

'22년도 하반기 위성기준점 기반 지각변동량 분석 결과 보고

위치기준과 위성측위담당 ('22.12.29.)

'GNSS기반 지각변동감시 시스템'의 위성기준점 일-단위 좌표 산출기능으로 계산한 '22년도 하반기 우리나라 지각변동 분석 결과를 보고드립니다

□ 추진개요

- '20년 12월 우리원에서 구축한 GNSS기반 지각변동감시 시스템을 이용하여 위성기준점(GNSS 상시관측소)의 일-단위 좌표 산출·분석
 - * 지진 등 급격한 지각변동 발생시 위성기준점 관측데이터를 처리하여 위치변화 분석, 장기적으로 한반도 지각(유라시아판)의 모니터링과 지각이동 속도·방향 계산

□ 주요내용

- (대상) 수원 등 61개 위성기준점('21년 상·하, '22년 상반기 보고와 동일)
- (기간) '18.1. ~ '22.11. (4년 11개월)/ (분석데이터) 일-단위 데이터
- (방법) 구축된 지각변동감시 시스템은 일-단위 정밀좌표 산출 결과를 이용하여 각 위성기준점별 연간 이동 속도 및 방향 도출
 - * 학술용 정밀좌표산출 S/W(GAMIT, BERNESE)를 이용하여 자동계산
- (결과) 남동방향(N기준 약 111.9°)으로 평균 약 3.18cm/year 속도로 이동
 - 학술용 S/W별 분석결과 간 일부 차이는 존재하나, 유사 결과 도출
 - * '21·'22년 지각이동속도·방향의 평균과 비교한 결과 유사한 결과가 산출되었음

구분		GAMIT	BERNESE	GNSS 평균
'22년 하반기(61)	이동속도	3.07 cm/year	3.28cm/year	3.175 cm/year
	방위각	110° 03 ' 26 "	111° 41 ' 03 "	110° 52 ' 14.50 " (111.871°)
'22년 상반기(61)	이동속도	2.99 cm/year	3.24cm/year	3.115 cm/year
	방위각	111° 17 ' 22 "	112° 10 ' 02 "	111° 43 ' 42.00 " (111.728°)
'21년 하반기(61)	이동속도	2.96 cm/year	3.26 cm/year	3.110 cm/year
	방위각	111° 27 ' 32 "	112° 04 ' 42 "	111° 46 ' 07.00 " (111.768°)
'21년 상반기(61)	이동속도	2.97 cm/year	3.24 cm/year	3.105 cm/year
	방위각	111° 44 ' 35 "	111° 35 ' 56 "	111° 40 ' 15.50 " (111.671°)

- (추가분석) 우리원 61개 위성기준점에 24개를 추가하여 총 85개* 분석
 - * 우리원 92개 위성기준점 중 85개를 분석하였으며 '22년 고시된 7개 제외
 - '19년 4개, '20년 설치된 20개의 위성기준점을 추가하여 분석한 결과 일부 위성기준점에서 지각이동 속도와 방향의 차이가 크게 나타남(붙임1)
 - * 고흥, 무안, 남해, 남양주, 의정부, 신안, 장수, 양주 ('20.12.24 설치)
 - GNSS를 이용한 지각변동 분석 시 최소 3년 이상의 데이터 분석 필요

구분		GAMIT	BERNESE	GNSS 평균
'22년 하반기(61)	이동속도	3.07 cm/year	3.28cm/year	3.175 cm/year
	방위각	110° 03 ' 26 "	111° 41 ' 03 "	110° 52 ' 14.50 " (111.871°)
'22년 하반기(85)	이동속도	3.18 cm/year	3.28cm/year	3.230 cm/year
	방위각	108° 38 ' 23 "	111° 15 ' 53 "	109° 57 ' 08.35 " (109.952°)
'22년 하반기(24)	이동속도	3.48 cm/year	3.27cm/year	3.375 cm/year
	방위각	105° 01 ' 14 "	110° 11 ' 57 "	107° 36 ' 33.50 " (107.610°)

- (괴산지진) 충북 괴산군 북동쪽 11km지역에서 발생한 지진 초기 보고('22.10.31.) 후 GNSS 위성 정밀궤도력을 이용한 정밀 분석(붙임 2)
 - (발생시각/규모) '22.10.29.(토) 8시 27분 49초(KST)/진도 4.1_{M_L}
 - (대상) 괴산 위성기준점(진양지와 거리 약 10km) 및 괴산 주변 위성기준점 8개
 - (결과) GNSS 분석결과 지진에 의한 지각변동이 뚜렷하게 관측되지 않음

□ 향후계획

- '23년도 상반기 지각변동량 분석 결과 보고('23.6월)
- 지진 규모별 업무처리 기준('22.10.31)에 따라 지진 발생 시 분석(붙임3)

붙임 1

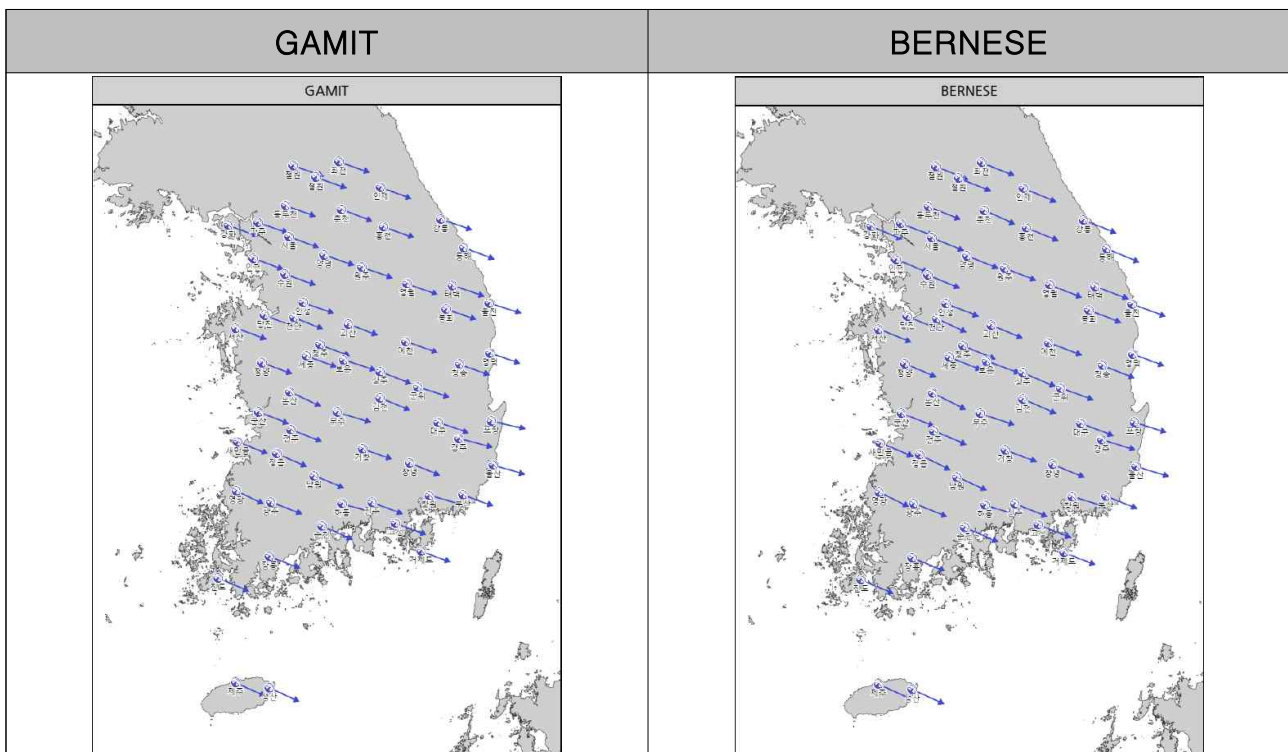
위성기준점별 변동량

□ 61개 위성기준점별 분석 결과 ['18.01 ~ '22.11]

연 번	관 측 소 명	GAMIT		BERNESE	
		이 동 속 도 [cm/year]	방 위 각[° ']	이 동 속 도 [cm/year]	방 위 각[° ']
1	안성	3.07	108° 58' 10.93''	3.33	110° 28' 27.23''
2	보은	3.18	108° 24' 45.54''	3.39	110° 33' 14.81''
3	봉화	2.97	108° 59' 52.65''	3.22	110° 45' 57.12''
4	춘천	3.10	110° 36' 28.08''	3.18	113° 44' 16.77''
5	천안	2.98	111° 49' 11.44''	3.14	114° 44' 18.36''
6	제주	3.10	114° 24' 52.18''	3.36	114° 19' 32.08''
7	철원	3.01	109° 27' 30.11''	3.25	111° 45' 35.16''
8	창녕	3.04	111° 48' 55.74''	3.22	112° 31' 26.09''
9	청송	3.03	109° 37' 57.52''	3.25	111° 17' 58.30''
10	철원	3.04	109° 57' 57.89''	3.25	112° 18' 44.50''
11	창원	3.13	106° 13' 00.59''	3.33	107° 09' 31.26''
12	청양	2.99	110° 45' 50.95''	3.19	112° 48' 39.22''
13	청주	3.02	111° 02' 03.21''	3.32	112° 14' 39.64''
14	당진	2.99	109° 49' 55.75''	3.24	111° 36' 21.32''
15	동두천	2.99	109° 11' 17.23''	3.23	111° 27' 46.66''
16	동해	3.13	110° 02' 18.79''	3.33	112° 01' 43.96''
17	강화	3.03	110° 09' 23.45''	3.26	112° 25' 45.42''
18	거창	2.93	109° 34' 04.14''	3.17	110° 36' 10.00''
19	거제	2.97	110° 24' 10.85''	3.22	111° 01' 48.24''
20	고성	3.11	110° 38' 14.77''	3.31	111° 38' 47.48''
21	괴산	2.94	111° 01' 19.45''	3.20	112° 27' 34.46''
22	경주	3.25	105° 11' 29.63''	3.32	107° 37' 47.18''
23	하동	2.82	105° 09' 17.69''	3.10	106° 41' 09.33''
24	화천	3.08	109° 20' 42.54''	3.32	111° 40' 16.81''
25	홍천	3.07	109° 47' 03.21''	3.31	111° 45' 35.07''
26	인천	3.04	110° 51' 08.14''	3.30	112° 58' 16.40''
27	인제	3.08	109° 47' 03.10''	3.31	112° 07' 20.33''
28	장흥	3.05	111° 02' 26.30''	3.28	112° 05' 27.26''
29	진도	3.14	112° 14' 14.23''	3.37	113° 02' 39.13''
30	진주	3.07	110° 10' 52.12''	3.29	111° 21' 58.66''
31	정읍	3.06	113° 25' 46.91''	3.22	115° 44' 25.02''
32	전주	3.10	111° 15' 45.53''	3.35	112° 36' 49.40''
33	강릉	3.10	108° 35' 59.09''	3.28	111° 05' 50.78''
34	김천	3.09	112° 31' 54.05''	3.46	113° 30' 02.61''
35	군위	3.10	107° 41' 15.61''	3.32	109° 21' 02.83''
36	군산	3.04	110° 55' 34.73''	3.33	111° 32' 00.37''
37	광주	3.12	111° 18' 54.11''	3.36	111° 44' 51.12''
38	무주	3.26	106° 39' 20.97''	3.37	108° 17' 29.23''
39	남원	3.03	112° 47' 41.96''	3.06	114° 52' 33.47''

40	논산	3.33	115° 02' 14.17"	3.58	116° 15' 57.27"
41	파주	3.01	108° 49' 50.39"	3.29	110° 32' 59.64"
42	포항	3.33	103° 16' 52.42"	3.24	107° 39' 48.64"
43	부산	2.96	110° 25' 48.24"	3.16	111° 34' 43.63"
44	세종	3.03	109° 37' 13.27"	3.26	111° 25' 32.07"
45	서산	3.04	110° 10' 55.48"	3.30	111° 45' 24.71"
46	새만금	3.06	112° 00' 45.18"	3.34	112° 28' 26.49"
47	상주	3.18	111° 26' 35.03"	3.38	113° 29' 14.46"
48	순천	3.17	113° 51' 33.93"	3.44	113° 46' 40.00"
49	서울	3.03	109° 55' 31.09"	3.26	111° 43' 13.66"
50	성산	3.11	114° 29' 31.32"	3.35	114° 22' 52.39"
51	수원	3.07	110° 01' 30.17"	3.31	112° 08' 15.10"
52	태백	3.18	108° 39' 01.67"	3.38	110° 56' 47.24"
53	대구	3.09	109° 00' 23.34"	3.29	110° 25' 25.43"
54	원주	3.01	109° 00' 02.61"	3.18	111° 03' 18.43"
55	울산	3.12	105° 55' 46.99"	3.30	107° 11' 59.59"
56	울진	3.14	107° 31' 42.32"	3.30	109° 39' 38.22"
57	양평	3.01	109° 36' 48.11"	3.22	111° 48' 22.32"
58	예천	3.18	109° 09' 41.16"	3.39	110° 43' 03.98"
59	영덕	2.95	108° 45' 29.73"	3.16	110° 15' 28.22"
60	영광	2.88	115° 46' 08.42"	3.16	116° 08' 43.45"
61	영월	3.08	109° 12' 20.19"	3.29	111° 13' 51.50"
평균		3.07	110° 03' 26.17"	3.28	111° 41' 02.61"
표준편차		0.0942	2° 20' 25.20"	0.0886	2° 01' 58.50"

○ 61개 위성기준점 지각변동 이동방향 및 속도벡터('18.01 ~ '22.11)



□ 추가 24개 위성기준점별 분석 결과 ['19.08 ~ '22.11]

- 지각변동 분석을 위한 안정화(분석) 기간 필요

연번	관측소명	GAMIT		BERNESE		설치연도
		이동속도 [cm/year]	방위각[° ']	이동속도 [cm/year]	방위각[° ']	
1	김해대감	3.39	104° 44' 30.90"	3.26	107° 28' 09.01"	'20.02.19
2	고흥	3.76	107° 16' 20.08"	3.40	111° 33' 37.76"	'20.12.24
3	경주외동	3.49	106° 28' 24.21"	3.34	109° 43' 33.20"	'19.08.23
4	이천	3.37	105° 15' 45.54"	3.31	110° 30' 37.49"	'20.01.01
5	장수	3.65	98° 44' 23.74"	3.25	104° 28' 11.15"	'20.12.24
6	제천	3.21	104° 20' 27.72"	3.09	110° 53' 23.33"	'20.01.01
7	정선	3.41	104° 27' 09.07"	3.23	110° 54' 11.72"	'20.02.05
8	무안	3.70	106° 43' 05.68"	3.34	112° 04' 27.56"	'20.12.24
9	밀양산외	3.41	107° 02' 54.87"	3.28	110° 16' 20.18"	'20.02.19
10	남해	3.65	104° 27' 25.82"	3.20	109° 14' 49.79"	'20.12.24
11	남양주	3.68	101° 21' 32.42"	3.23	109° 08' 01.59"	'20.12.24
12	의정부	3.72	102° 28' 14.66"	3.35	111° 06' 50.61"	'20.12.24
13	평창	3.31	106° 25' 39.39"	3.23	112° 22' 46.38"	'20.01.06
14	부산장안	3.42	107° 29' 50.17"	3.28	110° 56' 23.68"	'19.08.23
15	신안	3.69	106° 39' 23.84"	3.28	112° 23' 11.07"	'20.12.24
16	울산중구	3.42	106° 13' 43.12"	3.31	109° 37' 22.60"	'20.02.17
17	울산삼남	3.42	106° 45' 54.26"	3.31	109° 58' 55.93"	'20.02.17
18	양주	3.62	102° 34' 42.66"	3.30	112° 32' 29.21"	'20.12.24
19	영천호국	3.25	101° 13' 02.69"	3.07	105° 34' 09.04"	'19.08.23
20	영천임고	3.43	104° 56' 20.11"	3.30	108° 25' 19.07"	'20.02.24
21	영천	3.58	109° 49' 12.77"	3.42	113° 57' 10.15"	'20.02.24
22	영덕강구	3.42	104° 12' 36.56"	3.25	108° 41' 27.10"	'19.08.23
23	서여주	3.25	106° 32' 42.96"	3.26	111° 37' 55.51"	'20.02.24
24	양양	3.21	104° 40' 14.52"	3.15	111° 17' 21.85"	'20.02.05
평균		3.48	105° 02' 14.07"	3.27	110° 11' 56.87"	
표준편차		0.1730	2° 26' 14.29"	0.0828	2° 11' 12.18"	

□ 지진개요[출처 : 기상청]

- (발생시각/규모) '22.10.29.(토) 08시 27분 49초(KST)/진도 4.1_{M_L}
- (발생위치/깊이) 충북 괴산군 북동쪽 11km지역/12km
- (단층분석) 주향이동(수평)단층(북북동-남남서 또는 동남동-서북서 방향)

□ 지진분석

- (초기분석) GNSS 지각변동시스템을 이용한 괴산지진 초기 메모보고('22.10.31.)
 - (방법) Bernese 5.2 GNSS 해석 S/W를 이용, 신속케도력 이용
 - (기간) '22. 10. 23.(일) ~ '22. 10. 29.(토) 분석
 - (결과) 지진에 의한 지각변동이 뚜렷하게 관측되지 않음(진앙지와 거리 약 10km)
- (정밀분석) Bernese 5.2, GAMIT GNSS 해석 S/W 이용한 정밀케도력 이용
 - (기간) '22. 10. 01.(토) ~ '22. 11. 26.(토) 지진 전/후 29일
 - (결과) 지진에 의한 위성기준점(괴산)의 변동(영향) 없음

괴 산	지진전('22.10.01.~'22.10.27.)			지진후('22.10.29.~'22.11.26.)			평균 차이 (cm)		
	좌표평균			좌표평균					
S/W	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	X	Y	Z
GAMIT	-3132489.81901	4040303.74487	3801189.97351	-3132489.82298	4040303.73395	3801189.97015	-0.3969	-1.092	-0.3360
Bernese	-3132489.86472	4040303.76290	3801189.99254	-3132489.86459	4040303.76707	3801189.99308	0.013	0.417	0.054

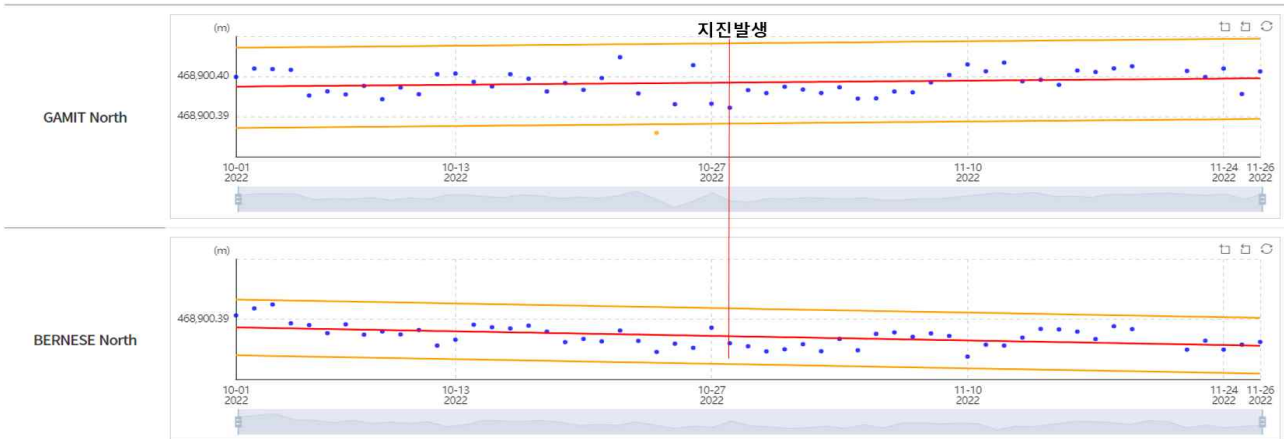
- (주변 위성기준점) 지진에 의한 위성기준점의 변동(영향) 없음

위성기준점	지진 전·후 좌표차이			지진 전·후 좌표차이		
	GAMIT			Bernese		
	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)
보은	-0.2716	-0.8177	-0.2504	0.0152	0.4144	0.0431
상주	-0.6081	-0.6076	-0.0392	-0.2467	0.5534	0.1125
안성	-0.3871	-0.6497	-0.3060	0.0058	0.5205	-0.0483
예천	-0.5498	-0.4383	0.0200	-0.3186	0.4289	0.1675
이천	-0.3008	-0.9643	-0.1961	-0.0566	0.3492	0.0950
제천	-0.3598	-0.7521	-0.1807	-0.1828	0.4526	0.1654
천안	-0.3481	-0.8157	-0.2345	-0.1466	0.3505	0.0339
청주	-0.3256	-0.8886	-0.2497	0.2029	0.1510	-0.0810

○ 과산 위성기준점 시계열 그래프('22. 10. 01.(토) ~ '22. 11. 26.(토))

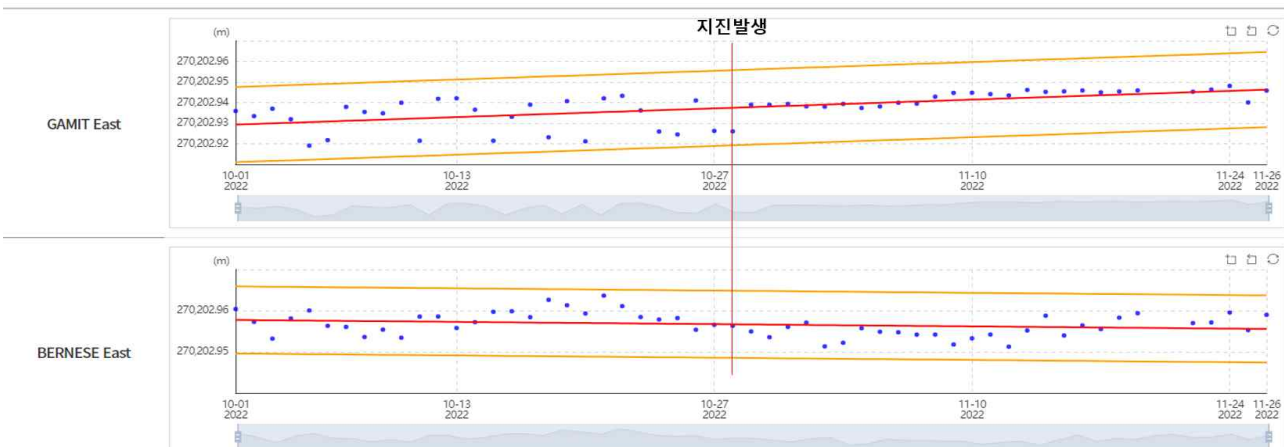
- 북쪽 방향(북(+), 남(-))

▶ 과산(GSAN)



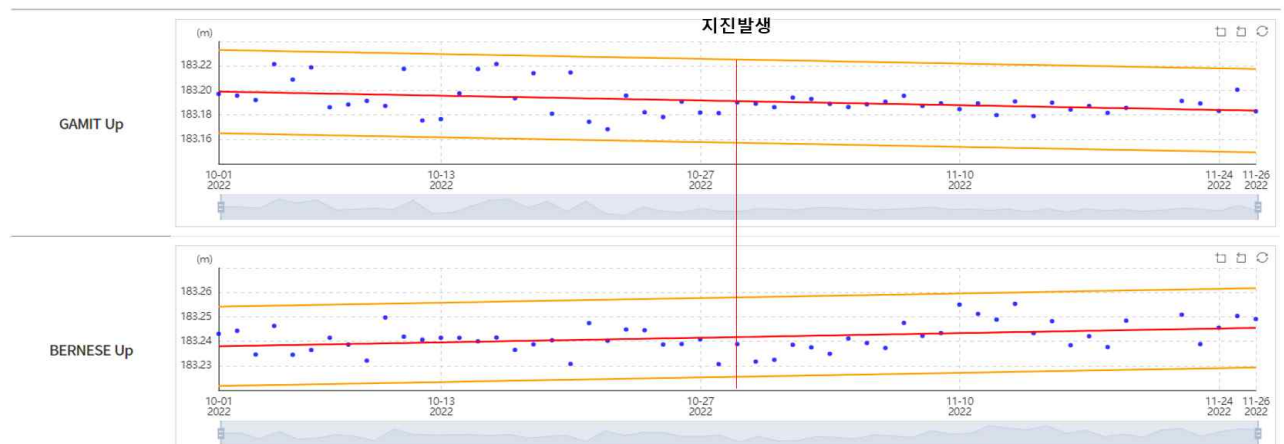
- 동쪽 방향(북(+), 남(-))

▶ 과산(GSAN)



- 상하 방향(Up(+), Down(-))

▶ 과산(GSAN)



위치기준과 위성측위담당 ('22.10.31.)

□ 추진 경과

- (경주지진) 경주 지진('16.9.12, 규모5.8) 관련 GNSS상시관측소 변위 검토('16.9.13.)
 - * 진원지 주변 3개소 상시관측소 실시간 변위 모니터링 검토결과 위치변위 영향無
- (포항지진) 포항 지진('17.11.15, 규모5.4) 관련 GNSS상시관측소 변위 검토('17.11.16.)
 - 포항 지진('18.2.11, 규모4.6) 관련 GNSS상시관측소 변위 검토('18.2.11.)
 - * 진원지 주변 3개소 상시관측소 실시간 변위 모니터링 검토결과 위치변위 영향無
- (기본계획) 지각변동감시체계 구축 기본계획 마련('18.12.27.)
 - * 진도5.0 이상 지진 발생시 지각변동량 자동분석 수행 후 이상발견시 사용자 및 관계기관 통보
- (시스템 구축) GNSS기반 지각변동감시시스템 구축('20.12.31.)
 - * GNSS상시관측소 기반 지각 움직임 상시 모니터링 및 변동량 분석 시스템
- (변동량 분석) 상/하반기 지각변동량 분석 및 관계기관 공유('21년~)
 - * GNSS기반 지각변동감시 시스템 이용 위성기준점별 연간 이동 속도 및 방향 도출
 - ** 「지진·지진해일 및 화산활동 관측기관협의회」 및 「GNSS 상시관측소 공동 활용 협의체」

□ 지진 규모별 업무처리 기준

- (규모 5.0이상) 기본계획(안)에 따라 지진 지역 인근 위성기준점 성과 자동 분석
 - * 일-단위 GNSS 위성기준점 허용오차 및 평균·표준편차 등을 이용한 분석
- (규모 5.0미만) 성과차이가 미미하여 담당자 차원의 변동량 자체점검

□ 지진 변위량 검토 및 조치 결과

- 충북 괴산 지진('22.10.29, 진도 4.1M_L)에 의한 변위량 초기 분석 결과
 - 지진에 의한 지각변동 현상이 뚜렷하게 관측되지 않음(참고1)
- 지진 당시 진앙지 주변 위성기준점 보정정보 이용자 현황 및 조치
 - 이용자 확인 결과 동시간대 36명 확인, 안내 메일 발송* 완료
 - * 충북 괴산지역 지진으로 보정정보 서비스(VRS, FKP) 성과 이상시 문의 요청

□ 향후 계획

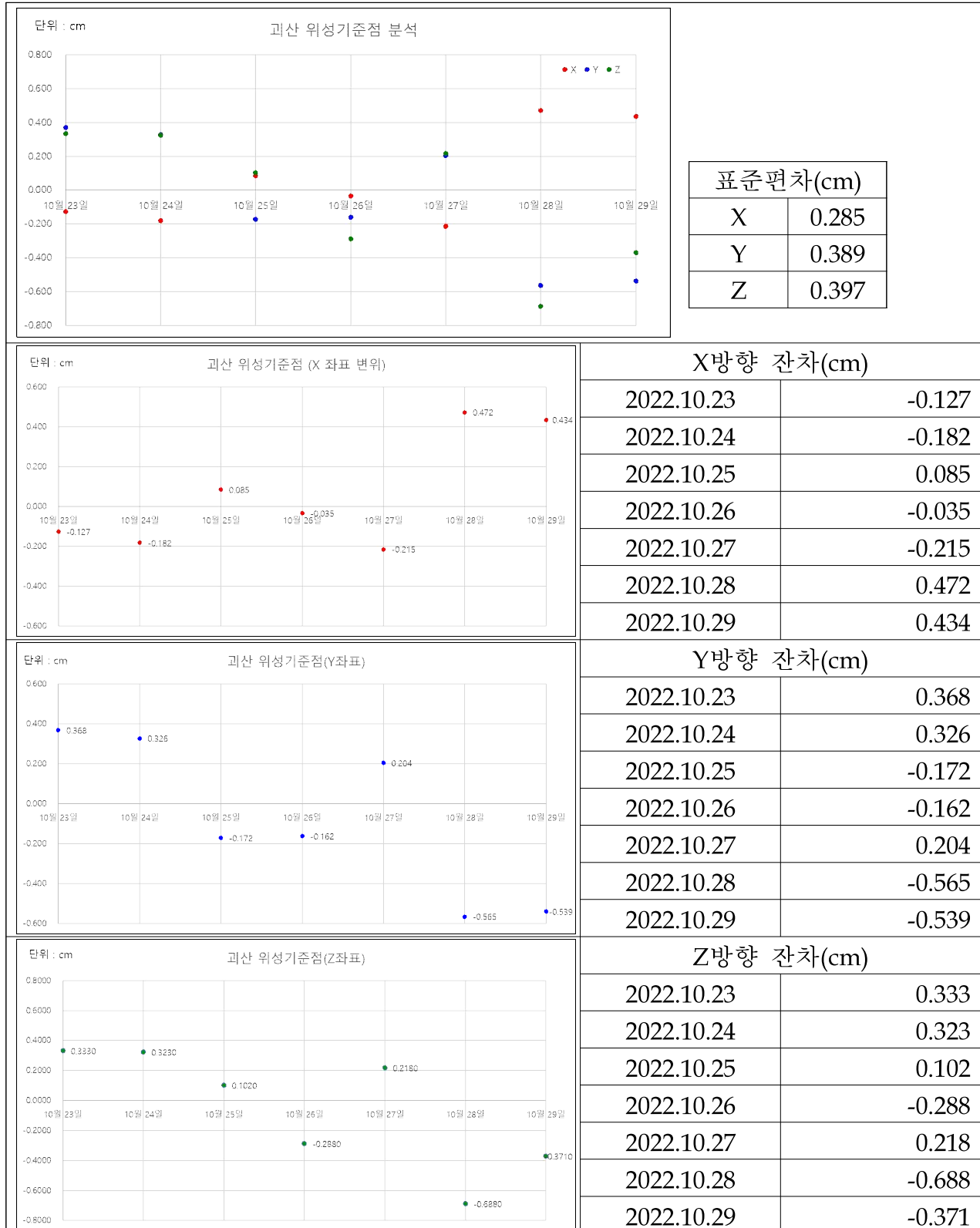
- 지진발생 후 1주일 이상 기간에 대한 Data 처리 추진(정밀케도력 사용)
- 지진발생 시 대응 매뉴얼 마련 : 11월 중

참고 1

괴산(GSAN) 위성기준점 변위량 초기 분석 결과

GNSS 처리 개요

- 처리기간 : '22. 10. 23.(일) ~ '22. 10. 29.(토) 1주일 분석
- 처리정보 : Bernese 5.2 S/W, 진앙지와 거리 약 10km, 신속궤도력(Rapid Orbit)



참고 2

지각변동감시 시스템 관계기관 목록

□ 「지진·지진해일 및 화산활동 관측기관협의회」 참여 기관

	기관명	부서
1	국토교통부 국토지리정보원	위치기준과
2	기상청	지진화산국
3	해양수산부 국립해양조사원	해양관측과
4	기상청	지진화산정책과
5	한국가스공사	공급운영처
6	한국농어촌공사	환경지질처
7	한국수력원자력(주)	구조기술실
8	한국수자원공사	수자원시설처
9	한국원자력안전기술원	구조·부지 평가실
10	한국원자력환경공단	중저준위운영본부 인수처분실
11	한국전력공사 전력연구원	구조내진연구실
12	한국지질자원연구원	지진연구센터
13	한국해양과학기술원	해양공학연구본부

□ 「GNSS 상시관측소 공동 활용 협의체」 참여 기관

	기관명	부서
1	국토교통부 국토지리정보원	위치기준과
2	국립전파연구원 우주전파센터	예보관측팀
3	기상청 국가기상위성센터	위성운영과
4	해양수산부 국립해양측위정보원	측위정보과
5	서울특별시	토지관리과
6	한국지질자원연구원	지진연구센터
7	한국천문연구원	우주측지그룹
8	한국국토정보공사 공간정보연구원	융복합연구실