

펄스방전 확공형 앵커의 인발특성

Article

02

Ultimate Pullout Capacity of Pulse Power Underreamed Anchor

김 낙 경

성균관대학교 건설환경시스템공학과 부교수 · 공학박사

김 태 훈

(주)대우건설 기술연구원 선임연구원 · 공학박사

차 경 섭

(주)대우건설 기술연구원 선임연구원 · 공학박사

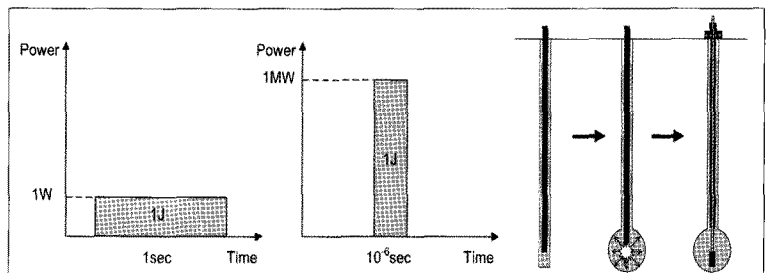
조 규 현

(주)세원리타 과장

1. 서론

그라운드 앵커 공법은 가설토류벽, 영구앵커 토류벽, 사면보강 등에 쓰이는 공법으로 국내에서는 1970년대 이후 적용사례가 늘어나고 있다. 그라운드 앵커는 하중 전달방식에 따라 압축형 앵커와 인장형 앵커로 나뉘며, 구근 형상에 따라 샤프트형, 단구근형, 복구근형, 등으로 나눌 수 있다. 구근형 앵커의 경우 앵커 정착장에 구근을 형성하여 지반과 그라우트의 마찰면적을 증가시키고 구근 상부에서 지지력을 발생시켜 극한인발력을 증대시킴으로써 일반적인 샤프트 앵커로 인발력을 확보할 수 없는 점토지반에 적용하거나 앵커의 수를 줄여 비용을 절감하는 용도로 개발 되었다. 기존의 구근형 앵커 공법은 압력을 가하여 그라우트를 지반에 침투시키는 가압그라우트공법과 앵커 구근부 공벽을 굴착하는 블레이드 공법이 있으나 전자의 경우 연약지반에서는 주입재의 강도가 크지 않고, 후자의 경우

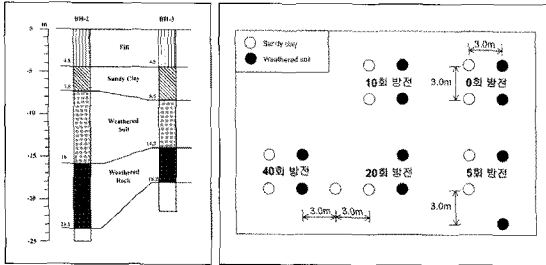
공벽이 유지되는 단단한 점토지반에서만 쓸 수 있다는 단점이 있다. 최근 연구되고 있는 펄스파워 공법은 축적된 전력을 절연매질 속에 있는 양 전극 사이로 짧은 시간 내에 흘림으로써 큰 에너지를 발생시키는 방식이다(그림 1). 이때 발생한 열에너지는 내부 매질의 부피를 팽창시켜 주위의 차가운 매질과의 경계에서 압력차가 발생되고 이에 의해 충격파가 발생하게 된다. 충격파는 공벽을 타격하여 앵커 정착부를 확장하게 된다(그림 1). 펄스파워 공법은 기존의 공법에 비해 천공홀이 붕괴될 위험이 적으며 주변지반을 다지는 효과가 있다. 본 연구에서는 현장 실 대형 시험을 통해 펄스방전 확공형앵커의 방전횟수에 따른 극한인발력의 증가 경향을 분석하였다.



[그림 1] 펄스방전 확공형 앵커의 원리

2. 지반조건 및 현장시험 앵커

본 시험은 성균관대학교 지반시험장에서 수행되었으며, 지반조건은 [그림 2]와 같이 상부 0~4.5m까지는 매립토, 약 8m까지 Sandy Clay, 약 15m까지 풍화토로 구성되어 있으며, 하부는 풍화암과 연암으로 이루어져 있다. 각 앵커 시공 시 펄스방전 횟수를 달리하여 방전에 의한 구근 확공효과와 극한인발력의 증가경향을 분석하였다. 앵커가 시공된 현장의 지반조건과 앵커 시공 조건은 표1과 같으며, 시험앵커는 8m, 11m 길이의 압축형 앵커로 강선의 수는 4가닥으로 시공되었다. 시공된 앵커는 방전횟수에 따라 방전횟수 0회, 5회, 10회, 20회, 40회로 구분되며 각 2공씩 풍화토지반과 Sandy Clay 지반에 설치되었다(그림 3).



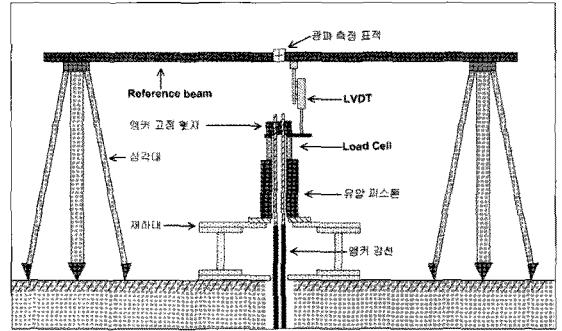
[그림 2] 현장시험장 주상도

[그림 3] 시험앵커의 조건별 배치

3. 시험앵커의 인발시험

앵커 인발시험은 AASHTO(AASHTO, 1990)에 규정되어 있는 Performance Test를 수행하였으며 유압잭으로 하중을 재하 하였으며 앵커두부의 변위를 LVDT를 이용하여 계측하였다(그림 4). Performance Test는 단계적으로 하중을 0.25DL(Design Load), 0.5DL, 0.75DL, 1.0DL, 1.25DL, 1.33DL로 재하하면서 앵커두

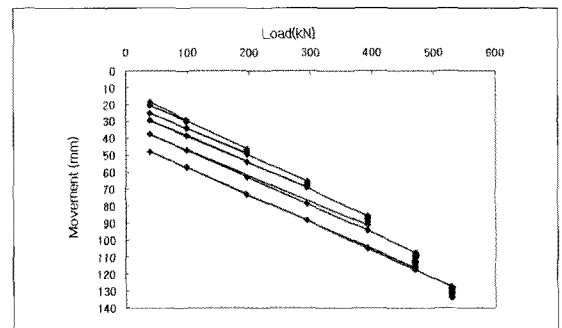
부의 변위를 측정하고 각 단계별 최종하중에서 10분간 하중을 유지한 상태로 크립변형을 측정하는 시험이다.



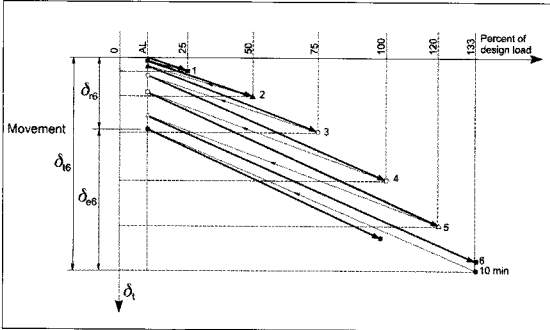
[그림 4] 앵커 현장 시험

4. 앵커 인발시험 결과

현장시험은 인발시험은 각 앵커마다 재하대를 설치한 후 AASHTO에 규정된 Performance Test 절차에 따라 수행하였으며, 하중과 변위를 기록하여 [그림 5]와 같은 하중-변위 곡선을 작성하였다. 하중-변위 곡선을 통해 [그림 6]과 같이 각 하중단계별 앵커 두부의 전체변위(δ_t)를 탄성변위(δ_{el})와 잔류변위(δ_{ri})로 나누고 앵커 두부의 잔류변위(δ_{ri})가 앵커 직경의 1/10일 때의 하중을 극한인발력으로 산정하였다(Briaud et al., 1998).



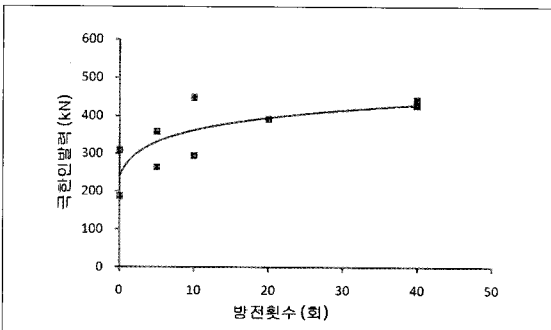
[그림 5] 하중-변위곡선 (풍화토 방전40회)



[그림 6] 극한인발력 산정법

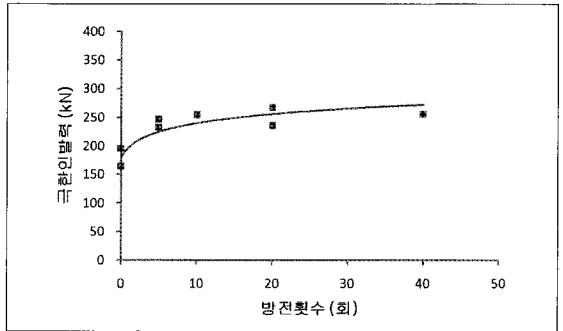
5. 시험결과 분석

펄스 방전 횟수와 극한인발력의 관계를 알아보기 위하여 현장시험 결과로부터 작성된 Sandy Clay와 풍화토 지반에서의 앵커의 방전 횟수에 따른 극한인발력 자료를 분석하였다. 풍화토와 Sandy Clay에서의 펄스방전 횟수에 따른 앵커의 극한인발력은 [그림 7~8]과 같다. 풍화토 지반에 설치된 앵커의 극한인발력은 방전횟수에 따라 증가하다가 20회 방전 이상에서는 극한인발력 증대 효과가 미미하게 나타났으며 Sandy Clay에서는 10회 방전 이상에서 미미한 극한인발력 증대효과가 나타났다. 극한인발력 증대효과는 20회 방전을 기준으로 풍화토는 약 60%, Sandy Clay는 약 40%로 Sandy Clay



[그림 7] 풍화토에서의 펄스방전 횟수에 따른 극한인발력

에 비해 풍화토에서의 확공에 의한 극한인발력 증대효과가 크게 나타났다.



[그림 8] Sandy Clay에서의 펄스방전 횟수에 따른 극한인발력

6. 결론

본 연구에서는 펄스방전 확공형 앵커의 방전 횟수와 지지력과의 관계를 분석하기 위하여 실 대형 현장시험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 풍화토 지반과 Sandy Clay 지반에서 방전횟수를 달리하여 앵커의 극한인발력 변화를 계속하였다.
2. 펄스 방전 횟수가 증가함에 따라 극한인발력은 증가하나 일정횟수 이상이 되면 확공효과가 미미해지며 그 지점은 지반에 따라 차이가 있다.
3. 지반에 따라 동일한 펄스방전 횟수에도 극한인발력 증대효과는 다르게 나타났으며, Sandy Clay 지반보다 풍화토 지반에서 극한인발력 증대효과가 크게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통기술연구개발사업 건설핵심기술연구개발사업 자유공모과제(C106A1000012 - 06A06001211)의 연구지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김낙경, 박원서 (2000), "Load Transfer of Ground Anchors in Clay", 한국지반공학회논문집, 제 16권, 3호, pp. 145-155
2. 김낙경 (2001), "풍화토 지반에 설치된 앵커의 인발특성", 한국지반공학회지논문집, 제17권, 4호, pp. 231-239
3. 김낙경, 김대규, 김래현, 이기환, 어우진 (2002), "현장시험에 의한 그라운드앵커 시스템의 크리프 및 단기거동 특성 연구", 대한토목학회 논문집, 제22권 6호, pp. 585-594
4. 김성규 (2000), "압축형 그라운드 앵커의 하중전이에 관한 연구" 공학석사 학위논문, 성균관 대학교
5. AASHTO (1990), "Permanent Ground Anchor Specification In-situ Soil Improvement Technique" AASHTO-AGC-ARTBA TF27 Rep., AASHTO, Washington, D.C.
6. Briaud, J. L., Powers, W. F., Weatherby, D. E. (1998), "Should Grouted Anchors Have Short Tendon Bond Length?", ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 124, No. 2, pp. 110-119
7. FHWA-RD-75-130 (1975), "Lateral Support Systems and Underpinning", v.3 pp.193-204
8. Littlejohn, G. S. (1970a), "Soil Anchors", Proceedings of a Conference Organized by the Institution of Civil Engineers in London, pp. 33-44
9. Littlejohn, G. S. (1980), "Design Estimation of the Ultimate Load-Holding Capacity of Ground Anchors", Journal of the Boston Society of Civil Engineers Section, American Society of Civil Engineers, v.67, no.3, pp. 131-154
10. Nak-kyung Kim (2000), "Load Transfer on Ground Anchors in Weathered Soil", Ground International Conf. On Improvement Technique, Singapore, pp.217-226.
11. Nak-Kyung Kim (2003), "Performance of Tension and Compression Anchors in Weathered Soil", ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 129, No.2, pp. 1138-1150