

현장시험을 통한 DEW 지압형 앵커의 적용성평가 Application of DEW Anchor with Field Test

최경집¹⁾, 박우영²⁾, 유성진³⁾, 이성락⁴⁾

¹⁾ (주)지오테크코리아 대표이사 서울산업대 겸임교수, President, Lecture Professor, Geo-Tech Korea, SNUT

²⁾ (주)신도이엔아이 대표이사, President, Sin Do E&I

³⁾ 동남이엔씨(주) 회장, 공학박사, Chairman, Phd, Dong Nam E&C

⁴⁾ 동남이엔씨(주) 전무이사, 토질 및 기초기술사, Director, Professional Engineer, Dong Nam E&C

SYNOPSIS : The anchor is used extensively for a cutting slope, an earth retaining wall, an uplift resistance of sub-structures and so on at civil engineering projects and is classified by aim in use, tendon material, and ground/tension fixing type. It can be distinguished extensively into friction type, bearing type, and complex type by ground fixing type.

Generally, bond length of friction type anchor has application to 3~10m depending on the friction-resistance characteristics. In this study, 'DEW(double enlargement wedge) bearing type anchor' of new concept is devised. The bond length is about 0.6~0.8m. It can be used on the ground to have the strength characteristics above it of weathered rock. There are merits which are 'period reduction' and 'cost saving' through the minimum of the boring length.

In addition, it is so called environmentally friendly Methods because it can reduce the quantity of carbon dioxide through the reducing drilling machine operation time.

Keywords : DEW(double enlargement wedge), bond length, carbon dioxide, environmentally friendly Methods

1. 서론

앵커는 도로건설 및 단지조성시 형성되는 절토사면, 가설 흙막이 및 지중구조물의 부상방지 등 토목공사에서 광범위하게 사용되어진다. 앵커는 사용목적, 인장재의 종류 및 지반/긴장 정착방식 등에 따라 분류될 수 있는데, 지반에 대한 정착방식에 따라 크게 마찰형, 지압형 및 복합형 앵커로 구분된다.

일반적으로 사용되어지는 마찰형 앵커의 정착장은 대상지반의 마찰저항특성에 따라 3~10m 범위에서 적용하고 있으며, 이에 본 연구에서는 새로운 개념의 'DEW 지압형 앵커'를 고안하여, 풍화암 이상의 강도특성을 갖는 대상지반에 대하여 정착장을 약 0.6~0.8m로 대폭적으로 줄였다. 본 공법은 천공장의 최소화를 통해 공기단축 및 원가절감의 효과를 얻는다. 더불어, 천공장비 운행시간을 줄임으로써 이산화탄소 배출량을 감소시키는 친환경 공법이라 할 수 있다.

본 연구에서는 지압형 앵커의 구조 및 기본이론을 이해하고 현장시험을 통해 탄·소성 변형량 및 썩기체의 변위량 등을 측정하였다.

2. D.E.W 공법의 개요

2.1 공법개요

지압형 앵커는 그림 1(a)와 같이 쐐기체가 압입됨에 따라 인장력이 확장압력으로 작용하여 마찰저항력을 발휘하게 된다. 여기서 확장체가 확장되기 위해 쐐기체는 인장방향으로 물리적으로 이동해야 하므로 외부에서 인장작업 할 때 앵커체가 미끄러지는 소성변위로 측정될 수 있다. 이는 지압형 앵커의 구조적인 특성으로 대상지반의 변형계수에 따라 다양하게 나타나며, 이는 인장재의 소성변형과는 별도로 관리되어야 한다.

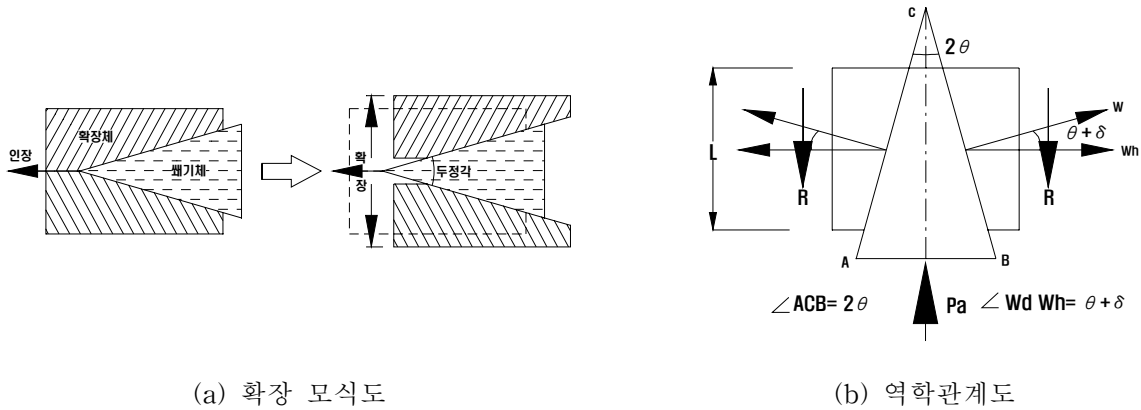


그림 1. 지압형 앵커 작용메카니즘

그림 1(b)의 역학관계도에서 앵커체 두정각을 2θ 로 하면

$$\text{쐐기력 } W = \frac{Pa}{2 \sin(\theta + \delta)} \quad \text{-----식(1)}$$

$$\text{쐐기수평력 } Wh = W \cos(\theta + \delta) = \frac{Pa}{2} \cot(\theta + \delta) \quad \text{-----식(2)}$$

(여기서 δ : 벽면마찰각으로 $\frac{2}{3} \Phi$ 로 한다)

설계인장력 Pa 로 인장시 앵커체가 확장되면서 앵커체 주면에서의 마찰저항력 R 은 앵커체와 정착지반의 마찰계수를 f 로 하면

$$R = f \cdot Wh = f \cdot \left[\frac{Pa}{2} \cot(\theta + \delta) \right] \quad \text{-----식(3)}$$

(여기서 f : $\tan \Phi$)

이때 설계인장하중 Pa 는 식(3)에 의한 앵커체벽면 마찰력 R 에 대해 다음식을 만족해야만 앵커인발에 대해 안전하게 된다.

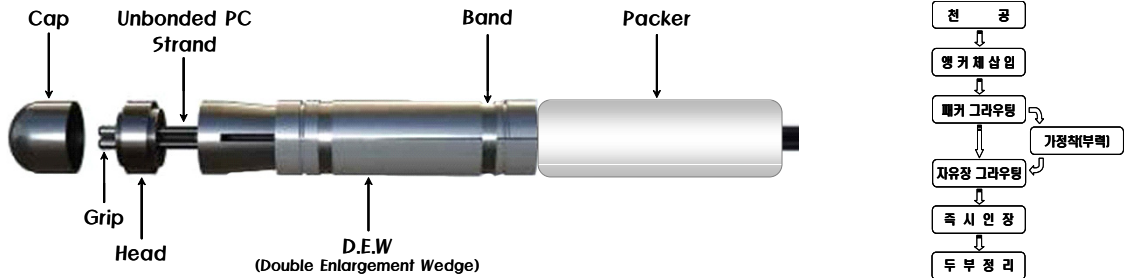
$$Pa \leq 2R = Pa \cdot \tan \Phi \cdot \cot(\theta + \delta), \quad \tan(\theta + \delta) \leq \tan \Phi, \quad \theta + \delta \leq \Phi \quad \text{-----식(4)}$$

여기서 θ 는 쐐기체 두정각의 $\frac{1}{2}$, Φ 는 정착지반의 내부마찰각이고 벽면마찰각 $\delta = \frac{2}{3} \Phi$ 로 계산하면

$\theta \leq \frac{\Phi}{3}$ 를 만족하도록 앵커췌기체 두정각 θ 를 정하면 앵커인발에 대해 충분히 안정한 조건이 된다.

본 DEW 지압형 영구앵커체의 두정각 $\theta = 6.5^\circ$ 로 제작되므로 정착지반의 내부마찰각 Φ 가 20° 이상인 풍화암 이상의 지층에 대해서 본 지압형 영구를 적용할 수 있는 판단기준으로 설정하였다.

2.2 구조 및 시공순서



(a) 앵커체 구조도

(b) 시공순서

그림 2. 앵커체 구조도 및 시공순서

앵커구조는 크게 앵커두부, 자유장부 및 정착체부로 구성되어진다. 본 연구의 지압형 앵커와 일반적인 마찰형 앵커의 구조적 차별성은 정착체부로 구성요소는 선단캡, 선단헤드, DEW(췌기체+확장체), 패커 등으로 구성되어 있으며, 언브드PC강연선 끝단은 압착그립에 의해 선단헤드에 정착된다. 또한, DEW는 제작, 운반 중 충격 등에 의해 풀리지 않도록 스틸밴드에 의해 고정된다.

작용메커니즘은 두부에서 강연선 인장시 췌기가 두부방향으로 이동하면서 2개의 확장체가 공벽에 밀착되어 지압력을 발휘하게 된다. 이때 토목섬유 재질의 패커는 앵커인장 전에 시멘트그라우팅을 통해 팽창, 천공홀 내주면에 밀착시켜 확장체의 변위를 억제하는 역할을 한다.

본 앵커의 시공순서는 크게 사면앵커와 부력앵커로 대별될 수 있으며, 차이점으로는 부력앵커의 경우 앵커두부 정착을 위한 구조물공사에 따른 시간경과를 고려하여 패커그라우팅 후 가정착 단계를 갖는다.

3. 현장시험시공

3.1 개요

본 연구에서는 DEW 앵커 공법의 적용성을 알아보기 위하여 현장시험시공을 통해 하중에 따른 탄·소성변형을 중점적으로 알아보고자 일반적인 앵커 인장시험 방법에 의하여 수행하였다. 현장시험시공은 용인 ○○아파트 현장 절토사면이며, 대상지반에 대한 암석시험결과 비중 2.72, 흡수율 0.79%이며, 점하중강도 977 kg/cm^2 정도로 연암의 범위($700 \sim 1,000 \text{ kgf/cm}^2$)에 준하는 암반으로 평가되었다. 시험시공 수량은 총 2개소로 사용한 앵커제원은 아래의 표 1과 같다.

표 1. 시험앵커 제원

No	앵커체 Type	자유장 (m)	정착장 (m)	패커장 (m)	강선수	삽입각 ($^\circ$)	천공경 (mm)
1	DEW-50 (50ton)	6.0	0.62	0.5	5EA	15	115
2				0.7			

3.2 순서 및 방법

DEW 지압형 앵커 공법의 현장시험시공 순서는 천공, 앵커체 삽입, 패커 그라우팅 및 인장시험에 의해 실시하였으며, 상세사진은 그림 3과 같다. 마찰형 앵커 공법과 차별되는 점은 DEW 확장에 의한 지압력에 의해 소요의 설계인장력에 저항하게 된다. 따라서 본 연구에서는 지압력 효과를 관찰하기 위하여 패커그라우팅을 실시하고, 별도의 자유장부 그라우팅은 실시하지 않은 상태에서 인장시험을 수행하였다.

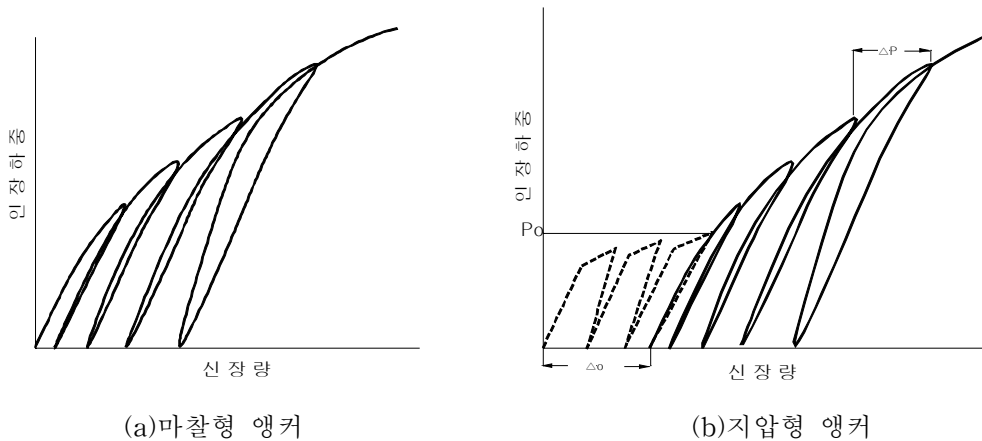


(a)천공 (b)앵커체 삽입 (c)패커 그라우팅 (d)인장시험

그림 3. DEW 앵커 공법 현장시험 순서

인장시험은 정적인 반복재하에 의하여 실시하고 각 반복사이클의 최대하중은 단계적으로 설계하중의 20%씩 증가(0.2T_d, 0.4T_d, 0.6T_d, 0.8T_d, 1.0T_d, 1.2T_d, 1.4T_d)시켜 재하 및 제하를 실시하며, 인장파괴 하중까지 재하하여 하중에 따른 탄·소성변형량을 측정하였다.

지압형 앵커는 마찰형 앵커와 달리 정착초기에 앵커체가 천공 내주면에서 이격되어 있으므로 최초 인발시에 그림 4와 같이 하중 P₀에서 밀착하기 위한 신장량(Δ₀)이 발생하게 된다. 이후 마찰형 앵커와 유사한 하중-변형관계를 나타낸다.

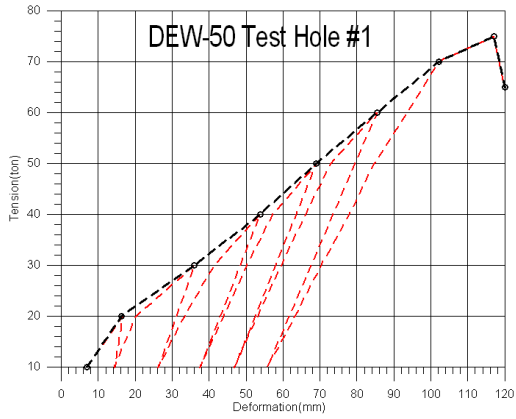


(a)마찰형 앵커 (b)지압형 앵커

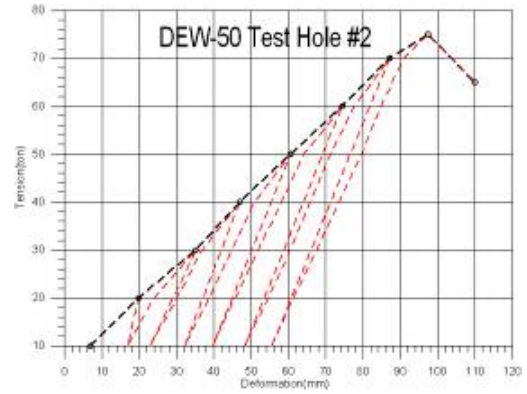
그림 4. 하중-신장량 관계곡선

3.3 결과분석

2개의 시험공에 대한 인장시험결과 그림 5의 하중-변형 관계곡선을 얻었다. 2개소 모두에서 약 75ton(1.5T_d)에서 파단이 발생하였고, 각 단계별로 재하/제하에 의하여 설계하중시의 소성변형량은 No.1에서 39.97mm, No.2에서 32.85mm로 나타났다.



(a)하중-변형 관계곡선(No.1)



(b)하중-변형 관계곡선(No.2)

그림 5. DEW 앵커 인장시험 결과(1)



(a)PC강연선 파단(No.1)



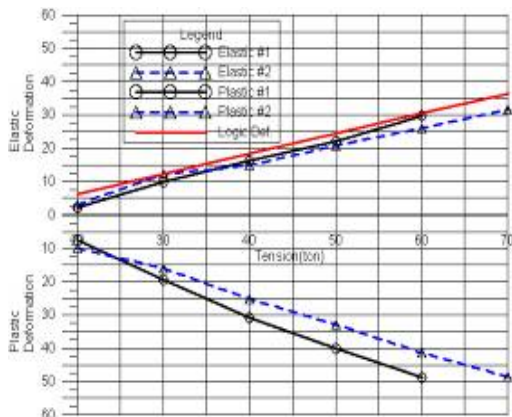
(b)PC강연선 파단(No.2)



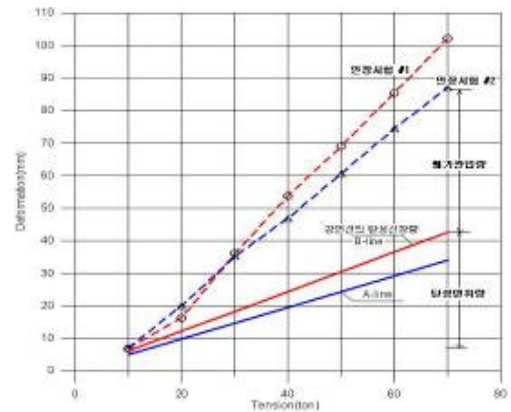
(c)PC강연선 파단상세

그림 6. PC 강연선 파단상태

그림 7은 탄·소성 변형량을 구분하여 표현하였으며, 탄성변형량은 이론적인 강선의 탄성변형량과 유사하게 나타났으며, 소성변형량은 마찰형앵커와 비교하여 상대적으로 매우 크게 나타났다. 이는 지압형 앵커 정착을 위한 썰기의 이동에 따른 썰기체 변위량으로 판단할 수 있으며, 이 변위량에 대한 확장체의 직경은 각각 9.10mm, 7.48mm 증가하여 확장체와 천공 내주면이 밀착하여 지압력에 의한 설계인장력이 발현됨을 알 수 있었다.



(a)탄성 및 소성변형 관계곡선



(b)인장관리 및 앵커의 소성거동

그림 7. DEW 앵커 인장시험 결과(2)

4. 기존 앵커와의 차별성을 통한 저탄소 녹색성장

전세계적인 공업화의 결과로 대기오염, 지구온난화 등의 문제가 국제적인 이슈로 부각되면서, 현재 온실가스 배출에 대한 총량제한, 배출쿼터제 등 이산화탄소(온실가스) 발생량 억제를 위해 노력하고 있는 바, 토목사업 내에서도 이에 대한 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 이와 같은 관점에서 DEW 지압형 앵커는 정착장을 최소화하여 장비사용 시간을 줄임으로써 마찰형 앵커에 비교하여 이산화탄소 배출량을 현저히 저감할 수 있다.

사례로 ○○현장 앵커공사에 대하여 마찰형과 지압형 앵커의 천공길이 차이에 따른 이산화탄소배출량 및 산림의 이산화탄소 흡수량은 표 2와 같다. 앵커수량이 615공 정도이며, 이에 따른 천공장 감소량이 2,851m, 공사완료 후 총이산화탄소 배출량(TCO₂) 감소분이 약 57.6ton로 산정되었으며, 이로 인한 필요 산림면적이 약 7.9ha로 예측되었다.

표 2. 토질별 총이산화탄소 배출량 및 필요 산림면적

토 질	천공장 차이(m)	경유사용량 (ℓ)	총발열량 (Kcal)	석유환산톤 (TOE)	총탄소배출량 (TC)	총이산화탄소 배출량(TCO ₂)	산림면적(ha)
토 사	137	1,033	9,349,688	0.935	0.790	2.897	0.397
풍화암	1,864	12,684	114,790,414	11.479	9.7	35.566	4.874
연 암	850	6,859	62,079,824	6.208	5.246	19.234	2.635
계	2,851	20,576	186,219,926	18.622	15.736	57.679	7.904

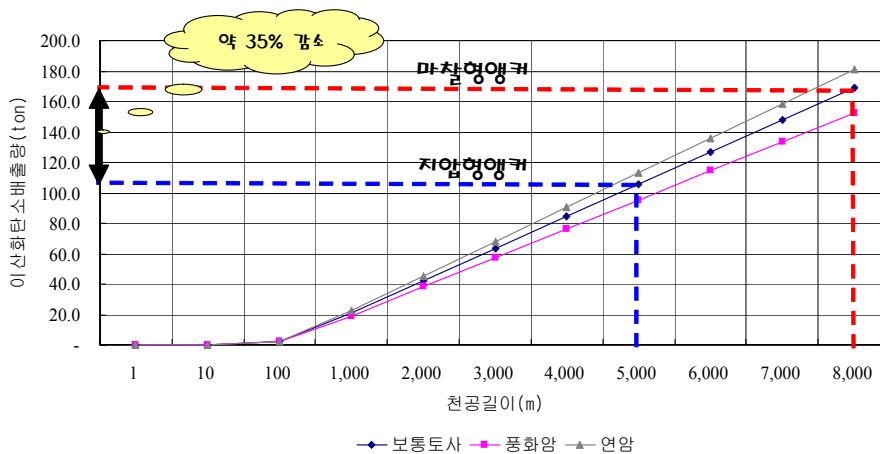


그림 8. 앵커종류에 따른 이산화탄소배출량 비교

5. 결론

본 연구에서는 일반적으로 사용되어지는 마찰형 앵커의 길이를 단축하여 공사기간 및 공사비 절감을 위한 목적으로 연구 개발된 DEW 지압형 앵커의 구조 및 기본이론을 이해하고 현장시험시공을 통해 그 적용성을 판단하고자 하였다.

2개의 시험공에 대한 인장시험결과 하중-변위 관계곡선을 얻었다. 2개소 모두에서 약 75tonf(1.5Td)에서 파단이 발생하였고, 각 단계별로 재하/제하에 의하여 설계하중시의 소성변형량은 No.1에서 39.97mm, No.12에서 32.85mm로 측정되었다. 탄성변형량은 이론적인 강선의 탄성변형량과 유사하게 나타났으므로, 이는 지압형 앵커 정착을 위한 썬기체 변위량임을 알 수 있었다. 상기 변위량에 대한 확장체의 직경은

각각 9.10mm, 7.48mm 증가하여 확장체와 천공 내주면이 밀착하여 지압력에 의해 설계인장력이 발현됨을 알 수 있었다.

대상지반의 지층구조, 토질특성에 따른 변수가 있으나, 사례로 ○○현장 앵커공사에 대하여 마찰형과 지압형 앵커의 천공길이 차이에 따른 이산화탄소배출량을 산정한 결과 지압형 앵커가 약 35%감소됨을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 서울산업대학교 구조공학연구소, 2008.7, “Double Enlargement Wedge 지압형 영구앵커 하중인발 시험 보고서”
2. 유병옥, 김낙영, 장현익, 심재원, 박용식, 한원준, 2009.5, “터널과 근접 시공된 절토사면의 앵커하중 계측에 의한 안정성 검토” 한국지반환경공학회, 2009 봄 학술발표회 논문집, pp.107~117
3. 그라운드앵커기술협회(日), 2006, “그라운드앵커설계시공지침”, 그라운드앵커기술협회(日)편