

## 팽창성 몰탈을 이용한 Auger-cast Pile의 지지력 특성

### Characteristics of Bearing Capacity of Auger-cast Pile Installed using Expansive Cement Mortar

이원제<sup>1)</sup>, Won-Je Lee, 윤성수<sup>2)</sup>, Sung-Soo Yoon, 서정복<sup>3)</sup>, Jeong-Bok Seo, 유홍중<sup>3)</sup>, Hong-Jong Yoo, 이우진<sup>4)</sup>, Woo-Jin Lee

<sup>1)</sup>고려대학교 토목환경공학과 박사과정, Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engrg., Korea Univ.

<sup>2)</sup>고려대학교 토목환경공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engrg., Korea Univ.

<sup>3)</sup>SK건설(주) 기술연구소 연구원, Researcher, SK Engrg. & Construction, R & D Technology Center

<sup>4)</sup>고려대학교 토목환경공학과 조교수, Assistant Professor, Dept. of Civil Engrg., Korea Univ.

**SYNOPSIS** : The frictional capacity of auger-cast piles is often very low because of the disturbances of soil around the pile during augering process. Usage of expansive mortar and grouting technique for auger-cast piles may improve the frictional resistance between pile and soil. This paper presents the test results on auger-cast model piles installed with expansive mortar in the laboratory compacted weathered soil. The model piles were installed in the calibration chamber by varying the amount of expansive agent and the injection process. Test results showed that the shaft friction of pile increases as the amount of expansive agent increases, and increases when the mortar is injected using pressure. It was also shown that the effect of expansive mortar on shaft friction depends on the type of the expansive agent. The shaft frictions of pile with only expansive mortar and pile with expansive mortar and grouting injection together are increased 24% and 43%, respectively, compared with that of pile with plain cement mortar.

**Key words** : Expansive Mortar, Model Pile, Unit Skin Friction, Auger-cast Pile

## 1. 서 론

지반조건과 시공여건의 제한에 따라 최근의 말뚝기초시공방법은 지반을 선천공한 후 기성말뚝을 삽입하는 소위 매입말뚝공법이 활발하게 사용되고 있다. 이러한 시공방법은 시공품질의 양부에 따라 변화가 심한 주변마찰력의 불확실성에 의해 일반적으로 선단지지형 말뚝으로 시공되는 것이 일반적이다. 그러나 확실한 선단지지력을 확보하기 위한 최종경타가 수반되지 않는 한 주변마찰력에 대한 의존도가 여전히 높은 실정이다. 즉 선단지지력 확보에 대한 취약점을 내포하고 있으며 특히 시공여건에 따라서는 최종경타도 허용되지 않아 주변마찰력에 대한 의존도가 높아지고 과도한 시멘트사용이 초래되는 경우가 종종 발생하고 있다. 따라서 말뚝시공에 따른 건설공해를 최소한으로 줄일 뿐 아니라 소요의 지지력 및 경제성 확보를 위한 대체공법 모색이 요구되는 시점이다. 국내에서도 이에 대한 연구로써 굴착되는 토

사를 배토시키지 않고 선단지지력 및 주변마찰력을 확보하기 위한 시공방법으로 소구경 현장타설 말뚝인 Omega말뚝에 대한 연구성과가 보고된 바 있다(대한주택공사,(주)태화엔지니어링, 1997).

본 연구에서는 현장타설식 말뚝공법 시공시 배토방식으로 지반을 천공할 때 원지반응력의 이완현상(stress relief)으로 지지력감소가 발생하는 auger-cast pile공법의 주변마찰력을 보강/증대시키기 위한 방안으로 소구경 현장타설말뚝에 레미콘 대신 팽창성 몰탈(expansive mortar)을 타설하여 말뚝을 시공하는 auger-cast pile의 적용성을 평가하기 위한 실내모형실험을 실시하였다.

본 연구에서 수행한 실험내용은 다음과 같다.

- 팽창재 배합비가 주변마찰력에 미치는 영향
- 몰탈 주입시 주변마찰력에 미치는 가압(pressurized injection) 효과
- 팽창재를 이용한 말뚝의 주변마찰력에 대한 하중전이(load transfer) 해석

이상의 실험내용을 수행하기 위하여 다음의 8가지의 모형말뚝실험을 실시하였으며 팽창재는 국내 2개사에서 생산중인 제품을 사용하였고, 팽창재의 배합비율은 선행된 실내실험결과(청주대학교부설 산업과학연구소, 1998)를 기초로 선정하여 실험하였다.

표 1. 모형말뚝 실험종류

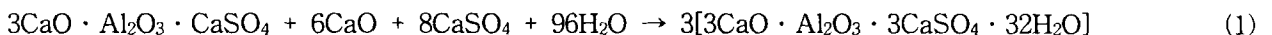
팽창재 종류	plain		J社		D社			
배합비*	無		7 %		11 %		13 %	
주입시 가압여부	×	○	×	○	×	○	×	○
말뚝기호	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8

\* 배합비 : (팽창재 양/(팽창재+시멘트 양))×100 (%)

## 2. CSA계 팽창재

### 2.1 CSA계 팽창재의 일반특성

본 연구에서는 팽창재로서 J社와 D社의 제품을 사용하였는데, J社의 팽창재는 수축방지효과가 주기능인 반면 D社의 팽창재는 수축방지 및 팽창성을 갖고 있으며, 팽창효과는 D社의 팽창재가 더 큰 것으로 나타났다(표 2). 팽창재로 쓰이는 재료는 몇 가지 종류가 있는데 본 연구에서 사용된 팽창재는 CSA(Calcium Sulfo Aluminate)계 팽창재이다. CSA계 팽창재는 조성화합물인  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ , CaO,  $CaSO_4$ 의 주성분이 물과 반응하여 칼슘설포알루미네이트 수화물을 생성한다. 이 수화물은 고허산염( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 32H_2O$ )과 저황산염( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ )으로 구분된다. 전자는 침상결정이고 후자는 육각판상결정이다. 팽창에 기여하는 것은 전자의 침상결정으로서 에트링자이트(Ettringite)로 불리며 반응식은 다음과 같다.



이 에트링자이트는 수  $\mu m$  정도의 상당히 작은 결정이고, 시멘트 페이스트의 경화과정에서 콜로이드 상태로 겔간의 미세한 공극에 밤송이 형태로 발달되어 겔의 경화에 따른 수축 및 건조에 의한 수축을 방지하고 나아가서 팽창시키는 작용을 한다.

팽창재의 배합비에 따라 팽창재를 첨가한 시멘트몰탈의 팽창량이나 강도특성이 바뀌기 때문에 팽창재의 사용에 있어 시멘트와의 배합비는 매우 중요한 요소가 된다. 팽창재의 양이 증가할수록 팽창량이 증가하는 것은 사실이지만 어느 정도 이상에서는 강도를 떨어뜨리게 되고, 팽창압의 증가는 결국에는 재료의 파괴를 가져오게 된다.

## 2.2 팽창재 종류와 배합비에 따른 특성

팽창재의 사용에 있어 배합비의 선택이 중요하기 때문에 모형말뚝의 실험에 앞서 몇 가지 배합비에 따른 강도와 팽창량에 대한 실험을 진행하여(청주대학교부설 산업과학연구소, 1998) 그 결과로부터 말뚝의 모형실험을 실시하였다. 팽창재에 대한 실험은 Slump 시험과 압축강도시험 그리고 팽창량을 측정하는 길이변화율에 대한 불구속상태에서의 실험이 행해졌으며 결과는 표 2와 같다.

표 2. 팽창재 종류와 배합비에 따른 특성

팽창재 종류/배합비	Slump (cm)	7일 압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	길이변화율( $\times 10^{-4}$ )			
			수중양생		수중7일 양생 후 기중양생	
			7일	16일	7일	16일
J社 7%	26.5	396	6.57	7.04	7.75	-1.41
D社 11%	28.5	387	22.30	29.11	23.00	13.38
D社 13%	28.6	343	49.65	59.51	48.94	38.73

## 3. 실험장비와 실험용 시료

### 3.1 실험장비

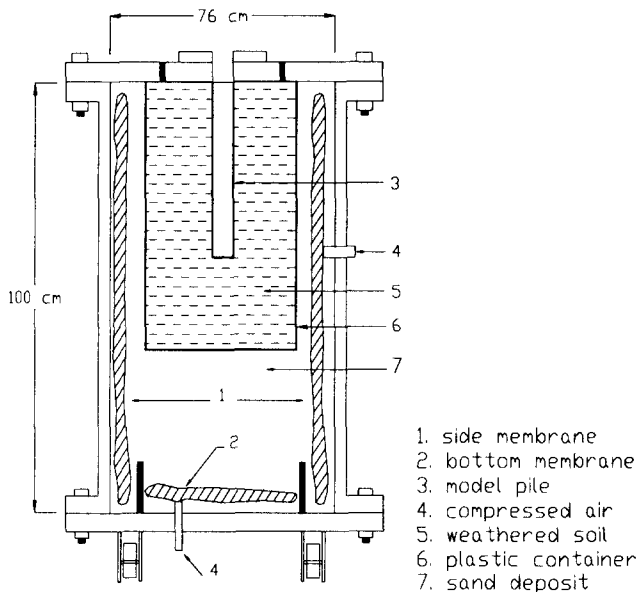


그림 1. 모형토조(calibration chamber)

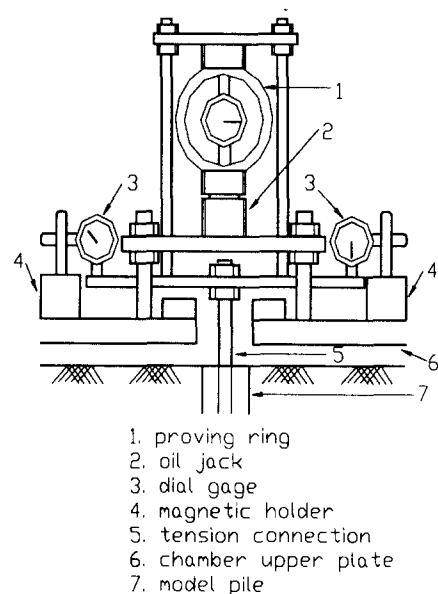


그림 2. 인발재하 시험장치

시험에 사용한 모형토조는 말뚝이 설치되는 풍화토(weathered soil) 지반과 이를 둘러싸고 있는 모래지반의 두 부분으로 나뉘는데 그림 1과 같다. 그림 2는 인발재하 시험장치로서 모형말뚝 타설과 동시에 말뚝의 중앙에 설치한 인장봉(tension bar)에 연결시켜 사용하였다. 하중재하는 5ton 용량의 유압 잭(oil jack)을 사용하였으며, 말뚝 두부에서의 인발량을 측정하기 위하여 2개의 dial gage를 설치하였다.

### 3.2 실험용 시료

본 실험에서는 지반조성을 위해 모래와 풍화토 두 종류의 시료가 사용되었는데 두 흙의 기본적인 실내시험 결과는 다음의 그림 3, 표 3과 같다.

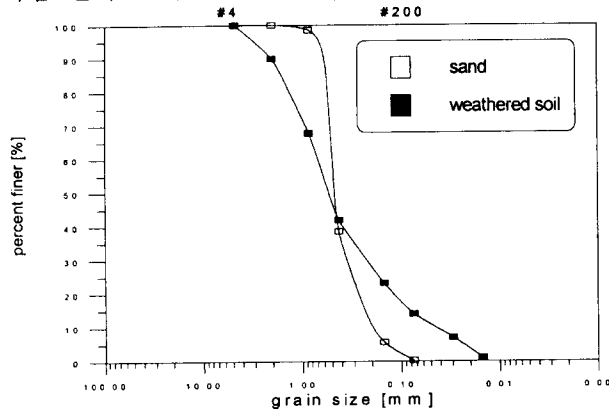


그림 3. 모래와 풍화토의 입도분포곡선

표 3. 모래와 풍화토의 실내시험결과

구 분	모래	풍화토
비중	2.59	2.70
Cc	0.815	15.6
Cu	0.93	1.40
OMC(%)	-	14.3
$\gamma_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	-	1.91
USCS	SP	SC

## 4. 지반조성 및 모형말뚝의 설치

### 4.1 지반조성

모형말뚝을 타설하는 지반조건은 현장실무에서 가장 빈번하게 접하는 풍화토 지반을 재현시키기 위해 먼저 모형토조 안에 풍화토를 다져 넣은 높이 60cm, 직경 40cm의 플라스틱 통을 넣고, 토조와 풍화토통 사이에는 모래를 균질하게 채워 형성하였다.

모형실험을 하기 위한 지반조성에 있어 가장 중요한 것은 매 실험 동일한 지반조건을 형성시켜 주는 것이다. 모래의 경우 raining 방법을 사용하였는데 이 방법을 사용하면 일정한 높이에서 일정한 눈금의 체에 마른 모래를 통과시켜 원하는 밀도의 지반을 얻을 수 있다(Parkin & Lunne, 1982). 본 연구에서는 이 등(고려대학교 지반공학연구소, 1993)의 연구를 참조하여 시료상자에서 체까지의 높이가 47cm인 raining장비를 사용하여 눈금 10번 체로부터 모형지반 바닥까지의 높이를 56cm로 유지시키면서 지반을 조성하였다. 풍화토는 105 °C로 24시간 건조된 4번 체 통과시료를 함수비 14%로 맞춘 후 램무게가 7.5kg인 다짐봉으로 낙하고 60cm를 유지하면서 층당 100회씩 5층으로 다져 지반을 조성하였다. 조성된 지반은 토조뚜껑을 덮은 상태로 1.0kg/cm<sup>2</sup>의 수직압과 0.4kg/cm<sup>2</sup>의 수평압으로 24시간 가압한 후에 천공하여 모형말뚝을 설치하였다.

풍화토로 조성된 모형지반의 실내시험결과는 표 4와 같다.

표 4. 풍화토 지반의 실내시험결과

실험종류	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	평균
함수비(%)	13.9	13.8	14.1	14.1	14.0	14.2	14.0	14.1	14.0
습윤단위중량(g/cm <sup>3</sup> )	1.74	1.76	1.77	1.74	1.75	1.77	1.77	1.77	1.76
삼축시험결과 (CU-test)	c' (kg/cm <sup>2</sup> )		0.1		φ' (degree)			32.7	

### 4.2 모형말뚝설치

팽창성 몰탈을 이용한 현장타설 모형말뚝의 설치는 지반천공과 몰탈 주입의 두 단계로 이루어진다.

지반굴착은 현장에서 천공에 사용되는 auger 장비와 같은 형태의 배토방식 screw를 축소 제작하여 수직 가이드를 따라 상하로 이동되는 전기식 모터에 연결하여 수행되었다. 몰탈 주입은 무가압과 가압의 두 방법이 비교 목적으로 사용되었는데 무가압의 경우에는 굴착한 구멍부피 만큼의 몰탈을 3단계로 다져 넣어 말뚝을 형성시켰고, 가압의 경우에는 그림 5와 같은 가압장치를 이용하여 공기압으로 몰탈을 지반 내에 주입하였다. 몰탈 주입시 가압이 지반에 미치는 효과는 여러 요소의 영향을 받지만 동일한 지반의 경우 특히 주입압력과 주입속도에 의하여 차이가 발생한다. 본 실험에서 사용된 가압주입방법은 일정한 압력을 정해진 깊이별로 일정한 시간동안 지속시키는 방법으로 몰탈이 가압에 의해 굴착된 부피 이상 주입되는 양을 나타내는 지수인 GF(Grout Factor)를 기준으로 가압효과가 일정하게 작용하고 있는지를 확인하였다(Neely, 1991). 몰탈 주입이 끝난 말뚝은 인장봉을 넣고 7일간 양생시킨 후에 재하시험을 실시하였다.

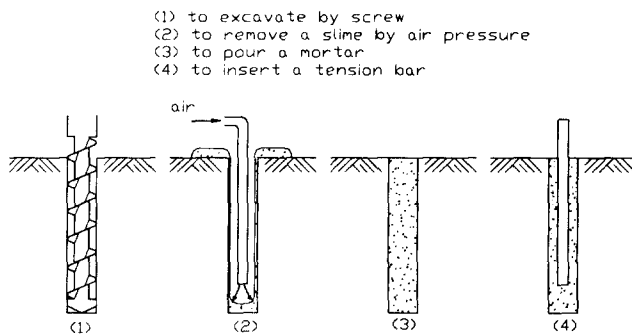


그림 4. 모형말뚝의 설치

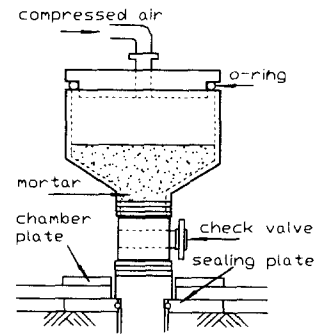


그림 5. 가압장치

모형말뚝의 세부적인 설치과정은 다음과 같다.

- 1) auger 장비로 원하는 직경과 깊이의 지반굴착(직경 4cm, 깊이 40cm).
- 2) 공기압을 이용하여 굴착으로 인한 선단부 slime 제거.
- 3) 무가압 주입시에는 천공부피만큼의 몰탈을 3단계로 나누어 다짐봉으로 다지면서 주입. 가압시에는  $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력을 5단계의 각 깊이별로 3분씩 유지시키면서 주입. 이 때 주입량을 확인하여 GF 측정.
- 4) 인발재하시험용 인장봉(tension bar)을 말뚝에 매설시켜 모형말뚝을 완성. 재하시험에 필요한 강도를 확보하기 위해 7일간 양생.

## 5. 실험결과 및 분석

본 연구의 재하시험결과는 다음의 그림 6과 표 5와 같다.

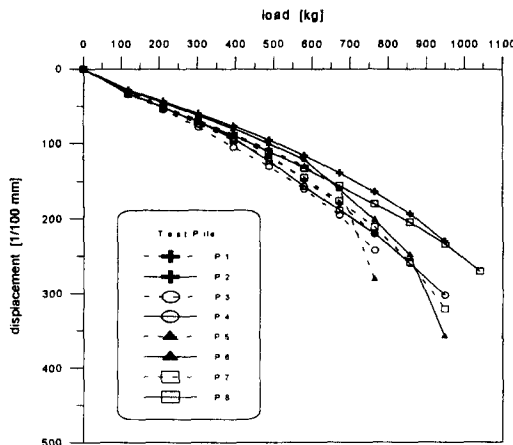


그림 6. 재하시험결과

표 5. 재하시험결과 비교

말뚝 종류	GF	단위주면마찰력 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	비교*
P1	1	1.48	1
P2	1.14	1.99	1.34
P3	1	1.52	1.03
P4	1.14	1.96	1.32
P5	1	1.60	1.08
P6	1.13	1.99	1.34
P7	1	1.84	1.24
P8	1.14	2.12	1.43

\* P1(plain mortar)의 단위주면마찰력과의 비율

본 연구에서는 팽창재와 가압주입에 의한 주변마찰력의 증가효과를 검증하는데 주안점을 두어 주변마찰력만을 구할 수 있는 인발재하시험을 실시하였다. 인발재하시험은 압축재하시험과 하중방향에 따른 지지메커니즘이 다르므로 압축재하시험시의 주변마찰력과는 상이한 결과를 주는 것으로 알려져 있는 데 본 실험에서는 인발시험에 의한 극한하중의 절대치보다는 팽창재와 가압효과에 의한 주변마찰력의 변화양상을 확인하는 데에 시험목적은 두었다. 시험의 방법으로는 급속재하시험(quick maintained load test)을 사용하여 각 하중단계의 하중유지간격을 5분으로 하여 0, 2.5, 4 및 5분 경과시의 인발량을 측정하였다. 실험결과 8개의 말뚝은 말뚝직경의 5~9%정도인 2~3.6mm 범위의 인발량에서 극한하중(ultimate load)값에 도달되는 것으로 나타났으며, 무가압 주입으로 일반 몰탈을 타설한 말뚝보다 무가압 주입으로 팽창성 몰탈을 타설한 경우에 24%, 가압 주입으로 팽창성 몰탈을 타설한 경우에 43%까지 단위주면마찰력의 증가를 보이는 것으로 나타났다(그림 6, 표 5).

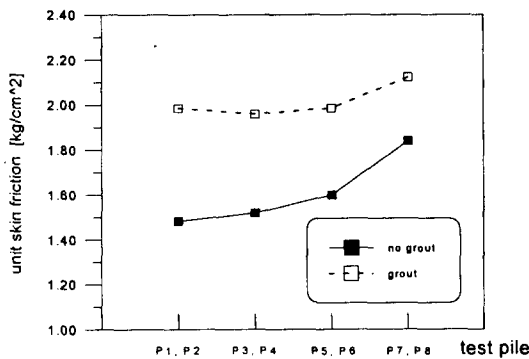


그림 7. 팽창재 배합비에 따른 지지력 비교

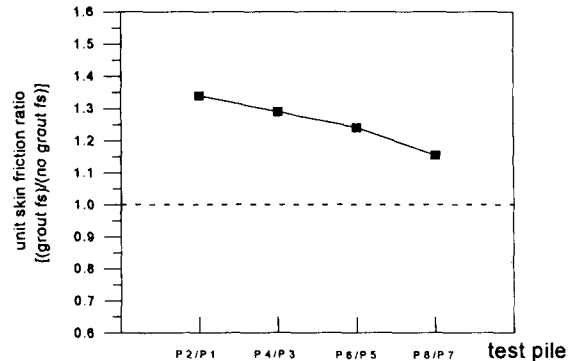


그림 8. 주입압 여부에 따른 지지력 비교

말뚝과 주변지반의 상대변위에 의한 주변마찰력은 일반적으로 다음의 식으로 표시된다.

$$f_s = K\sigma_v' \tan \delta \quad (2)$$

단위주면마찰력  $f_s$ 는 말뚝이 접하는 흙의 횡방향토압계수  $K$ 와 평균유효수직응력인  $\sigma_v'$ , 그리고 말뚝 표면과 지반간의 마찰계수인  $\tan \delta$ 의 곱으로 표시되는 함수이다. 실험결과와 실험에 적용된  $\sigma_v' = 1.0 \text{ kg/cm}^2$  조건으로부터 계산된  $K \tan \delta$ 는 1.48~2.12의 값을 가지게 된다. 여러 학자들에 의한  $\tan \delta$ 와  $K$ 의 제안값들에 의하면  $K \tan \delta$ 는 이론상 0.144~2.34의 값을 가질 수 있다(고려대학교 지반공학연구소, 1993). 이러한  $K$ 나 횡방향압력의 크기는 말뚝의 시공과정과 관련이 있는데 지반의 밀도를 증가시키는 타격방식의 말뚝에 비해 배토굴착을 선행하는 현장타설말뚝의 경우 굴착에 의한 원지반응력의 이완으로 인한 주변마찰력의 감소가 따르게 된다. Aboutaha(1993) 등은 모래지반에서 모형말뚝실험을 실시하여 타격식 말뚝과 배토굴착 말뚝의 지지력차이를 규명하였다. 타격식 말뚝의 경우 수동토압계수에 가까운 토압계수를 가지는 반면 배토굴착 말뚝의 경우 굴착조건에 따라 지반이 이완될수록 수동토압계수에 가까운 토압계수를 가지게 되는데 이러한 시공방식의 차이로 인한 횡방향압력의 차이가 지지력의 차이로 발생하는 것임을 설명해주고 있는 것이다.

그림 7에서 일반 몰탈로 타설된 P1, P2말뚝보다 팽창재가 13%첨가된 P7, P8말뚝이 각각 24%, 7%정도 큰 단위주면마찰력을 나타내고 있음을 알 수 있다. 다만 팽창량이 다소 적은 P3, P4, P5, P6말뚝의 경우엔 P1, P2말뚝에 비해 약간 크거나(3~8%) 거의 같은 단위주면마찰력을 나타내고 있는데, P3, P4, P5, P6말뚝에 사용된 배합비에서 이루어진 팽창에 의한 횡방향압력의 증가가 거의 발생하지 않았기 때문인 것으로 여겨진다. 그림 8은 무가압주입에 대한 가압주입시의 단위주면마찰력의 증가를 나타낸 것인데 팽창재 사용유무나 종류, 배합비별로 차이는 있지만 15~34%의 증가를 보이고 있다. 이것은 팽창재 사용유무나 종류, 배합비에 관계없이 가압에 의한 몰탈의 주입이 지지력을 증가시키고 있음을 나타

내는 것이다.

Bijsterveld(1993)는 실험을 통해 말뚝의 현장상태처럼 구속시킨 몰드(mold) 안에서 팽창재의 배합비를 증가시키면 팽창량의 증가를 통하여 몰탈과 몰드 벽면의 접지압(counter pressure)이 증가함을 밝힌 바 있다. 그러나 팽창재의 배합비가 증가하면 재료의 강도가 감소하기 때문에 재료의 품질을 확보할 수 있는 범위에서의 팽창재의 사용이 함께 고려되어야 한다. Bijsterveld(1993)는 또한 팽창재의 배합비가 같은 상태로 지반조건을 바꾸어 실험한 결과 지반조건이 더 단단한 경우 팽창량은 감소하지만 팽창효과에 의한 접지압은 증가하고 있음을 보고한 바 있다.

이상의 사실들로부터 가압 주입과 팽창재 사용을 병행할 경우, 굴착으로 이완된 지반조건이 가압 주입으로 어느 정도 개선된 후에 팽창이 이루어지는 것이므로 팽창에 의한 접지압의 더 큰 증가를 가져와 궁극적으로 지지력을 더 향상시킬 수 있는 효과적인 방법이 될 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 팽창재를 사용한 말뚝의 주면마찰력에 대한 하중전이 특성을 파악하기 위하여 팽창특성이 가장 양호한 P7과 P8 말뚝에 대하여 하중전이 시험을 실시하였으며 결과는 그림 9, 10과 같다.

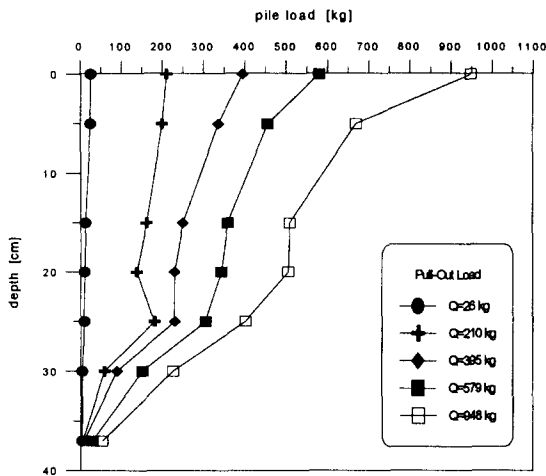


그림 9. P7말뚝에 대한 하중전이곡선

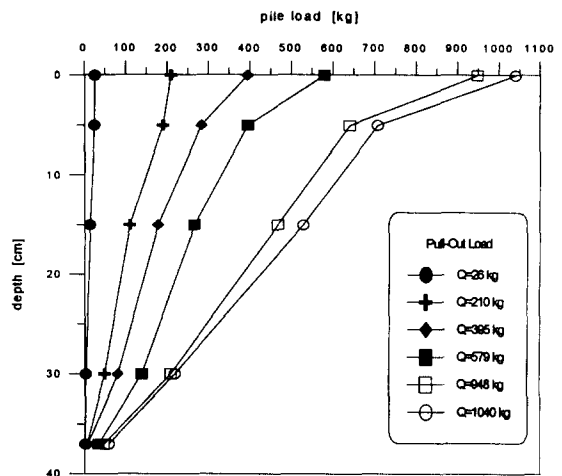


그림 10. P8말뚝에 대한 하중전이곡선

변형을 측정으로부터 하중전이특성을 분석하기 위한 시험말뚝의 탄성계수는 지표하 5cm지점의 변형 율계(strain gage) 위치에서의 하중과 변형율을 분석하여 결정하였다.

하중전이곡선으로부터 gage 구간별로 극한하중에서의 각각의 단위주면마찰력을 구해보면 P7과 P8말뚝 모두에서 표층(0~5cm)의 단위주면마찰력이 다른 부분보다 큰 값을 나타내는 데 풍화토 지반조성시 표층은 다른 부분에 비해 다짐도가 더 크게 만들어진 사실로 미루어 지반조건이 더 단단한 표층에서 주면마찰력이 크게 발휘된 것으로 보인다. 또한 표층 아래부분에서 무가압 주입한 P7말뚝은 깊이 15~20cm 부근에선 거의 0에 가까운 단위주면마찰력을 보이는 등 부분적으로 단위주면마찰력의 분포가 일정하지 않은 반면 가압 주입한 P8말뚝은 깊이 전체에 걸쳐 거의 일정한 단위마찰력의 분포를 보여주고 있다.

## 6. 결론

이상의 실내실험 결과들로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 천공으로 인한 원지반응력의 이완이 발생하여 주면마찰력의 감소요인을 갖고 있는 현장타설말뚝에서 팽창재의 사용은 말뚝과 지반사이의 횡방향압력의 증가로부터 주면마찰력이 증대되는 효과가 있음을 확

인하였다. 그러나 지반조건과 지반천공에 의한 교란 정도에 따라 팽창효과가 영향을 받으므로 지지력의 증가를 기대하기 위해서는 실무에서의 적절한 배합비가 결정되어야 한다.

2) 가압에 의한 주입과 팽창재의 사용이 병행된 결과 13% 배합비를 사용했을 때, 무가압 주입에 일반물탈을 사용한 경우보다 43%정도 주면마찰력의 증가를 가져왔다. 같은 배합비에서 무가압 주입으로 말뚝을 설치한 경우에 24%의 주면마찰력 증가를 얻은 결과와 비교하여 가압주입을 한 경우에 팽창재의 효과와 더불어 보다 효과적인 주면마찰력의 증가를 가져온 것임을 알 수 있다. 실무현장에서는 물탈의 가압주입의 효율성이 의문시되므로 현재 진행중인 현장실무시험으로부터 적절한 주입방식이 제안될 것으로 기대한다.

3) 팽창재를 사용한 말뚝의 인발재하시험시 하중전이곡선으로부터 무가압 조건으로 주입한 말뚝은 주면마찰력의 발휘가 일정하지 않은 반면 가압 주입한 말뚝은 거의 일정한 단위주면마찰력의 분포를 보여주고 있어 가압 주입과 팽창재 사용이 병행될 때 보다 효과적인 주면 지지거동이 발생함을 알 수 있다.

## 참고문헌

1. 고려대학교 지반공학연구실(1993), “간편한 말뚝재하시험(SPLT)의 실무적용 및 자동화시스템 개발을 위한 연구(최종보고서)”
2. 대한주택공사, (주)태화엔지니어링(1997), “소구경 현장타설 콘크리트 말뚝(Omega)공법의 현장적용 방안연구”
3. 청주대학교부설 산업과학연구소(1998. 5), “Auger Pile(EMAPILE)용 팽창성 모르타의 개발에 관한 연구”
4. Aboutaha, M., Roeck, G. D. and Van Impe, W. F.(1993), “Bored versus displacement piles in sand-experimental study”, Deep Foundations on Bored and Auger Piles, pp.157~162
5. Bijsterveld, J. J.(1993), “A promising concept for bored piles and tension piles”, Deep Foundations on Bored and Auger Piles, pp.317~322
6. Neely, W. J.(1991), “Bearing capacity of auger-cast piles in sand”, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 117, No. 2, pp.331~345
7. Parkin, A. K. and Lunne, T.(1982), “Boundary effects in the laboratory calibration chamber of a cone penetrometer for sand”, NGI publication No. 138, pp.307~312