

# 복합 AAM 영구 앵커의 설계법 및 적용성 평가

## Design Method and Evaluation of the Applicability of the Complex AAM Permanent Anchor

이혁진\* · 정대훈\*\* · 김진홍\*\*\* · 이종하\*\*\*\* · 김홍택\*\*\*\*\*

Lee, Hyuk Jin · Jung, Dae Hoon · Kim, Jin Hong · Lee, Chong Ha · Kim, Hong Taek

### Abstract

In this study, the complex AAM permanent anchor was introduced and the design method for the complex AAM permanent anchor was showed by examining the relationship of the forces applied to the anchor, the ground failure, the loads inducing the tensile failure between the anchors, etc. In order to understand the behavioral characteristics of the complex AAM permanent anchor, the field pullout test was carried out, and the results obtained with the design method were compared with those of the field pullout test.

**Keywords** : Complex AAM Permanent anchor, Behavioral Characteristics, Design method, Field pullout test

본 연구에서는 복합 AAM 영구 앵커를 소개하고, 앵커의 설계시 인발력( $P_a$ )에 의해 앵커에 작용하는 힘의 관계 검토, 지압파괴에 대한 검토, 앵커사이 지반에서의 인장파괴 유발하중 검토 등을 통하여 복합 AAM 영구 앵커의 설계법을 소개하였다. 그리고 복합 AAM 영구 앵커의 거동특성을 알아보기 위하여 설계법의 의한 예측결과와 현장인발시험 결과를 비교·검토하였다.

### 1. 서 론

현재 국내에서 앵커의 설계시 많이 인용하는 극한마찰저항 값은 1970 ~ 1980년대에 국외에서 이론적 고찰과 시험을 수행하여 발표된 연구 결과가 대부분이다. 그러나 현재에는 새로운 개념의 앵커들이 많이 개발되고 시공 기술의 발전으로 인하여 여러 조건이 많이 달라졌기 때문에 국외의 연구 자료를 사용할 때에는 많은 주의를 기울여야 한다 (Ostermayer and Scheele, 1978; Ostermayer, 1974). 따라서, 국내의 지반 조건에 따른 그라운드 앵커의 실험적 연구를 통한 앵커의 설계 및 거동 특성에 대한 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 보다 진보된 기술의 일환으로 제작된 AAM 영구 앵커의 합리적인 설계법에 대하여 알아보고 그 적용성을 평가하여 보았다.

본 연구는 국내 지반조건에 맞는 복합 AAM 영구 앵커의 설계이론과 현장인발시험결과의 비교·분석을 통해서 복합 AAM 영구 앵커의 적용성을 평가하는데 그 목적이 있다.

### 2. 복합 AAM 영구 앵커의 구조 및 설계방법

본 연구에 사용된 복합 AAM 앵커 공법은 영구 앵커로 사용할 목적으로 개발된 공법으로 packer grouting을 이용한 기존 앵커의 기능에 확공부를 더함으로써 지압체의 기능을 첨가하여 지압력에 의해 인장, 정착되는 공법이다.

---

\* 비회원 · 홍익대학교 토목공학과 박사후과정 · E-mail : 7bears@hanmail.net  
\*\* 비회원 · 홍익대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 · E-mail : towdh@hanmail.net  
\*\*\* 비회원 · (주)홍익기술단 토질부 전무 · E-mail : geojinhong@hotmail.com  
\*\*\*\* 비회원 · (주)강호지질 대표이사  
\*\*\*\*\* 정회원 · 홍익대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : htaek@hongik.ac.kr

본 공법은 앵커체의 정착력이 압축력과 지압력에 의해 복합적으로 발휘되므로 정착장의 길이가 타 공법에 비해 현저하게 감소하고, packer grouting만으로 인장력의 확보가 가능하여 지압형 앵커의 가인장이 필요 없다. 또한, 지압력만으로도 인장력 확보가 이루어지므로 최소한의 그라우트(폐쇄구간장 및 팩커부)로 인발저항력을 확보할 수 있어서 지하수가 많은 지역(수중)에서도 적용할 수 있는 장점이 있다.

### 2.1 복합 AAM 영구 앵커의 구조

복합 AAM 영구 앵커는 현장지반에 천공을 실시하고 그라우팅작업에 의해 팩커 그라우팅이 실시된 후, 인발시에 앵커 확공경부분의 직경이 증가하게 되어 홀 주변의 암반을 밀어냄으로써 발생하는 홀 주변 암반의 전단강도 증가와 앵커-주변암반 접촉면의 마찰저항증가 및 앵커의 암반내부로의 정착에 의해서 발생하는 지압력에 의해 인발저항력에 대해서 저항하는 구조로 되어 있다. 다음 그림 1은 복합 AAM 영구 앵커의 구조를 나타낸 것이다.

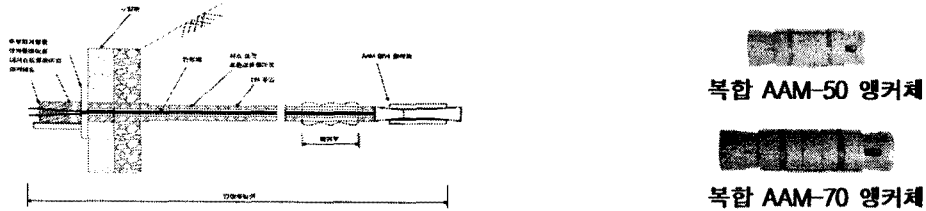


그림 1. 복합 AAM 영구 앵커의 구조도

### 2.2 복합 AAM 영구 앵커의 설계방법

복합 AAM 영구 앵커는 정착지반의 일축압축강도  $\sigma_c \geq 300 \text{ kgf/cm}^2$ 의 풍화암 이상 암반에 적용될 수 있다. 이러한 지압형 앵커의 설계법은 申潤植(1998)에 자세히 제시되어 있다. 확공부가 확공됨으로써 앵커체와 암반 사이 접촉면에서 발생하는 마찰저항력, 앵커와 앵커 사이의 암반에 대한 인발파괴 위험성, 앵커주변암반의 전단파괴, 확공시 홀주변 암반의 지압파괴 위험성 및 인발력 작용시 확공부의 인발저항력에 의해서 확공부 외부에 존재하는 암반의 파괴가능성 등에 대한 검토를 실시함으로써 앵커의 인발저항력에 대한 설계가 이루어진다. 이것을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 복합 AAM 영구 앵커의 인발저항력 산정시 고려사항(申潤植, 1998)

빼기력 $W$ 와 빼기 수평력 $W_H$	$W = \frac{P_a}{\sin(\theta + \delta)}$ $W_H = W \cos(\theta + \delta) = P_a \cot(\theta + \delta)$	$\delta$ 벽면마찰각 = $\frac{2}{3}\phi$
앵커와 앵커 사이에 존재하는 지반의 인장파괴에 대한 검토	$\frac{1}{f_t} \cdot \sigma_{at} \cdot D \cdot h_r \geq W_H$ $h_r \geq 1.5 \frac{W_H}{\sigma_{at} D}$	$\sigma_{at}$ : 암반의 허용인장강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ ) $D$ : 앵커의 타설간격 (cm) $f_t$ : 암반의 인장파괴에 대한 안전율 (1.5) $h_r$ : 매설심도
앵커주변암반에서의 전단저항	$R = f \cdot W_H = f \cdot \{P_a \cot(\theta + \delta)\}$	$P_{\max}$ : 그라우팅 실시후 암반의 파괴하중 (kg/공) $F$ : 앵커체의 지압면적 ( $\text{cm}^2$ , $=\pi \cdot d_s \cdot L$ ) $L$ : 앵커체의 압착 유효길이 (380mm)
암반의 지압파괴에 대한 검토	$P_0 = \frac{1}{1.5} P_{\max}$ $P_0 \leq \frac{1}{f_c} \cdot 2P_{\max} \cdot \tan(\theta + \delta)$	$P_0$ : 설계최대인장하중 ( $P_{\max}/1.5$ ) $d_s$ : 보링공의 지름 (cm) $f_c$ : 정착암석의 1축압축강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ )
packer 그라우팅부의 설치길이	$h_p = \sqrt{3F_s P / \pi \sigma k_0 \tan^2 \phi}$ (안전율 $F_s = 1.5$ )	$f_c$ : 지압파괴에 대한 안전율 (1.5) $P$ : 앵커의 설계하중 $\phi$ : 정착암반의 내부마찰각 $h_p$ : packer 그라우팅부의 소요 설치길이

### 3. 현장인발시험

앞 절에서 제시한 복합 AAM 영구 앵커의 설계방법을 검증하기 위하여 경기도 연천군에 위치한 암반사면에서 현장인발시험을 실시하였다(그림 2). 시험은 load cell을 진동식 타입으로 사용하였으며, 변위는 두부변위를 다이얼 게이지로 측정하였다. 그리고 길이 1.5m의 거치대를 받침대 위에 설치하고 그 위에 지압판 및 유압잭 등을 거치하였으며, 유압잭의 하중 증가량을 4.3ton으로 설정하여 단계적으로 하중을 증가시키면서 시험을 실시하였다. 본 논문의 현장인발시험에서는 복합 AAM-70 앵커체와 앵커길이 3m, 4m에 대해 시험이 진행되었고 현장인발시험 결과로 도출된 앵커 두부의 하중-변위 곡선은 그림 3과 같다. 표 2는 현장암석에 대한 실내시험결과이다.

그림 3을 살펴보면, 초기 인발시 두부의 변위가 크게 났는데 이것은 인발시험시 거치대가 암반사면 표면에 정착하면서 발생한 변위가 본 현장의 경우는 크게 발생하였기 때문으로 판단된다. 그림 3은 그러한 변위가 모두 발생한 이후, 추가적으로 발생하지 않은 단계에서의 두부 변위를 0으로 간주하여 도시한 것이다. 두 가지 시험 결과에서 모두 앵커 두부의 하중-변위 곡선은 선형성을 띄었고, 인장파괴가 관찰되었다. 인장파괴시 앵커길이 3m, 4m에 대해 앵커두부에 작용한 하중은 약 70ton 이었고, 변위는 각각 144mm, 50mm 이었다. 따라서, 인발하중 70ton에서 앵커 길이를 3m에서 4m로 했을 때 두부변위가 약 65% 감소함을 알 수 있다.

표 2. 현장암석에 대한 실내시험결과

Rock type	Depth (m)	Size of specimen D×L(mm)	Unit weight (gf/cm <sup>3</sup> )		Specific gravity	Unconfined compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Modulus of elasticity (*10 <sup>5</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )	Poisson's ratio (ν)
			dry	wet				
화강편마암	10	55.42×120.22	2.71	2.72	2.73	1231	6.7	0.26
화강편마암	3	55.09×124.82	2.69	2.70	2.72	1017	4.7	0.27

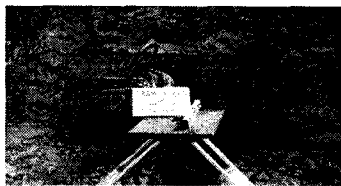


그림 2. 현장인발시험 모습

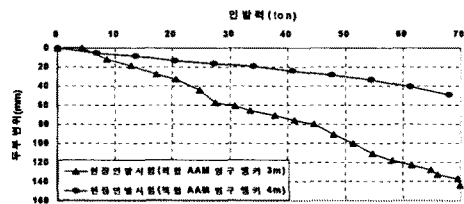


그림 3. 현장인발시험에서 도출된 두부의 하중-변위 곡선

### 4. 이론식을 이용한 현장인발시험 결과의 검증

앞서 제시한 복합 AAM 영구 앵커의 설계법으로부터 packer 그라우팅부의 설치길이는 본 시험현장에 대해 42.3cm로써 현장인발시험시 적용한 설치길이 80cm는 충분한 것임을 확인할 수 있었다. 또한, 최대두부하중 작용시 앵커체가 인장파괴되었다는 사실로부터 간접적으로 앞에서 제시한 설계법의 타당성을 검증할 수 있다.

앵커와 앵커 사이에 존재하는 지반의 인장파괴에 대해서 검토해 보면, 앵커 사이에 존재하는 암반의 인장강도를 Hoek-Brown 파괴규준(Hoek 등, 2002)을 이용하여 구하면  $21\text{tonf}/\text{m}^2$ 이 되므로,

$$\sigma_{at} \times D \times h_r = 21\text{tonf}/\text{m}^2 \times 2\text{m} \times 3\text{m} = 126\text{ton} \quad (1)$$

이 된다. 앵커를 50ton으로 인발시켰을 때, 앵커와 앵커 사이에 존재하는 지반의 인장파괴를 유발시키는 하중은 다음과 같다.

$$W_H = P_a \cot(\delta + \Theta) = 50 \times \cot(40 \times 2/3 + 2) = 91.45 \text{ ton} \quad (2)$$

따라서, 앵커와 앵커 사이에 존재하는 지반의 인장파괴 위험성은 없는 것을 알 수 있다. 또한, 암반의 지압파괴에 대해 검토하면 다음과 같다.

$$P_{\max} = (658.25 \times \ln(38 \times \pi \times 13) - 1552.59) \times 24 = 3940 \text{ ton} \quad (3)$$

즉, 앵커를 설계하중 50ton으로 인발했을 때 앵커 주변암반의 지압파괴가능성은 없는 것을 알 수 있다. 따라서 앞서 제시한 설계법을 이용하여 본 현장인발시험에서의 파괴양상을 예측해 보면, 앵커 strand의 인장파괴가 예상되며 이것은 실제 시험결과와 일치하는 것을 알 수 있다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구에서는 복합 AAM 영구 앵커를 소개하고 그 설계법을 제시하였으며, 이에 대한 검증을 위하여 현장 암반 사면에서 현장인발시험을 실시하였다. 이를 통해 확인한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 복합 AAM 영구 앵커에 대해서 인발 시험을 수행함으로써 앵커 두부의 하중-변위 관계를 확인할 수 있었다. 복합 AAM 영구 앵커의 경우, 앵커 주변 암반에 정착되기 위해서 초기 변위가 수반되며, 이후 하중에 대해서는 앵커 두부의 하중-변위관계가 거의 선형을 나타냄을 확인할 수 있었다.
2. 현장인발시험결과로 확인한 파괴거동과 설계법을 통하여 예측한 파괴거동이 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 이것은 파괴형태에 대한 예측에 불과하며, 인발저항력에 대하여 보다 정확한 검증을 위해서는 추가적인 인발시험의 수행이 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 申潤植 (1998). 地すべり工學 - 最新のトピックス- 山海堂.
2. Hoek, E., Carranza-Torres, C. T., and Corkum, B. (2002). "Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition" Proc. North American Rock Mechanics Society meeting, Toronto.
3. Ostermayer, H. (1974). "Construction Carrying Behavior and Creep Characteristics of Ground Anchors" ICE Conf. on Diaphragm Walls and Anchorages, London.
4. Ostermayer, H., and Scheele, F. (1977). "Research on ground anchors in non-cohesive soils" Speciality Session No.4, 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo.