

비배토 현장타설 콘크리트 말뚝공법(Omega pile)의 지지력특성 Bearing Capacity Properties of Soil Displacement Concrete Pile(Omega) through Pile Load Tests

박용부¹⁾, Y.B. Park, 박태순²⁾, T.S. Park, 정형식³⁾, H.S. Chung, 이명환⁴⁾, M.W. Lee

¹⁾ 주택공사 연구소, National Housing Corp., Research Institute

²⁾ 주택공사 연구소, National Housing Corp., Research Institute, Ph.D., P.E.

³⁾ 한양대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Hanyang University, Ph.D., P.E.

⁴⁾ 파일테크 연구소장, Piletech Consulting Engineers, Ph.D.

SYNOPSIS : This study presents the load bearing capacity of the omega pile in the one sand and two clay layer through pile load test. Conventional reinforcing method, H beam(150mm) and reinforcing rolled bar were used to investigate the effect of the reinforcing materials on the bearing capacity of the omega pile. The load test results showed that the average allowable bearing capacity of the omega pile reinforced by the reinforcing cage in clay layer was 88ton and 68ton in sand layer. Futhermore, the allowable bearing capacity of the omega pile reinforced using H beam was 120ton both in sand and clay layer. The use of H beam as a reinforcing material could be an economic design method in case of the design criteria of the pile is upgraded. The results of the lateral load test showed that the allowable lateral load of the H beam reinforced omega pile is 9.6ton in clay layer and 8.6ton for the H beam reinforced omega pile and 6.2ton for the reinforced cage omega pile in sand layer.

Key words : omega pile, bearing capacity, soil displacement in-situ pile, pile load test

1. 서론

가용택지의 부족, 노후된 구조물에 대한 재개발사업이 활성화되면서 말뚝 기초공사에 대한 소음 및 진동문제와 지지력, 품질관리를 해소하기 위해 SIP등의 매입말뚝 공법이 적용되고 있으나 시공성과 경제성에서 문제점이 발생하고 있다. 최근, 벨기에의 Van Impe(1994)에 의해 개발되어 국내에 도입된 비배토 현장타설 콘크리트 말뚝공법인 오메가말뚝은 이러한 문제점을 다소나마 해결할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 오메가말뚝은 기하학적으로 불연속하게 설계된 오거를 사용하여 지반을 천공하고 오거를 인발하면서 콘크리트 타설하고, 보강재(철근망, H형강)를 삽입하는 공법이다. 이 공법은 굴착으로 발생한 토사를 공벽주위로 밀어주므로 원지반의 보강효과가 발생하고 지상으로 토사의 배출이 거의 없는 특징을 가지고 있으며 지지력도 항타말뚝과 유사한 것으로 알려져 있다. 또한, 선단의 지지력확보를 위해 오거팁에 1회용 철재마개를 사용함으로써 현장타설 말뚝선단에서 발생할 수 있는 문제점을 최소화하였다. 본 연구에서는 오메가말뚝 공법의 시공성과 지지력특성을 분석코자, ①오거의 지반천공 속도 ②오거 인발 및 콘크리트 타설속도 ③소음 및 진동 ④콘크리트 과소모량 ⑤보강재에 따른 시공성을 검토하였으며 사질토지반 1개소, 점성토지반 2개소를 대상으로 시험시공을 실시하였다. 재하시험 결과는 각종 해석 방법으로 검토하고 이 결과를 오메가말뚝의 간편 설계법과 비교하여 오메가말뚝의 지지력특성에 대해 분석하였다.

2. 시험시공 개요

국내에서 최초로 도입된 오메가말뚝의 지지력 특성을 분석하기 위해 사질토 및 점성토 지반에서 시험시공을 실시하였다. 오메가오거의 직경은 410mm를 선정하였으며 보강재에 의한 보강효과를 분석하기 위해 H형강, 강봉, 철근망을 사용하였고 콘크리트 강도를 300, 350kg/cm², 최대 골재크기를 13, 19, 25mm등으로 달리 적용하면서 오메가말뚝의 시공성과 지지력에 미치는 영향을 검토하였다. 표 1은 시험시공 내용을 요약한 것이다.

O.C(overconsumption concrete)가 너무 크면 말뚝중간 부근에서 부풀음(bulging) 현상이 발생하고 콘크리트의 낭비가 심하여 비경제적이며, O.C가 작을 경우(O.C < 1)에는 단면축소(necking) 현상이 발생하여 지지력에 영향을 미칠 수 있기 때문에 콘크리트양을 측정하였다. 또, 오메가말뚝의 정확한 지지력 특성과 천공시 주위지반 다짐효과를 파악하기 위해 시공전후에 콘관입시험을 실시하였다.

표 1. 시험시공 개요

지반조건	말뚝길이	보강재	콘크리트강도, 슬럼프치	비고
사질토	5m	강봉 : 직경 60mm, 철망 : 직경 250mm, 주근은 16mm H형강 : 150mm×150mm×10mm×8mm	300kg/cm ² , 15cm	시공장비의 토오크는 13.8t·m, 회전속도는 7.7RPM을 발휘하는 전기식 로타리 헤드
점성토 1	10m	강봉 : 직경 60mm, 철망 : 직경 250mm, 주근은 16mm H형강 : -125mm×125mm×6.5mm×9mm -150mm×150mm×10mm×8mm	300kg/cm ² , 15cm	
점성토 2	14m	강봉 : 직경 60mm, 철망 : 직경 250mm, 주근은 16mm H형강 : -150mm×150mm×10mm×8mm	350kg/cm ² , 15cm	

3. 지반조건

시험시공 현장의 지반조건은 그림 1에 나타나있는데 사질토지반의 토질(그림 1(a))의 표층과 중간층은

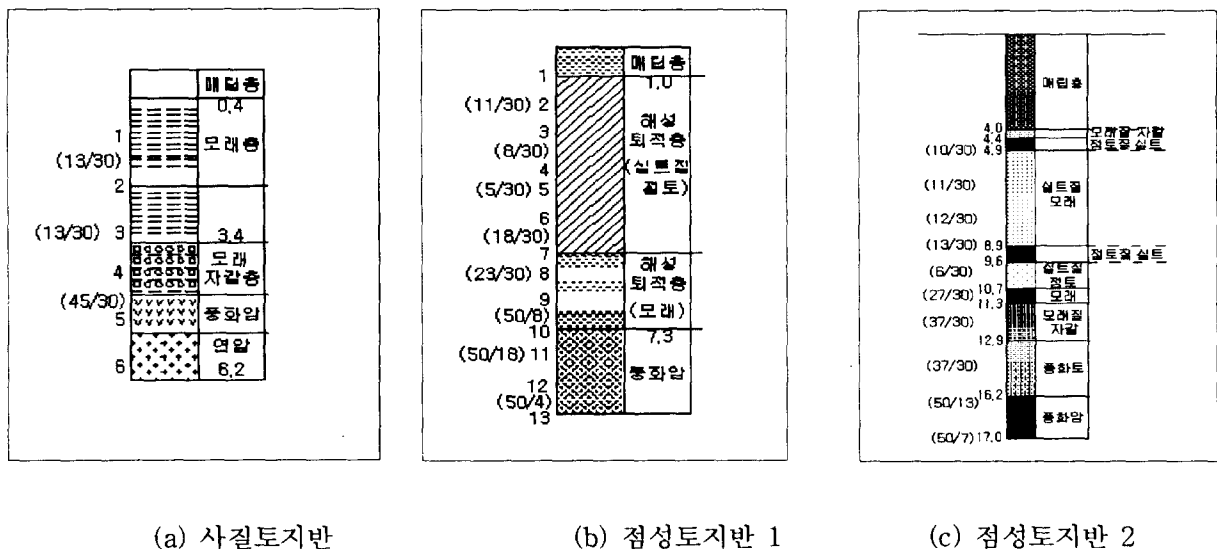


그림 1. 시험시공 실시지반의 토질주상도

중-세립 모래층으로 SP로 구분되며, 깊이 4m 이후부터는 중-세립 모래에 자갈을 함유한 자갈질 모래로 심도가 깊어질수록 N치는 비례적으로 증가하여 깊이 6m에서는 N ≥ 50으로 조사되었다. 점성토지반 1 (그림 1(b))은 지하수위가 지표면하 1.1m에 위치하고 최상부층에 매립층, 해성토적층, 모래층, 풍화암순

으로 분포하였다. 점성토지반 2(그림 1(c))는 최상부로 부터 약 4.0m의 매립층, 실토질 모래.점토, 직경 약 1m정도의 전석층, 풍화토가 존재하며 약 -16.2m 지점에 50/7정도의 풍화암이 분포한다.

4. 말뚝재하시험

말뚝재하시험은 재하시험관련 기준에 따라 실시하였으며 현장여건에 따라 재하방식을 변경하였다. 표 2는 본 연구에서 사용한 압축 정재하시험 방식을, 표 3은 수평재하시험 방법을 요약한 것이다.

표 2. 압축 정재하시험 방법(하중 : 톤/분)

지반조건	정재하시험 개소	최대재하 하중	재하방법	재하방법	비고
사질토	3	240	3 Cycle	실재하	설계하중은 80톤
점성토 1	2	200	1 Cycle	반력앵커	
점성토 2	2	240	1 Cycle	반력말뚝	

표 3. 수평재하시험(하중 : 톤/분)

지반조건	수평재하시험 개소	최대 재하하중	말뚝보강재
사질토	1	12.5	시험말뚝 : H형강, 반력말뚝 : 무보강
점성토 1	2	4.3	시험말뚝 : H형강, 반력말뚝 : 강봉
		14.5	시험말뚝 : H형강, 반력말뚝 : H형강
점성토 2	1	10.0	시험말뚝 : 철망, 반력말뚝 : H형강

5. 시험결과 및 분석

5.1 시공성분석

①오거의 지반 천공속도 ②오거의 인발 및 콘크리트 타설속도 ③소음 및 진동 ④콘크리트 과소모량(overconsumption ratio)의 4개 항목으로 조사분석한 오메가말뚝 시공성 검토 결과, 오메가 말뚝공법은 시공시 소음과 진동이 거의 발생하지 않았으며, 시공속도는 사질토 지반에서는 1 m당 평균 2 분 44초, 점성토 지반에서는 2분 44초로 측정되어 시험시공 현장에서 시공중이던 SIP 공법에 비하여 시공속도가 빠른 것으로 나타났다. 콘크리트 과소모량은 지반의 조건에 따라 차이가 발생하였으나 1.1에서 1.3 범위로 기존 현장 타설 콘크리트 말뚝공법에 비하여 콘크리트 소모량이 적었으며, 본 시험시공을 위해서 국내에서 제작된 국산 로타리 헤드의 회전력 및 토오크는 N=50 또는 그이상의 지반에서 충분한 지지력을 얻을수 있을 만큼 관입능력이 있는 것으로 시험시공 결과 관측되었다. 표 4는 사질토지반에서의 시추공별 천공속도를 나타내고 있다.

표 4. 사질토지반에서의 천공속도

	시추공별 천공속도						
	H ₁ (2)	SC ₁ (5)	R ₁ (6)	SIL ₂ (3)	H ₂ (4)	SC ₂ (8)	R ₂ (7)
천공속도	1m/78초	1m/73초	1m/83초	1m/64초	1m/53초	1m/87초	1m/74초
	1.1m/134초	1.2m/72초	1.2m/82초	1.2m/94초	1.2m/79초	1.2m/40초	1.2m/62초
	1m/112초	1m/81초	1.0m/106초	1m/106초	1m/73초	1m/106초	1m/89초
	1m/116초	0.8m/154초		1m/175초	1m/98초	1m/113초	0.8m/111초
	0.2m/30초				0.3m/93초		
천공깊이	4.3m	3.9m	4.0m	4.2m	4.4m	4.2m	3.9m
천공시간	7분 50초	6분 20초		6분 19초	6분 36초	6분 46초	5분 36초

5.2 재하시험 분석 방법

보강재종류, 최대 골재크기를 다르게한 오메가말뚝에 압축 정재하시험과 수평재하 시험을 실시하여 본당 지지력과 보강효과를 분석하였다. 분석 방법은 하중-침하량 판정법, 전침하량 기준, 순침하량 기준을 사용하였다. 하중-침하량 판정법에는 P-S, S-log t, S/log t, Davission이외에 현장타설 콘크리트말뚝에 적용성이 있는 Mazurkiewicz Method, Stability Plot Method, Fuller & Hoy Method을 기존 방법과 비교하였다. 이 때, 항복하중, 극한 하중에는 안전율을 각각 2, 3을 적용하여 허용하중을 결정하였다.

5.3 사질토 지반에 시공된 오메가말뚝의 재하시험

5.3.1 압축 정재하시험

(가) H형강 보강말뚝

최대 재하하중 240톤까지 재하하여도 하중-침하량은 거의 일정한 형태를 나타내었고 침하량도 10.08mm(탄성침하량: 3.96mm, 잔류침하량: 6.12mm)으로 매우 작은 침하가 발생하였다(그림 2). 이것은 말뚝의 선단이 단단한 층에 시공되었고, 말뚝길이가 5.0m로 짧고 보강재로 삽입된 H형강의 강성에 의해 말뚝자체의 재료압축량이 작았기 때문인 것으로 판단된다. 표 5에서 알 수 있는 것처럼 240톤을 재하하여도 충분한 침하량이 발생치 않아 항복하중을 판정할 수 없었다. Mazurkiewicz Method에 의해 H형강 보강말뚝의 극한하중은 264톤으로 계산되었는데 이것은 하중 40톤 부근에서의 급작스런 침하로 전체적인 포물선의 경사가 급하게 형성되어 극한지지력이 과소평가된 것으로 판단된다. 따라서, 40톤부근의 하중-침하곡선을 수정하여 해석하면 극한지지력은 570톤이 되었다. Stability Plot Method(Neely, 1991)에 의한 해석결과 선단지지력은 773톤(극한지지력의 83%), 주변마찰 지지력은 150톤으로 매우 큰 값을 나타내었는데, Stability Plot Method, Fuller & Hoy Method(1970)이 신뢰성을 가지기 위해서는 말뚝직경의 10%이상의 침하가 발생(Neely, 1992)해야 되므로 본 시험결과 분석에는 부적당하였다. 표 6은 잔류 침하량기준에 의한 해석결과를 요약한 것이다.

(나) 철근 보강말뚝

철근 보강말뚝에는 최대 280톤까지 목표로 시험을 실시하였는데 240톤에서 전침하량이 17.0mm이 발생하고 260톤까지 재하시 말뚝머리 표면에 균열이 발생하여 시험을 중단하였다. 항복하중 판정법으로는 항복하중이 나타나지 않아 항복하중이 최소 240톤 이상이 될 것으로 판단하였다. Davission Method으로는 항복하중이 138톤, Mazurkiewicz Method으로는 극한하중이 540톤인 것으로 나타나 상당한 차이를 나타내었다. Stability Plot Method에 의하면 극한지지력은 430톤인 것으로 해석되었다. Stability Plot 해석결과를 비교하면 마찰지지력은 195톤, 선단지지력은 235톤으로 H형강에서의 775톤과 매우 큰 차이를 나타내었다(표 5).

표 5. 하중-침하량 판정법에 의한 해석결과(하중 : 톤/본)

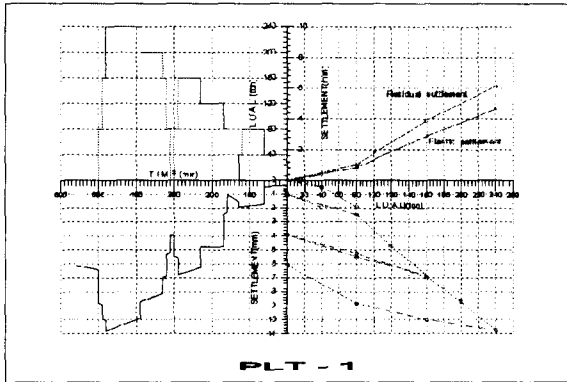
분석방법	H형강 보강			철망 + L앵글		
	항복하중	극한하중	허용하중	항복하중	극한하중	허용하중
P-S 곡선, S-Logt, S/Log t-P	해석불가	해당없음	해석불가	해석불가	해당없음	해석불가
Davission Method	236	해당없음	118	138	해당없음	69
Mazurkiewicz Method	해당없음	264 570	106 228	해당없음	540	216
Stability Plot Method	해당없음	선단지지력: 773 주변마찰력: 150	370	해당없음	선단지지력: 235 주변마찰력: 195	172

(다) 강봉 보강말뚝

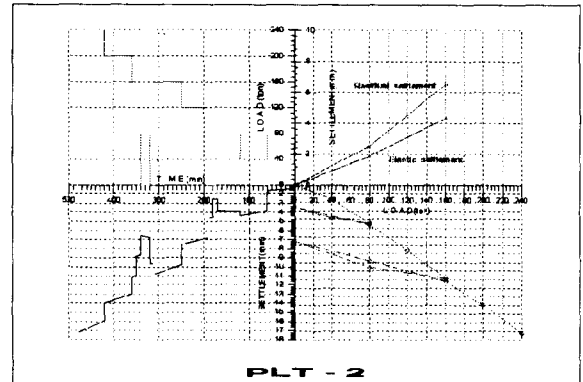
강봉 보강말뚝은 160톤을 재하했을 때 전침하는 14.1mm, 잔류침하가 9.7mm 발생하여 다른 말뚝에 비해 침하가 크게 발생하였고 200톤에서 하중을 제하시 잔류침하는 41.52mm를 나타나 말뚝자체가 재료 파괴되었거나 시공불량으로 판단되었다. 잔류침하량 기준에 의하면 AASHTO 방법은 130톤, DIN 4206 등의 2.5%D 기준은 160톤, 덴마크 실용기초기준은 96톤으로 극한하중이 산정되었다(표 6).

표 6. 잔류침하량 기준에 의한 해석결과(하중 : 톤/본)

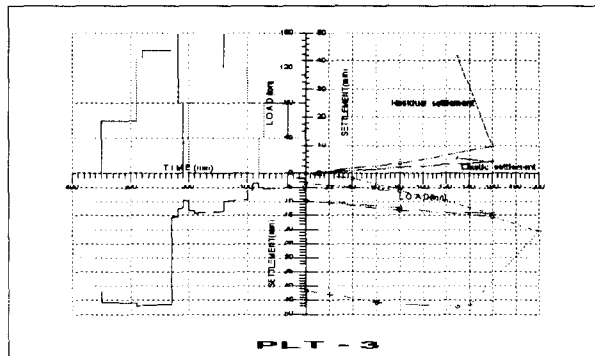
기준명 또는 제안자	극한 침하량 (mm)	안전률	극한지지력			허용지지력		
			H형강 보강	철근 보강	강봉 보강	H형강 보강	철근 보강	강봉 보강
미국 AASHTO	6.3mm	2	240	160	130	120	80	65
독일DIN 4206, 일본건축기초구조 설계기준	2.5%D	2	-	-	160	-	-	80
덴마크 기초실용기준	1.0%D	-	168	112	96	-	56	48



(a) H형강 보강말뚝



(b) 철근 보강말뚝



(c) 강봉 보강말뚝

그림 2. 사질토지반에서 오메가말뚝의 재하 시험결과

5.3.2 수평재하시험

콘크리트는 압축력에 대해서는 뛰어난 지지능력을 가지고 있지만 인장력과 휨에는 취약하므로 이를 보완하기 위해 인장과 휨에 강한 부재를 삽입한다. 오메가말뚝의 인장 및 수평하중에 대한 저항성을 개선시키고자 여러 가지 형태를 보강재를 삽입하였으며 수평하중에 대한 거동특성을 알기 위하여 수평재하시험을 실시하였으며 결과는 표 7과 같다.

Prakash(1989), 일본 토질공학회 기준을 참고로 하여 각 허용 수평변위량에서 허용 수평하중을 측정된 결과, 6.25mm에서 7.2톤, 10mm에서 9.6톤, 15mm에서 11.8톤으로 나타났다. 수평재하시험은 시험상 자유두부 상태에서 실시하였으므로 고정두부 상태에서는 더 큰 수평력에 저항할 것으로 판단된다.

표 7. 수평재하 시험결과(하중 : 톤/본)

구분	보강재종류	최대재하하중	최대수평변위량(mm)	허용수평변위량(mm)	허용수평변위량일때의 하중
시험 말뚝	H형강	12.5	16.7	6.25	7.2
				10	9.6
				15	11.8

5.4 점성토 지반에 시공된 오메가말뚝의 재하시험

5.4.1 압축 정재하시험

(1) 점성토지반 1

철근 보강말뚝에는 200톤, 강봉 보강말뚝에는 160톤의 하중을 재하였는데 허용하중은 모두 80.0톤으로 판정되었다. 표 8에서 Davission Method를 적용시 탄성계수 E는 콘크리트와 강재로된 합성재료로 보고 각각 $4.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, $3.6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 로 가정하였다. Chin Method으로는 주변마찰력이 각각 65.3%, 62.5%로 선단지지력보다 큰 비중을 보였는데 이것은 지반을 굴착시, 콘크리트 타설직전시 2번에 걸쳐 방사방향으로 압축시켜주기 때문에 지반의 횡방향 토압계수를 높은 상태로 유지시키는 오메가말뚝의 중요한 특징때문이라 판단된다. 그러나, 사질토지반에서와 다른 경향을 보였다.

표 8. 하중-침하량 관계에 의한 압축 정재하 시험결과(하중 : 톤/본)

보강 종류		철근 보강		강봉 보강	
		극한하중	허용지지력	극한하중	허용지지력
극한 하중 기준	Mazurkiewicz Method	168.4	67.4	208	83.2
	Chin Method	주변마찰력 : 210.7(62.5%), 선단지지력 : 126.5(37.5%)		주변마찰력 : 178.2(65.3%) 선단지지력 : 94.7(34.7%)	
항복 하중 기준	항복하중	항복하중	허용지지력	항복하중	허용지지력
	Davission Method	200	100	153	76.3
	S-log t	160	80	160	80
	log P-log s	판정불가	판정불가	판정불가	판정불가
	ds/d(log t)-P	140	70	판정불가	판정불가

잔류침하량은 각각 19.8mm, 5.6mm로 미국 AASHTO 기준인 6.3mm, 독일 DIN, 일본 건축기초구조 설계기준인 0.025D(10.25mm)와 비교하였을 때 강봉으로 보강한 말뚝은 허용지지력이 각각 60.3, 76.7톤으로 나타났다. 또, 철근으로 보강된 오메가말뚝은 허용지지력이 각각 63.7톤, 74.7톤으로 나타났다.

표 9. 잔류침하량 기준에 의한 압축 정재하 시험결과(하중 : 톤/본)

기준명 또는 제안자	극한침하량(mm)	안전률	허용지지력		비고
			강봉보강	철근 보강	
미국 AASHTO	6.3	2	60.3	63.7	잔류침하량이 각각 5.6, 19.8mm임
독일DIN 4206, 일본건축기초 구조설계기준	0.025D	2	76.7	74.7	

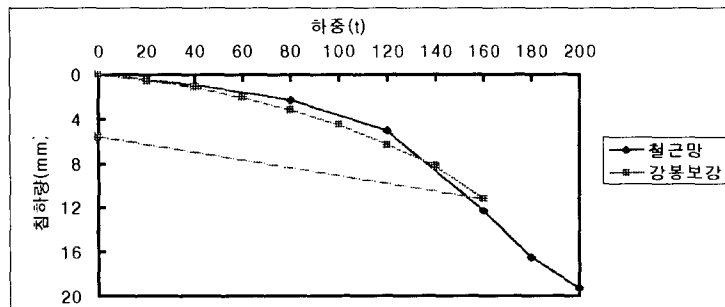


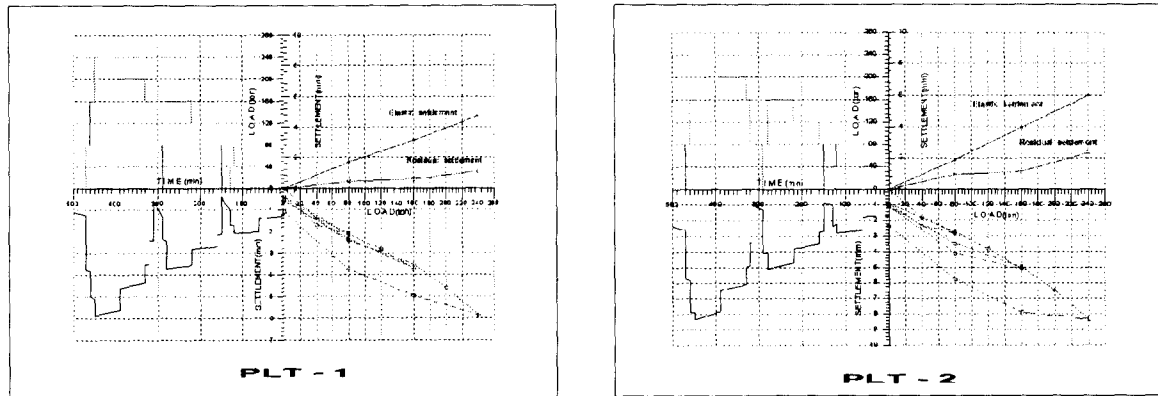
그림 3. 점성토지반 1에서의 오메가말뚝 재하시험 결과(철근망 및 강봉보강)

(2) 점성토지반 2

H형강 보강말뚝과 철근 보강말뚝에 최대하중을 240톤 재하시 최대변위는 각각 5.8, 8.3mm이며 잔류 침하량은 각각 1.1, 2.3mm로 일반적인 현장타설 콘크리트 말뚝의 침하량보다는 훨씬 적었다. 따라서, 허용지지력 결정 관계식에서 오메가말뚝의 양상을 파악하기가 곤란하였다. 재하하중 240톤에서 파괴현상이 발생하지 않아 항복하중은 최소 240톤, 허용지지력은 안전률2를 적용하면 120톤이상으로 판단된다.

표 10. 하중-침하량 관계에 의한 압축 정재하 시험결과(하중 : 톤/분)

보강 종류		H형강 보강		철근 보강	
		극한하중	허용지지력	극한하중	허용지지력
하중판정					
극한	Mazurkiewicz Method	417.8	167.1	403	161.2
하중 기준	Chin Method	판정불가		판정불가	
항복		항복하중	허용지지력	항복하중	허용지지력
하중 기준	log P- log s	240	120	240	120
	Davission Method, S-log t, log P-log s	판정불가		판정불가	



(a) H형강 보강말뚝 (b) 철근 보강말뚝

그림 4. 점성토지반 2에서의 오메가말뚝 압축 정재하 시험결과

5.4.2 수평재하시험

표 11은 점성토지반에서의 수평재하 시험결과를 요약한 것이다. 점성토지반 1에서 허용수평 지지력은 1.43-4.83톤으로 시험 A가 상대적으로 적은 값을 나타낸 것은 말뚝내부에 삽입된 H형강의 방향성에 의한 휨 강성도때문인 것으로 분석된다. 극한하중이 발생하였을때, 변위량은 표 11에 나타나있다. 점성토지반 2지구에 시공된 오메가말뚝의 경우, 시험말뚝은 철근을, 반력말뚝은 H형강을 보강재로 사용하였는데 하중을 9톤으로 재하하였을때 급격하게 변위가 발생하였다.

표 11. 수평재하 시험결과(하중 : 톤/분)

시험번호		말뚝종류	극한하중	허용수평지지력	변위량 (mm)
점성토지반 1	A	반력말뚝	4.3	1.43	47.5
		시험말뚝	4.3	1.43	27.2
	B	반력말뚝	14.5	4.83	53.9
		시험말뚝	14.5	4.83	91.3
점성토지반 2	C	반력말뚝	9.5	3.2	67.7
		시험말뚝	9.5	3.2	12.4

수평재하 시험에서는 말뚝상부의 콘크리트 양생상태에 따라 허용변위보다 훨씬 큰 변위가 발생하였다. 따라서, 오메가말뚝의 경우에 수평력에 대한 허용변위를 규정하는 것이 시급하다.

5.5 오메가말뚝 지지력 산정식과 재하시험 결과비교

벨기에에서 오메가말뚝의 지지력 산정방법은 CPT 시험결과를 이용하여 De Beer(1971)에 의해 개발되고 Van Impe(1988)에 의해 수정된 수정지지력 공식을 주로 사용하고 있다. 따라서, 국내에서 지반조사 시 사용되는 표준관입 시험결과를 CPT 결과로 전환하여 사용하는 간편식으로 시험시공 지반에 적용하면 말뚝의 지지력을 계산한 결과는 다음과 같다.

(1) 사질토지반의 토질(그림 1(a))조건에서는 주면마찰력 및 선단지지력은 14톤, 54.3톤으로 오메가말뚝의 지지력은 68.3톤으로 계산되었다 압축 정재하 시험결과와 비교하면 철근 보강말뚝에서는 매우 근접한 결과를 보였으며, 강봉 보강말뚝의 경우는 약 4톤 정도의 오차를 보였다. 한편, H형강으로 보강된 말뚝은 H형강의 재료 자체의 보강이 철근 및 강봉에 비하여 훨씬 높아서 거의 2배에 가까운 120톤을 나타냈다.

(2) 점성토지반 1

사질토지반인 경우와 동일한 방법으로 간편식을 이용하여 오메가말뚝의 지지력을 산정하면 주면마찰력은 12.3톤, 선단지지력은 59.4톤으로 말뚝의 지지력은 71.7톤으로 압축 정재하시험 결과인 강봉 보강말뚝, 철근 보강말뚝의 허용지지력 76.3톤, 70톤과 비슷하면 철근 보강말뚝에서는 매우 근사한 값을 보였으며, 강봉 보강말뚝의 경우는 약 5톤 정도의 오차를 보였다. 철근으로 보강된 오메가말뚝에 대해 매우 만족할만한 결과를 얻는 것은 간편식은 원래 철근보강용으로 개발되었기 때문이다.

6. 결론

오메가말뚝의 지지력특성을 검증하기 위해 현장재하 시험을 실시하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 압축 정재하 시험결과에 의하면 점성토 지반에 근입된 철근보강 오메가말뚝은 평균 허용지지력이 88톤, 사질토 지반에 근입된 철근보강 오메가말뚝은 평균 68톤으로 나타나 현행 아파트 기초에 사용하고 있는 PHC 말뚝(직경 350mm)의 본당 허용하중인 50톤을 모두 만족하였다.
- (2) H형강 보강말뚝은 점성토지반과 사질토지반에서 모두 120톤으로 나타나서 H형강을 사용하는 것이 오메가말뚝의 지지력을 크게 향상시키는 것으로 나타났다.
- (3) 보강재에 의한 지지력은 H형강, 철근망, 강봉순서로 지지력이 우수한 것으로 나타났다.
- (4) 수평재하 시험결과에 의하면 사질토에 근입된 H형강 보강말뚝은 변위량이 10mm일 때 허용수평하중이 9.6톤, 점성토에 근입된 H형강 보강말뚝은 8.6톤, 철근 보강말뚝은 6.2톤으로 나타났다.
- (6) N치를 CPT로 전환하여 간략식으로 오메가말뚝의 지지력을 계산하면 H형강으로 보강된 말뚝은 철근 및 강봉에 비하여 거의 2배에 가까운 120톤을 지지하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 (주)태화엔지니어링이 대한주택공사 주택연구소에 연구의뢰한 “소구경 현장타설 콘크리트 말뚝(Omega)공법의 현장적용 방안연구”에 의해 작성되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Impe, V.(1996), “Deep Foundations on Screw Piles”, Proceedings of International Symposium on Pile Foundation (Seoul), pp.111-151
2. Bottiau, M., Massarsch, K. R.(1991), “Quality aspects of reinforced augercast piles”, 4th International DFI Conference (Roteerdam), pp.41-49
3. Andrew T., Booth, P. E., Kirk A., McIntosh, P. E., “Utilization and quality control of augercast piles”, DFI, pp.385-400
4. Bottiau, M.(1995), “Comparative assessment of the bearing capacity out of CPT-results”, Proceedings CPT(Linkoping), pp.399-406