

지반개량에 의한 Anchor 정착부 개선효과 사례연구 A Case Study on the Effect of Soil Improvement on Anchor Bond Zone

김태섭¹⁾, Tae-Seob Kim, 송상호²⁾, Sang-Ho Song, 조규완³⁾, Kyu-Wan Cho, 이재동⁴⁾, Jae-Dong Lee

¹⁾ 삼성건설 T.A.팀 전문위원 Technical Advisor, T.A. Team, Samsung Corp.

²⁾ 삼성건설 과장, Senior Manager, Yongsan Park Tower Construction Site, Samsung Corp.

³⁾ 삼성건설 과장, Senior Manager, Housing Construction Team Civil Part, Samsung Corp.

⁴⁾ 삼성건설 대리, Assistant Manager, Yongsan Park Tower Construction Site, Samsung Corp.

SYNOPSIS : Ground anchor method is widely used in the large scale deep excavation of urban area to support a retained wall. Excavation using the ground anchor as a supporting system near a building have many difficulties due to the limitation of construction space. This method can not be applied to the site with the insufficient space from the retained wall to the boundary line. In this case, soil improvement at the anchor bond zone can be used to secure the frictional resistance of ground anchor within the boundary. Through this method, the bond length of anchor can be shortened considerably.

This paper deals with the case study on the ground excavation adjacent to a building. The object field is Yongsan Park Tower Construction Site. In this site, the enlarged anchor with soil improvement was applied to solve the problem due to the limitation of construction space. According to the results of field test and monitoring, the anchor with soil improvement is very effective to secure the frictional resistance at the anchor bond zone.

Key words : Ground anchor, Soil improvement, Fixed length, Performance test

1. 서 론

협소한 부지에서 효율적인 지하공간 확보를 위한 최근의 도심지 지하터파기 공사는 대규모, 대심도 및 근접시공의 형태로 이루어지고 있다.

Ground Anchor 공법은 지반굴착시 토류벽체를 지지할 목적으로 사용되는 대표적인 공법으로서 굴착 내부 작업공간 확보 및 후속 건축공정과 연계된 시공 용이성을 감안할 때, 지보공으로는 가장 선호도가 높은 공법이다. 그럼에도 불구하고 실제 현장에서는 점용이 불가능한 대지경계 및 인접구조물로 인하여 Anchor 인장력이 충분히 발휘될 수 있는 길이를 확보하지 못하여 Ground Anchor 공법을 적용할 수 없는 경우가 많으며, 이로 인하여 공사비, 공기 증가 및 흠막이 안정성 저하 등의 파생문제를 야기하기도 한다.

최근 들어 연약지반에서 그 사용성이 일부 증대되고 있는 확공식 Anchor는 이러한 경우 적절한 활용이 가능할 것으로 사료된다. 즉, 정착지반에 대한 지반개량에 의해 Anchor 정착부의 마찰저항력 증대를 가능하게 하므로써 설계 인장력 확보를 위해 요구되는 Anchor의 정착길이를 감소시키고 제한된 부지내에서 Ground Anchor 시공을 가능하게 할 수 있다.

현재, 국내의 경우 확공식 Anchor의 설계, 시공 및 시험방법에 관한 적절한 지침이 없는 상태이며,

이에 따라 확공식 Anchor에 관한 새로운 설계기법 개발 및 시공기술의 발전이 절실히 요구되고 있다. 이와 같은 배경으로 본 연구에서는 정착부 지반개량에 의한 확공식 Anchor를 적용함으로써 제한된 대지경계내 성공적으로 Anchor시공이 완료된 현장사례를 토대로 국내에서 사용되는 확공식 Anchor의 특성에 관한 기초적인 연구자료를 제시하고자 하였다. 이를 위하여 정착부 지반개량효과 확인시험, Anchor 인발시험 및 시공시 계측관리를 통한 거동분석을 실시하였다.

2. 현장개요

2.1 현장현황

본 연구대상인 근접시공 구간은 원 설계시 그림 1과 같이 인접대지에 대한 점용허가가 가능하리라 판단하여 흙막이 지보공으로 일반적인 Ground Anchor 공법을 적용토록 계획하였다.

그러나 실제 현장에서는 시공시 인접 대지경계선을 넘어서는 Ground Anchor를 설치할 수 없는 상황에 처하게 되었는데, 이에 따라 제한된 대지경계내 흙막이 공사가 가능토록 설계 및 시공 해결방안이 요구되었다.

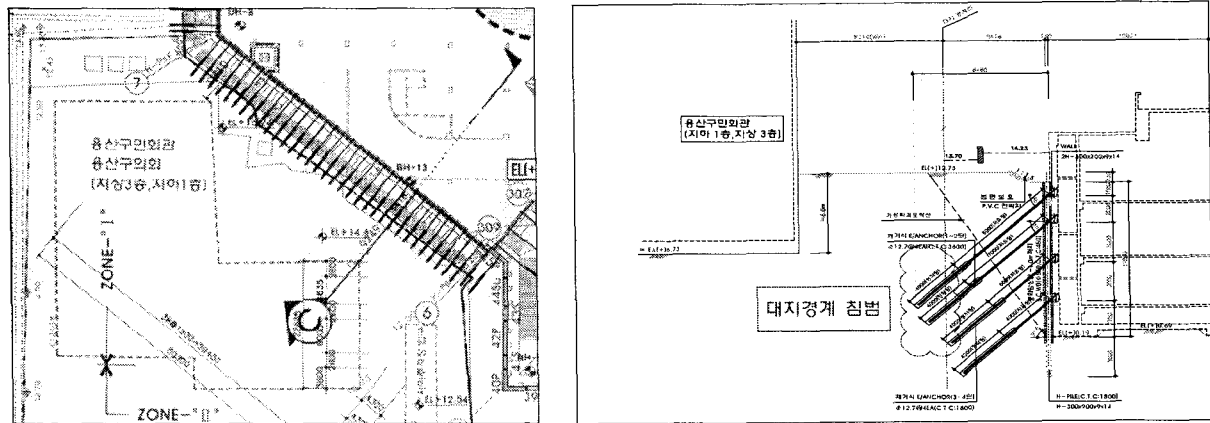


그림 1. 흙막이 가시설 원 설계안

2.2 지반특성

본 연구대상 현장의 지층분포는 상부로부터 매립토층, 풍화토층, 풍화암층, 연경암층으로 구성되어 있다.

Anchor의 정착지반은 대부분 풍화토층이며, 최하단 앵커의 경우는 풍화암층에 정착이 된다.

풍화토층은 모암조직이 잔존하며, 암편이 약간 함유된 지층으로 표준관입시험 N치는 12/30~50/17이며 상대밀도는 상부 느슨한 상태, 하부로 갈수록 조밀한 상태이다.

풍화암층 역시 편마암의 풍화대로 절리가 발달하여 타격시 쉽게 분해되는 파쇄대에 해당된다.

시추조사시 측정된 현장의 지하수위는 지표하 2.6~5.2m 정도로서 풍화토층 상부에 위치하는 것으로 조사되었다.

본 연구대상 구간의 시추조사 결과는 그림 2에 나타내었다.

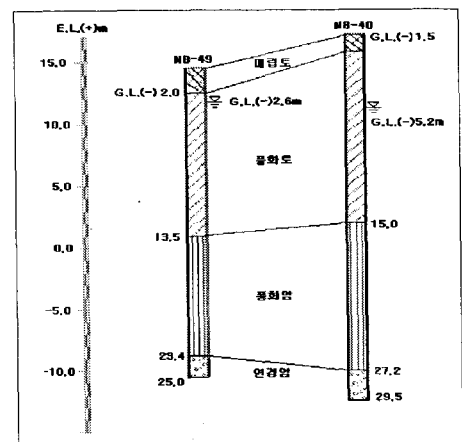


그림 2. 지층분포 상태

3. 설계

제한된 대지경계내 흙막이 지보공 공사가 가능토록 설계 개선방안을 모색하였으며. 검토시 지보공으로는 Raker 공법, Soil Nail 공법, 지반개량에 의한 확공식 Ground Anchor 공법을 비교, 분석하였다.

검토결과, 흙막이 자체 안정성, 인접대지에 대한 영향성, 적용시 굴토 재심의 필요여부, 후속 건축 PC공정과의 간섭여부 등의 시공성 및 경제성을 감안할 경우, 지반개량에 의한 확공식 Ground Anchor가 가장 합리적이며, 적합한 공법으로 선정되었다.

확공식 Ground Anchor 공법은 정착지반에 대한 지반개량에 의해 확공효과로 Anchor 정착부의 마찰저항력 증가 및 부가적으로 Anchor체 선단에서의 지압저항력 효과도 기대할 수 있어 본 연구대상 현장의 경우와 같이 제한된 부지내에서 Ground Anchor 시공을 가능하게 할 수 있다.

현재, 확공식 Ground Anchor에 대한 설계, 시공실적이나 이론적, 실험적 연구는 미진한 상태이며, 이에 대한 적절한 지침 또한 없는 바, 설계시 일반적인 Ground Anchor에 적용되는 기법을 사용하였다. 즉, 정착장은 예상 활동과괴선 밖에 위치되도록 하며 Anchor체와 지반과의 주면마찰저항과 Anchor체와 PC 강재 사이의 부착력을 고려하여 큰 값을 정착길로 산정하였다. 이는 다음 식과 같다.

1) Anchor체와 지반과의 주면마찰저항

$$l_b = \frac{T_i \times F_s}{\pi \times D \times \tau_a} \quad (1)$$

여기서, F_s 안전율, D Anchor체 직경, τ_a Anchor체와 지반사이의 전단저항력, T_i 설계축력

2) Anchor체와 PC강선 사이의 부착력에 의한 길이

$$l_b = \frac{T_i}{n \times \pi \times d_f \times f_a} \quad (2)$$

여기서, d_f Anchor의 직경, n 강선 수, T_i 설계축력, f_a 허용부착응력

설계시 지반개량에 의한 Anchor 정착부 확공효과를 반영하기 위하여 Anchor 직경은 지반개량 확산 직경을 사용하였으며, 안전율은 그 효과의 불확실한 면을 감안하여 통상 가설 Anchor시 적용되는 1.5보다 다소 큰 2.0을 적용하였다. 흙막이 변경 설계안은 그림 3과 같다.

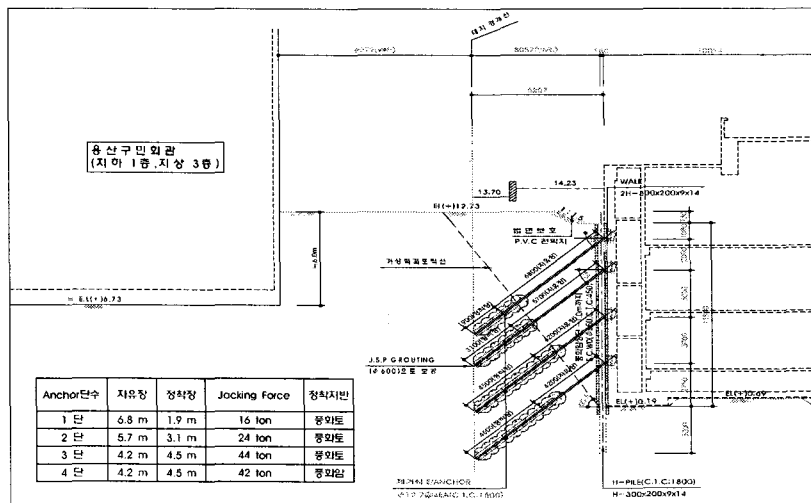


그림 3. 흙막이 가시설 변경 설계안

4. 시 공

4.1 시공순서

지반개량에 의한 확공식 Anchor 시공은 다음과 같이 실시하였으며, 지반개량은 2중판 고압분사 교반 공법인 J.S.P(Jumbo Special Pattern)공법을 적용하였다.

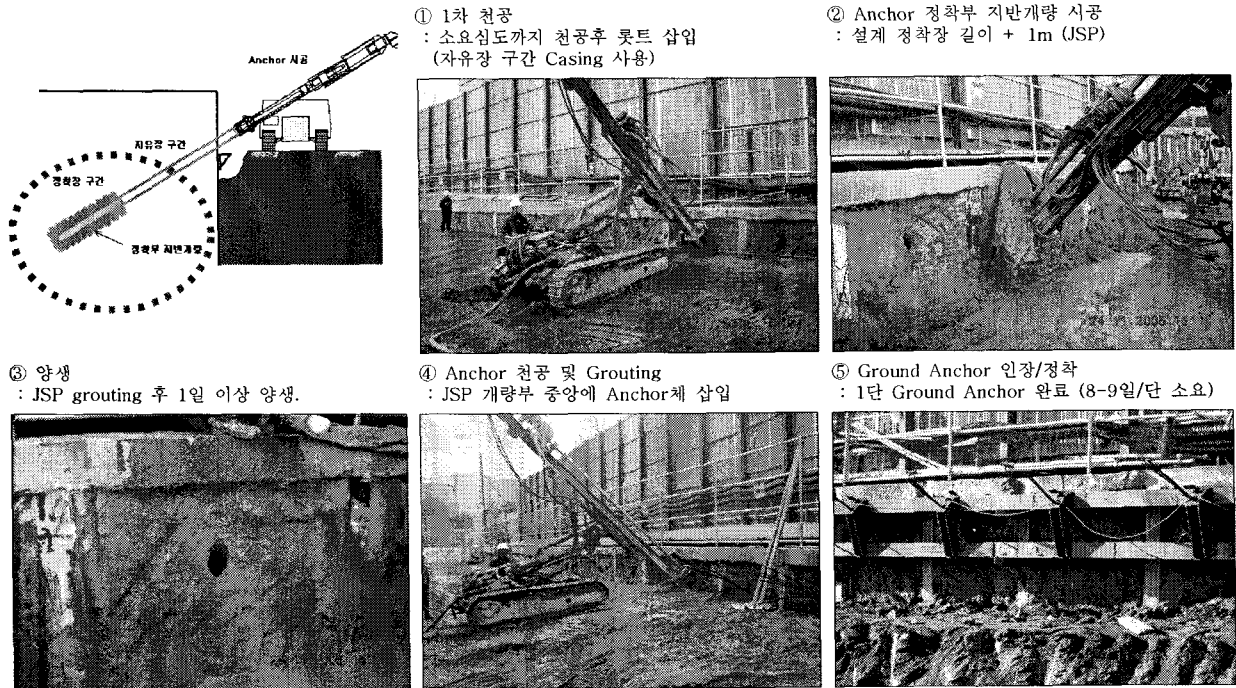


그림 4. 시공순서도

4.2 현장시험

4.2.1 고압분사 압력 선정시험

설계요구 지반개량 직경(600mm)을 확보하기 위한 분사압력을 선정하기 위하여 본 시공전 시험시공을 실시하였으며, 그림 5의 시험결과를 토대로 시공시 고압분사 압력은 300kg/cm²로 결정하였다.

압력(kg/m ²)	개량직경(cm)	압력(kg/cm ²)	개량직경(cm)	압력(kg/cm ²)	개량직경(cm)
250	50 (N.G)	300	60 (O.K)	350	60 (O.K)

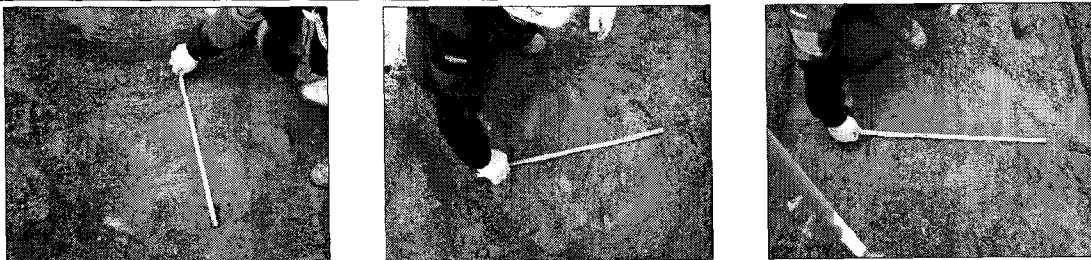


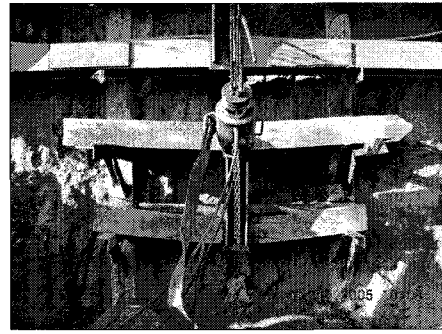
그림 5. 고압분사 압력을 결정하기 위한 사전 시험

4.2.2 Anchor 인발시험

지반개량에 의한 확공식 Anchor의 인발저항력을 확인하기 위하여 본 시공 조건과 동일한 시험 Anchor를 제작후 인발시험을 실시하였다. 시험결과, 설계축력 36 ton을 크게 상회하는 63 ton 이상의 인발하중을 얻을 수 있었다. 최종하중 재하시 띠장(H-300× 200)의 좌굴에 의해 시험을 중단시켜 극한 인발저항력은 산정할 수 없었다.



(a) 인발시험 (최종하중 63 ton)



(b) 시험 후 전경

그림 6. 지반개량에 의한 확공식 Anchor 인발시험

5. 계측결과

5.1 지중수평변위

자동경사계에 의한 현장 계측치와 설계시 예상변위량을 비교, 도시하면 그림 7과 같다. 변위형태는 중앙부분이 볼록한 형상으로 거의 동일하며, 최대수평변위 및 최대수평변위 발생위치 역시 큰 차이가 유사한 것으로 나타났다.

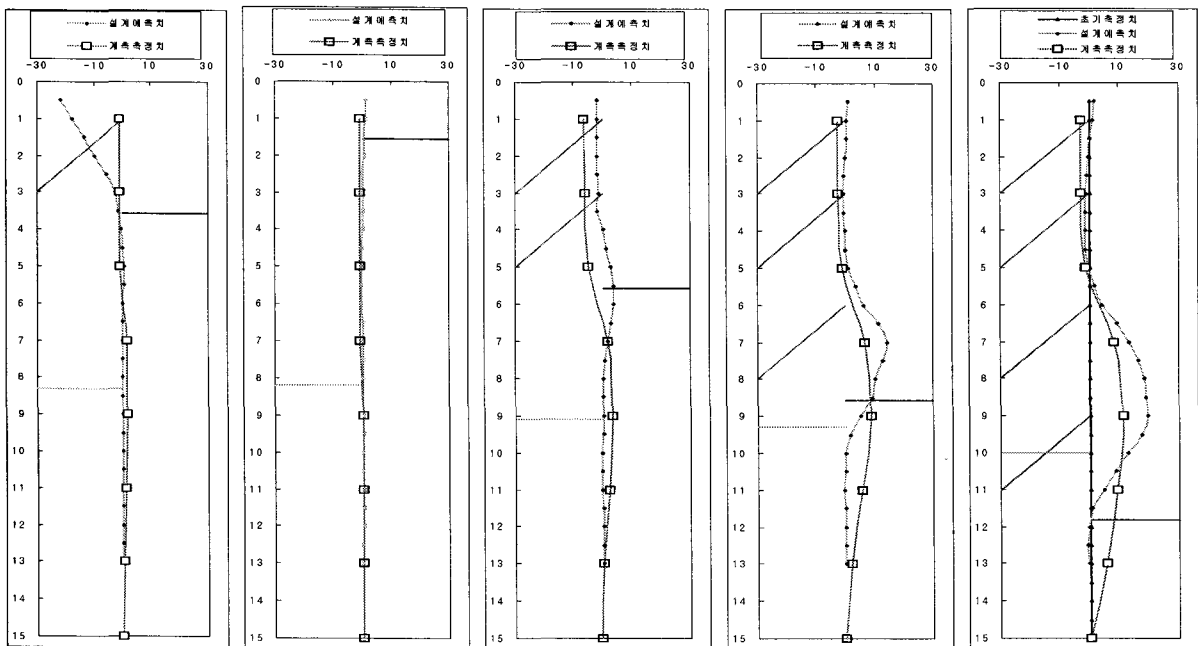


그림 7. 지중수평변위 계측치/설계치 비교

5.2 Ground Anchor 하중 및 인접구조물 영향

Anchor에 작용되는 축력 및 인접구조물 기울기를 측정한 결과, 그림 8과 같이 Anchor 인장직후 초기 손실에 의한 하중 저하만을 보일 뿐 모두 관리기준치 이내로 시간경과에 따라 점차 수렴된 양상을 보인다.

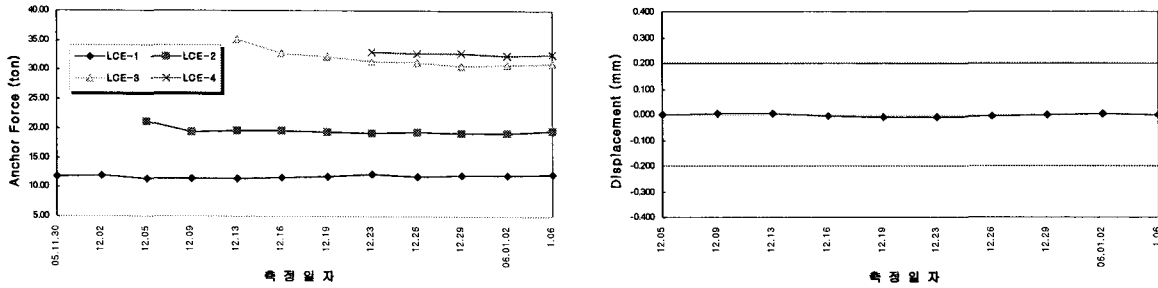


그림 8. Ground Anchor 하중 및 인접구조물 기울기 경시변화

6. 결론

본 연구에서는 정착부 지반개량에 의한 확공식 Anchor를 적용함으로써 제한된 대지경계내 성공적으로 Anchor시공이 완료된 현장사례를 토대로 국내에서 사용되는 확공식 Anchor의 특성에 관한 기초적인 연구자료를 제시하고자 하였다. 이를 위하여 정착부 지반개량효과 확인시험, Anchor 인발시험 및 시공시 계측관리를 통한 거동분석을 실시하였으며, 그 연구내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 지반개량을 통하여 Anchor체 표면적 증대효과에 의한 극한인발력을 향상시키는 확공식 Anchor는 본 연구대상 현장과 같이 제한된 대지경계내 Anchor 시공을 위해 효과적으로 적용이 가능하다.
2. Anchor 정착장이 문헌상 제안된 최소길이보다 짧게 적용된 본 연구대상 Anchor 1단(1.9m)의 경우에도 통상적인 인장직후 초기손실외 시공시 시간경과에 따른 Creep에 의한 하중손실은 없었으며, 설계요구 축력 이상의 충분한 정착효과를 발휘할 수 있는 것으로 나타났다.
3. 지반개량에 대해서는 사전 시험시공을 통하여 고압분사 압력을 선정하므로써 설계요구 직경을 확보하였으며, 시공 Anchor에 대해서는 극한저항력을 확인하기 위하여 인발시험을 수행하여, 설계축력 36 ton을 크게 상회하는 63 ton 이상의 인발하중이 확보됨을 확인하였다.
4. 계측수행 결과, 지중수평변위는 설계 예상변위량과 유사한 변위형상 및 변위크기를 보였으며, 시공시 Anchor에 작용되는 축력은 인장직후 초기 손실에 의한 하중 저하만을 보일 뿐 모두 관리기준치 이내로 시간경과에 따라 점차 안정된 양상을 보였다.
5. 향후 지반개량에 의한 확공식 Anchor에 대해서는 지반개량부와 Anchor Grouting부의 마찰저항, Anchor 선단에서의 지압효과 등의 지속적인 연구가 필요하며, 이를 토대로 확공식 Anchor에 관한 새로운 설계기법 개발이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 김태섭 외(2005), 사내한 기술백서Ⅱ, 삼성건설 건설부분 기술본부 T.A.팀, pp.30-65.
2. AASHTO(1990). "Tieback specifications", AASHTO-AGC-ARTBA Task Force 27, pp.137- 155
3. FHWA-IF-99-015(1999), "Ground Anchors and Anchored Systems"