

확공앵커의 인발특성에 관한 연구

A Study on Uplift Capacity of An Enlarged Anchor

변혁희¹⁾, Hyuk-Hee Byun, 김용설²⁾, Yong-Sul Kim, 최 석³⁾, Seok Choi, 이상덕⁴⁾, Sang-Duk Lee

¹⁾아주대학교 공과대학 토목공학과 대학원, Graduate student, Dept. of Civil Eng., A-jou Univ.

²⁾아주대학교 공과대학 토목공학과 대학원, Graduate student, Dept. of Civil Eng., A-jou Univ.

³⁾(주)대우건설 품질기술팀 대리, Asst. Manager, Q/A Eng. Team DAEWOO CORPORATION.

⁴⁾아주대학교 공과대학 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Eng., A-jou Univ.

SYNOPSIS : The pullout resistance of anchor is consist of end bearing and side friction. Fixed anchor length is fine and long. The main factor of pullout resistance is known as friction resistances. The effective surcharge load is used to calculate the resistances before. But the results is not agree to theoritical solution because of arching effect and the wall friction between soil and fixed length. In this experimental study, the fixed anchor length is enlarged so that the principal ingredient is changed from friction resistances to passive resistance in order to utilize the soil shear strength and it is able to design much safe way.

KEYWORDS : Pullout resistance, Enlarged anchor, End bearing, Side friction, Fixed anchor length.

1. 서론

사회가 산업화됨에 따라 도시공간의 효율적인 이용을 위하여 지하공간에 대한 활용이 점차 증가하는 추세에 있다. 이러한 지하공간의 활용은 지상의 일기조건이 불량한 북유럽 등에서는 이미 오래 전부터 발달되어 왔으나, 우리 나라에서는 근래에 이르러 지하철, 고층 빌딩의 지하층, 지하 주차장, 지하상가, 지하발전소 등에 이용되고 있다. 앵커공법은 이러한 지하공간 확보를 위하여 지반 굴착시 토류 벽체를 지지할 목적으로 많이 사용되는 공법중의 하나로 현재 많은 현장에서 적용되고 있다. 국내외에서 최근에 시공되는 앵커의 형태는 대부분 마찰저항형으로 현장지반이 사질토라도 지하수 이상에서는 겉보기 점착력과 아칭효과에 의하여 일정한 크기로 보링하여도 자립하게 된다. 따라서 덮개 토압을 전부 고려하여 앵커의 마찰저항을 계산하는 방법은 실제 현장 지반의 조건과 매우 다름을 알 수 있다. 그러나 정착부를 확공하여 수동저항개념을 적용하면 더욱 효과적일 것이다. 따라서 본 연구에서는 수동저항개념을 적용한 확공앵커의 인발특성은 아직까지 구체적으로 제시되어 있지 않은 상황이므로 수동저항개념의 확공앵커 인발특성 및 인발저항력의 분포등을 확인하였다.

2. 모형실험

2.1 모형지반의 기본물성

본 연구에 사용된 모형 지반은 주문진 자연사로 통일분류법에 의한 흙의 분류결과 SP로 나타났으며, 최대건조단위중량(γ_{dmax}) = 1.82 t/m³, 최소건조단위중량(γ_{dmin}) = 1.52 t/m³로 조사되었으며, 비중(Gs)은 2.64로 나타났다. 모형지반은 상대밀도 75%의 균질하게 조성하였으며 이에 대한 직접전단시험결과 내부마찰각은 38°로 나타났다.

2.2 실험 장치

본 모형 실험에 사용된 실험기기는 크기가 1.2m×1.0m×1.5m인 토조, Sand Curtain방식의 강사장치와 모형앵커를 사용하였다. 강사장치는 균질한 지반조성을 위하여 조성지반의 지표에서 일정높이를 유지할 수 있도록 제작되었으며, 모형앵커의 정착부는 직경 9cm, 길이 52cm로 제작하였다. 모형앵커 정착부로 사용된 재료는 인발중에 변형이 일어나지 않도록 강성이 큰 강관(t = 5mm)을 사용하였고 모형앵커의 정착부와 지반의 interface에 작용하는 마찰을 위해 No. 24의 사포를 부착하였다. 또한 모형앵커 정착부는 길이 10cm의 강관 안쪽에 Load cell을 내장한 5개의 부분으로 나누어 각부분을 종방향으로 6mm 볼트봉 4개를 사용하여 연결하였으며 각부분이 개별적으로 축방향 하중 즉, 인발시 마찰저항력과 모형앵커 정착부 선단의 수동저항력 측정이 가능하며, 상호 간섭이 없도록 5mm의 간격을 두었다. 모형앵커 정착부 각부분의 인발 변위는 두부변위와 동일하게 인발되도록 제작하였다. 10mm 볼트봉을 모형앵커의 정착부 선단에 연결하여 일정한 속도로 인발하였다. (그림1)(그림2)

본 모형 실험에서는 실험하는 동안 모형앵커에 작용하는 인발하중과 수직변위, 그 주변지반의 지표변위를 일정한 시간 간격으로 측정하였다. 하중 측정장치로는 스트레인 게이지식 Load cell을 이용하고 변위 측정장치로는 전기저항방식의 LVDT를 이용하였으며 모든 Data는 소프트웨어 Easy Sense로 제어되는 UPC 601-U에 의하여 컴퓨터에 입력되도록 하였다.

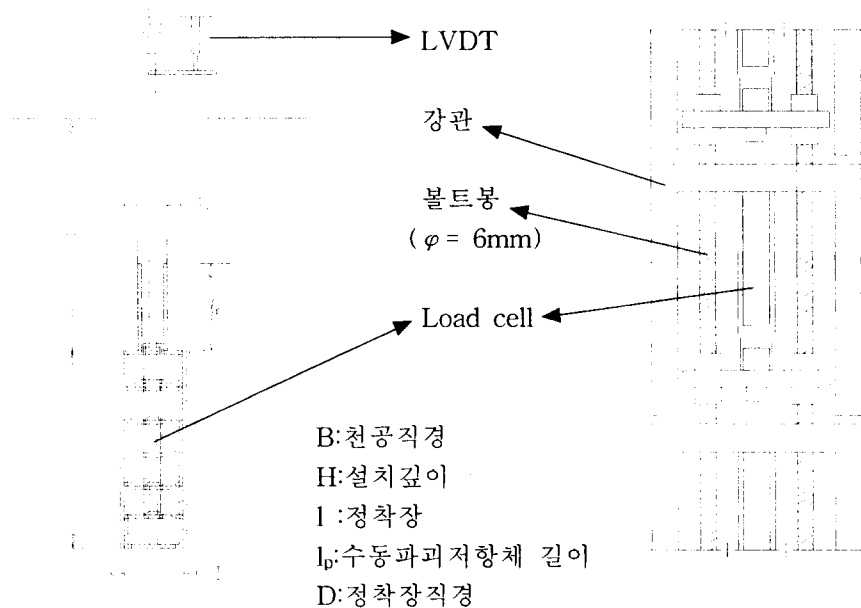


그림1. 실험장치 개략도

그림2. 모형앵커 정착부의 확대도

또한 본 실험에서는 확공비(정착장직경/천공직경)에 의한 지반의 수동저항 극대화를 위하여 수동파괴 저항체를 설치하였다. 수동파괴저항체는 확공부분에 의하여 발생하는 지반의 수동파괴영역에 설치하여 천공부의 파괴를 저항함으로써 수동파괴영역을 증가시키는 역할로 두께 6mm의 PVC pipe를 사용하였다.

2.3 실험방법

모형앵커체를 연직으로 세우기 위해 실내토조에 5cm의 예비 강사를 실시한후 앵커의 정착부를 연직으로 세우고 강사시 앵커체의 이동을 막기 위하여 정착부의 상부를 가는 강선으로 고정한다. 강사장치를 이용하여 조성지반의 지표에서 일정한 높이로 강사한다. 강사중 모형지반의 단위중량 측정을 위하여 can을 넣는다. 천공부분을 강사할 때는 PVC pipe를 세우고 분무기를 이용 지반이 자립할 정도의 겉보기 점착력을 가질 수 있게 물을 뿌린다. 강사가 완료되면 PVC pipe를 제거한다. 인발장치 및 측정장치를 설치하여 인발한다. 실험이 완료된 후, 지반조성중 매립된 단위중량 측정용 can을 회수하여 조성지반의 단위중량을 확인한다.

2.4 실험종류

본 실험에서는 설치깊이 변화 및 확공비 그리고 수동파괴저항체의 영향을 주된 실험변수로 표1과 같이 실험하였다.

표1. 실험종류

	설치깊이 H(cm)	확공비 D	수동파괴 저항체 h(cm)	앵커벽마찰
H00D10h00	0	1.0	0	φ
H05D15h00	25	1.5	0	φ
H10D10h00	50	1.0	0	φ
H10D15h00	50	1.5	0	φ
H10D20h00	50	2.0	0	φ
H10D30h00	50	3.0	0	φ
H15D15h00	75	1.5	0	φ
H20D15h00	100	1.5	0	φ
H20D15h02	100	1.5	10	φ
H20D15h06	100	1.5	30	φ
H20D15h12	100	1.5	60	φ
H20D15h20	100	1.5	100	φ

H: 모형앵커 정착부의 깊이 (cm)

D: 확공비 (모형앵커 정착부의 직경 / 천공 직경)

h: 수동파괴저항체 (cm)

3. 실험결과

3.1 인발저항력의 분포

3.1.1 확공비

확공형 앵커(확공비;1.5, 2.0, 3.0)는 마찰형 앵커(확공비;1.0)의 인발저항력보다 증가한 것을 그림3에서 보여준다. 정착부 인발저항력의 부분별 분포는 확공으로 인하여 선단(Load cell 1)에서는 수동저항을 받게 된다. 따라서 정착부의 선단(Load cell 1)에서 가장 큰 저항력이 측정되며 확공비가 커지면 선단의 저항력도 증가한다. 반면에 상단 바로 아래(Load cell 2)에서는 오히려 저항력이 감소한다. 이러한 경향은 확공비가 증가할수록 뚜렷하다. (그림3a,b)

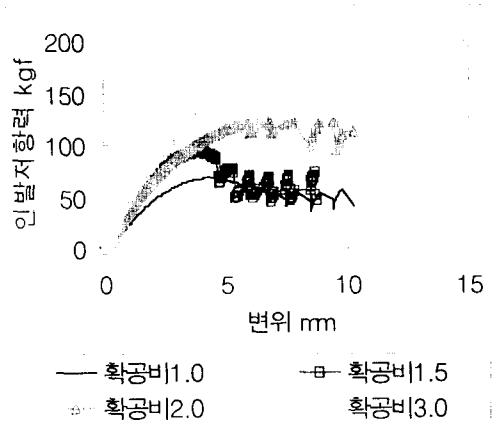


그림3a. 확공비에 따른 인발저항력

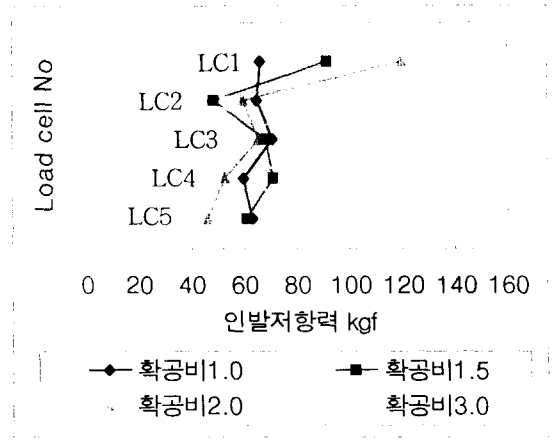


그림3b. 확공비에 따른 인발저항력 분포

3.1.2 수동파괴 저항체

수동파괴 저항체를 설치한 확공 앵커의 인발실험에서 수동파괴 저항체로 인하여 확공의 영향을 보다 크게 증대시키는 결과를 볼 수 있었다. 즉, 수동파괴 저항체의 삽입으로 인하여 선단의 인발저항력이 증가하여 그 효과가 뚜렷하였으며 인발변위가 진행되는 동안에 인발저항력이 점점 증가하는 경향을 나타내며 확공비가 증가할수록 뚜렷하였다. 반면 Load cell 2번, 3번, 4번의 작은 마찰력 감소가 보였다. 이는 수동파괴 저항체로 인하여 파괴영역이 확대되면서 주변지반이 이완되기 때문으로 추정된다. (그림4)

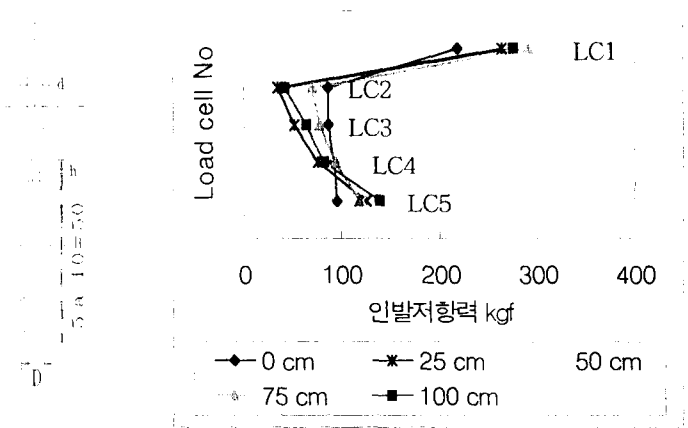


그림4. 수동파괴 저항체에 따른 인발저항력분포

3.2 인발 파괴메커니즘

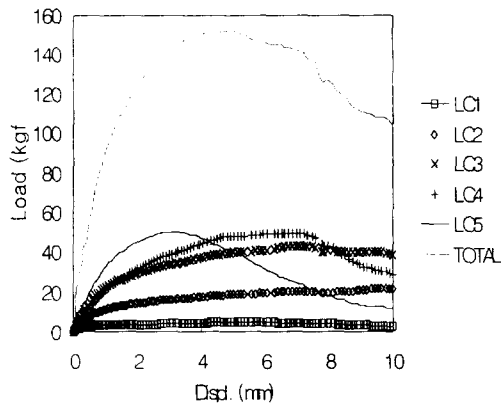
인발중에 앵커주변의 지표변위를 측정하였다. 설치깊이가 앵커 정착부 길이와 같은 경우에는 지표변위가 측정되었으나, 설치깊이가 앵커 정착부 길이보다 깊은 경우에는 지표변위가 측정되지 않았다. 인발 후 천공부를 관찰하였을 때 확공된 앵커 정착부 상단의 천공부 공벽이 파괴된 것을 확인하였으며 수동 파괴 저항체를 삽입한 경우에는 천공부 공벽의 파괴는 관찰되지 않았다. 또한 인발 후 파괴상태를 확인하기 위하여 지반조성중에 얇은 층의 석고를 깔고, 실험 완료후 분무기를 이용하여 석고를 고결시켜 석고의 변형모습을 확인한 결과 확공된 앵커 정착부의 상부(5cm 이내)만 변형되었다. 이로부터 확공으로 인한 수동파괴가 한정된 범위에서만 발생됨을 알 수 있으며, 이러한 파괴에 대해 저항할 수 있는 수동 파괴 저항체를 설치할 경우에 앵커의 인발저항력이 증가될 것을 기대할 수 있다.

4. 결론

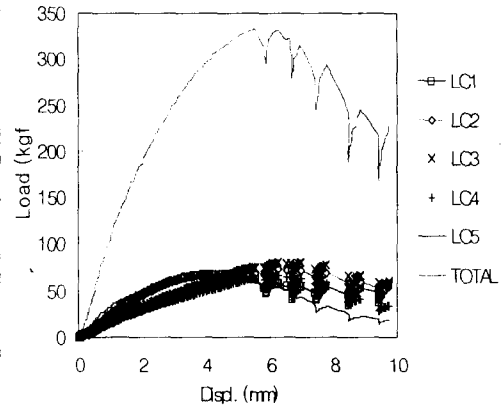
- ① 앵커 정착부의 확공으로 인하여 정착부 상단지반에서 수동파괴가 일어났다. 따라서 가장 큰 저항력이 정착부 선단부분에서 발생되고 선단 바로 아래에서는 오히려 저항력이 감소하였다. 이러한 경향은 확공비가 증가할수록 뚜렷하였다.
- ② 수동파괴 저항체를 설치한 확공앵커에서는 수동파괴 저항체로 인하여 추가로 인발저항력이 증가되었다. 수동파괴 저항체로 인하여 파괴영역이 확대되면서 주변지반이 이완되어서 정착부 주변 마찰저항력이 감소하였으나 전체적인 인발저항력은 뚜렷이 증가되었다.
- ③ 앵커의 설치깊이가 앵커의 정착부와 같은 경우에는 원추형 파괴가 발생되어서 인발저항력이 정착부 하단에서는 크고 상단에서는 작은 분포를 나타내었다. 그러나 설치깊이가 증가할수록 상단에서의 수동저항으로 인하여 상단부의 저항력이 급격히 증가되었다.
- ④ 앵커의 설치깊이가 정착부 길이와 같을 때 까지는 지표변위가 측정되었으나, 그보다 깊은 경우에는 지표변위가 측정되지 않았다. 인발호 인하여 앵커정착부 선단 앞부분의 천공부 공벽이 파괴되었으나, 수동파괴 저항체를 설치한 경우에는 천공부 공벽은 파괴되지 않았다

5.참고문헌

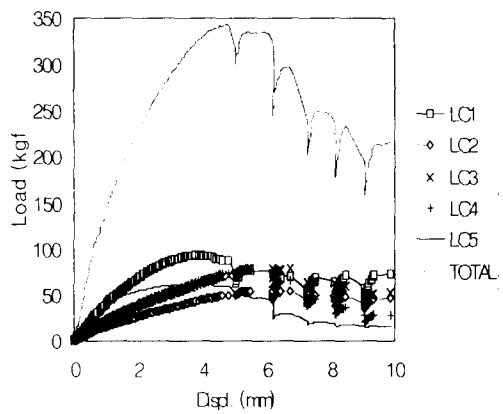
1. 이 상덕, (1996) 전문가를 위한 기초공학, 엔지니어즈,
2. 이 상덕, (1997) 토질시험 -원리와 방법-, 도서출판 새론
3. 임 종철, (1989) "Study into mechanism of pullout resistance of ground anchor in sand", 동경대학 박사학위논문
4. Ground anchor 기술협회 (일본), (1992) 그라운드 앵커 공법, 구미서관,
5. Clayton, Miliyiysky, & Woods, (1993) Earth pressure and earth retaining structures, Chapman & Hall
6. Colin J.E.P. (1996) Earth reinforcement & soil structures, Thomas telford,
7. C.R.I. Clayton (1993) Retaining structures, Thomas Telford,
8. Das, B. M. (1990) Earth Anchors, Elsevier, No. 50
9. Das, B. M. (1975) "Pullout Resistance of Vertical Anchors", ASCE Vol. 101, No GT1, pp. 87-91
10. Das, & Seely, (1975) "Load-Displacement Relationships for Vertical Anchor Plates", ASCE, Vol. 101, No. GT7, pp. 711-715
11. G. G. Meyerhof, (1973) "Uplift Resistance of Inclined Anchor and Piles", ICSMFE, 8th Vol. 2, pp. 167-172
12. Ismael, & klym, (1979) "Uplift Bearing Capacity of Short Piers in Sand", ASCE Vol. 105, No. GT5, pp. 579-594



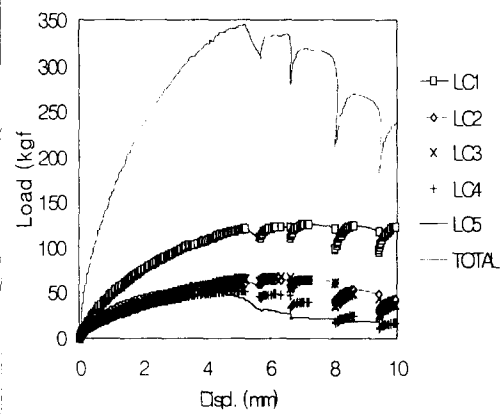
H00D10h00



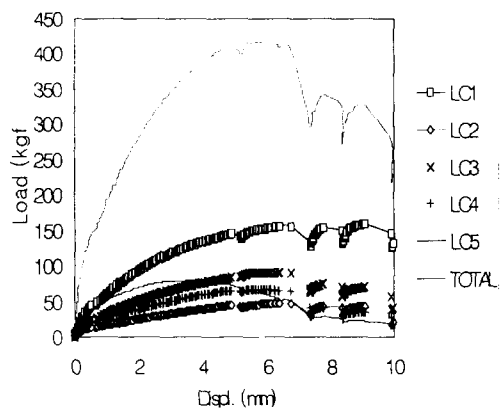
H10D10h00



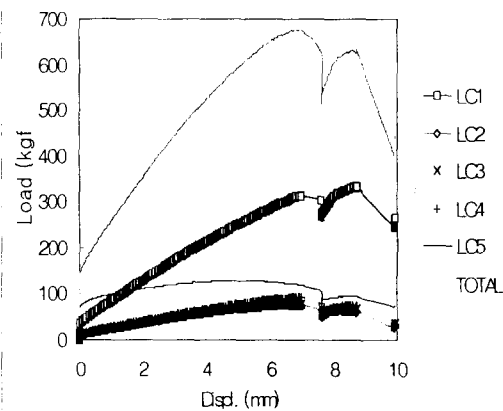
H10D15h00



H10D20h00



H10D30h00



H20D15h50