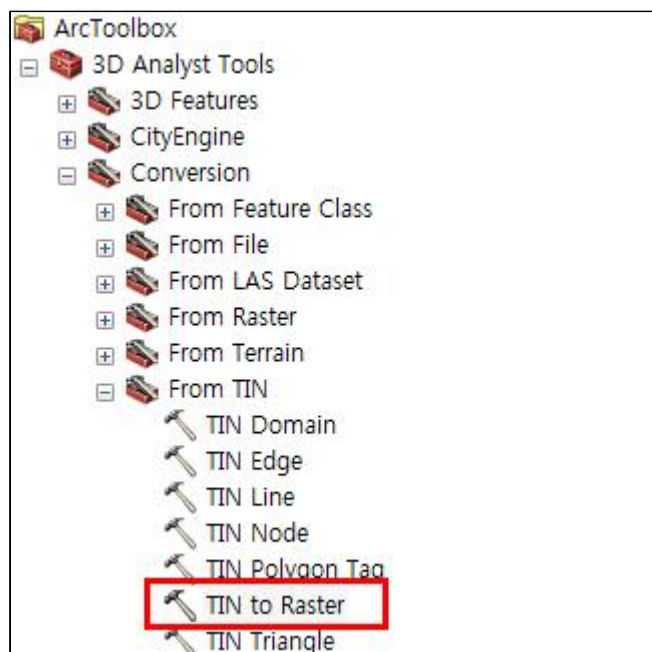


[그림 34] 생성된 TIN

### 3.5. GRID 변환

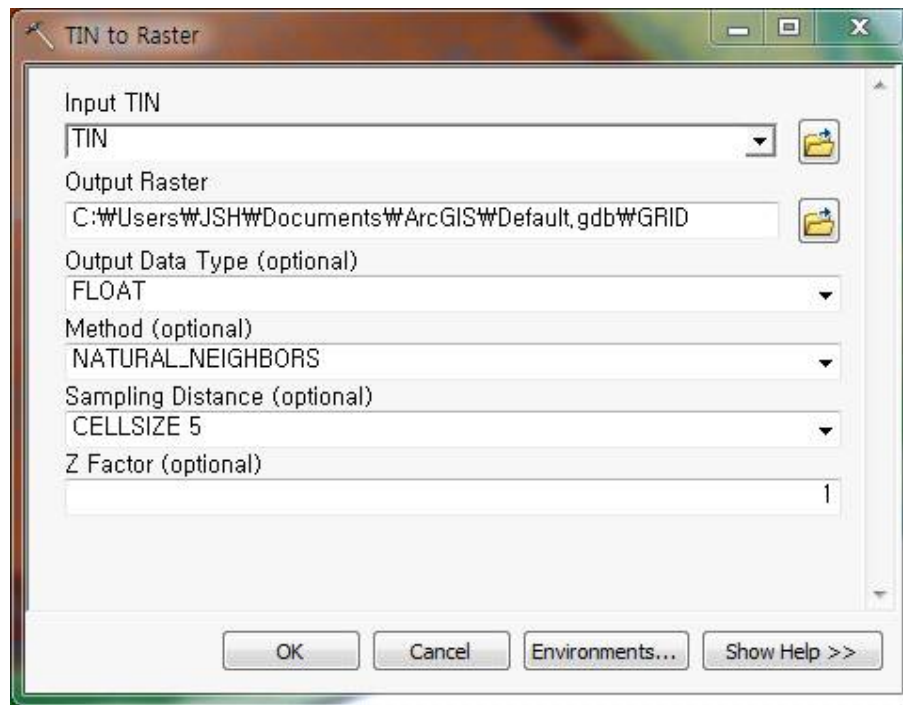
- 생성한 TIN을 지형데이터로 활용하기 위한 Raster로 변환하는 작업

#### 1) ArcMap-3D Analyst Tools-Conversion-TIN to Raster 실행



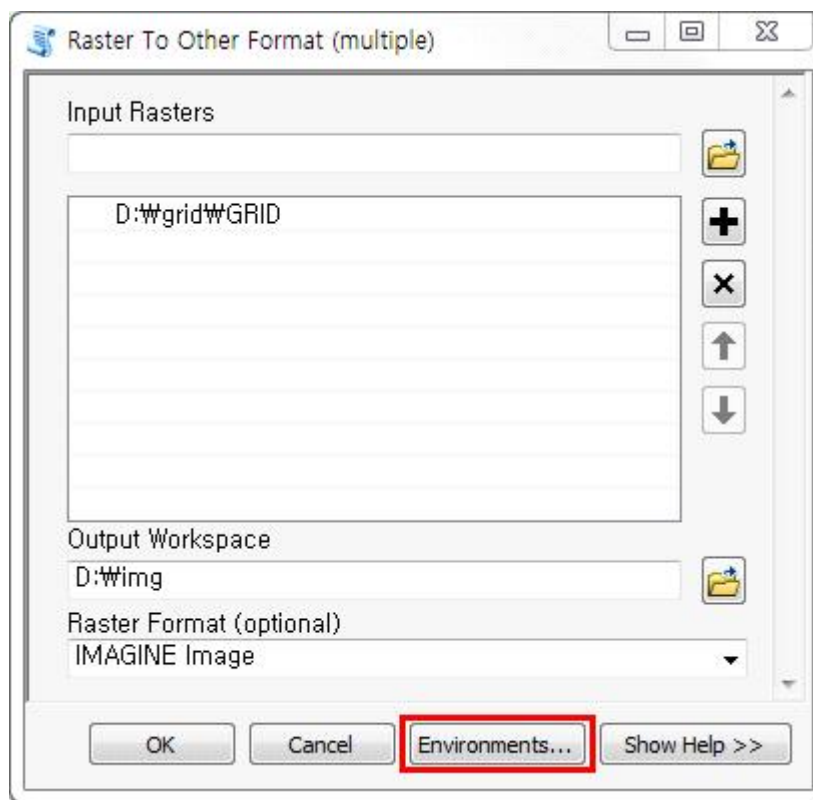
[그림 35] TIN to Raster

2) Input TIN에 생성한 TIN을 넣고 Output Raster에 GRID 저장경로 설정, Output Data Type는 FLOAT, Method 는 NATURAL\_NEIGHBORS, Sampling Distance는 CELLSIZE 5로 설정 후 OK를 클릭한다.



[그림 36] GRID 변환

3) 변환한 GRID는 폴더형태의 데이터셋 형태이므로 활용하기 위해서는 IMG포맷으로 변환이 필요하다.

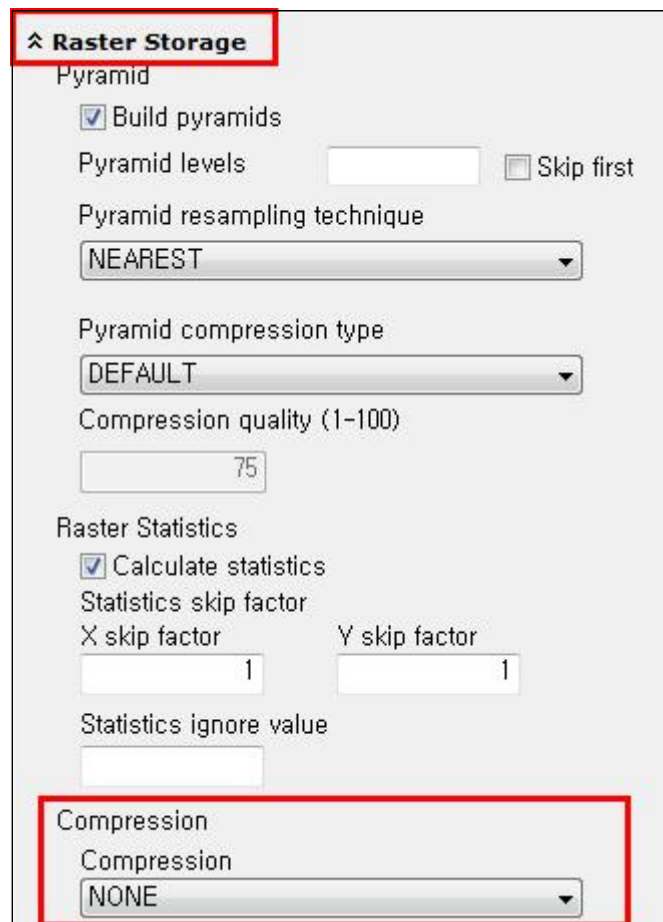


[그림 37] IMG 변환

- ArcMap-Conversion Tools-To Raster-Raster To Other Format실행 후 생성한

GRID를 Input Rasters에 로드시키고 Output Workspace에 변환할 파일 경로를 지정 한 후 Raster Format은 IMAGINE Image로 선택한 한 후 하단 세 번째 아이콘 의 Environments...를 클릭해 준다.

4) Raster Storage 메뉴에서 Compression을 NONE으로 변경 후 OK를 클릭하여 IMG포맷으 로 변환을 완료한다.



[그림 38] Raster 환경설정

### 3.6. 검수 및 오류 수정

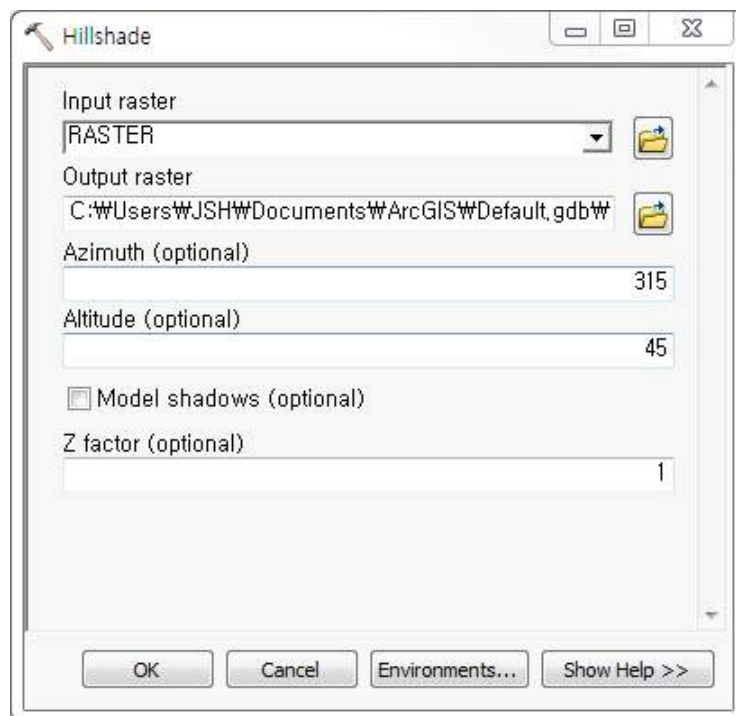
- 음영기복도 검수

1) Spatial Analyst Tools - Surface - Hillshade 툴을 이용하여 음영기복도를 생성한다.



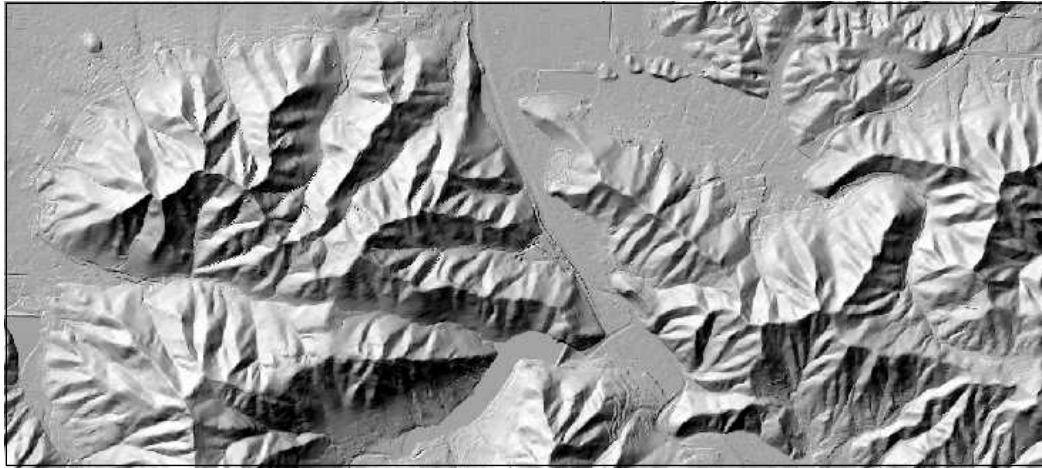
[그림 39] Hillshade Tool

2) Input Raster에 DEM을 넣고 Output Raster에 음영기복도 저장경로를 설정한다.



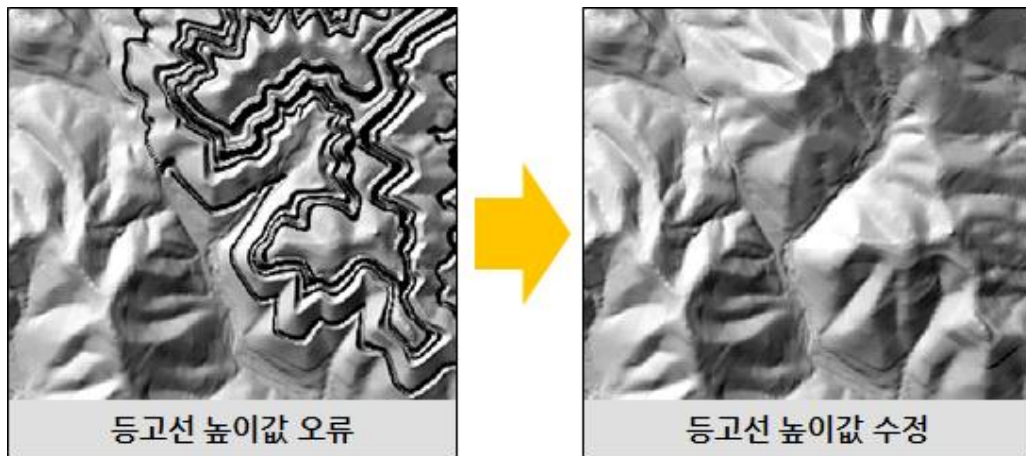
[그림 40] 음영기복도 제작

3) 생성된 음영기복도는 육안 검수를 통해 오류를 검출하여 수정한 성과로 DEM을 다시 제작한다.



[그림 41] 음영기복도 생성

- 등고선 높이 값의 오류 검출 및 수정

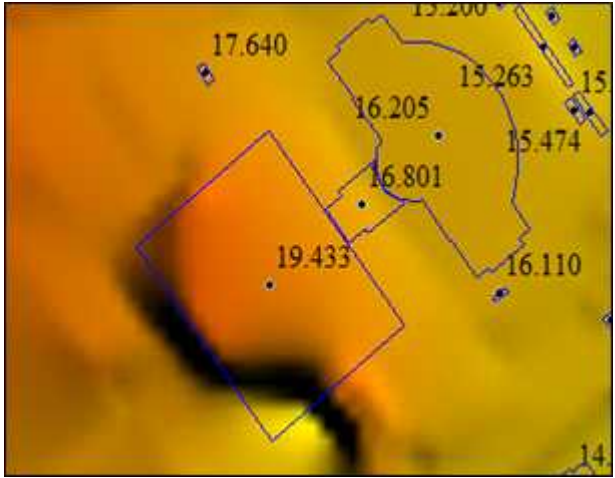


[그림 42] 등고선 수정 전후



### 3.7. 건물평탄화 DEM 제작

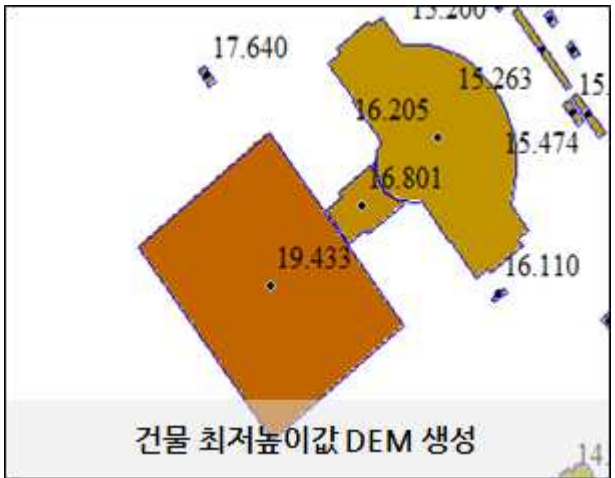
1) 국가기본도DB의 건물성과를 건물내부중심점(Point)으로 변환한다.



[그림 43] 건물 내부중심점 변환

2) 건물내부중심점 위치의 Breakline DEM의 높이 값을 추출하여 국가기본도 건물DB에 입력한다.

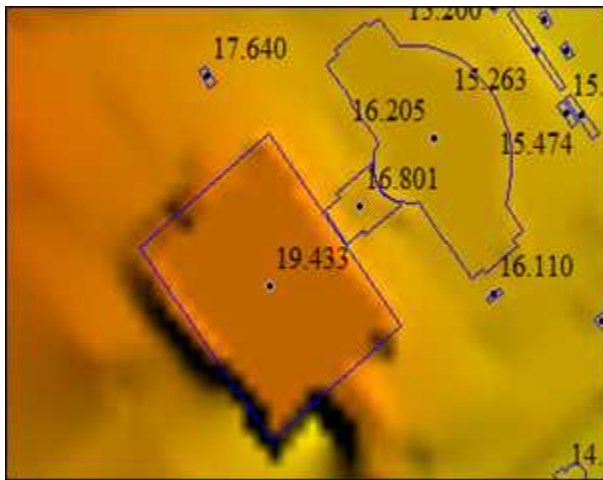
3) 건물DB에 입력된 DEM높이 값으로 건물 DEM을 생성한다.



[그림 44] 건물 DEM 생성

4) 제작한 건물 하단 DEM과 Breakline DEM을 융합하기 위해 두 DEM을 로드하고 하단에는 Breakline DEM, 상단에는 건물 DEM을 배치하여 Breakline DEM 위에 건물DEM이 겹쳐지도록 배치한다.

5) 겹쳐진 데이터를 IMG파일로 내보내면 융합이 완료된다.



[그림 45] 시설물 평탄화 완료





## 3차원 공간데이터 제작

－ 품질관리 매뉴얼 －



## <목차>

1. 3차원 데이터 구축 품질관리 개요 및 사양 .....	1
1.1 3차원 데이터 구축 품질관리 개요 .....	1
1.2 품질관리 절차 .....	1
1.3 3차원 데이터 구축 품질관리 일반사항 .....	2
2. 품질측정 기준 및 판정 .....	3
2.1 품질측정 총괄 .....	3
2.2 품질측정 기준 .....	4
2.3 품질평가 수준 및 판정 .....	4
3. 오류의 유형 분석 및 수정 .....	5
3.1 도화 성과에서 추출된 객체의 오류 형태 분석 및 수정 .....	5
3.2 국가기본도에서 추출된 객체의 오류 형태 분석 및 수정 .....	4-1
3.3 LOD2 제작을 위한 도화 .....	5



## 1. 3차원 데이터 구축 품질관리 개요 및 사양

### 1.1. 3차원 데이터 구축 품질관리 개요

3차원 데이터 품질 매뉴얼은 3차원 건물·도로 작업 규칙(안)을 기반으로 세부 수정방법에 대한 각 품질 요소별 오류설명, 예시, 수정방안을 이해하기 쉬운 품질 수정방법으로 명시하여, 표준화되고 지속적 데이터 품질을 확보 할 수 있도록 하는데 목적이 있다. 또한, 3차원 데이터 구축의 기반 데이터로 사용되는 도화 성과, 국가기본도의 오류 원인을 설명하고, 구체적인 수정 방안을 제시하며, 수정된 결과 값을 누구나 쉽게 이해 할 수 있도록 제작하여 차 후 구축되는 3차원 데이터의 생산성을 높이고, 품질 향상을 유도한다.



### 1.2. 품질관리 절차

품질목표 활동에 대한 계획을 수립하고 도출된 품질 특성에 대하여 측정 가능한 품질 목표를 설정하여 품질 목표를 달성하기 위한 적절한 품질관리 활동을 정의하여 품질 활동 별 상세계획을 수립하며 이를 바탕으로 프로젝트 팀에게 품질활동에 대한 오리엔테이션을 실시한다,



### 1.3. 3차원 데이터 구축 품질관리 일반사항

#### ● 오류 검출 범위

	사 양	비 고
검출 범위	건물, 차도경계면, 면형도로시설 중 교량, 입체교차부	

#### ● 제공 자료의 속성 및 형태

	사 양	비 고
검사대상 자료	국가기본도, 도화 성과	
자료포맷	SHP, GDB, DWG	

#### ● 도화 묘사 및 수정 허용 오차

항공사진측량 작업규정 [국토지리정보원고시 제2012-1670호]에 의한 묘사 정확도는 평면 1.0~2.0m이며, 수직정확도는 표고점을 기준으로 0.5~1.0m로 표현된다.

도 화 축 척	표준편차			최대오차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1/500	0.1m	0.2m	0.1m	0.2m	0.4m	0.2m
1/1,000	0.2m	0.3m	0.15m	0.4m	0.6m	0.3m
1/5,000	1.0m	1.0m	0.5m	2.0m	2.0m	1.0m
1/10,000	2.0m	2.0m	1.0m	4.0m	3.0m	1.5m
1/25,000	5.0m	3.0m	1.5m	10.0m	5.0m	2.5m



## 2. 품질측정 기준 및 판정

### 2.1. 품질측정 총괄

오류 유형	검사대상	오류대상 기준 값
레이어 오류	모든 레이어의 객체	수치지도작성규칙내의 레이어표와 상이함
불필요 객체 오류	모든 객체	close가 되어있지 않은, 단락이 되어있는 객체
인접 오류	50K 단위 도곽에 접한 객체	일괄 join이 되지 않는 객체
중복 오류	모든 객체	같은 위치를 갖는 한개 이상의 객체
갱신 수정 오류	모든 객체	갱신객체와 기존객체가 겹쳐있음
겹침 오류	모든 객체	객체의 노드, 또는 선분이 다른 객체와 겹쳐 있음
높이값 오류	모든 객체	한 개 이상의 노드 값이 비정상적이거나 상이함
통합코드 미변환 오류	모든 객체	네 자리 구코드를 사용함
객체 단락 오류	모든 객체	면형 객체의 단락
시설물과 차도면의 불부합	시설물과 접하는 차도면	교량, 입체고가부와 차도면의 정점 불부합
면형 변환 오류	차도면과 시설물	polygon변환시 선형의 오류로 인한 면형누락
도화 누락 오류	LOD2제작을 위한 부속건물	LOD2제작을 위한 부속건물 도화묘사 누락
도화 정확도 오류	항공사진측량 작업규정	평면-1.0~2.0m, 수직정확도-표고점 기준으로 0.5~1.0m이상 오류
도화 묘사 불부합	기존 건물과 LOD2 구축 방법 도화 묘사	기존 건물객체와 LOD2구축을 위한 묘사간의 선형 및 점점 불부합

## 2.2. 품질측정 기준

오류 유형	측정방법	판정기준(%)	검수방법 (육안/전산)
레이어 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	전산
불필요 객체 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안 / 전산
인접 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안 / 전산
중복 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	전산
갱신 수정 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안 / 전산
겹침 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	전산
높이값 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안 / 전산
통합코드 미변환 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	전산
객체 단락 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	전산
시설물과 차도면의 불부합	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안 / 전산
면형 변환 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안
도화 누락 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안
도화 정확도 오류	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안
도화 묘사 불부합	$100 - (A/B) * 100$	95.0	육안 / 전산

※A :오류 건수 총합 B :전체 건수

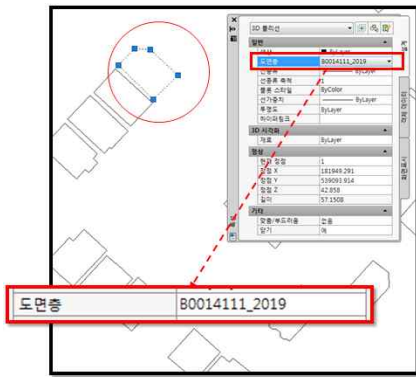
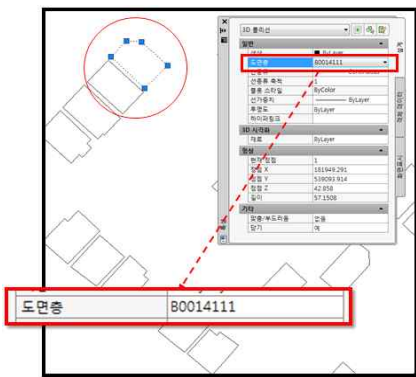
## 2.3. 품질평가 수준 및 판정

평가등급	판정기준	검수방법 (육안/전산)
우수	95.0% 이상	적합
미흡	95.0% 미만	부적합

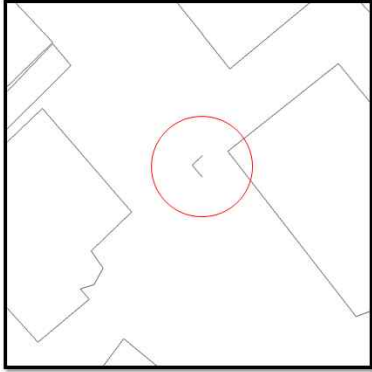
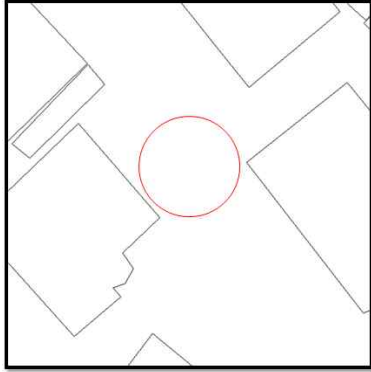
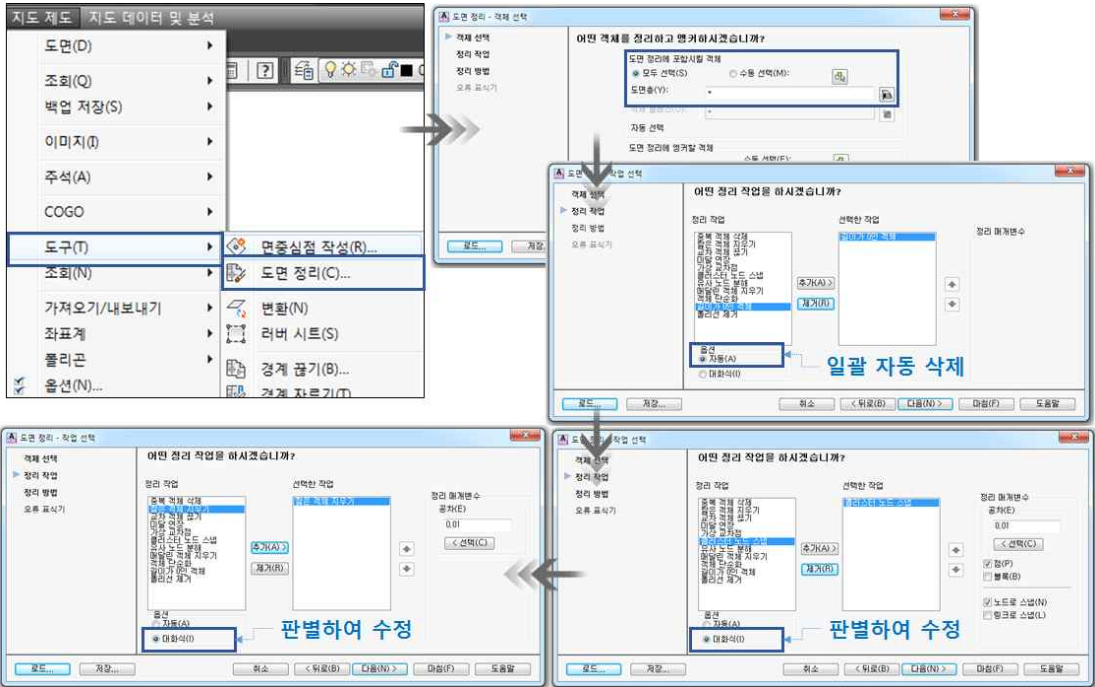
### 3. 오류의 유형 분석 및 수정

#### 3.1. 도화 성과에서 추출된 객체의 오류 형태 분석 및 수정

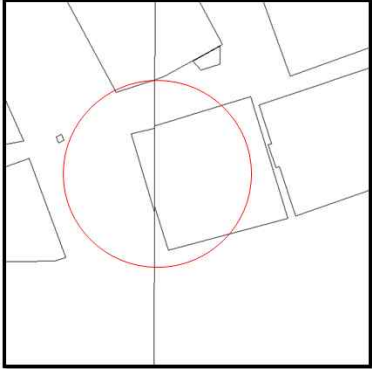
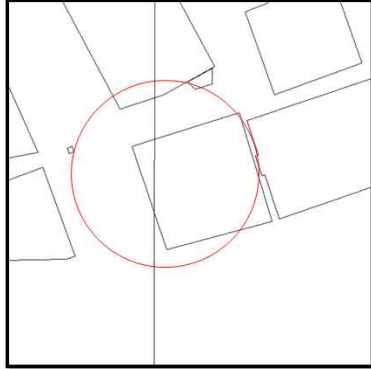
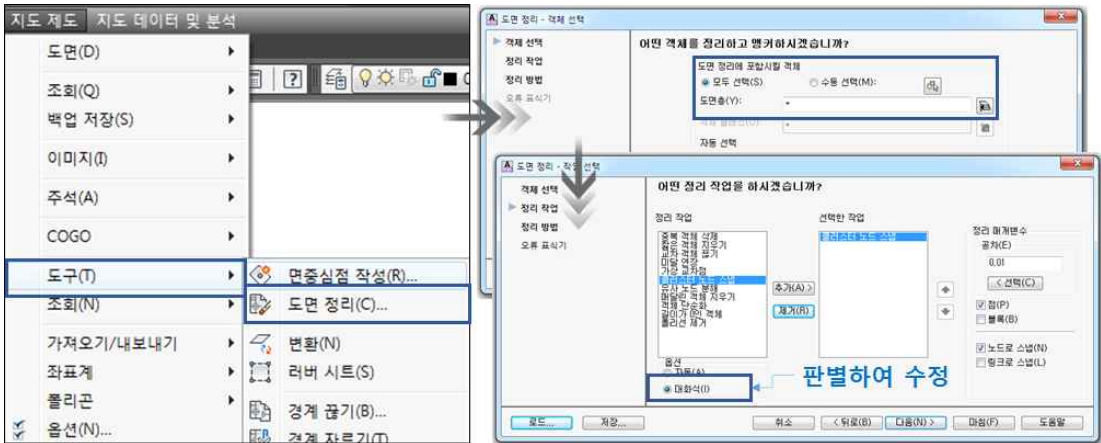
##### ● 레이어 오류

측정항목이름		레이어 오류	
오류 내용		오류 수정반영 후	
			
오류 내용 및 설명			
<ul style="list-style-type: none"><li>수치지도작성규칙 내의 레이어표에 정의되어 있지 않은 레이어 사용으로 발생하는 오류</li><li>갱신 구축 시 수정 된 객체가 도화 성과에 반영되면서 국가기본도의 속성이 그대로 유지되어 발생하는 오류</li></ul>			
오류 추출 및 수정방법			
<p>수치지도작성규칙에 포함되지 않는 레이어를 추출하여 규칙에 맞는 레이어로 수정하고 정기 수정 객체와 구분할 땐 컬러로 구분하여 수정</p>			

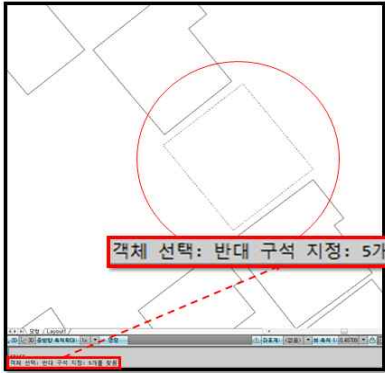
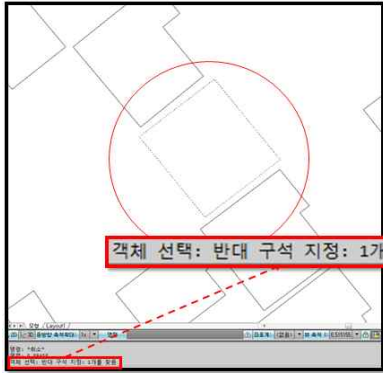
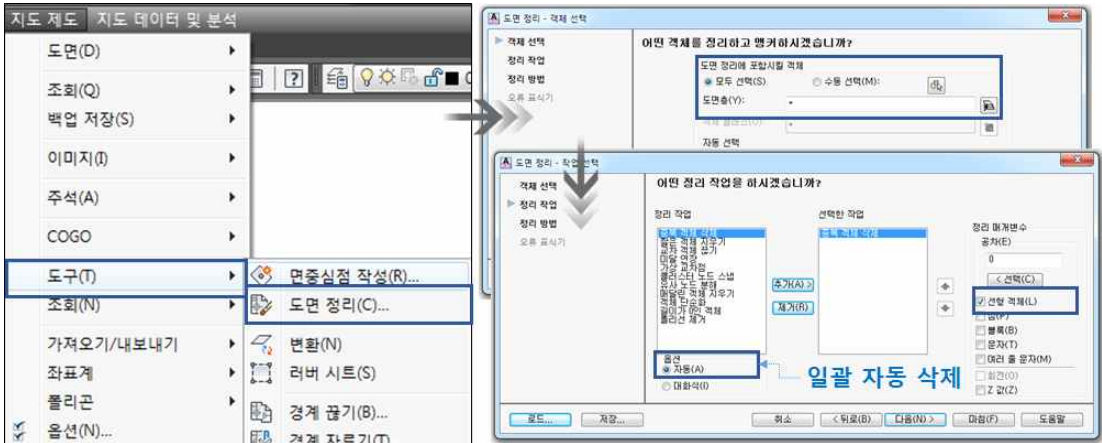
● 불필요 객체 오류

측정항목이름	불필요한 객체 오류
오류 내용	오류 수정반영 후
	
오류 내용 및 설명	
<ul style="list-style-type: none"> <li>갱신된 객체가 추가되면서 기존의 객체 수정 시 발생하는 오류</li> <li>길이가 0인 객체와 불필요한 단일의 짧은 객체</li> </ul>	
오류 추출 및 수정방법	
<ul style="list-style-type: none"> <li>노드가 개방되어있는 객체와 불필요하게 겹쳐진 객체를 추출</li> <li>drawing cleanup메뉴의 zero length objects, erase short objects 추출 후 판별 삭제(interactive)</li> </ul>	
	

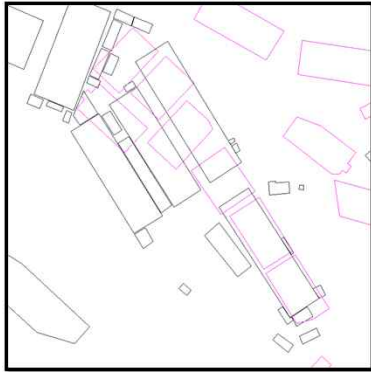
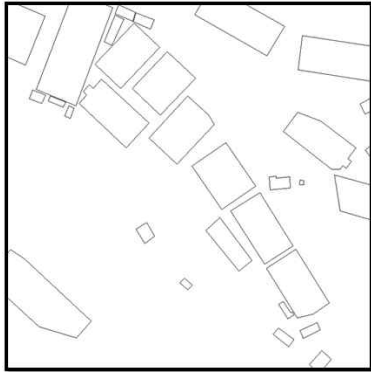
● 인접 오류

측정항목이름	인접 오류
오류 내용	오류 수정반영 후
	
오류 내용 및 설명	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도곽선의 인접한 부분의 노드 불부합</li> <li>• 한 객체의 형태가 도곽선을 기준으로 상이함</li> <li>• 도곽선을 기준으로 객체의 누락</li> <li>• 50K 단위 인접 오류</li> </ul>	
오류 추출 및 수정방법	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1차 육안으로 확인 후 수정</li> <li>• 도곽선의 인접한 객체의 끝점을 추출하여 도곽선에 끝점이 존재하는지 여부를 파악</li> </ul>	
	

● 중복객체 오류

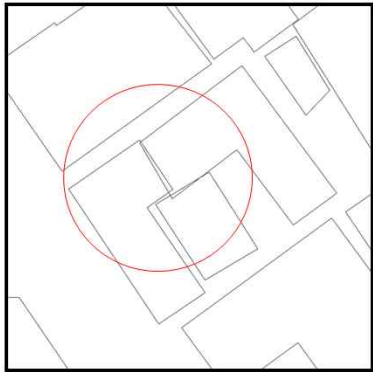
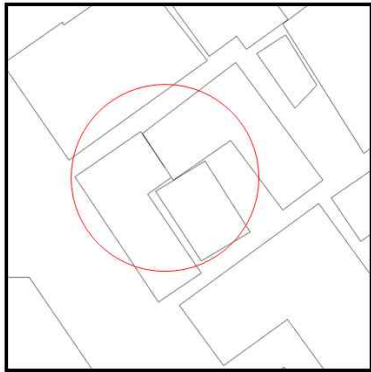
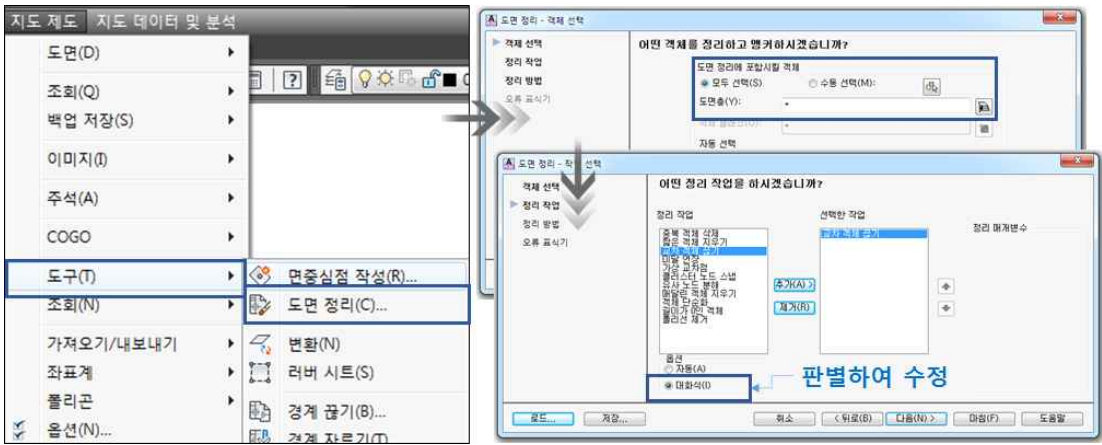
측정항목이름	중복 객체 오류
오류 내용	오류 수정반영 후
	
오류 내용 및 설명	
2개 이상의 객체가 동일 위치에 중복	
오류 추출 및 수정방법	
drawing cleanup메뉴의 delete duplicates 추출 후 일괄 삭제	
	

● 갱신수정 오류

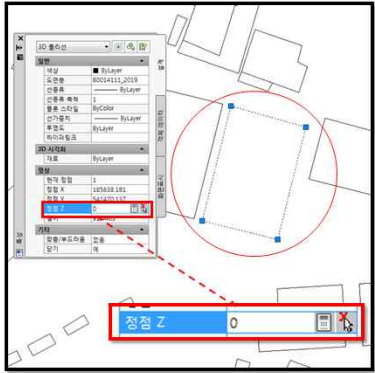
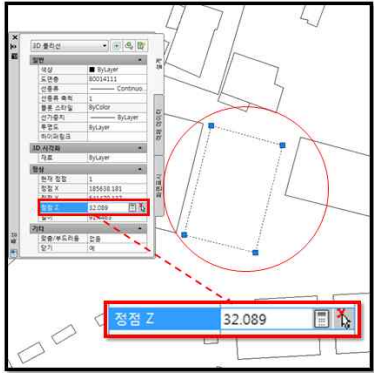
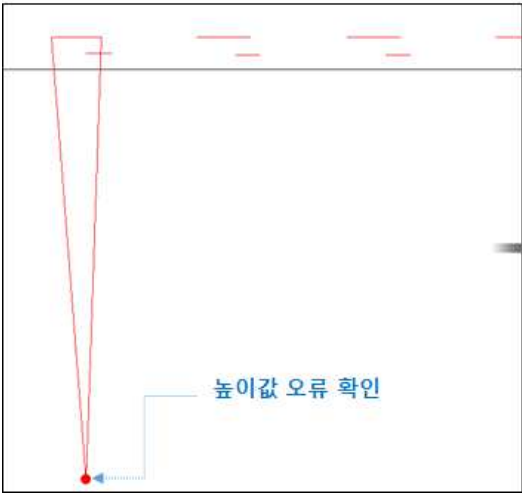
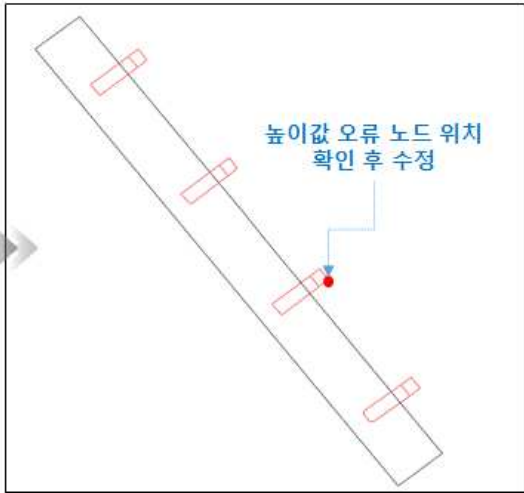
측정항목이름	갱신 수정 오류	
오류 내용	오류 수정반영 후	
		
오류 내용 및 설명		
수시 및 정시 갱신 된 객체와 기존 객체 상호간의 수정에서 발생		
오류 추출 및 수정방법		
갱신 된 객체와 기존 객체의 겹침 및 노드 불부합 육안 추출		



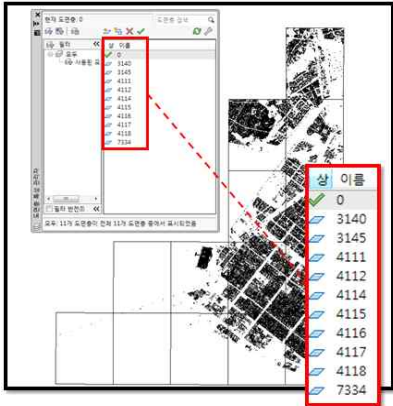
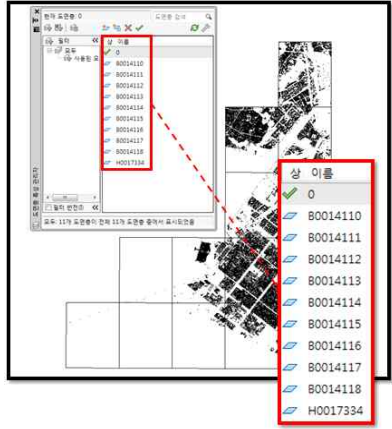
● 겹침 오류

측정항목이름	겹침 오류
오류 내용	오류 수정반영 후
	
오류 내용 및 설명	
도화 묘사시의 겹침, 근접 객체간의 고저차로 인한 겹침, 수정 편집 시 겹침 등으로 발생	
오류 추출 및 수정방법	
drawing cleanup메뉴의 break crossing object 추출 후 판별 수정 (interactive)	
	



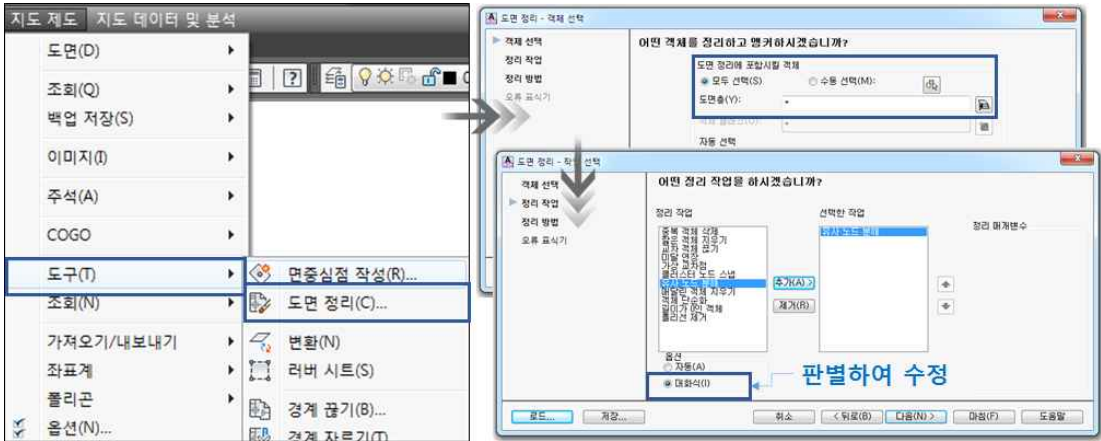
● 높이 값 오류

측정항목이름	높이값 오류
오류 내용	오류 수정반영 후
	
오류 내용 및 설명	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 객체의 높이값이 주변객체들과 상호적이지 않거나 모든 노드 값이 0일 경우</li> <li>• 객체를 구성하는 노드 중 한 개 이상이 근접한 노드와 상이할 경우</li> </ul>	
오류 추출 및 수정방법	
<p>도면의 횡단을 확인하여 상이한 높이값의 노드 및 객체 추출</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <div data-bbox="393 1265 682 1311" data-label="Caption">우측면도</div>  </div> <div style="text-align: center;"> <div data-bbox="967 1265 1256 1311" data-label="Caption">평면도</div>  </div> </div>	

● 통합코드 미변환 오류

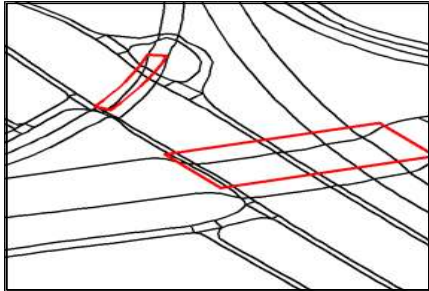
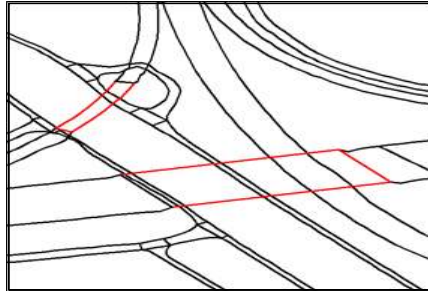
측정항목이름	통합코드 미변환 오류	
오류 내용	오류 수정반영 후	
		
오류 내용 및 설명		
<ul style="list-style-type: none"><li>• 수치지도지도 작성규칙 개정 이전의 레이어로 구축</li><li>• 구코드(4자리)로 구축 된 도화 성과에 통합코드 갱신을 반영하여 구축</li></ul>		
오류 추출 및 수정방법		
<p>구코드와 통합코드를 분류하고 구코드 객체를 추출해 통합코드로 매칭</p>		

● 객체 단락 오류

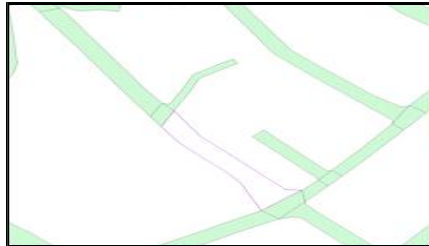
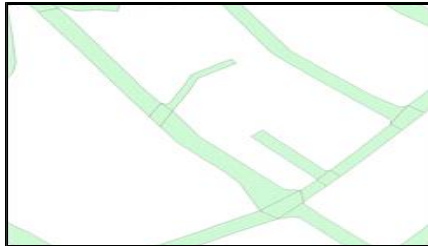
측정항목이름	객체 단락 오류
오류 내용	오류 수정반영 후
	
오류 내용 및 설명	
<ul style="list-style-type: none"> <li>도곽내의 객체가 단락된 형태</li> <li>도엽 내에서 폴리곤 형태의 객체가 단락이 되어 있는 형태의 오류. 좌표변환으로 인한 도엽의 재구성, 타축척의 결합 등의 원인으로 발생하는 오류</li> </ul>	
오류 추출 및 수정방법	
drawing cleanup메뉴의 dissolve pseudo node 추출 후 판별 수정 (interactive)	
	

### 3.2. 국가기본도에서 추출된 객체의 오류 형태 분석 및 수정

#### ● 시설물과 차도면의 불부합

측정항목이름	시설물과 차도면의 불부합	
오류 내용	오류 수정반영 후	
		
오류 내용 및 설명		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Polygon z로 작업된 차도경계면과 시설물과 정점 불부합</li></ul>		
오류 추출 및 수정방법		
<ul style="list-style-type: none"><li>• 높이값을 부여한 차도경계면을 dwg 형식으로 변환 후 시설물 정점 편집 수행</li><li>• 차도경계면의 정점을 snap을 이용해 교통시설에 맞춤으로써 차도경계의 높이와 정점 불부합 수정</li></ul>		

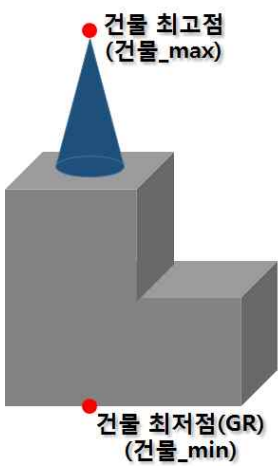
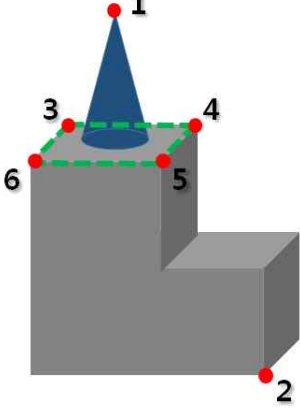
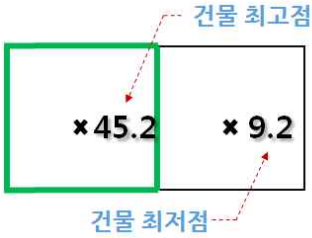
#### ● 면형 객체 누락

측정항목이름	면형 변환 오류	
오류 내용	오류 수정반영 후	
		
오류 내용 및 설명		
3D polyline형태의 객체를 추출 후 면형으로 변환 시 원본 3D Polyline의 객체수와 상이한 오류		
오류 추출 및 수정방법		
추출된 객체와 원본 3D Polyline의 객체수를 확인하여 이상이 있을 경우 공간중첩을 통해 변환되지 않은 객체 수정		

### 3.3. LOD2 제작을 위한 도화

#### 3.3.1. LOD2 구축 도화 묘사 방법

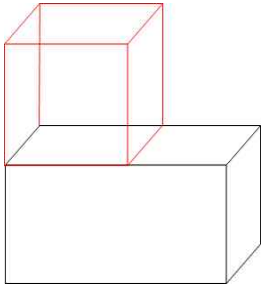
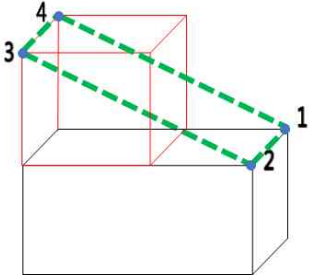
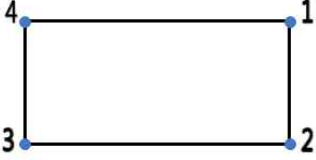
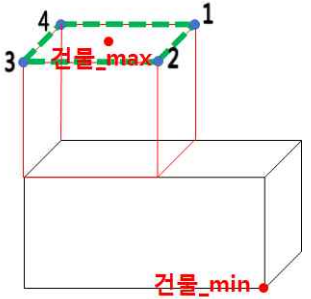
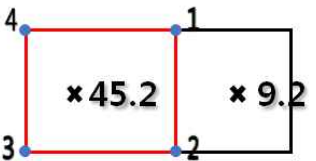
LOD2 구축방안에 정의된 레이어를 별도로 추가하여 부속건물과 지붕라인을 구분해 도화 묘사한다. 건물의 가장 높은 지점과 가장 낮은 지점을 관측하여 높이 값을 갖는 표고점(건물\_max/ 건물\_min)으로 입력하고, 기존 도화 객체를 베이스로 객체의 가장 낮은 노드의 값을 갖는 객체 형태를 제외한 부속건물, 지붕의 형상, 또는 건물 상단의 돌출부를 폴리곤으로 묘사한다.

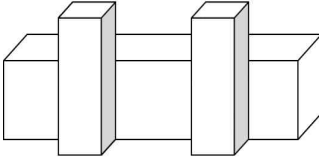
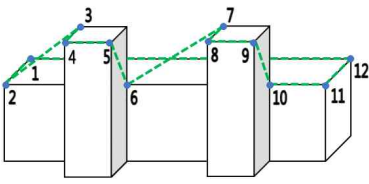
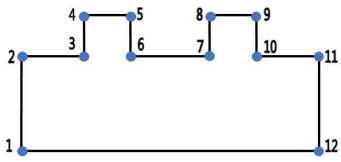
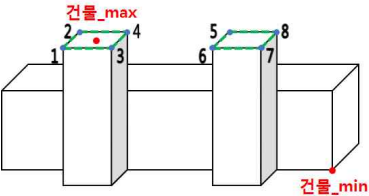
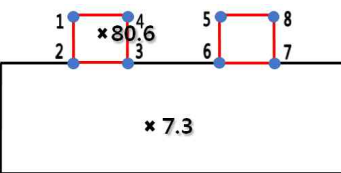
건물 유형	관측 순서	도화 묘사
	 <p>● 도화 관측점 ┌ LOD2 도화 관측선</p>	 <p>□ 도화 기존객체 ┌ LOD2 도화 묘사선</p>

기존 도화 객체의 레이어는 유지하되, 가장 낮은 노드값을 제외한 나머지의 추가 객체는 <도화\_건물부속>레이어를 사용하여 폴리곤으로 묘사하고, 아치 및 둥근모양의 지붕형태, 박공지붕형태 및 지붕의 높낮이로 형상이 달라지는 구간은 <도화\_지붕라인>레이어를 사용하여 3D PolyLine으로 묘사한다.

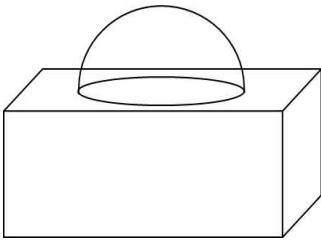
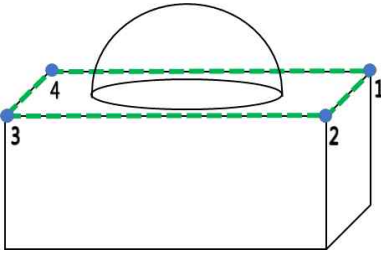
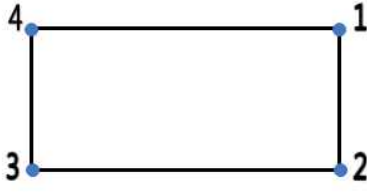
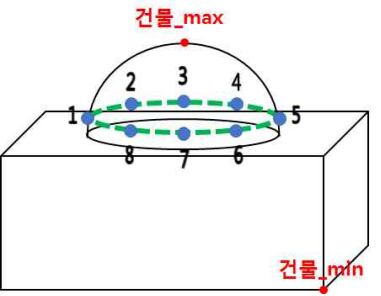
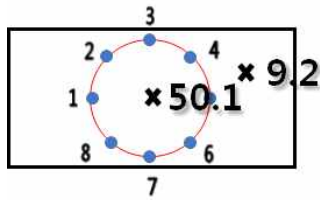
건물위에 부속건물과 지붕라인이 동시에 존재하는 경우엔 부속건물만 표현하며 여러 가지 형태 즉, 부속건물과 계단식의 형태 또는 부속건물과 돔지붕 등 복합적 형태로 이루어진 건물은 지붕라인의 추가 구획 없이 부속건물만 묘사한다.

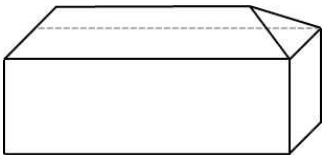
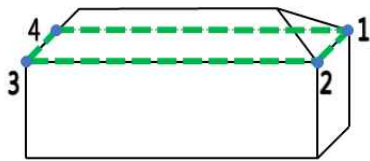
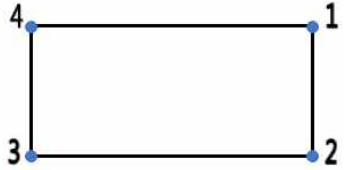
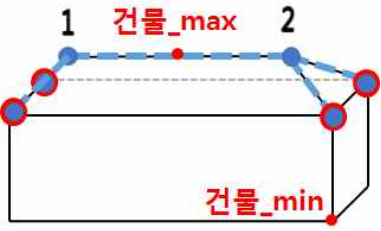
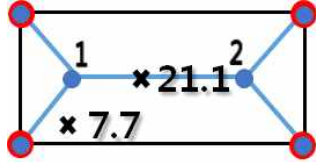
● 건물 유형별 묘사 방법

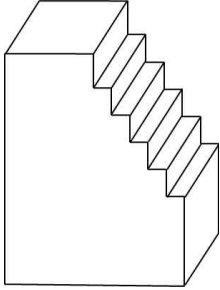
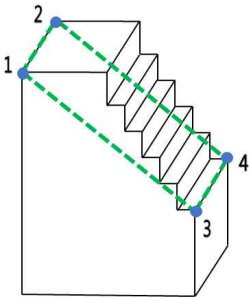
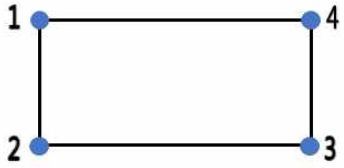
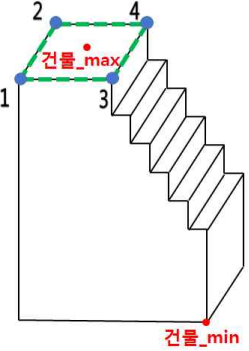
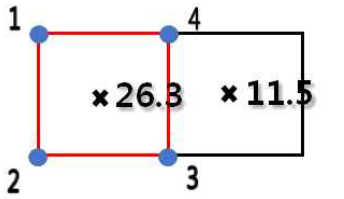
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>● +건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> </ul>		
	LOD2 구축 도화 관측 순서	LOD2 구축 도화 묘사
		

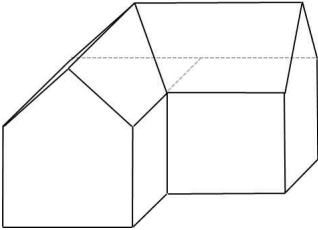
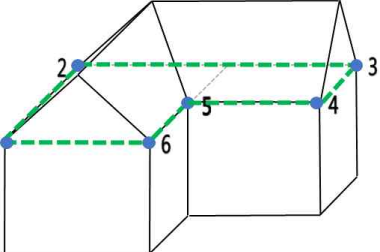
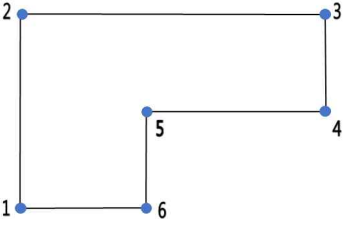
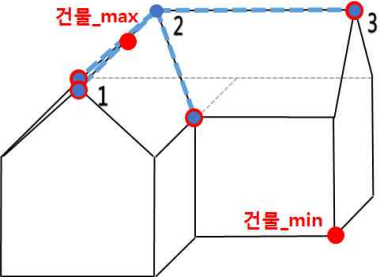
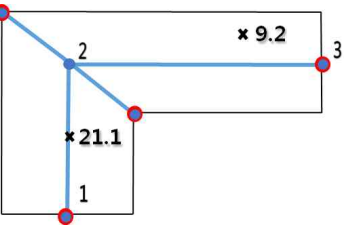
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>● +건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> </ul>		
	LOD2 구축 도화 관측 순서	LOD2 구축 도화 묘사
		

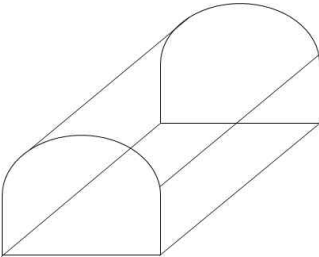
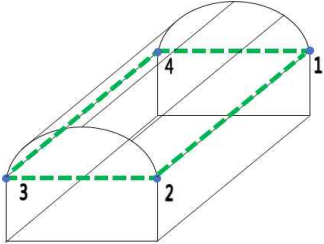
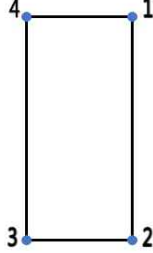
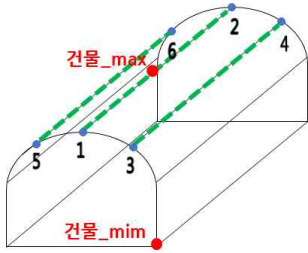
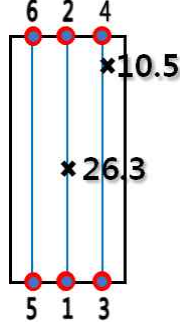


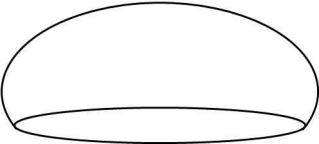
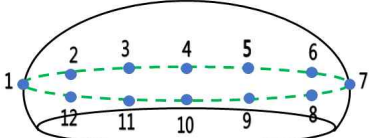
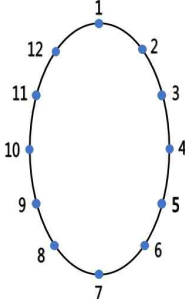
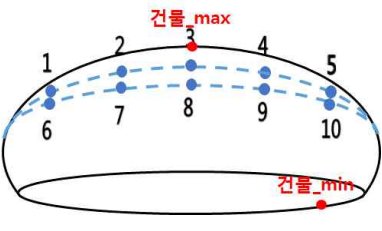
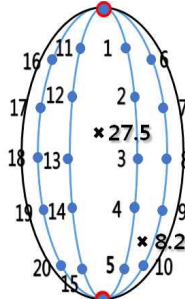
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>□ 기존객체 노드</li> <li>● + 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_관측선</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	LOD2 구축 도화 관측 순서 	LOD2 구축 도화 묘사 

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>□ 기존객체 노드</li> <li>● + 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_관측선</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>□ 도화_지붕라인</li> </ul>		
	LOD2 구축 도화 관측 순서 	LOD2 구축 도화 묘사 

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
		
	LOD2 구축 도화 관측 순서	LOD2 구축 도화 묘사
		

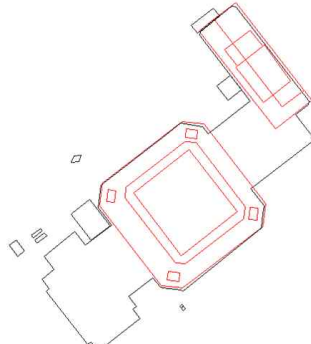
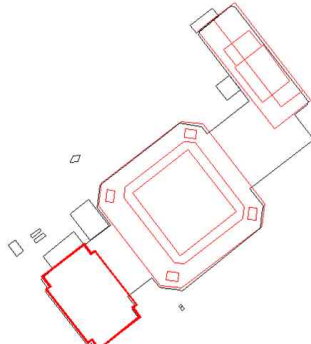
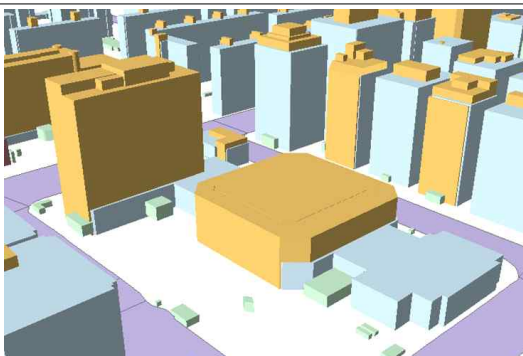
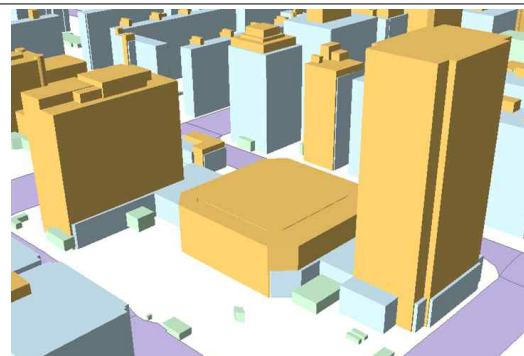
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
		
	LOD2 구축 도화 관측 순서	LOD2 구축 도화 묘사
		

건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>+ 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>— 도화_지붕라인</li> </ul>		
	LOD2 구축 도화 관측 순서 	LOD2 구축 도화 묘사 

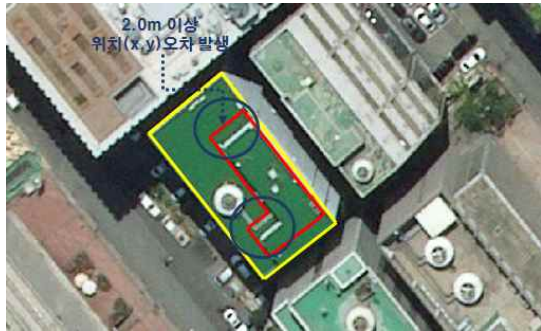
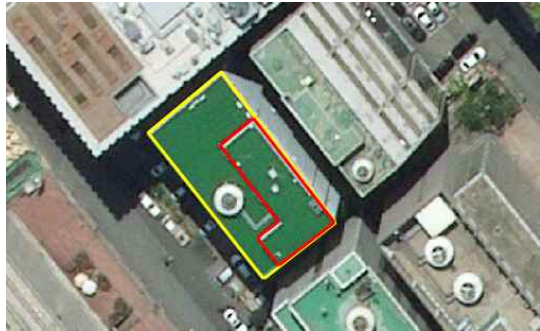
건물 유형	기존 도화 관측 순서	기존 도화 묘사
 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 도화 관측점</li> <li>● 기존객체 노드</li> <li>+ 건물부속 노드</li> <li>● 건물_max</li> <li>● 건물_min</li> <li>□ 도화_기존객체</li> <li>□ 도화_건물부속</li> <li>— 도화_지붕라인</li> </ul>		
	LOD2 구축 도화 관측 순서 	LOD2 구축 도화 묘사 

3.3.2. LOD2제작 도화 묘사 오류 및 수정

● 도화 누락 오류

측정항목이름		도화 누락 오류			
오류 내용		오류 수정반영 후			
					
					
오류 내용 및 설명					
도화 묘사가 누락된 오류					
수정방법					
3차원 가시화를 통해 도화 묘사 누락 육안 확인 후 도화 보완					

● 도화 정확도 오류

측정항목이름	도화 정확도 오류	
오류 내용	오류 수정반영 후	
		
오류 내용 및 설명		
<ul style="list-style-type: none"><li>• 항공사진측량 작업규정 [국토지리정보원고시 제2012-1670호]에 의한 묘사 정확도 오류</li><li>• 평면- 1.0~2.0m, 수직정확도-표고점을 기준으로 0.5~1.0m 이상 X,Y,Z 오차</li></ul>		
수정방법		
수지도화기로 육안 검수 후 재 묘사		

● 도화 묘사 불부합

측정항목이름	묘사 불부합	
오류 내용	오류 수정반영 후	
		
오류 내용 및 설명		
<ul style="list-style-type: none"> <li>본건물과 부속건물의 고저차로 인해 발생한 위치오류</li> <li>실제로는 동일선상에 있지만 건물간의 고저차로 발생한 영상의 기울기로 인해 생기는 오류</li> </ul>		
수정방법		
<ul style="list-style-type: none"> <li>후보정하여 본 건물과 부속건물의 노드를 결합한다.</li> </ul>		



# 3차원 공간데이터 제작

－ 활용가이드 －



국토교통부  
국토지리정보원





## <목차>

1. 3차원 공간데이터 개요 및 사양 .....	1
1.1 3차원 공간데이터 개요 .....	1
1.2 3차원 공간데이터의 사양 .....	2
2. 3차원 공간데이터 활용 .....	4
2.1 QGIS 활용 .....	4
2.2 ArcScene 활용 .....	7
2.3 3D City-GML 변환 .....	21



## 1. 3차원 공간데이터 개요 및 사양

### 1.1. 3차원 공간데이터의 개요

초연결·초지능 기술 사회 핵심정보로 3차원 공간정보의 중요성이 증가하는 가운데 건물입체모형은 4차 산업 시대의 핵심 인프라로서 인식되고 있으며, VR·AR, 스마트시티, 드론길, 바람길, 항공관제, 침수예측, 경관분석 등 다양한 분야에서 건물입체모형에 대한 요구가 증가되고 있습니다.

3차원 공간데이터는 국토지리정보원에서 제작된 국가기본도 DB와 항공측량 결과 높이정보를 융·복합하여 제작한 자료입니다.

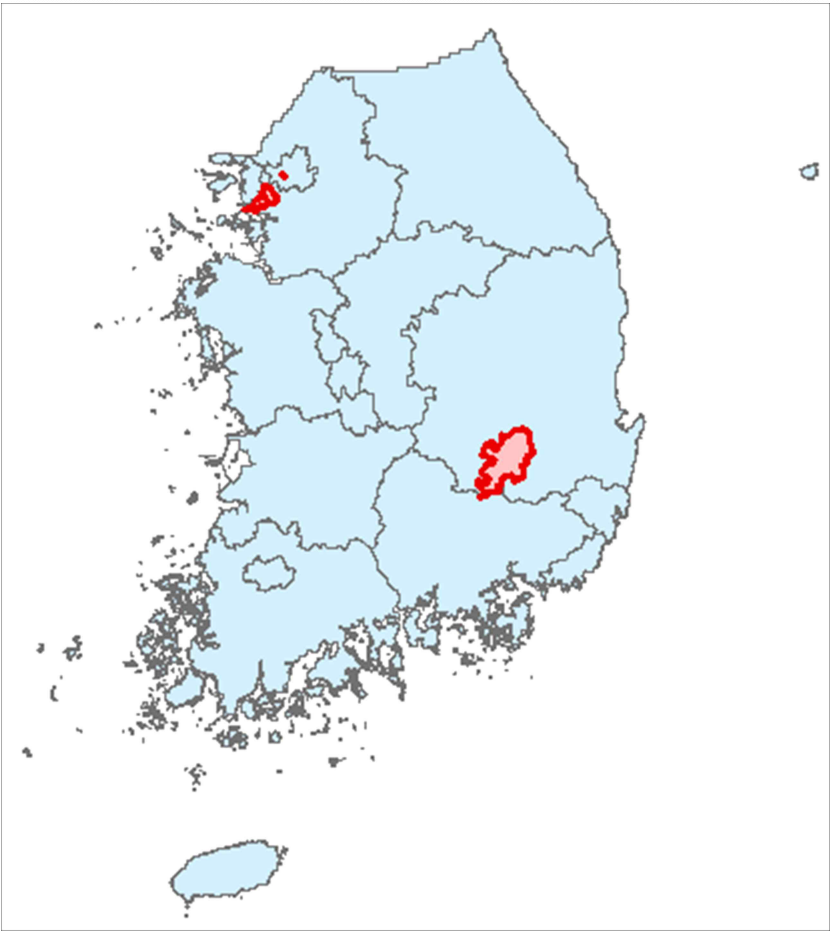
현재 국토지리정보원에서 제공하는 건물 3차원 공간정보의 구조는 2D 도형 포맷(SHP)에 높이 속성 값을 입력한 자료이며, 사용자는 QGIS, ArcScene 등 상용 소프트웨어를 통해 3차원 가시화하여 활용할 수 있습니다.

활용가이드에서는 상용소프트웨어를 통해 3차원 가시화하는 방법 소개와 국제표준인 3차원 교환 포맷 City-GML로 변환하는 방법을 소개하고 있습니다.

1.2. 3차원 공간데이터의 일반사양

● 공간적 범위

	사    양	비    고
대상지역	여의도, 시흥시, 대구광역시	
좌 표 계	Korea 2000 / Central Belt 2010	(EPSG:5186)



3차원 공간데이터 구축현황

● 제공자료의 속성 및 형태

	사 양			비 고
자료유형	POLYGON (면형)		RASTER (지형)	
자료포맷	SHP (건물, 도로)		IMG (지형)	
활용S/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ArcScene</li> <li>•QGIS</li> <li>•Global Mapper</li> </ul>			
제공단위	행정구역단위 (시·군·구)			
정 확 도	1/5,000 표준오차 범위			
자료용량	건물 508 MB	도로 230.3 MB	지형 435 MB	

## 2. 3차원 공간데이터 활용

### 2.1. QGIS 활용

- 무료 오픈 소스 지리정보 시스템 (QGIS : <https://qgis.org/ko/site/> )



여의도 건물 QGIS 3D 지도 뷰

건물 데이터에 입력된 건물의 최저 높이 값, 최대 높이 값을 이용하여 건물의 높이 값을 설정한 후 QGIS에서 건물의 하단값(최저 높이 값)과 돌출 값(건물의 높이 값)을 설정하여 3차원 형태로 확인 할 수 있다.

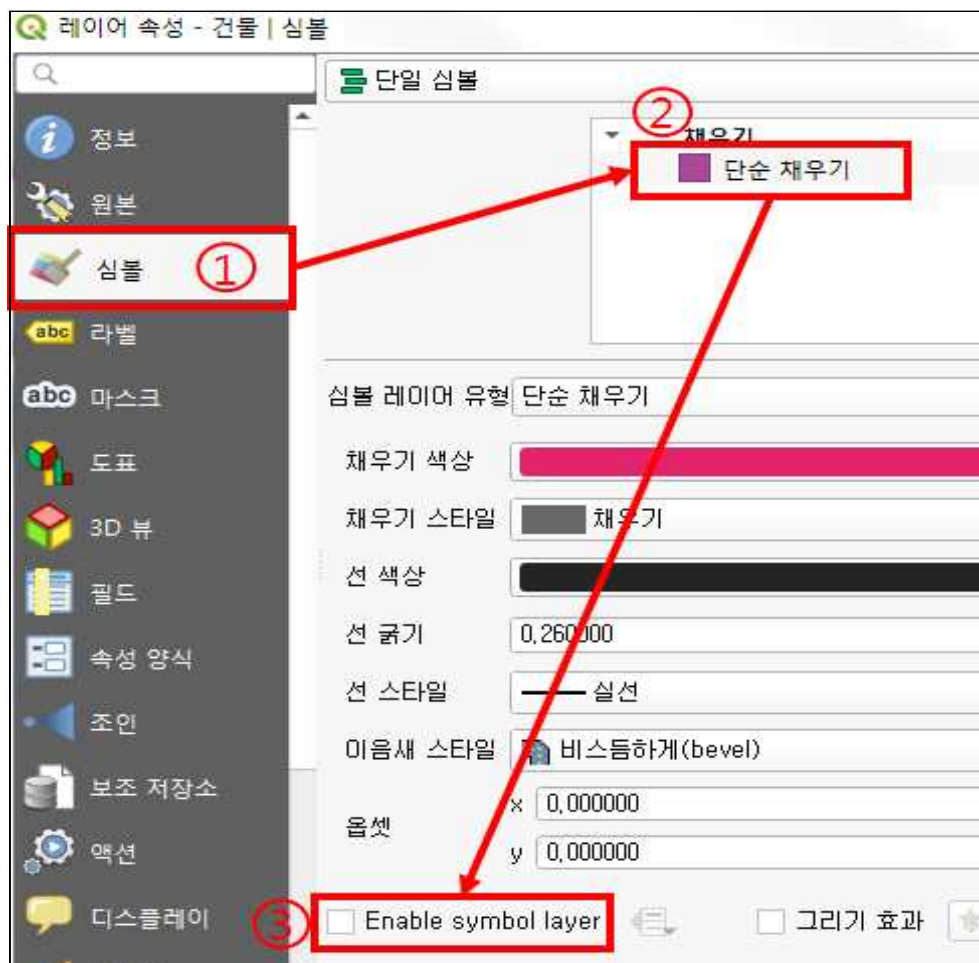


● QGIS 3D 지도뷰 활용안내

- 1) 건물 데이터 로드
- 2) 건물레이어 우클릭 후 [속성] 선택



- 3) [심볼] 선택 후 [단순 채우기] 체크 해제

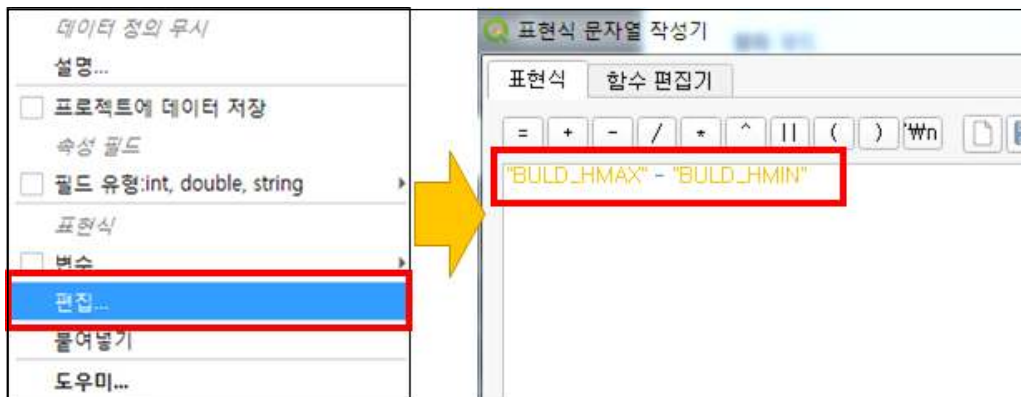


3) [3D 뷰] 선택 후 [단일심볼] 클릭

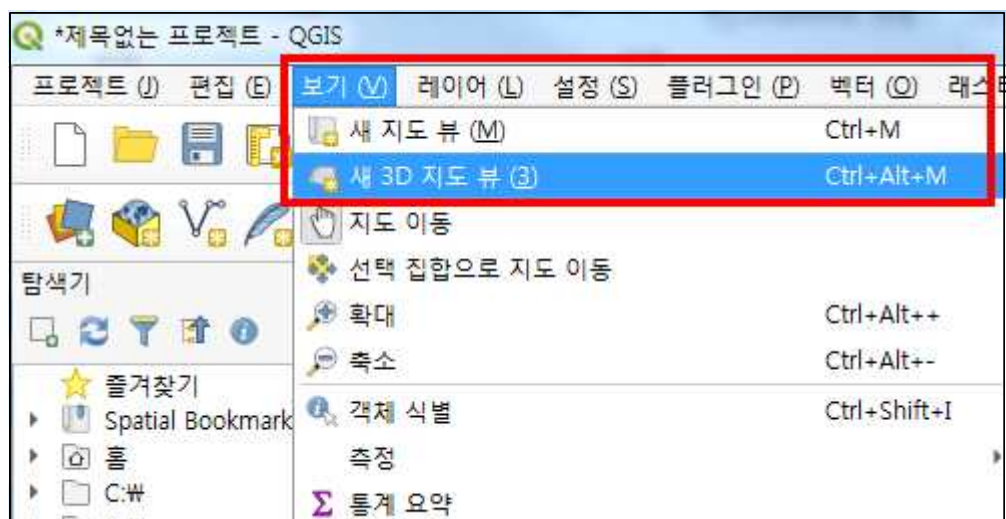


5) 높이 : [필드 유형] 선택 BULD\_HMIN

6) 돌출 : [편집] 표현식에서 "BULD\_HMAX" - "BULD\_HMIN" 입력

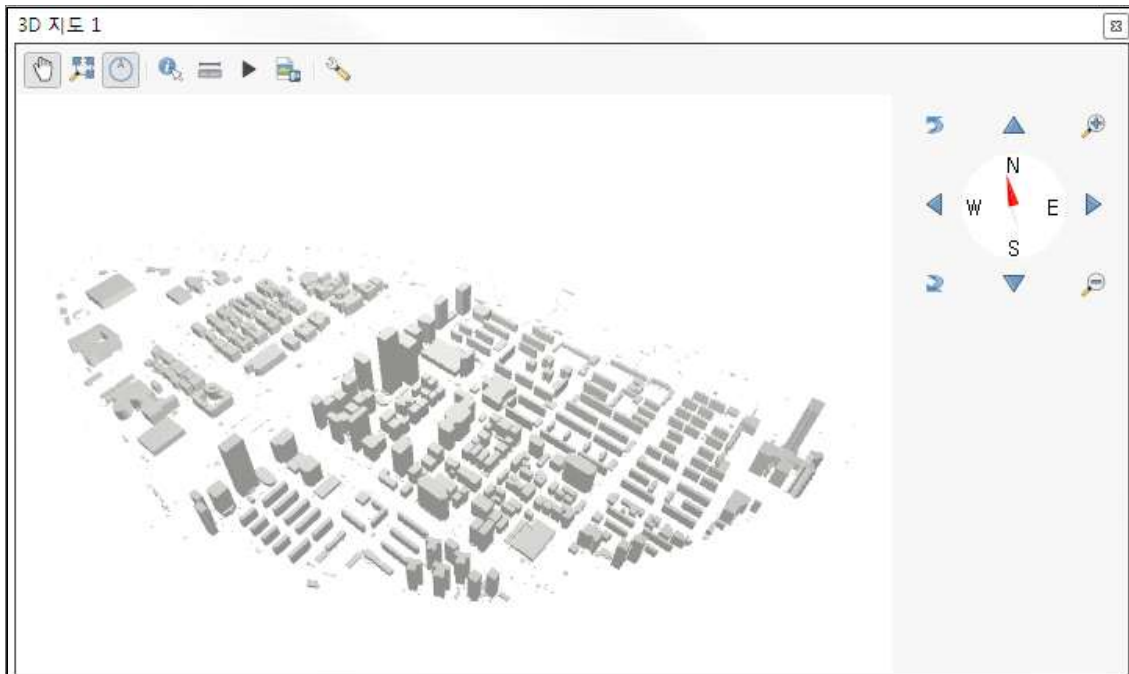


7) 속성창 [확인] 후 QGIS 상단 메뉴의 [보기]-[새 3D지도 뷰] 클릭



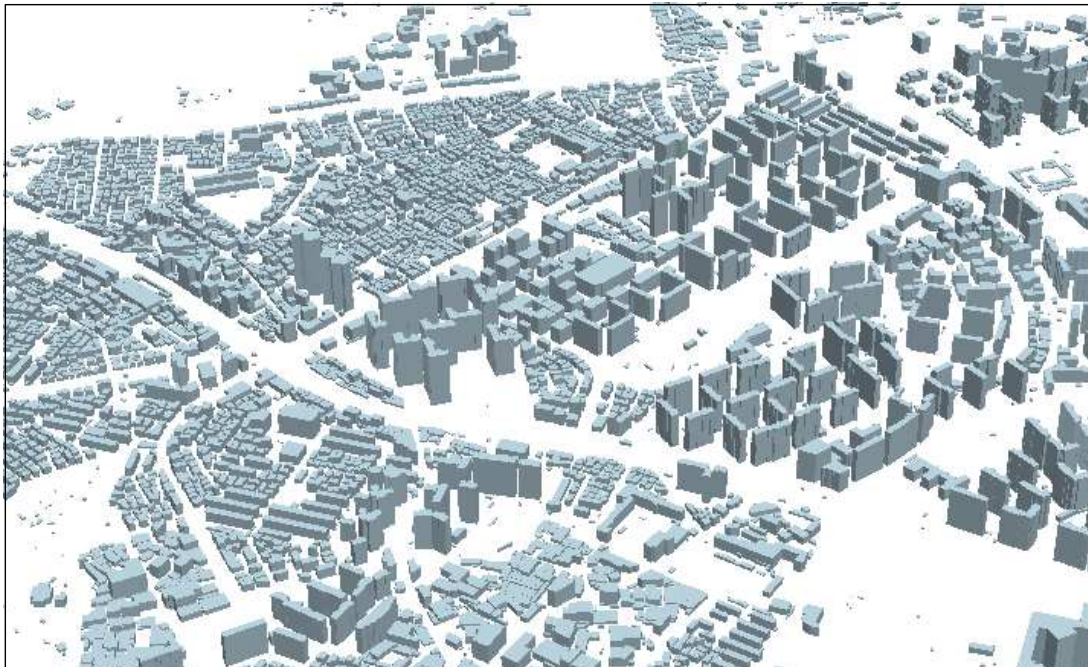
## 8) 건물 3차원 뷰어 이용이 가능

- 마우스 좌클릭(이동), 우클릭(확대, 축소), 스크롤(방향전환)



## 2.2. ArcScene 활용

- ArcScene은 GIS데이터를 3차원으로 볼 수 있는 3D 시각화 프로그램

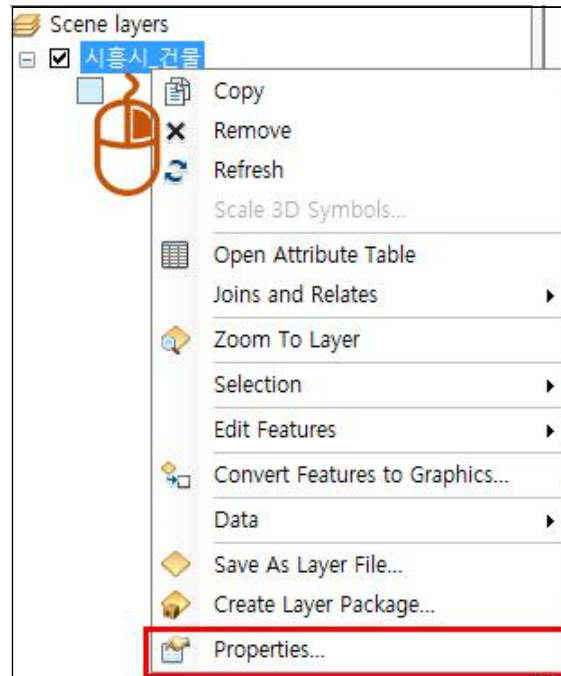


시흥시 건물 ArcScene 3D 지도 뷰

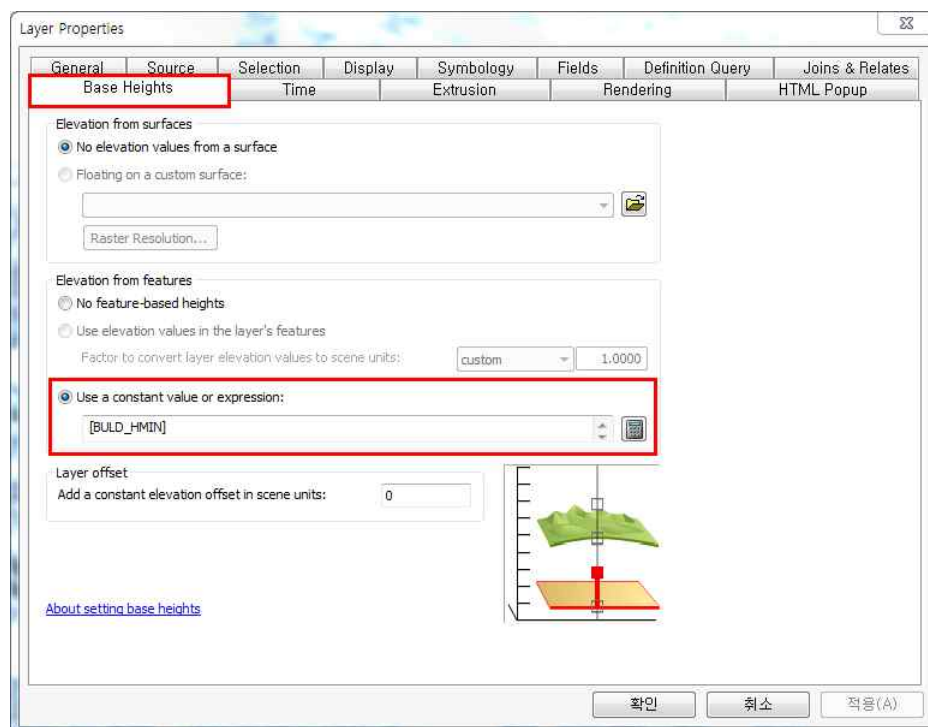
● ArcScene 3D 지도뷰 3차원 건물 활용안내

1) 건물 데이터 로드

2) 건물레이어 우클릭 후 [Properties...] 선택



3) [Base Heights] 메뉴 선택, Elevation from features의 Use a constant value or expression에 [BULD\_HMIN] 필드 입력





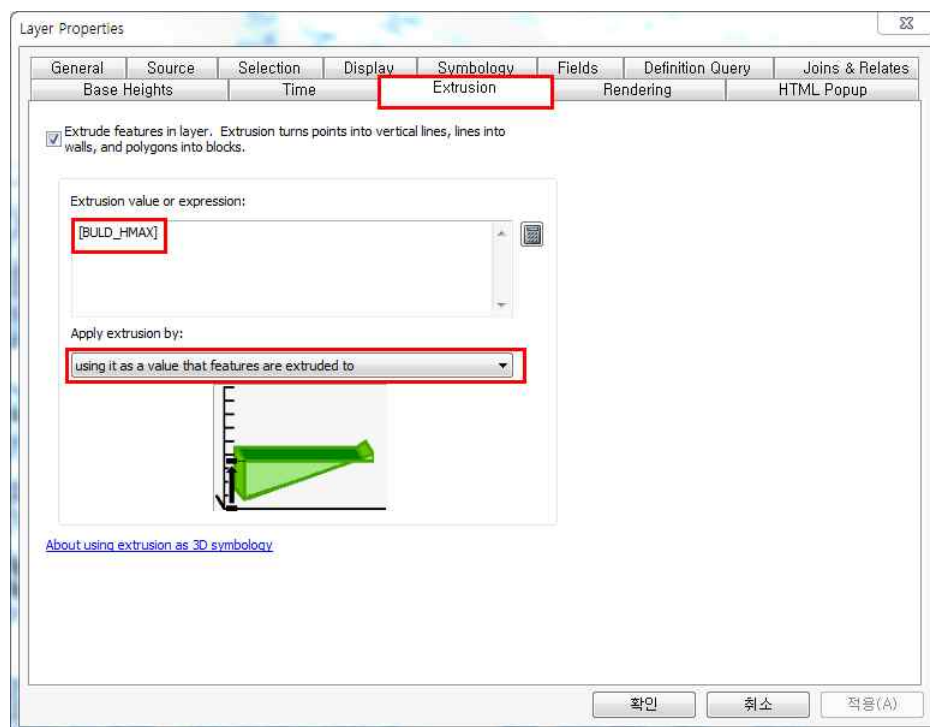
#### 4) [Extrusion] 메뉴 선택

Extrude features in layer. Extrusion turns points into vertical line, lines into walls, and polygons into blocks. 체크 후

Extrusion value or expression : 예 [BULD\_HMAX] 필드 입력

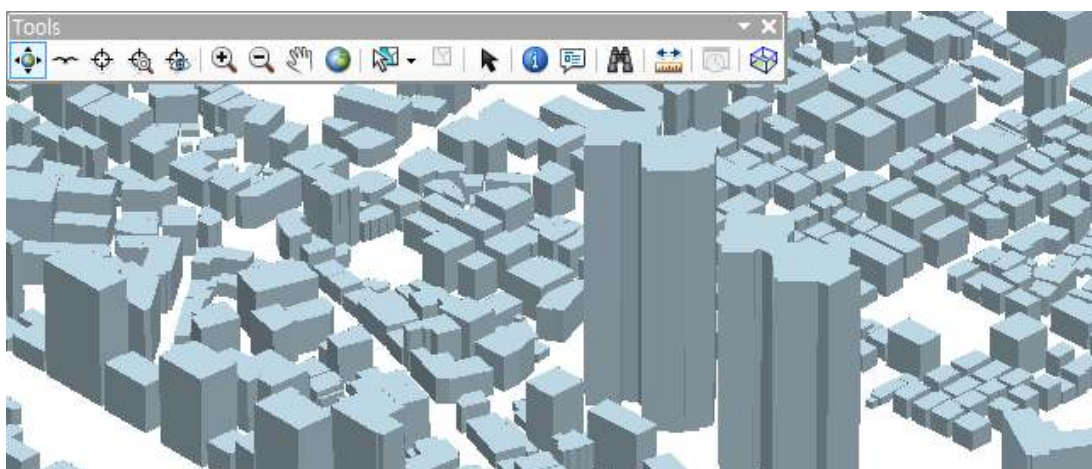
#### 5) 아래의 Apply extrusion by : 설정

using it as a value that features are extruded to 선택 후 확인



#### 6) 건물 3차원 뷰어 이용이 가능

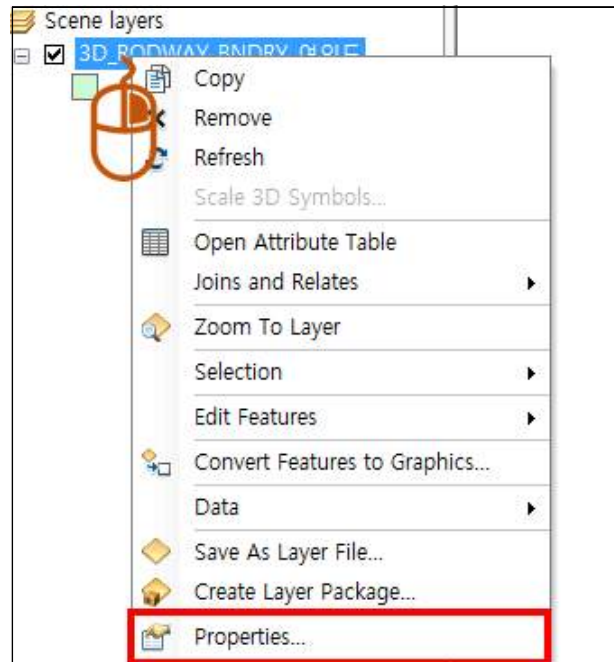
- 마우스 좌클릭(방향전환), 스크롤(확대, 축소), 스크롤클릭 드래그(이동)



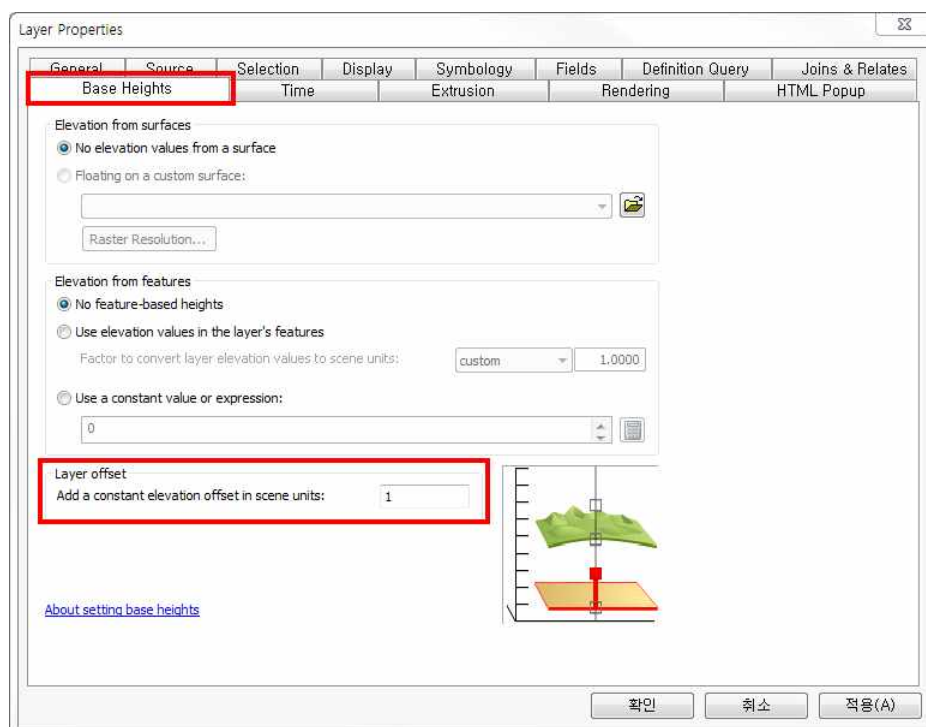
● ArcScene 3D 3차원 도로 활용안내

1) 3차원 도로 데이터 로드

2) 도로레이어 우클릭 후 [Properties...] 선택



3) [Base Heights] 메뉴 선택, Layer offset 항목에 1 입력



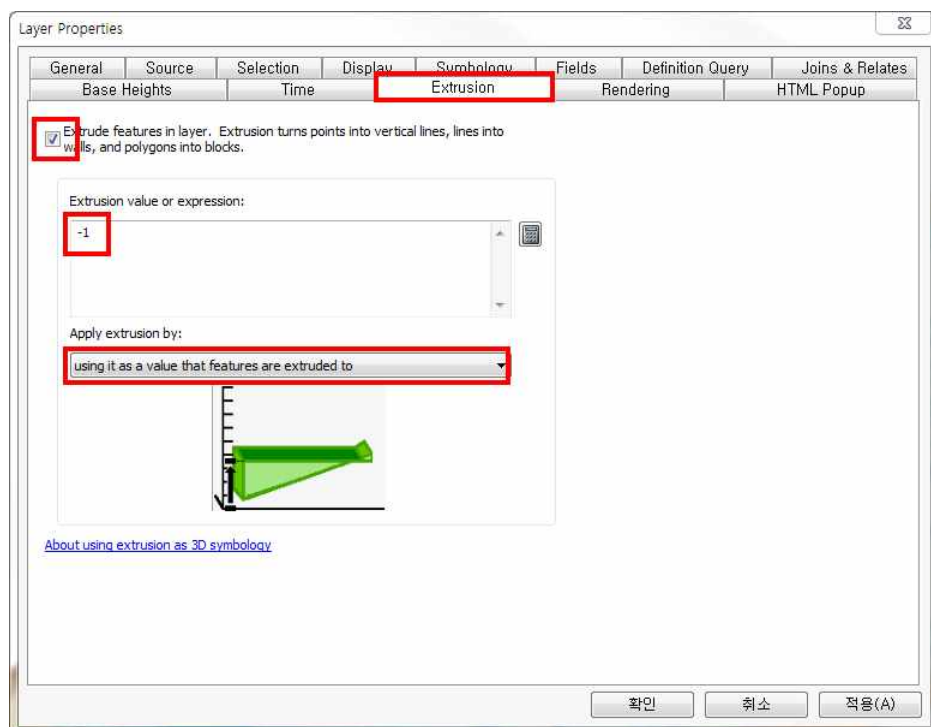
#### 4) [Extrusion] 메뉴 선택

Extrude features in layer. Extrusion turns points into vertical line, lines into walls, and polygons into blocks. 체크 후

Extrusion value or expression : -1 입력

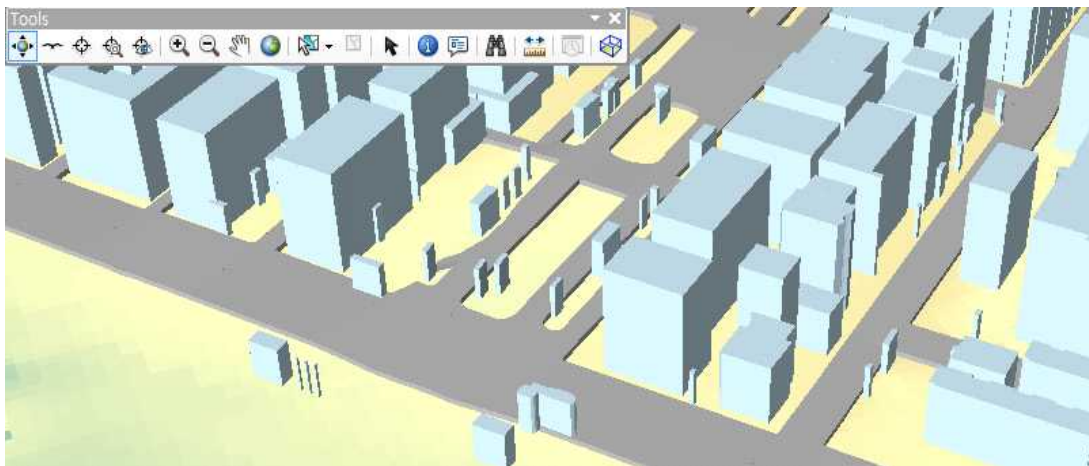
#### 5) 아래의 Apply extrusion by : 설정

using it as a value that features are extruded to 선택 후 확인



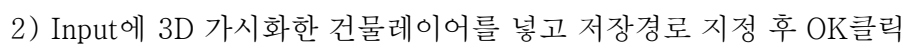
#### 6) 도로 3차원 뷰어 이용이 가능

- 마우스 좌클릭(방향전환), 스크롤(확대, 축소), 스크롤클릭 드래그(이동)



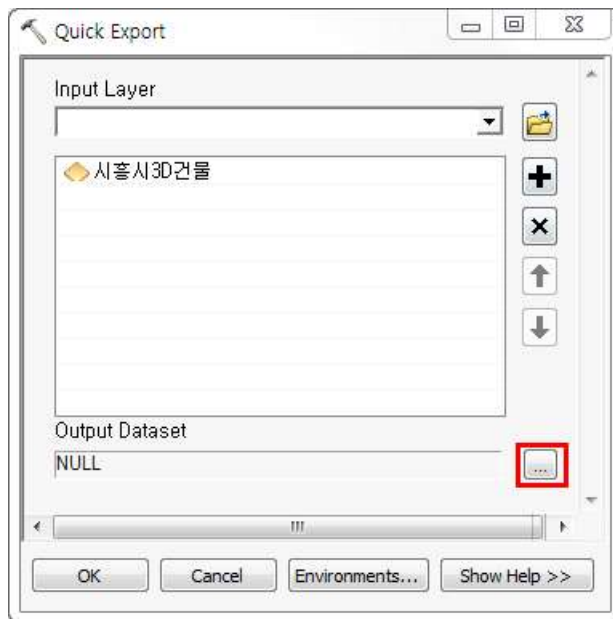


1) ArcScene에서 건물 DB를 3D 가시화한 후 ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Conversion - Layer 3D to Feature Class 툴 사용

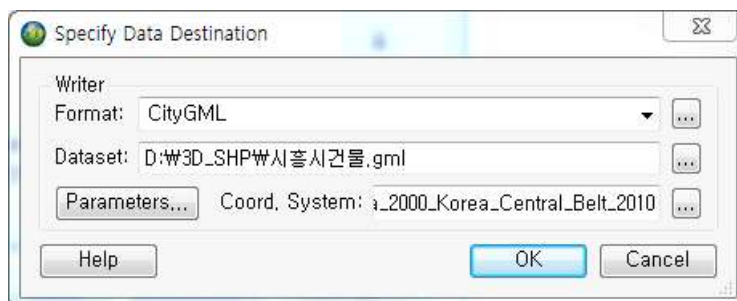


- Analysis Tools
- Cartography Tools
- Conversion Tools
- Data Interoperability Tools**
  - Quick Export
  - Quick Import
- Data Management Tools
- Editing Tools
- Geocoding Tools

4) 3D건물 레이어를 넣고 Output Dataset 우측의 [...]아이콘 클릭



5) Format은 City-GML로 지정, Dataset은 City-GML을 저장할 경로지정, 좌표지정 후 OK클릭



- 지정한 경로에 City-GML파일이 생성됨



---

# Abstract

---

## 3D Building, Road Construction Pilot Project

Hong Sun-taek, Kim Ik-jae, Bae Dae-hoon, Moon Jun-hyeok

As the core information of hyper-connected/super-intelligent technology society, the importance of 3D spatial information is increasing, and as the scope of use of 3D spatial information is expanded, various 3D building model building technologies are being developed. Most of the existing 3D building model construction methods involve manually using aerial surveying technology, which required a lot of time and financial resources, and it was difficult to perform continuous updates. As a way to overcome these limitations, this study suggests the construction of 3D buildings and roads using spatial information data produced by the National Geographic Information Institute.

This study proposes a method of generating 3D building and road data by combining the height information contained in the original drawing map, which is an intermediate result of the national basic database production process, and the graphic information from data contained in the national basic database, which is the final result. The proposed method is to input height value attribute information into 2D building objects by extracting and matching the height information of the building figure and the original drawing map of the National Base Map database. The proposed method suggests a way to quickly construct 3D buildings at low cost across the entire country by using the original data produced by the National Geographic Information Institute. In addition, it is evaluated as being an efficient way to perform continuous maintenance and updates without additional processing if it is linked with the database update tasks of the National Base Map database of the National Geographic Information Institute.



### 주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토교통부 국토지리정보원의 수탁을 받아  
(주)우리강산시스템 컨소시엄에서 수행한 보고서입니다.
2. 본 내용을 대외적으로 게재, 인용할 때에는 반드시 국토교통부 국토지리정보원의 사전 허락을 받기 바라며,  
무단 복제는 절대 금합니다.

## 3차원 건물도로 구축 시범사업

인쇄·2020년 7월

발행·2020년 7월

발행자·조 성 환

발행처·국토교통부 국토지리정보원

주소·경기도 수원시 영통구 월드컵로 92(원천동)

전화·031-210-2700

FAX·031-210-2644