

PHC Pile의 허용지지력 결정에 관한 연구

A Study on The Decision of Allowable Bearing Capacity of PHC Piles

안 종 필*¹

Ahn, Jong-Pil

박 주 원*²

Park, Ju-Won

이 광 용*³

Lee, Kwang-Yong

Abstract

Analytical studies on piles so far have been directed toward prediction of bearing capacity under vertical loads. Various static and dynamic formulas have been used in predicting the ultimate bearing capacity of a pile. Further, the reliability of these formulas has been verified by comparing the predicted values with the pile load test measurements. Accordingly, by means of the ultimate load from the data measured by the actual field load tests of PHC piles, safety factors were compared and analyzed static and dynamic formula methods applying to 4 different sites. As a result, the safety factor by Meyerhof formula method indicates 3.0 and the safety factor by Hiley formula method indicates 5.0.

요 지

지금까지 말뚝기초의 이론적인 연구에 있어 수직하중을 받는 말뚝기초의 극한지지력을 산정하는 것에 초점이 맞추어져 왔으며, 이를 위한 다양한 종류의 정적 및 동적 지지력 공식들이 말뚝기초의 극한지지력 산정을 위해 제안된 바 있다. 그러나 이들 공식의 적합성은 아직 확실하게 정립되지 못한 실정이며, 정역학적 및 동역학적 공식에 의한 지지력의 신뢰도는 말뚝재하시험에 의하여 확인되어지고 있다. 본 연구에서는 4개현장 12개소의 PHC Pile재하시험의 결과를 토대로 하여 정역학적 지지력 공식중의 하나인 Meyerhof공식과 동역학적 지지력공식중의 하나인 Hiley공식으로부터 산정된 두가지 극한지지력의 값과 비교·분석하여 봄으로써, 설계시 허용지지력의 결정을 위해 사용되고 있는 각 공식의 적합성을 검토하여 보았다. 그 결과 표준관입시험의 N치를 적용한 Meyerhof공식에 의

*1 정회원, 조선대학교 공과대학 토목공학과 교수
*2 정회원, 조선대학교 대학원 토목공학과 박사과정
*3 조선대학교 산업대학원 토목공학과 석사과정수료

한 정역학적 방법에 있어 안전율 3.0을 적용함은 비교적 타당한 것으로 나타났고, 항타시험결과를 적용한 Hiley공식에 의한 방법에 있어 적용안전율을 5.0으로 조정함이 타당한 것으로 나타났으며, 추후 방대한 자료의 축적과 분석 및 연구를 통해 보다 합리적인 말뚝기초의 설계가 이루어져야 할 것으로 사료되었다.

Keywords : The ultimate bearing capacity of a PHC pile. Static and dynamic formula methods, Field load tests, Meyerhof formula method, Hiley formula method

1. 서 론

말뚝기초의 극한지지력은 일반적으로 선단저항력과 마찰저항력의 합으로 산정되며, 이러한 극한지지력은 지반의 전단강도를 고려하여 정역학적 힘의 평형조건으로부터 유도된 정역학적 지지력공식으로부터 구하는 방법과 말뚝의 항타시 소요되는 에너지와 말뚝의 관입으로 인한 일량 사이의 평형관계로부터 유도된 동역학적 지지력공식으로부터 구하는 방법으로 크게 양분할 수 있다. 그러나 이들 공식의 적합성은 아직 확실하게 정립되지 못한 실정이며, 특히 동역학적 지지력공식은 그 종류가 무려 400가지 이상이나 되어 그 적합성 여부의 검증이 현재로서는 미비한 상태이다.

이와 같은 정역학적 및 동역학적 지지력공식에 의한 방법 외에 말뚝의 극한지지력을 산정하기 위한 가장 확실한 방법으로는 실제 지반에 설치된 말뚝에 직접 하중을 재하하여 극한지지력을 결정하는 재하시험방법이 있다. 말뚝재하시험은 구조물의 설계에 앞서 우선적으로 실시해야 하며, 실제와 같은 재료와 크기 및 조건하에서 시험을 실시하고 이 결과를 토대로 하여 적정한 설계를 수행해야 한다. 또한 설계의 적정성 여부를 판단하기 위해 본 공사 실시 중에도 재하시험을 실시하여 많은 자료를 취득하고 이를 분석하게 된다.

그러나 설계를 위한 현장재하시험 실시에는 많은 시간과 경비가 수반되기 때문에 실제로는 정역학적 및 동역학적 지지력공식에 의한 방법이 일반적으로 가장 많이 사용되어 지고 있

며, 다만 시공과정에서 설계에 사용된 지지력 및 재료의 적정성 여부를 확인하기 위한 시공관리의 일환으로 재하시험을 실시하는 경우가 많다. 또한 역으로 이러한 정역학적, 동역학적 공식에 의한 지지력의 신뢰도는 현장재측에 의한 현장재하시험에 의하여 확인되어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 PC Pile보다 훨씬 큰 압축강도를 갖는 PHC Pile과 램의 무게 7.0ton의 유압해머로 시공된 광주광역시 4개 현장의 12개 파일재하시험의 결과를 토대로 하여 정역학적 지지력공식중의 하나인 Meyerhof 공식과 동역학적 지지력공식중의 하나인 Hiley 공식으로부터 산정된 두 가지 극한지지력의 값과 비교·분석하여 봄으로서, 설계시 허용지지력의 결정을 위해 사용되고 있는 각 공식의 적합성을 검토하여 보고자 한다.

2. 말뚝기초의 지지력이론

2.1 PHC pile(pretensioned high strength concrete pile)의 특성

PHC pile은 PC pile보다 훨씬 큰 압축강도를 가지고 있고, 말뚝 상단부에 강판을 부착하므로 콘크리트 말뚝의 약점인 이음시공을 가능케 하였으며, 콘크리트의 휨인장응력이 크므로 축력과 수평력을 동시에 받는 내진설계에 적합하다. 또한 압축강도가 800kg/cm^2 인 콘크리트로 성형한 단면에 Prestress를 균일하게 도입하므로 타격에 대한 내력이 우수하고, 항타시 발생하는 반사파에 의한 인장응력을 흡수하기 때문에 균열이 없으며, 종래의 PC pile으로는 항타가 곤란

한 층간의 단단한 지층도 용이하게 관입할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 다음의 표 1은 PHC pile과 PC pile의 비교를 보여 주고 있다.

표 1. PHC pile과 PC pile의 비교

파일의 유형	압축강도 (kg/cm ²)	허용응력(R _c) (kg/cm ²)	장기 허용지지력(R _a : ton/본)				
			φ350mm	φ400mm	φ500mm	φ800mm	
PHC Pile	A	800	165	90	113	174	393
	B						
	C						
PC Pile	A	500	105	60	80	125	280
	B		100	55	75	115	250
	C		95	55	70	105	235

2.2 Meyerhof의 말뚝지지력공식

Meyerhof는 표준관입시험의 결과 N치를 이용하여 말뚝의 지지력을 구하는 방법을 제시하였다. Meyerhof의 말뚝지지력공식에서 제1항은 말뚝선단지지력을, 제2항은 주변마찰력을, 제3항은 점착력을 나타내며, 다음의 식 (1)과 같다.

$$Q_u = 40N_p A_p + \frac{1}{5} N_s A_s + \frac{N_c}{2} A_c \quad (1)$$

여기서, Q_u : 말뚝의 극한지지력 (kN)

N_p : 말뚝선단지반(모래지반)의 N치

A_p : 말뚝선단의 지지면적(m²)

N_s : 말뚝주변 모래층의 평균 N치

A_s : 모래층내의 말뚝의 주변면적(m²)

N_c : 말뚝주변 점토층 N치의 평균치

A_c : 점토층내의 말뚝의 주변면적(m²)

2.3 Hiley의 항타공식

합리식이라 불리는 동적 지지력공식은 근본적으로 충격-운동량이론에 근거를 두며, 기술자의 경험과 장소에 따라 지지력값에 많은 차이가 나타나므로 항타공식으로 구한 극한지지력의 신빙성에는 문제점이 많지만 그 중 Hiley 공식이 비교적 합리적인 방법으로서 많이 사용된다. Hiley의 항타공식은 다음과 식 (2)와 같이

나타낼 수 있으며, 해머의 효율 e_f는 낙추식에 있어 0.7~0.9, 단동식과 복동식에 있어 0.7~0.85 및 디젤해머와 유압해머에 있어 0.85~1.0을 각각 적용한다.

$$Q_u = \frac{e_f W_H H}{s + 0.5(c_1 + c_2 + c_3)} \cdot \frac{W_H + e^2 W_p}{W_H + W_p} \quad (2)$$

여기서, Q_u : 말뚝의 극한지지력(kN)

W_H : 해머의 무게(kN)

H : 해머의 낙하고(m)

s : 말뚝의 최종관입량(m)

c₁ : 말뚝의 축방향 탄성변형량(m)

c₂ : 지반의 탄성변형량(m)

c₃ : 캡 및 쿠션의 탄성변형량(m)

e : 반발계수(e=1: 완전탄성, e=0: 완전비탄성)

W_p : 말뚝의 무게(kN)

2.4 현장재하시험(Pile load test)

말뚝재하시험의 목적은 말뚝기초의 극한 또는 항복하중을 결정하는데 있으며, 이러한 목적을 충분히 달성하기 위해서는 재하시험을 통해 하중-시간-총침하량-잔류침하량간의 관계를 분석할 수 있어야 한다. 일반적으로 파일재하시험은 하중이 정적으로 재하되는 정재하시험법과 동적으로 하중을 가하는 동재하시험법으로 대별할 수 있으며, 말뚝의 정재하시험에는 일반적으로 2~3배에 달하는 재하하중이 필요하다.

파일재하시험은 최대시험하중을 추정하여 설계하중의 200% 이상까지 실시함을 원칙으로 하고, 적용규정은 KSF 2445의 규정에 준하여 시험을 실시한 후 항복하중에 의한 방법(P-S graph method, log P-log S graph method 등)과 탄성변형-잔류침하 분석법 및 극한하중 분석법 등의 분석방법으로 파일의 허용지지력 및 예상침하량을 평가하게 된다.

3. PHC Pile의 현장지지력시험

본 연구에서는 말뚝기초의 지지력결정방법에

대한 특성을 분석하기 위하여 광주광역시 4개 아파트현장에서 실시한 12개소 PHC Pile의 표준관입시험결과와 항타기록 및 말뚝재하시험결과를 이용하였으며, 이들의 측정값을 통해 정역학적 지지력공식중의 하나인 Meyerhof공식에 의한 극한지지력의 값과 동역학적 지지력공식중의 하나인 Hiley공식으로부터 산정된 극한

지지력의 값을 말뚝재하시험결과에 의한 극한 지지력의 값과 비교하여 그에 대한 특성을 분석하였다.

3.1 12개소 PHC Pile의 지반구성

12개소 PHC Pile의 선단부 및 주변부 지반구성은 다음의 표 2와 같다.^{1, 2, 3, 4)}

표 2. 12개소 PHC Pile의 선단부 및 주변부 지반구성

No.	선 단 부	주 변 부	No.	선 단 부	주 변 부
1	실트질모래의 풍화토	매립점토, 풍화토	7	풍화대(흑운모, 석영)	풍화대(점토 및 흑운모)
2	풍화토 및 풍화암	풍화토	8	흑운모풍화대	풍화대(점토 및 흑운모)
3	풍화토	풍화토	9	흑운모풍화대	풍화대(점토 및 흑운모)
4	풍화토	매립, 점토 및 풍화토	10	풍화토층	표토, 점토, 사력, 풍화토
5	풍화토	매립 및 풍화토	11	풍화토 및 풍화암	점토, 사력 및 풍화토
6	풍화대 및 풍화암	풍화대(점토 및 흑운모)	12	풍화토	점토, 사력 및 풍화토

3.2 표준관입시험의 결과

본 연구에서는 Meyerhof의 정적 지지력공식에 의한 말뚝의 극한지지력을 산정하기 위해 4개 현장의 표준관입시험결과를 이용하였다. 이때 4개 현장의 12개 말뚝에서 실시된 표준관입시험은 KSF 2318 규정에 의거하여 2.0m 간격으

로 시험을 실시하였으며, 63.5kg의 해머를 76cm의 낙하고에서 자유낙하시켜 Sampler가 30cm 관입될 경우의 타격회수를 측정하였다. 12개소 PHC Pile의 표준관입시험결과는 다음의 표 3과 같다.^{1, 2, 3, 4)}

표 3. 12개소 PHC Pile의 표준관입시험결과

심도(m)	NO												
		1 φ 400	2 φ 400	3 φ 350	4 φ 350	5 φ 350	6 φ 400	7 φ 400	8 φ 400	9 φ 400	10 φ 350	11 φ 350	12 φ 350
1.5		16	24	53/30	11	5	7	8	4	6	12	7	18
3.0		21	24	55/25	4	4					7	5	7
4.5		28	31	50/20	18	23	10	15		14	6	9	10
6.0		29	30		26	19	20	20	12	20	19	50/18	19
7.5		32	36		16	15	28	30	17	40	18	23	24
9.0		31	45		40	18					20	30	37
10.5		38	49		19	27	35	50/22	30	50/20	30	50/29	50/27
12.0		41	50/28		24	35	50/22	50/15	50/20	50/12	36	50/20	50/20
13.5		49	50/14		30	43	50/15		50/15		50/19		
15.0		50/27	50/13		50/17	50/17							

3.3 말뚝항타시험의 결과

본 연구에 사용된 4개 현장의 사용말뚝은 PHC pile을 사용하였고, 해머는 램무게 7ton의 유압해머로서 낙하고 600mm를 적용하였다. 파

일의 항타시에는 파일본체에 1m간격의 눈금을 표시하여 지반에 관입되어진 파일의 관입량을 체크하고, 동시에 최종관입시에는 파일의 상하 움직이는 양, 즉 리바운드량 및 최종관입량을

기록지에 표시하였다. 12개소 PHC말뚝의 항타 시험결과는 다음의 표 4와 같다.^{1,2,3,4)}

3.4 말뚝재하시험의 결과

본 연구에 사용된 말뚝재하시험의 방법은 정재하시험방법중에서 6개의 주변파일의 인발력을 이용하여 시험파일에 하중을 가하는 방법을 공통으로 적용하여 시험을 실시하였다. 시험대

상파일에 대한 하중의 제공은 200ton급 유압식 잭을 사용하였으며, 최대시험하중은 예상설계하중의 200%까지 실시함을 원칙으로 하였다. 말뚝재하시험의 결과 최대시험하중의 재하시에 전 침하량이 4.210mm~17.500mm의 범위로서 극한하중에 대응하는 전 침하량의 허용범위 이내가 되었으며, 다음의 표 5는 12개소 PHC Pile의 재하시험결과를 나타내고 있다.^{1,2,3,4)}

표 4. 12개소 PHC Pile의 항타시험결과

구분	No	Pile 규격	근입장 (m)	Rebound (mm)	최종관입량 (mm)
1현장	1	φ 400	11.0	12.0	3.0
	2		10.7	14.0	4.0
	3		4.5	13.0	4.0
2현장	4	φ 350	14.5	20.0	4.0
	5		13.0	20.0	3.0
	6		11.9	15.0	4.0
3현장	7	φ 400	5.7	14.0	4.0
	8		10.1	17.0	4.8
	9		8.2	12.0	2.1
4현장	10	φ 350	11.2	18.0	3.5
	11		9.8	25.0	2.8
	12		12.2	21.0	1.8

표 5. 12개소 PHC Pile의 재하시험결과

구분	No	최대시험하중 (ton)	전침하량 (mm)
1현장	1	120.20	4.210
	2	120.20	4.435
	3	115.94	6.370
2현장	4	115.94	17.500
	5	128.80	6.980
	6	135.26	4.520
3현장	7	135.26	12.490
	8	135.60	5.760
	9	135.26	6.890
4현장	10	120.24	7.540
	11	124.64	6.070
	12	124.65	5.725

4. 허용지지력의 산정

4.1 재하시험에 의한 방법

재하시험에 의한 현장별 허용지지력의 산정에 있어 설계하중의 200%이상의 하중에서도 비교적 작은 침하가 발생되어 하중-침하량분석법에 의한 항복하중이 인지되지 않은 경우에는 최대시험하중을 기준으로 항복하중을 산출하였다. 이는 재하시험의 제약사항(재하시험비용, 재하장치능력, 시험완료조건, 공사의 진행사항)으로 인해 침하가 무한대로 기록되는 극한상태까지 재하를 실시하지 못하는 현 실정을 반영한 것이며, 항복하중에 따른 허용지지력을 산정할 때의 안전율은 일반적인 기준으로 2.0을 채용하였다. 그 결과 각 현장의 지점에 따라 말뚝의 허용지지력값이 말뚝 1본당 57.97ton에서

67.63ton의 값으로 나타났고, 다음의 표 6은 재하시험에 의한 현장별 허용지지력을 나타내고 있다.

4.2 정역학적 방법

본 연구에서는 4개현장 12개소에 대한 표준관입시험의 결과로서 얻어진 심도별 N치를 이용한 정역학적 지지력 산정방법중 전술한 바와 같은 식(1)의 Meyerhof공식에 적용하여 극한지지력값을 계산하고, 안전율 3으로 나누어 허용지지력 값을 산정하였다. 그 결과 각 현장의 지점에 따라 말뚝의 허용지지력값이 말뚝 1본당 30.55ton에서 96.48ton의 값으로 나타났고, 말뚝재하시험의 결과와 비교하여 산출(Calibration)한 각각의 안전율값은 1.36~4.64의 범위로 나타났으며, 다음의 표 6과 같은 결과를

나타내었다.

4.3 동역학적 방법

본 연구에서는 4개현장의 12개소에 대한 파일 항타시의 항타기록을 토대로 하여 전술한 바와 같은 식 (2)의 Hiley공식에 적용하여 극한 지지력값을 계산하고, 안전율 3으로 나누어 허

용지지력 값을 산정하였다. 그 결과 각 현장의 지점별로 말뚝의 허용지지력값이 말뚝 1본당 84.68ton에서 108.26ton의 값으로 나타났고, 말뚝 재하시험의 결과와 비교하여 산출한 각각의 안전율값은 3.78~5.60의 범위로 나타났으며, 다음의 표 6과 같은 결과를 나타내었다.

표 6. 현장별 허용지지력 산정의 결과

구분	현장 No	재하시험에 의한 허용지지력		Meyerhof 공식에 의한 허용지지력 및 산출안전율			Hiley 공식에 의한 허용지지력 및 산출안전율		
		항복하중 (ton)	허용지지력 (ton)	극한지지력 (ton)	허용지지력 (ton)	산출안전율	극한하중 (ton)	허용지지력 (ton)	산출안전율
1현장	1	120.20	60.10	252.87	84.29	4.20	280.68	93.56	4.67
	2	120.20	60.10	275.52	91.84	4.58	287.43	95.81	4.78
2현장	3	115.94	57.97	266.56	88.85	4.60	324.78	108.26	5.60
	4	115.94	57.97	220.33	73.44	3.80	260.64	86.88	4.50
	5	128.80	64.40	139.42	46.47	2.17	319.56	106.52	4.96
3현장	6	135.26	67.63	270.85	90.28	4.00	276.69	92.23	4.09
	7	135.26	67.63	91.66	30.55	1.36	312.75	104.25	4.62
	8	135.60	67.30	159.95	53.32	2.38	254.06	84.68	3.78
	9	135.26	67.63	205.65	68.55	3.04	317.16	105.72	4.69
4현장	10	120.24	60.12	142.75	47.58	2.37	283.47	94.49	4.72
	11	124.64	62.32	219.10	73.03	3.52	302.28	100.76	4.85
	12	124.65	62.33	289.44	96.48	4.64	316.47	105.49	5.08

5. 분석 및 고찰

본 연구에서는 12개소의 PHC Pile에 대한 표준관입시험결과를 정역학적 방법중 N치를 이용한 Meyerhof 지지력공식에 적용시켜 보았고, 항타시험결과를 동역학적 방법중 Hiley공식에 적용시켜 보았으며, 파일지지력의 측정방법 중 비교적 정확한 수치를 기대할 수 있는 정재하시험을 통해 각각의 지지력을 비교하고 분석하여 보았다.

다음의 표 7은 표 6의 결과를 토대로 하여 Meyerhof공식과 Hiley공식에 의해 얻어진 허용지지력값을 말뚝재하시험에서 구한 허용지지력

값과 비교하여 평균안전율을 산출한 결과이다.

표 7. Meyerhof 및 Hiley공식의 안전율 검토

지지력공식	사용안전율	산출안전율	비고
Meyerhof방법	3.0	3.39	정역학적 공식
Hiley 방법	3.0	4.70	동역학적 공식

각각의 결과를 비교해 본 결과 Meyerhof공식에 의한 정역학적 방법은 평균값이 말뚝재하시험에 근접한 반면 계산된 값의 분포범위가 너무 크게 나타났고, Hiley공식에 의한 동역학적

방법은 평균값이 말뚝재하시험과 큰 차이를 보여주는 반면 계산된 값의 분포범위가 균등하게 나타났다.

여기서 표준관입시험의 N치를 이용하는 Meyerhof공식의 경우 선단지지력과 주변마찰력 및 점착력의 합에 의해 지지력이 구해지는데, 각각의 값을 비교하여 보면 점착력과 주변마찰력에 비해 선단지지력의 비중이 크게 되어 파일이 관입된 주변의 N치 보다는 파일 선단부의 N치와 파일 직경에 의한 선단지지면적의 영향이 지지력결정에 보다 크게 작용함을 알 수 있다. 또한 Meyerhof의 지지력공식은 사력이나 암반지역에서는 특히 N치의 신뢰도에 문제가 크게 되는 것으로 나타났다.

그리고 Hiley공식에 의한 허용지지력값이 재하시험결과와는 상이한 차이를 보이고, 각 현장들간의 값의 차이가 적은 이유는 본 연구에 사용된 4개 현장의 공통적인 사용말뚝과 램의 무게 7ton의 유압해머 및 낙하고 등이 지지력 결정요인으로 작용되었고, 최종관입량과 리바운드 및 쿠션재 등 그 외 사용자료들은 지지력 결정에 큰 영향을 미치지 않기 때문으로 사료된다.

다음의 그림 1은 Meyerhof공식에 의해 계산된 허용지지력의 값, Hiley공식에 의해 계산된 허용지지력의 값, 말뚝재하시험에 의해 계산된 허용지지력의 값 및 안전율 4.70(말뚝재하시험결과와 비

교하여 산출된 안전율)을 적용한 Hiley공식의 허용지지력값을 그래픽한 결과이다.

본 연구에서는 기존의 PC Pile보다 훨씬 큰 압축강도를 갖는 PHC Pile과 램의 무게 7.0ton의 유압해머로 시공된 12개 파일재하시험의 결과를 토대로 하여 정역학적 지지력공식중의 하나인 Meyerhof공식과 동역학적 지지력공식중의 하나인 Hiley공식으로부터 산정된 두 가지 극한 지지력의 값과 비교·분석하여 보았으며, 설계시 허용지지력의 결정을 위해 사용되고 있는 각 공식의 적합성을 검토하여 보았다.

본 연구의 분석결과 Meyerhof와 Hiley공식에 의한 방법을 말뚝재하시험방법과 비교하여 산출된 안전율을 검토해 보면 Meyerhof공식에 의한 정역학적 방법은 평균값이 말뚝재하시험에 근접한 반면 계산된 값의 분포범위가 너무 크게 나타났고, Hiley공식에 의한 동역학적 방법은 평균값이 말뚝재하시험과 큰 차이를 보여주는 반면 계산된 값의 분포범위가 균등하게 나타났다.

따라서 표준관입시험의 N치를 적용한 Meyerhof공식에 의한 정역학적 방법에 있어 안전율 3.0을 적용함은 비교적 타당한 것으로 나타났다. 항타시험결과를 적용한 Hiley공식에 의한 방법에 있어 적용안전율을 5.0정도에서 결정해야 하는 것으로 사료되었다.

6. 결 론

본 연구에서 4개현장에서 실시한 12개 PHC pile의 말뚝재하시험결과와 정역학적 및 동역학적방법에 의해 계산된 지지력의 값을 비교·검토하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) Meyerhof공식에 의한 정역학적 방법은 말뚝재하시험에 의한 방법에 비해 각각의 허용지지력값의 분포범위가 비교적 크게 나타났고, 안전율은 3.0에 준하였다.

(2) Meyerhof의 지지력공식은 표준관입시험에 의한 N치를 적용하기 때문에 허용지지력값

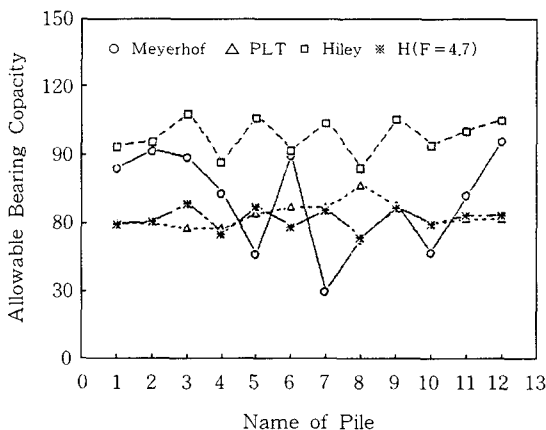


그림 1. 현장말뚝의 지지력시험 결과

의 편차가 크게 나타나게 되고, 특히 사력이나 암반지역에서는 신뢰도가 낮게 나타나는 것으로 판단된다.

(3) Hiley공식에 의한 동역학적 방법은 말뚝 재하시험에 의한 방법에 비해 각각의 허용지지력값의 분포 범위가 비교적 균등하게 나타났고, 안전율은 5.0에 준하였다.

(4) Hiley의 지지력공식에 있어 허용지지력값의 편차가 적은 이유는 사용말뚝과 램의 무게 및 낙하고 등이 지지력 결정요인으로 작용되었고, 최종관입량과 리바운드 및 쿠션재 등은 지지력 결정에 큰 영향을 미치지 않기 때문으로 판단된다.

※ 말뚝재하시험에 의한 항복하중의 산정에 있어 시험 및 분석과정에 많은 불확정성을 내포하고 있기 때문에 추후 이에 대한 방대한 자료의 분석과 연구를 통해 보다 정확한 허용지지력값의 추정과 이를 통한 정역학적 및 동역학적 방법의 검증이 요구된다.

감사의 글

이 논문은 1997년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었으며, 본 연구기간동안 협조해 준 학교당국에 감사한다.

참고 문헌

1. "광주 일곡지구 한일APT 지반조사 및 재하시험 보고서" (1994).
 2. "광주 풍암지구 남양APT 지반조사 및 재하시험 보고서" (1997).
 3. "광주 풍암지구 호반APT 지반조사 및 재하시험 보고서" (1997).
 4. "광주 상무지구 금호APT 지반조사 및 재하시험 보고서" (1997).
 5. Davisson, M.T.,(1975), "Pile load capacity", Proceeding-design, Construction and performance of deep foundation, ASCE, Seminar, Univ. of California Berkely.
 6. Housel, W.S.,(1966) "Pile load capacity : Estimates and test results", ASCE, Vol.92, SM4.
 7. Meyerhof, G.G.,(1976) "Bearing capacity and settlement of pile foundation", Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, GT1, pp.197~228.
 8. Shamsheer Prakash & Hari D. Sharma., (1990) "Pile Foundation in Engineering Practice", pp.218-317.
 9. Tomlinson, M.J.,(1986) "Foundation Design & Construction", pp.265-370.
 10. Braja, M. Das.,(1986) "Principles of Foundation Engineering", pp.339-421.
- (접수일자 1998. 8. 28)