

앵커 긴장력 변화에 따른 비탈면 유지관리 연구

박병석¹ · 김우석² · 황성필^{1*} · 권오일³

¹한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원, ²한국건설기술연구원 건설산업진흥본부 수석연구원, ³한국건설기술연구원 건설사업추진단 연구위원

A Study on the Cut-slope Maintenance according to Anchor Tension Force

Byungsook Park¹ · Wooseok Kim² · Sungpil Hwang^{1*} · Oil Kwon³

¹Senior Researcher, Department of Infrastructure Safety Research, KICT

²Senior Researcher, Construction Industry Promotion Department, KICT

³Research Fellow, Construction Project Task Force, KICT

Abstract

The ground shear force at the expected failure surface and resistance force due to reinforced anchor can act as important factors according to a failure type from the stability viewpoint at a slope. Furthermore, the anchor's axial force may vary at an anchor-reinforced slope due to ground weathering, settlement, and corrosion in the incompletely anti-corrosion treated steel wire strand at a ground where the bearing plate is installed. However, in case that the resistance force of the anchor is locally lost due to the variation of the anchor's axial force, the resistance force may not play the role so that the external force tends to be transferred to the surrounding anchors, causing an increase in the tensile force in the surrounding anchors. Accordingly, a stability problem at the entire slope may occur, which requires much attention. Thus, this study proposed a method to monitor a variation trend of the tensile force of anchors installed at a slope and infer the external stability at the entire slope considering the monitoring result.

Keywords: anchor, tensile force, monitoring, slope, maintenance

초 록

비탈면의 안정성 측면에서 파괴형태에 따라 예상 파괴면에서의 지반 전단력과 앵커보강에 의한 저항력은 중요한 요소로 작용할 수 있다. 또한, 앵커가 보강된 비탈면에서는 지압판이 설치된 지반의 풍화, 침하 및 불완전하게 방청 처리된 강연선의 부식 등으로 인하여 앵커축력이 변할 수 있다. 그러나 앵커 축력의 변화로 인해 국부적으로 앵커의 저항력을 상실한 경우에는 앵커가 저항력을 발휘하지 못하게 되어 주변 앵커로 외력이 전가되는 경향이 있으며, 이에 따라 주변앵커의 긴장력을 증가시키게 된다. 이로 인해 전체 비탈면의 안정성에 문제가 발생하게 되므로 주의가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 비탈면에 설치되어 있는 앵커의 긴장력 변화경향을 모니터링하고 이를 고려한 비탈면 전체의 외적 안정성을 유추하는 방법을 제안하고자 하였다.

주요어: 앵커, 긴장력, 모니터링, 비탈면, 유지관리

OPEN ACCESS

*Corresponding author: Sungpil Hwang
E-mail: hsp@kict.re.kr

Received: 7 December, 2020

Revised: 11 December, 2020

Accepted: 14 December, 2020

© 2020 The Korean Society of Engineering Geology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

앵커가 설치된 비탈면의 활동은 앵커자체에 전단변형을 유발하고, 전단변형의 증가는 앵커의 변형률을 증가시켜 긴장력이 증가하는 요인으로 작용하게 되므로 지반의 변형과 앵커 긴장력의 관계를 확인 할 필요가 있다. 또한, 앵커는 비탈면을 보강하는 공법 중 프리스트레스를 도입하여 비탈면의 안정성을 증가시키는 공법이므로 앵커의 긴장력 감소는 활동력에 저항하는 저항력 감소를 의미하며, 긴장력의 점진적인 증가는 앵커의 파단 등 기능상실을 유발하므로 비탈면의 안정성에 문제가 발생할 수 있음을 의미한다. 앵커긴장력의 증감은 이러한 복합적인 요인에 의해 발생하며, 긴장력이 감소되는 경우 앵커의 정착장 기능이 문제가 되지 않는 범위에서 유지관리가 가능한 반면, 긴장력이 증가하는 경우 앵커의 기능 상실이 발생할 수 있어 비탈면의 안정성과 밀접한 관계가 있다. 따라서 비탈면에 설치되어 있는 앵커의 긴장력 변화경향을 모니터링 함으로써 비탈면 전체의 외적 안정성을 유추하여 평가할 수 있으며, 변화 경향을 정량화하는 경우 원인분석에 따른 적절한 대책방안 수립도 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

You et al.(2018)은 한국표준과학연구원 및 한국건설기술연구원에서 수행하는 융합연구사업 “미시-거시 복합형 계측 데이터 기반 시설물 안전성 평가 기술 개발”에서 수행된 연구결과를 통해 “지반의 전단변형에 따른 마찰형 앵커의 긴장력 변화에 대한 연구”를 수행한바 있다. 해당 연구에서는 앵커 모형시험 및 수치해석을 통해 지반의 전단변형 발생 시 앵커의 긴장력 증가에 대한 연구를 수행하였으며, 비탈면 내 설치된 앵커체가 비탈면 활동에 의한 전단변형 발생 시 활동면 부근의 전단변형으로 인해 앵커의 긴장력이 증가함을 모형시험과 수치해석을 통해 확인하였다. 전단변형 발생시 보강재의 내적안정성을 분석하는 미시적인 연구를 수행하였으며, 비탈면의 전체 안정성을 평가하는 거시적인 연구로 확장할 필요가 있다.

본 연구에서는 앵커가 설치된 7개 비탈면 현장의 실험결과를 수치해석, 강도감소법 및 한계평형해석 등 다양한 해석방법으로 분석하여 앵커에 작용하는 응력의 변화경향을 파악하였다. 비탈면 상단부 및 하중전이로 인한 앵커의 긴장력 증가는 한계평형해석으로 검토가 어려워, 지반의 강도저하를 발생시키는 방법, 역해석을 통한 변형해석과 강도감소해석을 병행하여 앵커 긴장력의 증가를 고려한 비탈면의 안정성 평가방법을 제안하고자 하였다.

실험 현장의 개요

국도 비탈면 7개소(Table 1)에 대하여 앵커 잔존긴장력(리프트오프 시험) 측정시험을 수행한 결과 6개소에서 앵커설계 긴장력 대비 평균 29.4~75.5%에 불과하였다. 하지만 II 1지구의 경우 비탈면 보강 앵커가 과도한 하중을 받아 강연선이 파단되는 등 기능을 상실한 사례(잔존긴장력이 설계긴장력 대비 11~115%)가 확인되었다. II 1지구는 강원도 인제군 국도 44호선상에 위치하고 있으며(Fig. 1), 육안으로도 강연선의 파손 및 파단 등의 앵커 기능상실을 확인할 수 있었으며, 특히 기능 상실한 앵커 주변의 앵커에 대하여 잔존긴장력을 측정한 결과 설계긴장력 대비 15% 이상 증가한 것으로 나타났다(Fig. 2).

Table 1. Measurement results of residual tensile force at seven places

District name	Completion year	Specifications (m)		Anchor quantity	Design	Residual anchor force in the test hole (kN) (residual rate, %)						F.S	
		Length	Height			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6		Mean
DHS 2	2015	54	9	54	343	144 (42)	182 (53)	58 (17)	50 (15)	179 (52)	158 (46)	128 (38)	-
BY 2	2009	300	100	72	391	278 (70)	275 (70)	400 (102)	307 (78)	260 (66)	258 (66)	296 (76)	-
IJ 1	2006	275	60	106	343	361 (105)	394 (115)	-	-	-	-	378 (110)	-
				212	637	-	-	598 (94)	600 (94)	690 (11)	-	629 (99)	-
JD 2	2017	70	21	59	294	212 (72)	218 (74)	207 (70)	155 (53)	248 (84)	-	208 (71)	1.1
SO 5	2016	25	10.8	16	392	131 (33)	167 (42)	145 (37)	81 (21)	120 (31)	148 (38)	132 (34)	1.1
GM	2016	48	17	77	490	166 (34)	142 (29)	150 (31)	82 (17)	181 (37)	-	144 (29)	0.8
YH	2016	58	14	177	450	215 (48)	240 (53)	230 (51)	230 (51)	205 (46)	115 (26)	205 (46)	0.8



Fig. 1. Study location map (National highway 44, Inje-gun, Gangwon-do).



※ MOLIT(2009, 2011), KICT(2019), Hongcheon National Highway Administer Office(2019), BAI(2019)

Fig. 2. Anchor condition in District IJ 1.

앵커 긴장력(리프트오프) 시험

IJ 1 지구는 앵커가 과도한 하중을 받아 강연선이 파단되는 등 기능을 상실한 사례가 확인되었고, 앵커 긴장력 전수조사를 통한 보강조치가 필요한 것으로 판단하였다. 총 318공에 대한 리프트오프 시험 통한 앵커 잔존긴장력을 측정하였고, 시험 후 재긴장이 가능한 앵커는 재긴장을 통한 안정성을 확보하고자 하였다.

앵커 리프트오프 시험 수행 결과 앵커 재긴장(재정착)이 불가능한 앵커는 177공, 앵커 설계긴장력 이상인 앵커는 49공으로 나타났다(Fig. 3). 비탈면 중간부 및 하단부에 앵커 재긴장(재정착)이 불가능한 앵커 약 70%가 발생한 것으로 나타났으며, 비탈면 상단부의 경우 설계긴장력을 확보하는 것으로 나타났다. 계단식옹벽 및 앵커의 시공 당시의 지반조사 자료 및 해석자료 부재로 지반조사를 수행하여 비탈면의 지반상태, 지층조건 등을 파악한 후 비탈면 안정성 평가를 수행하고자 하였다.

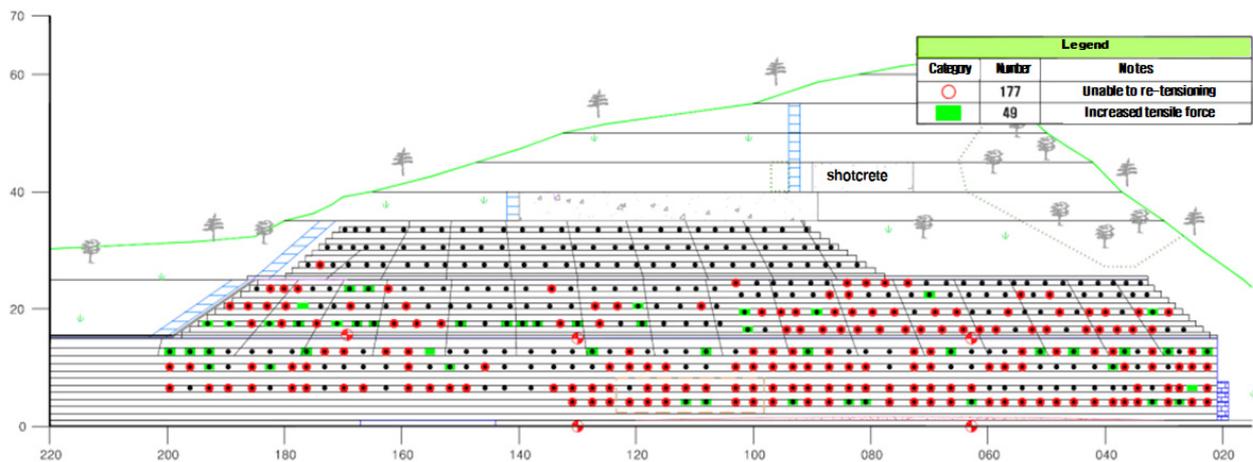
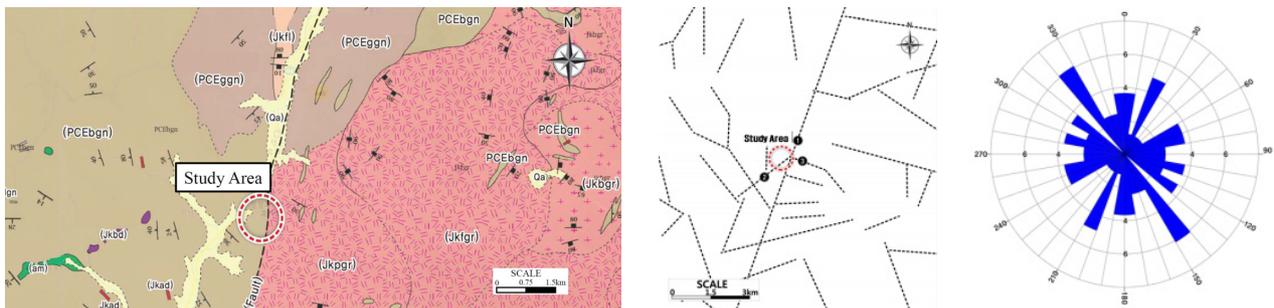


Fig. 3. The test result of anchor tensile force in District IJ 1.

지표지질조사를 통한 역해석

계단식옹벽에 설치되어 있는 앵커의 기능상실은 드문 일로 비탈면의 활동 및 단층에 의해 발생한 것으로 예상할 수 있다. 지반조사 자료 및 해석 자료의 부재로 인하여 지표지질조사를 통한 분포암종, 지질구조대(절리, 단층 등), 불연속면 특성 등을 분석하여 안정성 평가자료로 활용하였다. 연구대상 비탈면 위치 주변의 암종은 대부분 호상편마암과 반상화강암이 넓게 분포하고 있으며, 남북방향으로 충적층이 길게 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 4a). 지표상의 노두 발달은 미약하며, 소규모로 노두가 관찰되었다. 남북방향으로 발달하고 있는 단층에 의해 동서방향으로 지질경계를 이루고 있으며 단층의 영향으로 계곡이 발달하고 있었다. 선구조분석 결과 대체적으로 NW방향과 NE방향의 선구조가 우세하게 발달하고 있으며, 국부적으로 E-W방향의 선구조가 발달하는 것으로 조사되었다(Fig. 4b).



(a) Geological map of study area (surface geologic survey conducted at four places; Qa: Quaternary alluvium; Jkad: Jurassic acidic dike; Jkbd: Jurassic basic dike; Jkfl: Jurassic felsite; Jkpg (Jkfg, Jkbg): Jurassic granite; PCEbgn: Pre-Cambrian banded gneiss; broken line: Fault)

(b) Analysis results of geological linear feature (nearby large fault in the south-north direction)

Fig. 4. Geological map and analysis results of linear features.

연구대상 비탈면은 남동방향으로 위치하고 있으며, 저각에서 고각의 절리가 발달하고 있음을 인지할 수 있었다. 비탈면 1소단 상부, 높이(h) 15 m 지점에서 시추조사를 수행한 결과 풍화대가 도로하부기준 10.0 m 이상까지 분포하는 것을 확인하였으며(Hongcheon National Highway Administer Office, 2019), 지질도 및 선구조 분석결과와 일치하는 것으로 나타났다. 또한, 연구대상 비탈면에서는 단층의 영향으로 파쇄된 풍화대가 깊게 분포하고 있으나 이를 파악하지 못하고 보강한 것으로 조사되었다.

앵커 기능상실을 고려한 비탈면 안정성 검토

앵커의 긴장력이 감소되는 경우에는 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 저항력이 감소됨을 의미하며, 이는 전체 비탈면의 안정성을 저해하는 요인으로 작용하게 된다. 시추공 내에 공내 전단시험을 수행하여 풍화대 구간의 강도정수를 산정하였으며, 비탈면 안정해석을 위한 설계지반정수 산정시 활용하였다(Table 2). 우기시 지하수위 조건을 반영하기 위하여 해당지역으로 50년 빈도 강우량의 강우강도를 적용하였으며, 앵커긴장력은 현재상태와 장기적으로 앵커 긴장력을 상실한 상태로 구분하여 비탈면 안정성 검토를 수행하였다. 앵커 긴장력 상실에 따른 안전율의 변화는 뚜렷하게 나타났으나, 파괴면의 변화는 거의 없는 것으로 확인되었다.

Table 2. Calculation of strength parameters in the limit equilibrium analysis (Lee, 2017)

Category	Unit weight (kN/)	Cohesion (kPa)		Internal friction angle (°)		Note
		Experimental value	Applied value	Experimental value	Applied value	
Weathered soil	19.0	26.2	25.0	30.96	30.0	
Weathered rock	21.0	30.55	30.0	32.92	32.0	
Soft rock	24.0	-	100.0	-	35.0	

Table 3. Analysis result of STA.0+075 in the limit equilibrium analysis

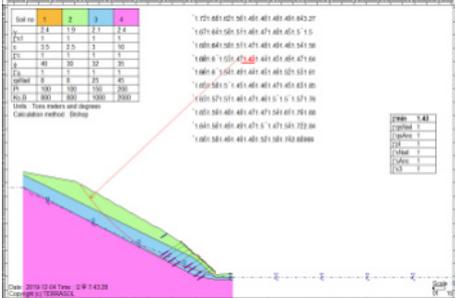
	Current state		Considering the anchor function loss		After reinforcement		
	Category	Anchor force (kN)	Category	Anchor force (kN)	Category	Length (m)	Anchor force (kN)
	8	614/Cone defect	8	0/Cone defect			
	7	741	7	0/Anchor force loss	7	25.0	449
	6	603/Cone defect	6	0/Cone defect	6	25.0	449
	5	413/Strand defect	5	0/Strand defect	5	20.0	449
	4	101/Strand defect	4	0/Strand defect	4	20.0	449
	3	265/Strand defect	3	0/Strand defect	3	20.0	449
	2	159/Strand defect	2	0/Strand defect	2	15.0	449
	1	508/Strand defect	1	0/Strand defect	1	15.0	449
	F.S = 1.56 > 1.5 ∴ O.K		F.S = 1.45 < 1.5 ∴ N.G		F.S = 1.65 > 1.5 ∴ O.K		

Table 4. Analysis result of STA.0+125 in the limit equilibrium analysis

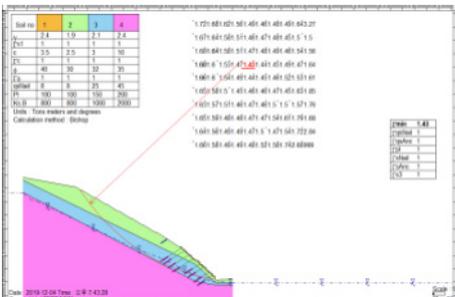
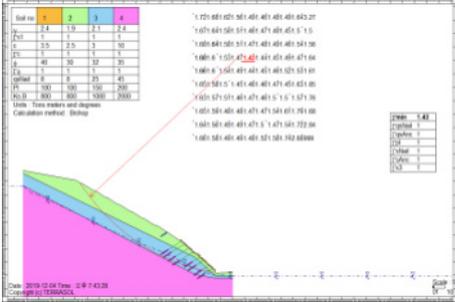
	Current state		Considering the anchor function loss		After reinforcement		
	Category	Anchor force (kN)	Category	Anchor force (kN)	Category	Length (m)	Anchor force (kN)
	10	741	10	741			
	9	741	9	741			
	8	741	8	741			
	7	381	7	0/Anchor force loss			
	6	201/Strand defect	6	0/Strand defect	6	25.0	449
	5	201/Strand defect	5	0/Strand defect	5	25.0	449
	4	275/Strand defect	4	0/Strand defect	4	20.0	449
	3	349/Below the load	3	0/Below the load	3	20.0	449
	2	296/Below the load	2	0/Below the load	2	15.0	449
	1	529/Strand defect	1	0/Strand defect	1	15.0	449
	F.S = 1.56 > 1.5 ∴ O.K		F.S = 1.47 < 1.5 ∴ N.G		F.S = 1.66 > 1.5 ∴ O.K		

Table 5. Analysis result of STA.0+160 in the limit equilibrium analysis

	Current state		Considering the anchor function loss		After reinforcement		
	Cate-gory	Anchor force (kN)	Cate-gory	Anchor force (kN)	Cate-gory	Length (m)	Anchor force (kN)
	9	741	9	741			
	8	741	8	741			
	7	741	7	741			
	6	254/Strand defect	6	0/Strand defect	6	25.0	449
	5	233/Strand defect	5	0/Strand defect	5	25.0	449
	4	296/Strand defect	4	0/Strand defect	4	20.0	449
	3	296/Strand defect	3	0/Strand defect	3	20.0	449
	2	259/Strand defect	2	0/Strand defect	2	15.0	449
	1	260/Below the load	1	0/Below the load	1	15.0	449
	F.S = 1.58 > 1.5 ∴ O.K		F.S = 1.46 < 1.5 ∴ N.G		F.S = 1.74 > 1.5 ∴ O.K		

앵커 긴장력이 부족한 비탈면 하단부 앵커의 경우 정착장이 대부분은 파괴면 내에 위치하고 있으며, 장기적으로 하단부 앵커가 기능을 상실할 경우 기준안전율을 만족하지 못하는 것으로 평가되었다. 재긴장이 불가능한 앵커 주변에 추가 앵커를 설치하여 장기적 안전을 확보하고자 하였다(Tables 3~5).

앵커 긴장력 증가를 평가하기 위한 역해석

앵커 긴장력의 증가는 비탈면의 변형에 따른 비탈면의 활동 및 비탈면 상부의 외부하중의 증가, 지하수위의 상승에 따른 수압의 작용 등의 여러 요인에 의해 발생할 수 있으며, 긴장력이 지속적으로 증가하여 강연선의 소요 긴장력을 초과하는 경우에는 앵커의 파단 등에 따른 앵커의 기능상실을 유발하게 되므로 유지관리 측면에서 주의가 요구된다.

앵커 긴장력 감소에 따른 검토는 한계평형해석으로 가능하나 앵커 긴장력 증가는 활동에 대한 저항력이 증가되는 개념이기 때문에 한계평형해석으로 검토하기 어렵다. 한계평형해석에서는 앵커의 긴장력 증가와 비탈면의 안정성 평가를 구현할 수 없는 단점이 있어, 비탈면 활동을 모사한 지반의 강도저하를 발생시키는 방법으로 변형해석과 강도감소해석을 병행함으로써 앵커 긴장력의 증가를 고려한 비탈면의 안정성 평가방법을 제안하고자 한다.

지반의 강도 감소에 따른 앵커의 긴장력 증가와 안전율 경향을 분석하기 위해 내부마찰각 감소에 따른 단계별 변형 해석을 수행하고, 강도감소법을 이용하여 비탈면의 안전율을 산정하였으며, 한계평형해석과 비교하여 안전율 변화를 분석하였다. 우기시 비탈면 안전율 1.2 만족, 포화조건에서 내부마찰각 30°에서 0.5°씩 감소 조건으로 비탈면 높이 15 m (Table 6), 20 m (Table 7), 25 m (Table 8)에 대하여 검토하였다. 해석은 일반적으로 많이 활용되고 있는 Slope/W(한계평형해석)와 Plaxis 2D(유한요소해석) 프로그램을 활용하였다.

Table 6. Height of the slope: 15 m

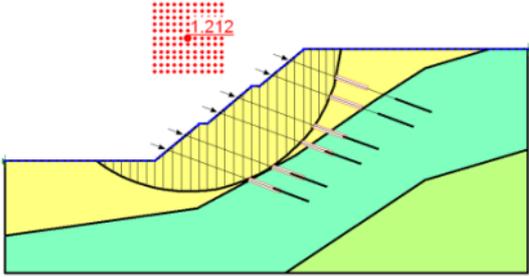
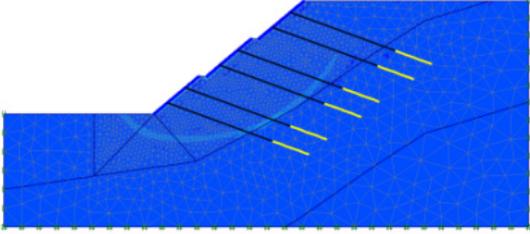
Limit equilibrium analysis		Finite element analysis							
									
Interpretation sage	Anchor axial force (kN)						Factor of safety (F.S)		
	First stage	Second stage	Third stage	Fourth stage	Fifth stage	Sixth stage	Plaxis	Slope/w	
30.0°	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	1.220	1.212	
29.0°	370.000	364.600	362.800	360.000	349.200	338.800	1.196	1.170	
28.0°	387.600	376.800	373.000	367.000	349.800	331.600	1.156	1.129	
27.0°	407.800	390.400	383.600	373.600	350.800	324.000	1.120	1.088	
26.0°	427.600	400.800	395.400	379.600	353.800	316.400	1.081	1.048	
25.0°	447.800	409.000	405.200	383.600	357.800	311.200	1.049	1.009	
24.0°	620.000	170.000	610.200	256.000	546.600	210.000	1.009	0.971	

Table 7. Height of the slope: 20 m

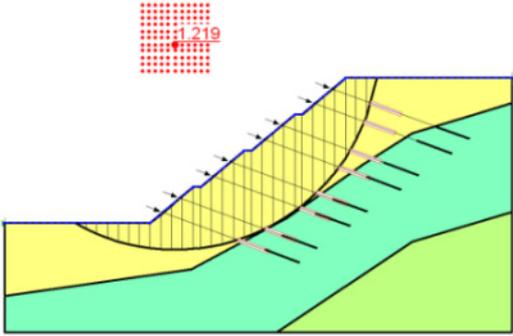
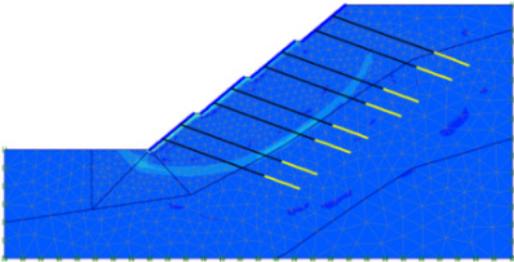
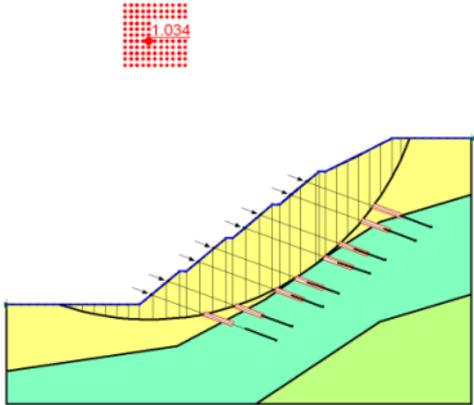
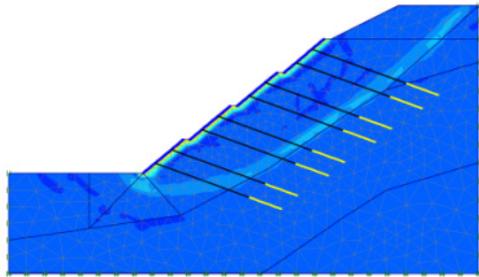
Limit equilibrium analysis		Finite element analysis							
									
Interpretation Sage	Anchor axial force (kN)						Factor of safety (F.S)		
	First stage	Second stage	Third stage	Fourth stage	Fifth stage	Sixth stage	plaxis	Slope/w	
30.0	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	
29.0	365.850	361.050	363.900	361.050	355.500	351.600	342.750	328.950	
28.0	382.350	371.100	375.000	368.400	359.250	350.400	337.200	309.450	
27.0	392.550	368.700	384.000	367.800	363.300	343.950	333.150	278.850	
26.0	405.300	367.200	393.750	368.850	370.800	342.900	336.300	263.250	
25.0	558.900	175.950	543.600	262.650	452.700	247.200	481.650	132.150	

Table 8. Height of the slope: 25 m

Limit equilibrium analysis		Finite element analysis							
									
Interpretation	Anchor axial force (kN)						Factor of safety (F.S)		
	Stage	First stage	Second stage	Third stage	Fourth stage	Fifth stage	Sixth stage	plaxis	Slope/w
30.0	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000	350.000
29.0	370.022	364.562	365.732	363.132	364.042	362.091	366.382	366.382	366.382
28.0	389.395	376.003	380.293	373.403	376.523	372.103	380.814	379.123	379.123
27.0	399.926	380.684	388.094	377.303	384.194	377.303	391.735	389.655	389.655
26.0	428.919	388.354	377.953	354.941	387.964	368.202	429.699	424.629	424.629
25.0	481.445	370.802	359.751	297.604	373.663	328.418	521.490	505.108	505.108

해석결과, 강도감소법과 한계평형해석으로 산정된 안전율은 매우 유사한 경향을 보이고 있으나, 내부마찰각 25° 이하로 감소 시에는 비탈면 파괴 발생으로 해석이 수렴되지 않았다. 내부마찰각 25~26° 이하로 감소 시 앵커의 긴장력이 감소하는 경향을 확인 할 수 있으며, 이는 지반의 강도정수 저하로 인하여 비탈면의 활동이 발생한 것으로 판단할 수 있다. 케이스별 해석결과를 분석한 결과 앵커의 긴장력은 해석단계가 증가할수록 대체로 선형적으로 증가하는 경향을 보였으나, 전반적으로 안전율이 1.1 내외의 안전율에서 (파괴시 안전율 1.0에 근접할수록) 긴장력의 증가경향이 완화되거나, 급격한 증가경향이 발생하기도 하였다. 평균 축력증가량은 35.7 kN, 평균 증가율은 10.2%로 나타났다(Table 9).

Table 9. Increase in the anchor's tensile force

Height of the slope	Initial stressing force (kN)	Increase in stressing force (kN)	Average increase (kN)	Increase rate of stressing force (%)	Average increase rate (%)
15 m	350.00	3.8~77.6	41.4	1.1~22.2	11.8
20 m	350.00	17.2~55.3	31.2	4.9~15.8	8.9
25 m	350.00	4.94~79.7	34.4	1.4~22.8	9.8
Comprehensive analysis		3.8~79.7	35.7	1.1~22.8	10.2

결론

비탈면 내에 설치된 앵커는 지반이나 지하수 등 주변 환경에 영향을 받기 쉬우며, 그 구성 재료의 특성상 불명확한 요소를 많이 내재하고 있어 변형 및 기능 저하 등의 원인을 규명한다는 것이 매우 어렵다. 또한, 일상점검 또는 진단 등을 통해 이상 징후가 발견된 경우에는 이미 어떤 대책을 조속히 취해야 할 필요가 있을 정도로 안정성에 문제가 있는 경우가 다수인 것으로 나타났다.

앵커 긴장력 모니터링을 통하여 비탈면 활동에 따른 비탈면 하단부 앵커의 기능상실이 큰 것을 확인하였으며, 앵커 긴장력의 감소는 한계평형해석으로 검토가 가능한 것으로 나타났다. 하지만, 비탈면 상단부 및 하중전이로 인한 앵커의 긴장력 증가는 한계평형해석으로 검토가 어려워 지반의 강도저하를 발생시키는 방법, 역해석으로 변형해석과 강도감소해석을 병행함으로써 앵커 긴장력의 증가를 고려한 비탈면의 안정성 평가방법을 제안하고자 하였다. 또한, 비탈면 하단부에서 긴장력의 변화가 집중하는 이유는 지반조사결과 풍화대가 25 m 이상 깊게 분포하는 것을 확인하였고, 기존 앵커력이 부족한 하단부 앵커 정착장 대부분 파괴면 내에 위치하여 자유장이 부족한 것으로 분석되었으며, 상부 앵커 긴장력 상실로 인한 하부 하중전이로 하단부 앵커가 기능을 상실한 것으로 판단된다.

내부마찰각 25~26° 이하로 감소 시 앵커의 긴장력이 감소하는 경향을 확인 할 수 있으며, 안전율 1.0 이하로 발생하는 앵커의 평균 증가율은 10.2%로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 기존 연구를 통합하여 분석할 수 있도록 전체 비탈면의 안정성을 평가하기 위한 수치해석, 강도 감소법, 한계평형해석 등의 다양한 해석방법을 적용하여 비탈면 내 설치앵커의 긴장력 증가 변화경향을 파악하고, 앵커의 긴장력 증가경향이 비탈면 전체 안정성에 미치는 영향 및 상관성을 평가할 필요가 있을 것으로 판단된다. 해당 연구를 통해 비탈면에 설치되어 있는 앵커의 긴장력 변화경향을 분석하고 비탈면 전체의 외적 안정성을 평가하기 위한 기초자료를 제공할 수 있으며, 향후 앵커 긴장력의 변화 경향을 정량화하여 분석함으로써 앵커의 성능평가, 관리기준 등을 수립하는데 활용될 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 “국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 건설기술연구사업(비탈면 대상 조사·점검 개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발. 20SCIP-C151408-02)”의 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

- BAI (The Board of Audit and Inspection of Korea), 2019, Safety management status for steep slope of disaster risk, 19p.
- Hongcheon National Highway Administer Office, 2019, Precision safety diagnosis for Class 2 facilities on Hongcheon.
- KICT (Korea Institute of Civil Engineering and Building Techology), 2019, Analysis of slope stability reinforced anchor.
- Lee, S.D., 2017, Soil mechanics, 5th ed., CIR, 57-104.
- MOLIT (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs), 2009, Maintenance manual for ground anchors, 86-101.
- MOLIT (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs), 2011, Criteria for design of cut-slope in construction, 37-45.
- You, M.K., Kwon, O.I., Lee, S.D., 2018, A study on the change of tensile force of friction type anchor under shear deformation of ground, Journal of the Korean Geotechnical Society, 34(4), 13-25 (in Korean with English abstract).