

# 인장재 고정구조가 개선된 ISL 영구앵커

천병식\*1, 여유현\*2

## 1. 서론

일반적으로 공장 제작된 앵커체는 현장 운반시와 시공시 설치과정에서 마찰력 및 정착체 끝단부의 충격에 의해 인장재를 고정하고 있는 썸머부분의 이탈이 발생하게 되는데, 이를 방지하기 위하여 여러 가지 방식으로 보완된 구조의 앵커체가 국내에서 이용되고 있다. 그러나 이러한 보완구조도 여러 가지 문제점으로 인해 현장에서 인장 작업시 강연선에 작용하는 하중과 강연선의 뒤틀림이 발생하여 썸머가 자주 이탈하는 구조적인 결함을 지니고 있어 이에 대한 보완이 필요한 실정이다.

본 고에서는 기존 영구앵커에서 자주 발생하는 썸머부분의 이탈을 방지하기 위하여 정착부에서의 인장재 고정구조를 개선한 ISL 영구앵커(Ideal Slope Locked Permanent Anchor)의 주요 특징 및 앵커체의 구조 특성에 대하여 살펴보고, 실제 시공현장에서의 적용사례 및 현장 인장시험 결과분석을 통해 안정성, 시공성 및 경제성 측면에서 현장 적용성을 평가하였다.

## 2. 기존 영구앵커와 ISL 영구앵커의 특징 비교

일반적으로 국내에서 적용되고 있는 앵커는 대부분 마찰형 앵커방식이며, 마찰형 앵커는 인발 거동 방식에 따라 인장형 앵커와 압축형 앵커로 구분된다.<sup>1), 2)</sup> 이외에도 썸머(Wedge)형식의 앵커체가 주변지반을 지압함으로써 인장력을 발휘하는 지압형 앵커가 있으나 본 고에서는 제외하기로 한다.

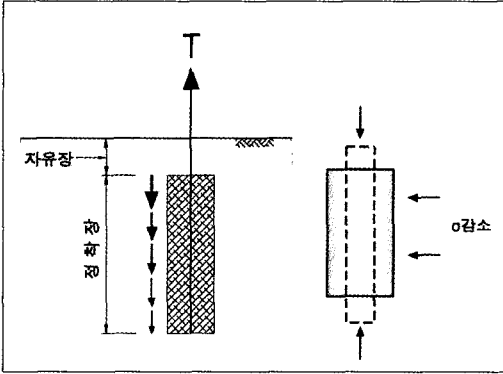
### 2.1 기존의 영구앵커

#### 2.1.1 인장형 영구앵커

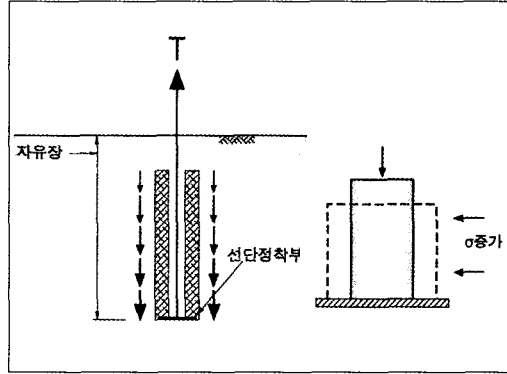
국내에서 일반적으로 앵커라 함은 VSL(Vordpann System Losinger) 앵커를 지칭하는 것으로서, VSL 앵커는 선단정착부의 그라우트가 강연선과 부착되고, 인장부는 썸머로 근입하는 방식으로 그림 1의 (a)와 같이 그라우트의 부착력에 의하여 인장력에 대응하는 앵커로서 국내에서는 최초로 도입된 방식이라 할 수 있다. 그러나, 인장형 영구앵커는 정착부 상부 그라우트의 응력집중으로 인한 진행성 파괴로 인하여 인발저항력이 앵커체의 길이에 비례하지 않고 상당히 감소하는 결점을 갖고 있어, 정착장이 보통 10m 이내로 제한되고 있다. 특히 그림 2의

\*1 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*2 (주)가이이엔씨 대표이사(Yeohyh@naver.com)

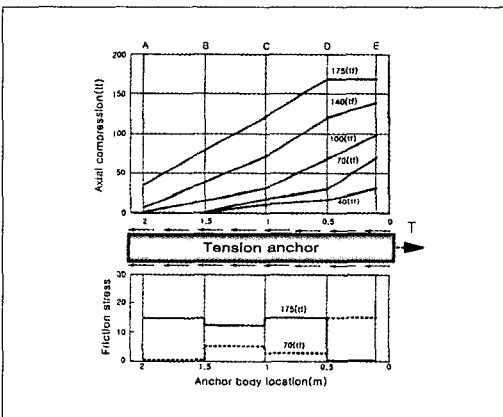


(a) 인장형 앵커

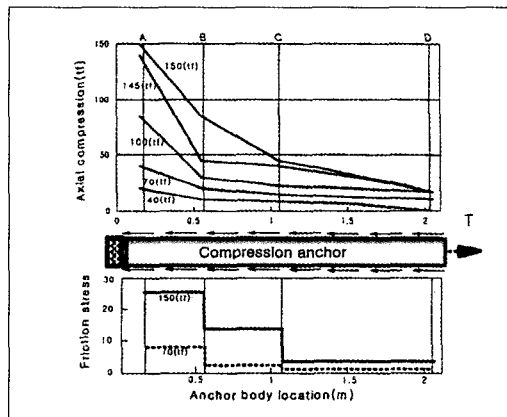


(b) 압축형 앵커

그림 1. 인장형 앵커와 압축형 앵커의 인발거동기구



(a) 인장형 앵커



(b) 압축형 앵커

그림 2. 인장형 앵커와 압축형 앵커의 현장 인발시험

(a)에서와 같이 극한인발저항력에 도달하게 되면 앵커 앞부분의 마찰저항력이 급격히 감소하는 경향을 나타내고, 정착부 중앙에서 균열이 유발되면 마찰저항력이 상실되어 영구앵커로는 적당치 않은 것으로 평가되고 있다.

### 2.1.2 압축형 영구앵커

현재 국내에서 널리 통용되고 있는 영구앵커의 대부분은 선단 압축형 앵커이며, 그림 1의 (b)와 같이

앵커 정착부의 그라우트와 강연선 사이에 피복이 있어 인발시 그라우트가 압축력을 받는 앵커로서, 정착체의 길이에 비례하여 정착장을 지정하는 방식으로 상기의 인장형 앵커 정착부의 상부 그라우트에 응력집중으로 발생하는 진행성 파괴의 단점을 완전 제거하기 위하여 자유장을 선단까지 연장시켜 정착체에 압축력이 발휘되도록 하는 방식이다.<sup>3), 4), 5), 6)</sup> 압축형 앵커는 그림 2의 (b)와 같이 인장재 주변의 그라우트가 압축을 받으며 정착부의 깊은 쪽부터 큰



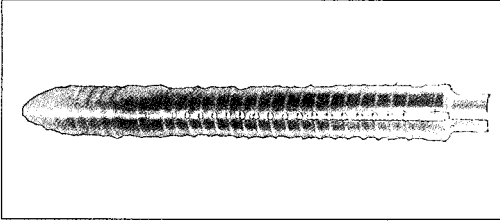


그림 6. 강봉형 정착체

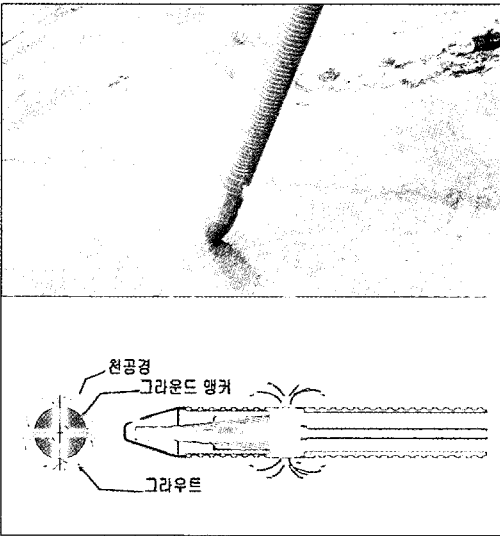


그림 7. 사방분사형 그라우트 주입

(2) 썩기를 보완한 인장재 고정구조로 앵커체 썩기 이탈 방지

기존의 영구앵커는 현장으로의 운반과 앵커체 삽입과정에서 무리한 충격이 가해지는 경우 강연선의 뒤틀림으로 인해 썩기가 이탈하는 문제점이 자주 발생한다. 이를 방지하기 위하여 ISL 영구앵커는 썩기 (Wedge)콘에 의해 고정되는 복수의 인장재(강연선)를 그 끝단에서 십자고정판과 강연선의 합선방식으로 서로 꼬아 일체가 되도록 하는 이중 안전장치를 함으로써 외부의 충격이나 마찰저항에 대해 강연선이 썩기에 더욱 더 단단히 고정 근입되는 방식으로

개선하여 앵커체 자체의 구조적 결함을 최소화하였다.

(3) 강봉형 정착체 적용으로 부착력 증대

정착체를 강봉형으로 개선하여 기존 앵커보다 큰 부착응력이 발휘될 수 있으므로 부착응력에 대한 정착장 감소가 가능하다. 또한, 비탈면 보강시 가상과 피면에서 최대로 이격된 정착부 하단에 텐션이 연장되어 비탈면 하단에서는 최소 자유장에 구애받지 않는 장점이 있다.

(4) 사방분사형 그라우트 주입으로 마찰력 및 부착력 증대

기존의 영구앵커는 그라우트 주입관을 앵커의 외면에 부착하여 주입하는 방식으로 주입시 천공홀의 하단부로 편심되어 구멍이 형성 되는 것에 비해, ISL 앵커는 그라우트 주입관이 앵커내부에 장착되어 정착체의 끝단에서 사방으로 분사됨으로써 정착체에 균일한 피복 두께로 구멍이 형성되어 지반의 정착을 더욱더 견고히 할 수 있다.

(5) 재인장 지압판 적용으로 재인장 용이

영구앵커 시공 후 일정기간이 지나면서 지반의 크리프 변형 및 강연선의 릴랙세이션 (Relaxation) 등으로 인한 인장력 감소시 지압판에 부착된 재인장용 볼트를 조임으로써 재인장이 가능하므로 시공성이 우수하다.

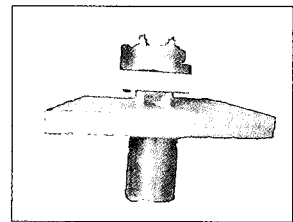


그림 8. 재인장 지압판

표 1. ISL 영구앵커 종류 및 제원

구 분	ISL35F	ISL45F	ISL56F	ISL67F	ISL80F	ISL95F	ISL110F
강연선 본수	3×φ12.7	4×φ12.7	5×φ12.7	6×φ12.7	5×φ15.2	6×φ15.2	7×φ15.2
인장강도(tf)	56.1	74.8	93.5	112.2	133.07	159.69	186.3
항복강도(tf)	47.7	63.6	79.5	95.4	113.19	135.82	158.46
허용하중(tf)	34.7	44.88	56.1	67.32	79.8	95.76	111.78
천공경(mm)	φ105	φ105	φ115	φ125	φ125	φ135	φ135
정착체직경(mm)	φ89	φ89	φ89	φ101	φ101	φ114	φ114

표 2. ISL 영구앵커의 정착체 길이 산정

결정론적 해석방법		확률론적 해석방법		수치해석에 의한 검증				
그라우트와 정착체의 마찰저항을 고려한 산정식에 의해 정착체 길이 산정		산정식 및 입력정수의 다양성 및 불확실성을 고려한 신뢰성 분석에 의한 정착체 길이 산정		산정된 정착체 길이에 대하여 수치해석에 의한 검증 수행				
구 분		A	B	C	D	E	F	G
	ISL35F	ISL45F	ISL56F	ISL67F	ISL80F	ISL95F	ISL110F	
정착체	결정론	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2
길이	확률론	0.6	0.6	0.7	0.9	1.0	1.0	1.2
(m)	적 용	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.2	1.4

2.2.3 ISL 영구앵커 제원

ISL 영구앵커는 강연선 본수 및 직경, 인장강도, 항복강도, 허용하중 등에 따라 7가지로 구분되며, 각 종류별 세부 제원은 표 1과 같다.

2.2.4 ISL 영구앵커의 정착체 길이

ISL 영구앵커의 정착체 길이는 일반적인 결정론적 방법과 확률론적 해석기법(Monte Carlo Simulation, MCS)을 병행하여 산정한 후 수치해석에 의한 검증을 통해 최종 확정하였으며, 그 산정결과는 표 2와 같다.

2.2.5 ISL 영구앵커 시공순서

ISL 영구앵커의 시공순서는 일반적으로 ① 정착체 공장가공, ② 천공, ③ ISL 영구앵커체 삽입, ④ 그라우트 주입, ⑤ 지압판 설치, ⑥ 인장 및 마무리 작업 순으로 진행되며, 개략적인 시공순서도는 그림 9와 같다.

3. 현장 앵커 인발시험

3.1 인발시험 개요



표 3. PC 강연선 및 앵커제원

구 분	PC강연선제원	앵커제원
외 경	12.7mm(+0.4, -0.2)	3×12.7mm
스트랜드경	12.7mm(+0.4, -0.2)	-
공칭단면적	98.7mm <sup>2</sup>	394.8mm <sup>2</sup>
공칭중량	0.774kg/m	3.096kg/m
절단하중	18,700kgf	74,800kgf
0.2% 영구신율에 의한 항복하중	15,900kgf	63,600kgf
70% 초기하중에서 1000시간 후 RELAXATION	2.5%이하	

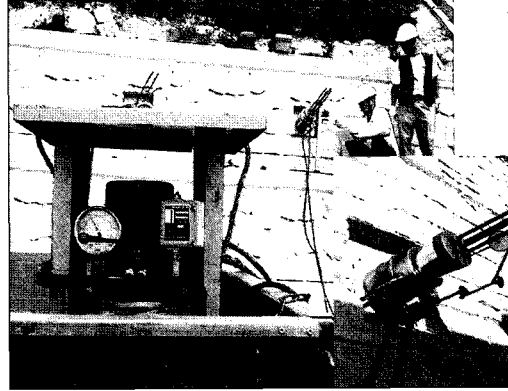


그림 10. 현장 앵커 인발시험 전경

표 4. 현장 앵커 인발시험 결과

앵커 1						앵커 2					
실측 하중 (tf)	실측 변위 (mm)	소성 변위 (mm)	탄성 변위 (mm)	상한선 (mm)	탄성상한선 (mm)	실측 하중 (tf)	실측 변위 (mm)	소성 변위 (mm)	탄성 변위 (mm)	상한선 (mm)	탄성상한선 (mm)
3.9	5.5	0.60	4.90	6.57	0	3.9	5.7	0.80	4.90	6.57	0
12.0	21.4	1.90	19.50	20.21	13.64	12.0	21.1	2.15	18.95	20.21	13.64
18.0	31.7	2.85	28.85	30.32	23.75	18.0	32.6	3.15	29.45	30.32	23.75
24.0	43.1	3.80	39.30	40.43	33.86	24.0	43.0	3.76	39.24	40.43	33.86
30.0	51.3	4.15	47.15	50.53	43.96	30.0	54.6	4.25	50.35	50.53	43.96
39.0	61.1	4.45	56.65	65.69	59.12	39.0	65.7	4.55	61.15	65.69	59.12

ISL 앵커공법의 설계 적정성을 확인하기 위하여 2개 설치공에 대하여 현장 인발시험을 수행하였으며, 이를 통해 하중-변위관계를 확인하고, 탄소성 변위와 한계곡선을 파악하여 상한계선의 이탈여부, 자유부의 구속여부 및 설계 앵커력을 확인하였다.

허용하중 34.7ton인 ISL35F 영구앵커의 제원은

표 3과 같으며, 시험전경은 그림 10과 같다.

### 3.2 결과 분석 및 고찰

ISL35F 앵커 2공 모두 최대 긴장력을 39.0tonf 까지 가하였을 때 파괴나 비정상적인 변형이 나타나



그림 11. ○○ 4지구 시공후 전경사진

지 않아 설계시 제안된 앵커력 30.0tonf을 확보하는 것으로 나타났다.” ISL 앵커 2공에 대한 인장시험 결과는 표 4와 같다.

비탈면 옹벽 보강 영구앵커로서 ISL 영구앵커가 적용된 현장 적용사례 분석을 통하여 ISL 영구앵커의 적용성을 확인하였으며, 시공 후 현장 전경은 그림 11과 같다.

본 고에서는 비록 1개 현장 적용사례만을 수록하였으나, 현재 수 개소의 비탈면 현장에서 성공적인 공사가 완료 또는 진행 중에 있으며, ISL 영구앵커의 지반정착 효과를 확인할 수 있었다.

## 4. 현장 적용성 분석

### 4.1 안정성

#### 4.1.1 PE 파이프 이중피복을 통한 부식방지

PE파이프로 이중 피복하여 1차 방수 처리된 강연선에 대한 2차 방수 역할과 앵커체의 삽입과정에서 언본디드 강연선의 피복이 벗겨지는 불량을 방지하여 방식성 증대로 영구앵커의 내구성을 향상되었다.

#### 4.1.2 썩기를 보완한 인장제 고정구조로 앵커체 썩기 이탈 방지

국내에서 일반적으로 사용되고 있는 기존 영구앵커는 선단부에 PC강연선을 강봉과 압착하는 맨손 방식으로 제품의 품질관리에 있어서 작은 오차도 제품의 치명적인 결함으로 연결되며, 강봉과 강연선의 연결부의 원자재 소성변형으로 인해 앵커의 인장시 안정적이지 못하다. 반면 ISL 영구앵커는 PC강연선을 썩기 정착하는 방식이며 십자고정판과 강연선을 합선하는 2중 안전장치를 채택하였으므로 앵커의 이동 및 앵커체 공내 삽입시 무리한 충격을 가하더라도 썩기 이탈로 인한 앵커체의 치명적인 불량을 완벽하게 방지할 수 있다.

#### 4.1.3 강봉형 정착체 적용으로 부착력 증대

정착체를 강봉형으로 개선하여 기존 앵커보다 큰 부착응력을 발휘할 수 있으므로 부착응력에 대한 정착장 감소가 가능하다.

#### 4.1.4 사방분사형 그리우트 주입으로 마찰력 및 부착력 증대

기존 영구앵커는 그리우트 주입호스를 앵커 정착체 외부에 부착하게 되어 있어서 그리우트 주입시 천공경 내에서 한면 분사로 마찰면적 감소와 접촉력 저하의 원인이 되나, ISL 영구앵커는 그리우트 주입호스를 앵커 정착체 내부에 장착하여 그리우트를 사방분사 함으로 그리우트가 앵커체 주변에 원형으로 고르게 분사할 수 있으므로 마찰면적 감소가 없으며 그리우트의 부착력을 높일 수 있다.

### 4.2 시공성

#### 4.2.1 재인장 지압판 적용으로 재인장 용이

앵커 시공 후 재인장이 필요한 경우, 기존 영구앵커는 재긴장형 정착헤드에 나사부를 고정하는 전용



장비를 부착해야 하므로 현실성이 떨어지나, ISL 영구앵커는 앵커 지압판 두부에 부착된 육각볼트를 조임으로써 두부측 헤드가 지압판과 떨어지도록 하여 재인장이 용이하다.

일 수 있다.

#### 4.2.2 필요 규격별 앵커 종류 선택으로 시공효율 증대

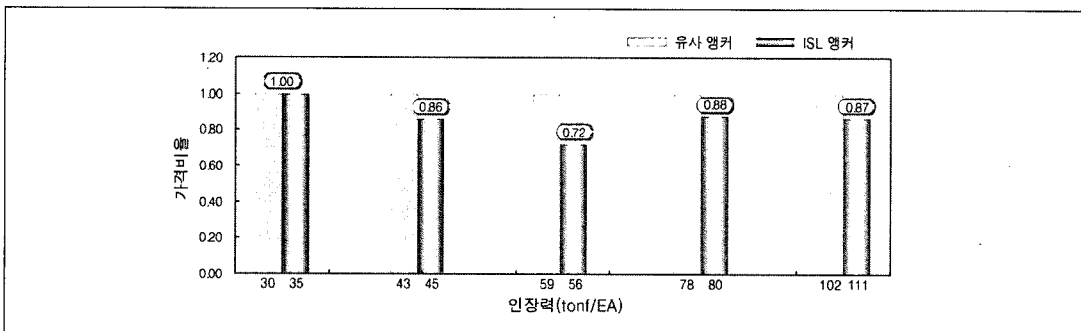
ISL 영구앵커는 ISL35F(3×φ12.7, 인장하중 35.0tonf)~ISL110F(7×φ15.2, 인장하중 111.0tonf)의 7종으로 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 기존 영구앵커보다 더 다양한 종류가 생산 시공되고 있어, 시공현장의 상황에 따라 앵커의 종류를 선택할 수 있는 폭이 넓으므로 시공효율을 높

### 4.3 경제성

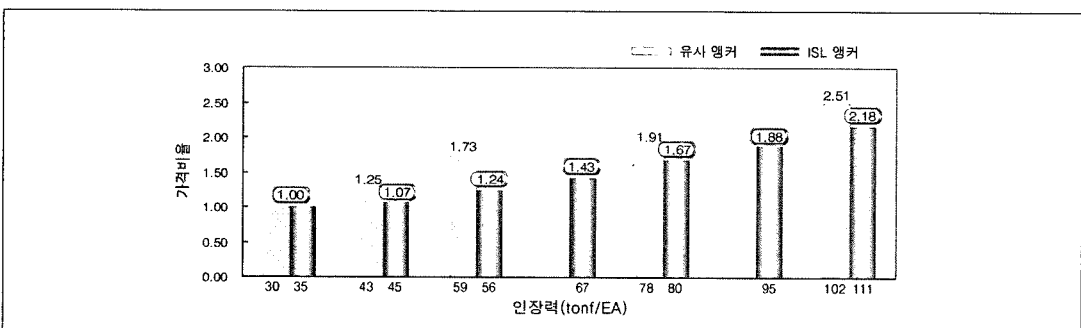
국내에서 일반적으로 사용되고 있는 영구앵커와 인장력이 비슷한 앵커에 종류별 ISL 영구앵커를 공사비를 비교하여 경제성을 분석하였다.

#### 4.3.1 공사비 저림

그림 12의 (a)에 나타난 바와 같이, 기존 영구앵커에 비해 ISL 영구앵커는 사면보강 후 5~9tonf의 인장력이 더 크게 발휘할 수 있음에도 불구하고, 공사비는 0~28%(평균 13.4%) 정도 감소하여 경제



(a) 기존 영구앵커를 1로 기준한 경우



(b) 기존 영구앵커 중 30tonf 규격을 기준한 경우

그림 12. 인장력 대비 유사 영구앵커와 ISL영구앵커의 경제성 비교



적인 것으로 나타났다.

### 4.3.2 앵커보강 효율 극대화

그림 12의 (b)에 나타난 바와 같이, 기존 영구앵커 보다 다양한 종류의 앵커를 생산하여 사면보강시 현장상황을 고려한 앵커 선택 폭이 넓어 경제적인 측면에서 효율 극대화가 가능하다.

### 4.3.3 외화 절감 효과

국내에서 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 영구앵커 경우 외국에서 개발된 앵커로서 시공시 기술료를 지불해야 하나, ISL 영구앵커는 국내에서 독자적으로 개발된 기술이므로 기술료를 지불할 필요가 없어 외화 절감 효과를 기대할 수 있다.

## 5. 결론 및 제언

현재 국내에서 주요 사용되고 있는 마찰식 압축형 앵커의 인장재 고정구조의 문제점을 보완하고 앵커체 내부 주입관에 의한 사방분사형 그라우트 주입방식을 채택한 ISL 영구앵커의 현장 적용성을 평가한 결과는 다음과 같다.

- (1) ISL 영구앵커의 구조적 특징으로는 ① PE 파이프 이중피복을 통한 부식방지, ② 썩기를 보완한 인장재 고정구조로 앵커체 썩기 이탈방지, ③ 강봉형 정착체 적용으로 부착력 증대, ④ 사방분사형 그라우트 주입으로 마찰력 및 부착력 증대, ⑤ 재인장 지압판 적용으로 간편한 재인장 가능 등이 있으며, 이는 기존 영구앵커에 비해 상당한 성능개선이 이루어진 것으로 평가되었다.

- (2) ISL 영구앵커공법이 적용된 국도 비탈면 현장에서 현장 인발시험 등을 통한 현장사례 분석결과, 하중 변위 관계로부터 자유부의 구속 여부 및 설계 앵커력 확보 등을 확인하였다.
- (3) ISL 영구앵커와 국내에서 주로 사용되고 있는 기존 영구앵커와의 비교 분석을 통한 안정성, 시공성 및 경제성 측면에서의 현장 적용성 평가 결과, ISL 영구앵커가 상당히 우수한 것으로 평가되었다.

## 참고 문헌

1. Hobst, L and Zajic, J. (1983), "Anchoring in Rock and Soil", Elsevier Science Publishers.
2. Ostermayer, H. and Scheele, F.(1977), "Research on ground anchor in non-cohesive soils", 9th ICSMFE, Ground anchors, pp22-97.
3. 日本 土質工學會, グランドアンカー基準改正委員会 (1987), "グラウンドアンカー設計・施工基準", 土と基礎, Vol. 35, No. 9, pp. 73-80.
4. 林鍾鐵, 龍岡 文夫 (1989), "砂地盤内の平面變形率鉛直앵커의 模型實驗", 大韓土木學會 1989年度 學術發表會概要集, pp. 460-463.
5. Wernick, E. (1977), "Stresses and strains on the surface of anchors", Proc. of the 9th ICSMFE, Ground Anchors, pp. 113-119.
6. Tejchman, A. (1976), "Skin resistance of tension piles", Proc. 6th ECSMFE, Vol. 1, pp. 573-576.
7. 연엔지니어링 기술연구소 (2004), "국도 〇호선 4지구 낙석 및 산사태 위험지구 앵커 인장시험 보고서", 경주대학교 산학협동 연구소.