

쐐기형 그라운드앵커의 인발 거동 특성

Pullout Resistance Characteristics of the Wedge-shaped Ground Anchor

김정무¹⁾, JungMoo Kim, 정원용²⁾, WonYong Chung, 윤용수³⁾, Yong-Soo Yoon, 정민규⁴⁾, Min-Kyu Chung, 장순호⁵⁾, SoonHo Jang, 이용준⁶⁾, YongJun Lee

¹⁾ (주)삼안 연구개발원 차장, Deputy General Manager, Saman Research and Development Center.

²⁾ (주)삼안 연구개발원 원장, Senior Managing Director, Saman Research and Development Center.

³⁾ 장평건설 상무, Senior Vice President, Jang Pyoung Construction Co., Ltd.

⁴⁾ 장평건설 상무, Senior Vice President, Jang Pyoung Construction Co., Ltd.

⁵⁾ 포스코건설 기사, Engineer, R&D Center, POSCO E & C, Co., Ltd.

⁶⁾ 포스코건설 부장, Deputy General Manager, R&D Center, POSCO E & C, Co., Ltd.

SYNOPSIS : Ground anchors are mostly used to improve the resistance capacity of retaining walls. The end of the anchor is connected to retaining wall through tendons and the forces in tendons are transferred to ground. In this study, we plan that the new anchor system increases the tension force in tendons and improves the pullout resistance characteristics of the system. In order to increase the pullout resistance capacity of existing anchor system, the new anchor system is made by attaching four steel sticks to the tip of anchor end. So the field test results showed that the pullout resistance capacity of the wedge-shaped ground anchor was acceptable to elastic displacement range.

Key words : wedge-shaped ground anchor, wedge-shaped anchor, ground anchor, pullout resistance

1. 서 론

그라운드 앵커공법은 토목이나 건축의 구조물을 지반에 정착시키기 위하여 고강도의 강재로 연결하고 그 강재에 높은 긴장력을 도입하여 구조물에 횡방향 또는 연직방향의 구속력 또는 선형 하중을 가하기 위한 효과적인 공법이다. 시공은 장비로 지반을 천공하고 미리 제작된 PS강선을 삽입하여 설치한 후 지반과 PS강선 사이를 시멘트 그라우트로 충전하여 일체화 시킨다. 시멘트 그라우트가 양생된 후 앞쪽 띠장을 설치하고 강선에 인장력을 가한 상태로 띠장에 고정시켜 배면 토압을 지지토록 한다. 주로 가설 토류벽의 지보공, 영구앵커 토류벽, 송전탑 기초, 댐의 보강, 지하 구조물의 부력 앵커, 사면 보강 등에 사용된다. 본 연구에서는 그라운드 앵커 시공시 일반적으로 사용되는 앵커의 선단부에 강재로 된 날개를 쐐기형태로 부착하여 만든 '쐐기형 그라운드 앵커(wedge-shaped ground anchor)'를 개발하였다. 쐐기형 그라운드 앵커는 설치 후 앵커 선단부에 부착된 날개가 쐐기 형태로 원 지반에 박히도록 하여 지반 변형시 기존 앵커공법에서 앵커체(앵커두부 + 그라우팅재)의 저항이 주로 마찰력에 의해서만 발휘되는 한계를 보완하고 인발에 대한 저항 능력이 증가되도록 고안된 것이다. 개발된 앵커의 인발거동 특성을 평가하기 위해 DIN 4125의 허용탄성범위내에 탄성변위가 존재하는지를 판단하여 앵커의 적합성을 평가하였다.

2. 썬기형 앵커의 원리

썬기형 앵커는 그림 1과 같이 일반적인 앵커두부에 썬기 모양으로 강철로 된 날개를 부착한 형태로 강철 날개는 일반 성인의 손 압력에 의해 자유롭게 접힐 수 있는 정도이며 압력을 제거하면 접힌 날개가 펴지게 된다. 따라서, 앵커를 천공홀에 삽입할 시에는 홀 크기에 맞도록 자동적으로 날개가 접히게 되며 그라우트 전 약간의 가인장 만으로 날개가 펴져 천공 홀에 고정되게 된다. 천공 지반이 연약한 토사 지반이면 날개가 지반 내에 박히게 되며, 날개가 지반에 박히기 어려운 풍화암 이상의 단단한 지반이라도 날개가 홀의 거친 면을 따라 걸쳐지거나 홀 벽면에 압력을 가하는 상태로 고정되게 된다. 이후에 천공 홀에 그라우팅을 실시하면 날개 주위에도 몰탈이 채워지게 된다. 썬기형 앵커의 시공 순서는 기존 앵커에 날개를 부착하는 과정을 제외하곤 일반 앵커의 시공순서와 동일하다. 사진 1은 앵커의 두부에 강재로 된 날개를 썬기형태로 부착하여 만든 썬기형 그라운드 앵커의 두부이며, 그림 1은 썬기형 앵커의 시공순서와 과정을 보여준다.



사진 1. 썬기형 그라운드 앵커의 형태

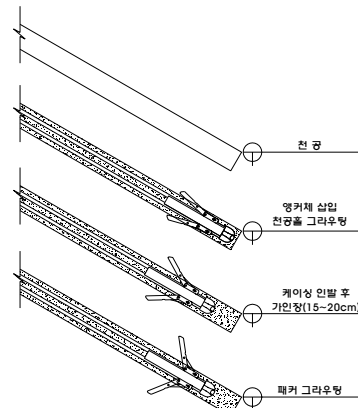


그림 1. 시공 순서도

3. 현장 인발시험

본 시험은 OO건설에서 시공중인 OO구역 재개발 아파트 신축현장에서 전석층 지반에 적용할 썬기형 그라운드 앵커의 시험시공을 실시하였으며 앵커형식과 규격은 표 1과 같다. 시험시공 과정은 표 2의 과정으로 이루어졌으며 W/C는 약 45%로 하였다.

표 1. 앵커형식과 시험수량

| 번호 | 시험명칭 | 적용지반 | 앵커길이(m) | 강선수량(개) | 천공깊이(m) |
|-------|-------------|---------|---------|---------|---------|
| No. 1 | 썬기형 그라운드 앵커 | 토사, 전석층 | 9 | 4 | 8 |
| No. 2 | 썬기형 그라운드 앵커 | 토사, 전석층 | 8 | 4 | 7 |

표 2. 썬기형 그라운드 앵커 시험 시공 절차

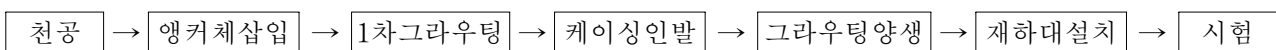
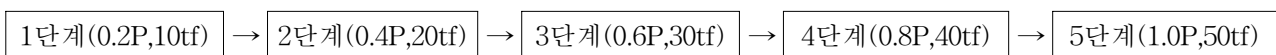


표 3. 썬기형 그라운드 앵커 시험 단계에 따른 하중(단계별 유지시간 5분, No.2)



시험에 사용된 앵커는 공장조립을 실시하였으며 시험앵커의 규격 및 PC Strand의 KS 사양은 다음 표 4와 같다. 앵커에 작용하는 하중은 로드셀로 측정하였으며 앵커두부에 발생하는 변위는 LVDT를 이용하여 계측하였다.

표 4. 사용 강선 규격

| 구 분 | 규 격 | 구 분 | 규 격 |
|--------------------------------|---------------------|---------|-----------|
| 외 경 | 127 mm(+04, -02) | 공 칭 중 량 | 774 kgf/m |
| 스트랜드경 | 127 mm(+04, -02) | 절 단 하 중 | 18,700 kg |
| 공칭단면적 | 987 mm ² | 항복하중 | 15,900 kg |
| 70% 초기하중에서 1000시간 후 RELAXATION | | | 25 이하 |

4. 시험결과

No.1, No.2의 인발시험에 의한 하중, 시간 및 실측변위는 표 5, 6와 같다.

표 5. 앵커시험 결과(No.1)

| 실측하중 (tf) | 실측변위 (mm) | 탄성변위량 (mm) |
|-----------|-----------|------------|
| 8.0 | 16.5 | 0.0 |
| 16.0 | 25.3 | 8.8 |
| 24.0 | 35.3 | 18.8 |
| 32.0 | 43.7 | 27.2 |
| 35.0 | 46.5 | 30.1 |
| 40.0 | 52.8 | 36.3 |
| 45.0 | 58.1 | 41.7 |
| 50.0 | 65.7 | 49.2 |

표 6. 앵커시험 결과(No.2)

| 실측하중 (tf) | 실측변위 (mm) | 탄성변위량 (mm) |
|-----------|-----------|------------|
| 10.0 | 20.8 | 0.0 |
| 20.0 | 31.8 | 10.9 |
| 30.0 | 41.5 | 20.7 |
| 40.0 | 47.9 | 27.1 |
| 45.0 | 53.1 | 32.2 |
| 50.0 | 57.2 | 36.3 |

그림 4와 5는 시험 No.1과 No.2의 재하하중, 하중 재하시간 및 이에 따른 변위량을 하나의 그래프로 표시한 것이다. No.1의 하중재하는 단계하중 8tf씩 4단계인 32tf까지 재하하였으며 그 이후로는 인발에 대한 정확한 하중을 산정하고자 5tf의 단계하중을 적용하여 50tf까지 인발시험을 수행하였다. No.2의 하중재하는 단계하중 10tf씩 5단계인 50tf까지 재하하여 인발시험을 수행하였다.

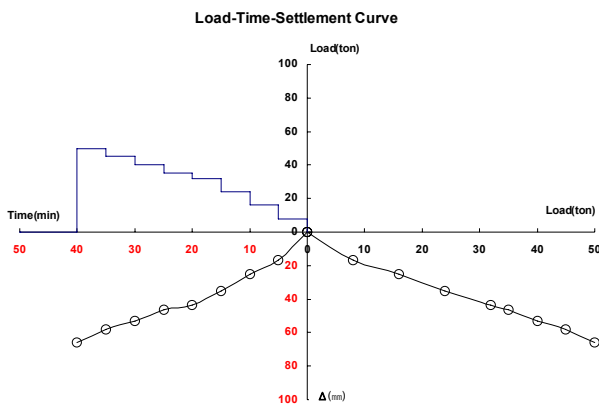


그림 4. 하중-시간-변위량 곡선(No.1)

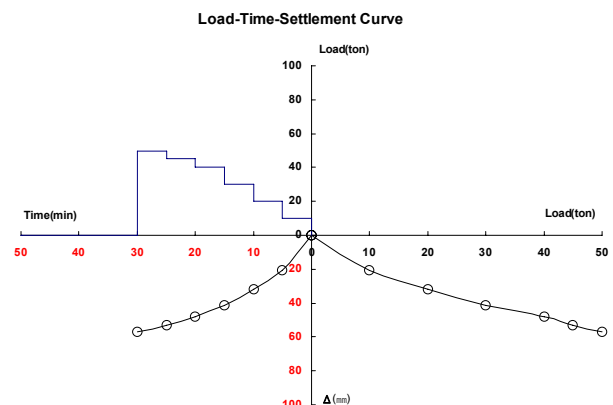


그림 5. 하중-시간-변위량 곡선(No.2)

5. 결과분석

결과분석을 위해 아래의 식을 적용하여 상한 및 하한 한계곡선을 산정하였다(이상덕, 1997).

(1) 상한 한계곡선

$$\text{기본식 : } \Delta l_a = 1.1 \times (\varepsilon \times l_d)$$

$$\text{압축형 : } = 1.1 \times (P_x - P_i) \times l_i / (E_p \times A_p) \quad (1)$$

$$\text{인장형 : } = (P_x - P_i) \times (l_t + l_a / 2) / (E_p \times A_p) \quad (2)$$

(2) 하한 한계곡선

$$\text{하중측 R점 : } 0.15nP + P_i \quad (3)$$

$$\text{변위측 R점 : } 0 \quad (4)$$

$$\text{하중측 S점 : } 0.75nP + P_i \quad (5)$$

$$\text{변위측 S점 : } \frac{0.6 \times n \times P \times l_f}{EA} \quad (6)$$

여기서, P_x = 단계별시험하중(kgf) P_i = 초기하중(kgf) l_f = 자유장길이(인장여유장 포함)
 l_a = 정착장 길이 E_p = P.C. Strand의탄성계수 2.0×10^6 kgf/cm²
 A_p = P.C. Strand의단면적cm²

표 5, 6의 결과로부터 상기식을 적용하여 산정한 결과는 표 7, 8에 나타내었다.

표 7. 앵커시험 결과(No.1)

| 실측하중 (tf) | 상한선 (mm) | 하한선 | |
|--------------|-------------|-------------|------|
| | | 구 분 | 값 |
| 8.0 | 8.1 | R점, 하중측(tf) | 14.8 |
| 16.0 | 16.2 | | |
| 24.0 | 24.3 | R점, 변위측(mm) | 0.0 |
| 32.0 | 32.4 | | |
| 35.0 | 35.5 | S점, 하중측(tf) | 41.8 |
| 40.0 | 40.5 | | |
| 45.0 | 45.6 | S점, 변위측(mm) | 20.5 |
| 50.0 | 50.7 | | |

표 8. 앵커시험 결과(No.2)

| 실측하중 (tf) | 상한선 (mm) | 하한선 | |
|--------------|-------------|-------------|------|
| | | 구 분 | 값 |
| 10.0 | 9.29 | R점, 하중측(tf) | 17.5 |
| 20.0 | 18.57 | | |
| 30.0 | 27.86 | R점, 변위측(mm) | 0.0 |
| 40.0 | 37.15 | | |
| 45.0 | 41.79 | S점, 하중측(tf) | 47.5 |
| 50.0 | 46.44 | | |
| | | S점, 변위측(mm) | 20.3 |

위의 결과로 그래프를 그려보면 No.1 앵커의 경우 실제 탄성변위량이 50tf의 하중이 재하될 때 까지 상한 및 하한 한계곡선 내에 존재하고 있어 50tf의 하중에서도 인발되지 않은 것으로 나타났다.

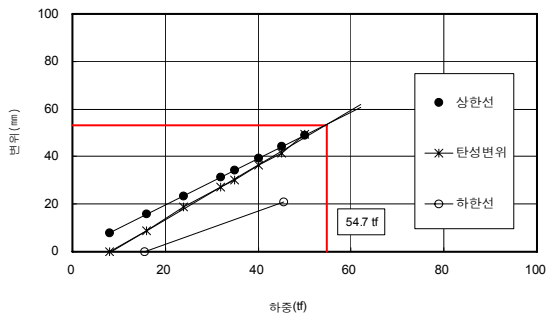


그림 6. No.1 탄성변위 한계곡선

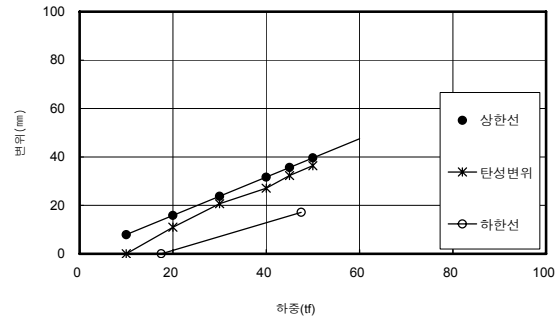


그림 7. No.2 탄성변위 한계곡선

6. 결 론

본 연구는 토사 및 전석층에 시공된 켄기형 그라운드 앵커의 적합성을 평가하고자 현장 인발시험을 수행한 것으로, 최대 인발력은 50tf으로 가정하였으며 DIN 4125의 허용탄성범위내에 탄성변위가 존재하는지를 판단하여 앵커의 적합성을 평가하였다. 특히 앵커의 완전한 인발, 재하와 제하 및 재재하의 단계를 계획하였으나 현장여건상 재하만을 순차적으로 실시하였다. 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 두 개의 시험결과 모두 탄성변위가 허용범위내에 존재하여 적절하게 정착되었음을 알 수 있었다.
- 2) 최대인발력 50tf에서도 인발되지 않아 단부에 부착된 켄기형 날개가 어느 정도 인발 하중에 의한 앵커의 변형을 억제하는데 기여를 하는 것으로 판단되나 정확한 작용 크기에 대해서는 이후 추가 연구가 요구된다.

향후, 본 공법으로 시공이 이루어 질 경우 앵커의 적합성시험과 적용성 시험에 대해서 좀더 상세히 시험할 필요가 있으며, 특히 일반앵커와의 비교를 통해 켄기형 날개의 인발저항력 및 변형억제 능력에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이상덕(1997), 토질시험-원리와 방법, 세론, 서울, p476~p487
2. DIN 4125
3. 황정규(1992), 지반공학의 기초이론, 구미서관, 서울, p276~p277