

수치해석을 이용한 연약지반에 시공된 스마트 앵커의 거동 분석 Numerical Analysis of Smart Anchors in Soft Clay by

김낙경¹⁾, Nak-Kyung Kim, 김성규²⁾, Sung-Kyu Kim, 강병철³⁾, Byung-Chul Kang, 김정열⁴⁾, Jeong-Ryeol Kim

¹⁾성균관대학교 건설환경시스템공학과 정교수, Professor, Dept. of Civil, Architecture and Environmental System Engineering, Sungkyunkwan Univ.

²⁾성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정, Graduate Student, Dept. of Civil, Architecture and Environmental System Engineering, Sungkyunkwan Univ.

³⁾성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil, Architecture and Environmental System Engineering, Sungkyunkwan Univ.

⁴⁾(주)삼우기초기술 대표이사, CEO, SAMWOO GEOTECH co., Ltd

SYNOPSIS : Ground anchor, commonly referred to as tiebacks or tie-down, is essentially steel elements secured in the ground by cement grout. They are used to provide either lateral or vertical support for various engineered structures, and are effective in all types of soil and rock. However, ground anchor can not be used in soft clay because anchor resistance would not be guaranteed. In this paper, conceptual introduction of the Smart Anchor is presented. The Smart Anchor is a kind of friction type anchor, the load is diffused and applied to the various parts of the distributed bond length, having less impact on the grout strength, and being able to secure necessary anchoring force in relatively soft grounds. This study shows a numerical study of predicting the load transfer of The Smart Anchor in soft clay. A beam-column analysis was performed by a elastic-plastic P-y curves in soft clay.

Key words : Load transfer, Soft clay, Beam-column analysis, Load distribute type anchor,

1. 서 론

그라운드 앵커 공법은 지반 굴착시 지반 및 구조물의 안정성을 도모하기 위한 보강공법으로 강재에 높은 긴장력을 도입하여 선행하중을 가함으로써 구조물의 횡방향 또는 연직방향의 변위를 억제하는 공법이다. 그라운드 앵커는 정착장 그라우트에 하중이 전달되는 방식에 따라 인장형 앵커와 압축형 앵커로 분류할 수 있다(김낙경, 2000). 본 연구에 사용된 Smart 앵커는 하중 분산 인장형으로 정착장 그라우트에 하중이 고르게 분포하도록 하여 비교적 연약한 지반에서 큰 인발력이 발휘되도록 고안된 앵커체이다. 본 연구에서는 N치 10인 연약점토에 설치된 Smart 앵커 및 일반 인장형 앵커에 대해 탄소성-보 해석기법을 이용한 수치해석을 통하여 강연선 및 그라우트의 하중 분포를 예측 및 비교 하였다.

2. Smart 앵커

Smart 앵커는 인장형 하중분산 앵커체로 기존 인장형 앵커가 정착장과 자유장 부위에서 하중이 집중되는 것을 앵커 정착장 전반에 균일한 하중이 분포하도록 하여 연약지반에서 앵커의 인발력을 증대시키는 공법이다(박대웅 외, 2009).

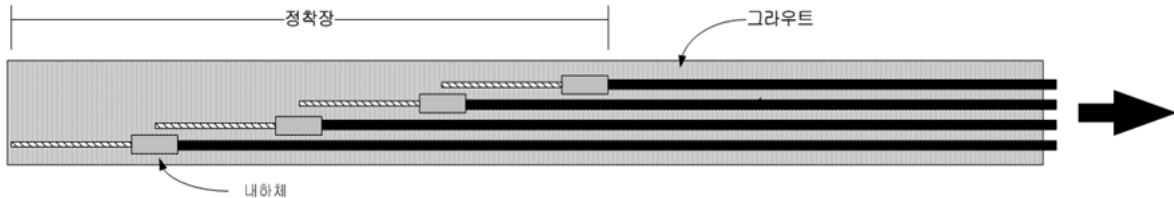


그림 1. 스마트 앵커 개요도

Smart 앵커의 특징은 다음과 같다.

- 1) 하중분산 효과로 인해 주변 마찰저항이 적은 연약지반에서도 앵커력 확보가 용이하다.
- 2) 압축형 앵커와는 달리 그라우트의 압축강도가 상대적으로 낮을 경우에도 앵커력 확보가 가능하다.
- 3) 강선의 인력제거가 가능하기 때문에 강선 제거 시 작업공간과 제거비용을 절감 할 수 있다.

3. 수치해석

3.1 Smart 앵커의 제원

모델링에 사용된 Smart 앵커는 정착장내 여러 곳에 하중을 분산시켜 앵커 정착장 전반에 비교적 균일한 하중이 작용하기 때문에 그라우트와 지반과의 주변 마찰 저항력이 적은 연약지반에서도 충분한 긴장력을 확보 할 수 있도록 고안된 앵커체이다. 앵커의 총 길이는 16m 이며 각 강연선의 정착장 길이는 2m로 총 정착장의 길이를 8m로 모델링 하였다. Smart 앵커의 의 제원은 표1 과 같다.

일반 인장형 앵커의 경우 모든 강연선의 정착 길이를 8m 로 모델링 하였다.

표 1. 수치해석에 사용된 Smart 앵커의 제원

정착장 (m)	자유장 (m)	여유장 (m)	강선 수 (개)	강연선의 강성 (kN)	강연선의 직경 (mm)	부착응력 (kN/m^2)
8	8	1	4	22000	12.7	1600

3.2 앵커의 모델링

탄소성-보 해석기법을 이용한 수치해석은 두 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계는 강연선에 재하 된 하중이 정착장에서 부착력에 의해 그라우트에 전이되는 하중을 산정하며, 두 번째는 그라우트에 전이된 하중을 이용하여 지반과의 마찰력에 의해 지반으로 전이되는 하중을 구하는 것이다(박완서, 2000; 김낙경, 2000; 김낙경, 2003).

해석 방법으로서는 그림 2 와 같이 첫 번째 모델링에 의해 그라우트의 각 절점에 발생된 하중을 그림

3과 같이 지반과 그라우트에서의 하중으로 다시 입력하게 되며 지반과 그라우트에서 마찰력으로 작용하게 되는 수평 방향의 토압을 이용하여 앵커체를 구속하는 스프링으로 치환한다. 지반을 하나의 연약점 토층으로 구성하였고 Tomlinson(1957)의 α -method를 사용하여 지반의 주변마찰력을 산정 하였다. 모델에 사용된 지반조건은 표 2 와 같다.

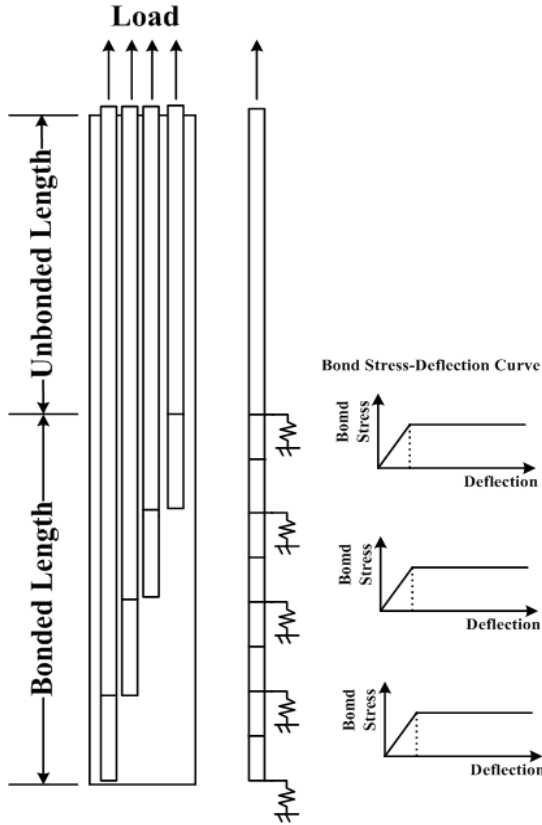


그림 2. 정착장의 강연선 모델링

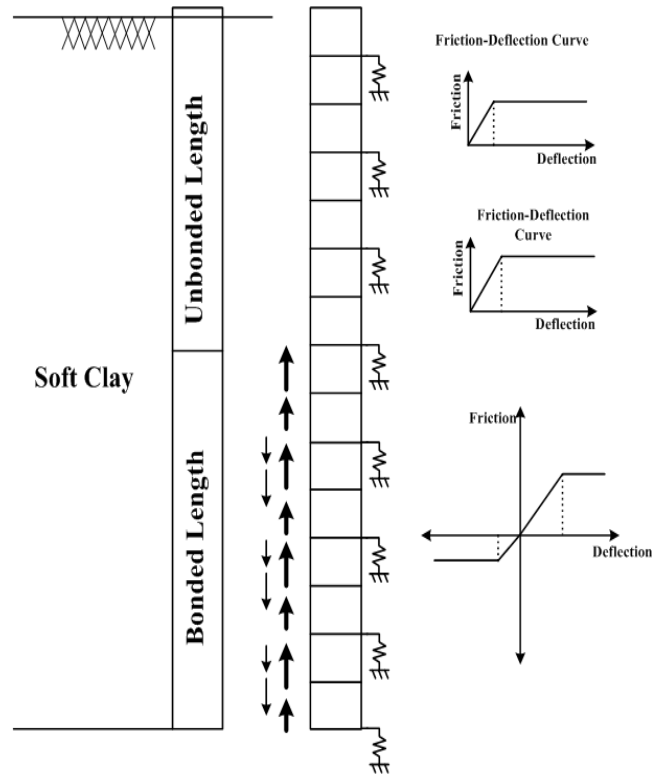


그림 3. 지반과 앵커의 모델링

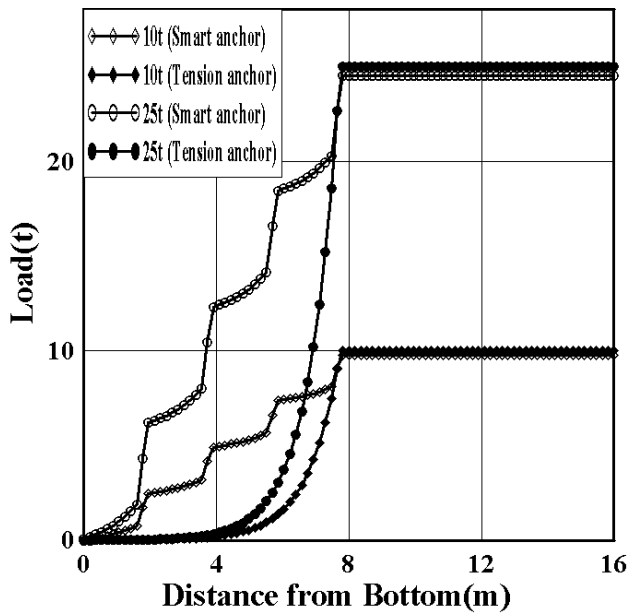
표 2. 지반의 물성치

Layer	깊이(m)	N치(S.P.T 타격수)	S_u (kN/m ²)
Soft Clay	0 - 20	10	50

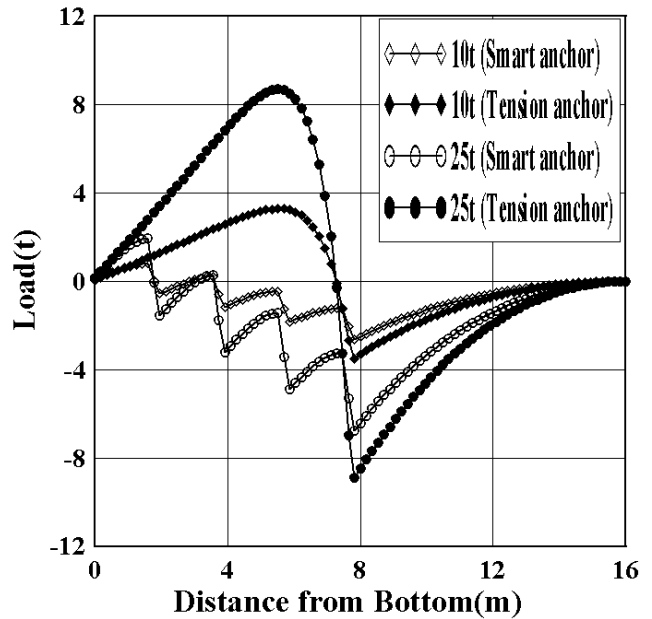
4. 수치해석 결과 및 분석

연약지반에서 Smart 앵커 및 일반 인장형 앵커에 대한 수치해석 결과로 강연선 및 그라우트의 하중 분포를 비교하였다. 그림 4는 인발하중이 10t 및 25t일 때의 수치 해석 결과를 비교 한 것이다.

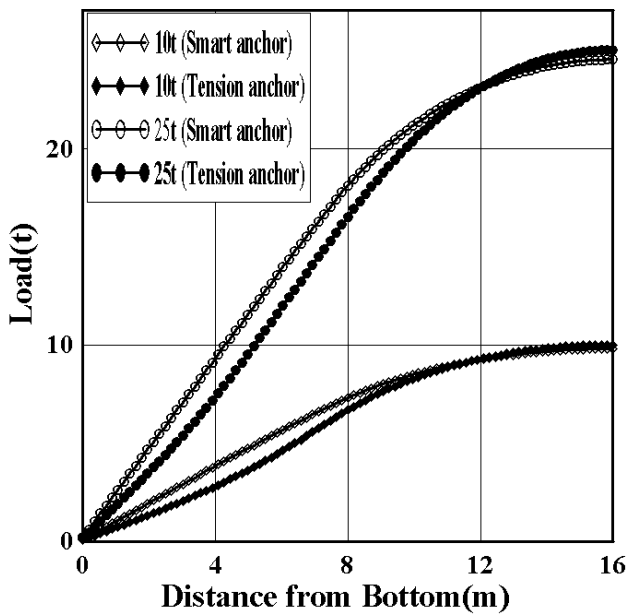
강연선 하중분포는 Smart 앵커의 경우 정착장 내에서 완만하게 감소하고 있으나, 일반 인장형 앵커의 경우 정착장 시작부위에서 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. Smart 앵커는 그라우트에 주로 압축력이 작용하지만 일반 인장형 앵커는 인장력이 정착장 시작부위에서 최대값을 보이고 있다. 이러한 경우 진행성 파괴에 의한 하중감소가 크게 발생 할 수 있다. 마찰력 분포는 Smart 앵커의 경우 정착장 전장에 걸쳐 균일하게 작용하고 있으나, 일반 인장형 앵커는 정착장 시작부위에서 최대값을 보이고 점차 감소하는 경향을 보이고 있다.



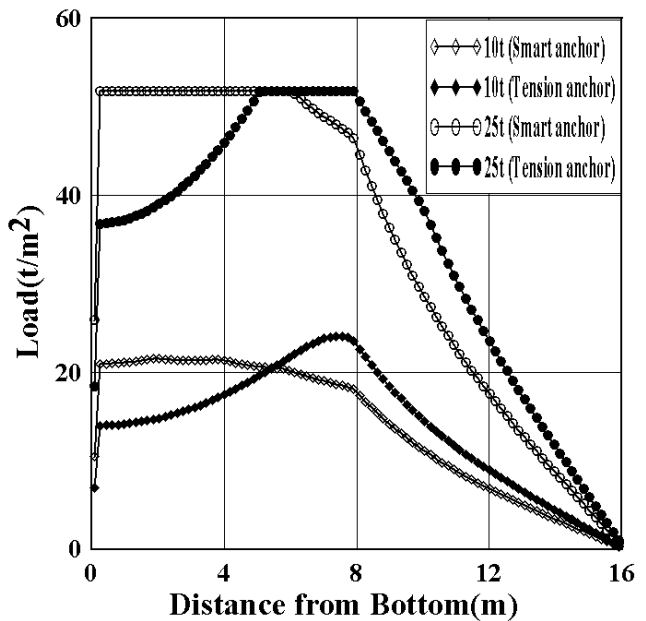
a) 강연선의 하중전이 분포



b) 그라우트에서의 하중전이 분포



c) 지반으로 전이되는 하중 분포



d) 마찰응력 분포

그림 4. Smart 앵커 및 일반 인장형 앵커의 수치해석 결과

5. 결론

본 연구에서는 연약지반에 설치된 일반 인장형 앵커 및 Smart 앵커에 대한 탄소성-보 해석기법을 이용하여 수치해석을 수행하여 그 거동특성을 비교 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) Smart 앵커의 경우 마찰응력 분포가 앵커 정착장 전체에 걸쳐 균일하게 작용하고 있고, 일반 인장형 앵커의 경우에는 정착장의 하단부에 마찰 응력이 크게 집중됨을 확인 할 수 있었다.

2) 그라우트에서의 하중전이 분포를 보게 되면 Smart 앵커의 경우 정착장 하단 부에 하중이 집중되는 기존 인장형 앵커와는 다르게 인발 하중이 커지더라도 그라우트 전체에 하중이 골고루 분포하여 인장 균열에 의한 하중 감소를 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 좀 더 정확한 Smart 앵커의 거동을 예측하기 위해서는 현장 시험과 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구를 위해 연구비를 지원해주신 (주)삼우기초기술 관계자 분들께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김낙경 (2000), “*Load Transfer of Ground Anchors in Clay*” , 한국지반공학회논문집 16권 3호, pp. 145~155.
2. 박완서(2000), “*풍화토 지반에 설치된 그라운드 앵커의 거동에 관한 연구*”, 성균관대학교 대학원 석사학위논문
3. 박대웅, 정종기, 김정열(2009), “*연약지반용 스마트 앵커 공법*” , 한국 지반공학회 가을 학술대회
4. Kim, N. K. (2000). “*Load Transfer on Ground Anchors in Weathered Soils*” , *Proceedings of Improvement Techniques*, September 25-26, Sigapore, 2000.9.
5. Kim N.K. (2003). “*Performance of tension and compression anchors in weathered soil.*”*Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE Vol. 129(12), pp. 1138 - 1150.
6. Tomlinson, M. J. (1957). “*The adhesion of piles driven in clay soils,*” in proceedings of the 4th international Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, pp.66-71