

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)

말뚝정재하시험보고서

2021. 07.



대한기초엔지니어링주식회사
DAEHAN FOUNDATION ENGINEERING CO., LTD

제 출 문

동부건설 귀중

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)
말뚝정재하시험보고서

상기 건의 용역을 완수하고 본 보고서로 정리하여 제출합니다. 본 건 용역을 완수하기
까지 수고하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

2021년 07월

경기도 의왕시 이미로40(포일동 653) C동 609호

 대한기초엔지니어링주식회사

대표이사 최 경 선 

토목품질시험 기술사 권 오 

토질 및 기초 기술사

전화 031)8069-8204(代) 전송 031)8069-8222

❖ 목 차 ❖

제1장. 개요

1.1 시험의 목적	1
1.2 시험의 범위	1
1.3 시험의 개요	1

제2장. 시험결과와의 활용

2.1 압축재하 시험방법	4
2.2 항복하중 판정법	7
2.3 극한하중 판정법	10
2.4 침하량에 의한 분석법	13

제3장. 결론

3.1 시험의 개요	16
3.2 시험결과	16
3.3 결론 및 제언	17

부록

1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH
2. 시험사진

제1장. 개요

- 1.1 시험의 목적
- 1.2 시험의 범위
- 1.3 시험의 개요



제1장. 개요

1.1 시험의 목적

말뚝의 허용지지력을 확인하고, 시공된 말뚝의 적정성을 판단하여 상부구조물 및 기초지반의 안정성 여부 확인에 목적을 둔다.

1.2 시험의 범위

가. 공간적 범위

- (1) 공 사 명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)
- (2) 시험수량 : 1개소
- (3) 시험위치 : P.L.T-1 [교량 A1 No.11]

나. 시간적 범위

- (1) 현장시험 : 2021년 07월 20일
- (2) 성과분석 : 2021년 07월 21일
- (3) 보고서작성 : 2021년 07월 22일

1.3 시험의 개요

가. 시험조건

【표1.1】 현장의 시험조건

구분	시험위치	직경 (mm)	두께t (mm)	관입심도 (m)	종류
P.L.T-1	교량 A1 No.11	Φ500.0	12.00	44.00	복합 PILE

나. 시험내용

【표1.2】 현장의 시험내용

구분	말뚝번호	설계하중 (kN/본)	최대재하하중 (kN/본)	시공방법	시험방법	재하방법	시험일자
P.L.T-1	교량 A1 No.11	567.70	1177.20	S.D.A	급속재하 시험	주변반력	2021.07.20





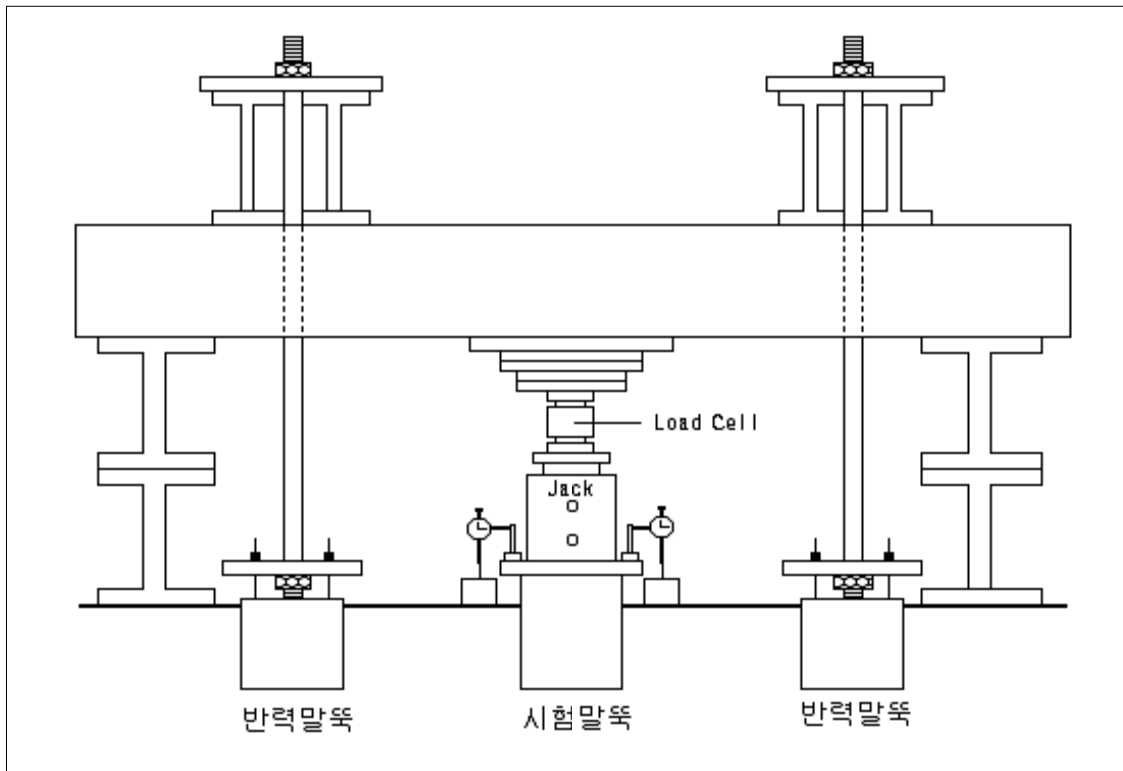
다. 시험장비

본 시험에 사용된 시험장비 및 기구의 명칭 및 사양을 살펴보면 다음 표 1.3 와 같다.

[표1.3] 사용장비 내역 및 사양

장비명	용량	수량	비고	특기사항
잭, 펌프	500ton	1개	유압식	-
로드셀	500ton	1개	-	검 · 교정 성적서 필
재하대	600ton	1개	H 형강	현장사정에 따라 교체
기준대	5.0m	2개	H 형강	-
다이얼게이지	50.0mm	2개	1/100mm 정도	검 · 교정 성적서 필
마그네틱홀더	-	2개	자석식	-
기타부수장비	-	1식	초시계, Data Sheet 등	-

라. 모식도



[그림1.1] 주변말뚝의 반력을 이용한 재하시험



제2장. 시험결과의 활용

- ◆ 2.1 압축재하 시험방법
- ◆ 2.2 항복하중 판정법
- ◆ 2.3 극한하중 판정법
- ◆ 2.4 침하량 판정법



제2장. 시험결과의 활용

2.1 압축재하 시험방법

KS F-2445 및 ASTM D-1143 에 규정된 재하시험의 방법에 대한 종류 및 과정을 살펴보면 다음과 같다.

가. 완속재하시험방법(Slow maintained-load test)

ASTM 표준재하방법(Standard loading procedure)으로 널리 알려진(ASTM D 1143) 이 방법에 의한 재하시험 과정은 아래와 같다.

- (1) 총 시험하중을 8단계 즉, 설계하중의 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 및 200 로 나누어 재하한다.
- (2) 각 하중단계에서 말뚝 머리의 침하율(Rate of settlement)이 시간당 0.01inch(=0.25mm) 이하가 될 때까지 단, 최대 2시간을 넘지 않도록 하여 재하하중을 유지한다.
- (3) 설계하중의 200%, 즉 총 시험하중 재하단계에서 하중을 유지하되 시간당 침하량이 0.01inch(=0.025mm) 이하일 경우 12시간, 그렇지 않을 경우 24시간 동안 유지 시킨다.
- (4) 총 시험하중을 설계하중의 25% 씩 각 단계별로 1시간씩 간격을 두어 재하한다.
- (5) 만약 시험도중 말뚝의 파괴가 발생할 경우, 총 침하량이 말뚝머리의 직경 또는 대각선 길이의 15% 에 도달할 때까지 재하를 계속한다.

나. 급속재하시험방법(Quick maintained-load test)

표준재하방법은 매우 긴 시간(보통 30 내지 70시간)이 소요되는데 안전침하율 기준에 따라 각 하중재하단계에서 경과 시간을 조절하는 것보다는 각 하중단계마다 “동일한” 시간을 유지토록 하는 것이 더 중요하다할 수도 있다. 이러한 인식하에서 제안된 방법이 “급속재하방법” 으로서 New York State Department of Transportation, The Federal Highway Administration 및 ASTM 1143에 의해 권장되고 있으며 그 시험방법은 아래와 같다.

- (1) 재하하중단계를 설계하중의 10 내지 15% 로 정하고 각 하중단계의 재하간격을 2.5내지 15분으로 하여 재하한다.
(주) ASTM 에서는 재하간격을 2.5분으로 규정하고 있으나 그 시간동안 2~4 차례에 걸쳐 변위계를 읽고 기록하기에는 충분치 못한 것으로 판단되며 대체로 5분 간격으로 하는 것이 보다 실제적인 것으로 보인다.
- (2) 각 하중단계마다 2~4 차례 (예:재하간격 5분일 경우 0, 2.5, 4.0 및 5분 경과시) 침하량을 읽어 기록한다.





- (3) 시험은 재하하중을 계속 증가시켜 말뚝의 극한하중에 이를 때까지 또는 재하장치의 재하용량이 허용하는 범위까지 재하한 후, 최종 단계에서 2.5 내지 15분간 하중을 유지시킨 후 재하한다.

(주) 일반적으로 총 시험하중을 표준재하방법에서와 마찬가지로 설계하중의 200% 혹은 300% 까지로 제한하는 것을 권장되고 있다. (Fellenius, 1998 ; Prakash 등, 1990)이 방법을 사용하면 대략 2~5 시간 이내에 전 시험과정을 마칠 수 있다.

다. 하중증가평형시험방법(Incremental equilibrium test)

이 방법은 Mohan 등에 의해 제안된, 표준재하방법을 개선한 방법으로서 표준재하방법에 비해 총 소요시간을 1/3 가량 단축시킬 수 있으며 그 시험결과는 표준재하방법에 의한 것과 잘 부합되는 것으로 알려져 있다.

- (1) 재하하중단계를 설계하중의 15% 내지 25% 로 정한다.
- (2) 각 재하하중단계에서 재하하중을 일정 시간 (5~15분)동안 유지시킨 후, 하중-침하량이 평형상태에 도달할 때까지 재하하중이 감소하도록 방치한다.
- (3) 위 항에서의 평형상태에 도달하면 다음 단계의 하중을 재하하는 식으로 같은 방식을 되풀이하여 재하 하중이 총 시험하중에 이를 때까지 시험을 계속한다.

라. 일정침하율시험방법(Constant rate of penetration test)

이 방법은 흔히 CRP 시험이라고 불리우며 말뚝의 극한하중을 신속히 결정하기 위한 목적으로 Whitaker에 의해 개발된 것으로서 Swedish Pile Commission, New York State Dept of Transportation 및 ASTM D 1143에 의해 권장되고 있는바, 그 시험방법은 다음과 같다.

- (1) 말뚝의 침하율이 통상 0.01inch/min(=0.25mm/min) 내지 0.10inch/min(=2.50mm/min)가 되도록 재하하중을 조절하면서 매 2분마다 하중과 침하량을 기록한다.

(주) 침하율을 정하는데 있어 Whitaker 는 마찰 말뚝에 대해서는 0.75mm/min, 선단지지말뚝에 대해서는 1.5mm/min 을 채택할 것을 권유하고 있으며, ASTM 에서는 점성토인 경우 0.25~1.25mm/min, 사질토인 경우 0.75~2.5mm/min을 제시하고 있다.

- (2) 위 방법에 의해 재하하중을 증가시켜 말뚝의 총 침하량이 2~3inch(=50mm~75mm)에 도달할 때까지 또는 총 시험하중에 도달할 때까지 시험을 계속한 후 재하한다.

(주) ASTM 에서는 총 침하량이 말뚝 머리의 직경 또는 대각선 길이의 15% 에 달할때까지 시험을 계속할 것을 규정하고 있다. 이 CRP 시험방법은 급속재하방법(Quick Maintained-Load Test)에서보다 더 나은 하중 침하량 곡선을 얻을 수 있다는 데 그 장점이 있으며 특히 점성토의 마찰말뚝에 대해 보다 잘 적용된다.

이 방법을 수행하기 위해서는 일정침하율을 유지하기 위해 지속적으로 유압을 가할 수 있는 특수전동펌프의 구비가 필수적이며, 또한 하중과 침하량 눈금들을 동시에 읽어내야 하므로 시험요원의 적절한 훈련을 필요로 한다.





마. 일정침하량시험방법(Constant settlement increment test)

이 방법 역시 CRP 시험방법과 마찬가지로 말뚝의 침하량이 일정한 값만큼 증가하도록 단계별 재하하중을 조절하는 방법으로서 그 과정은 아래와 같다.

- (1) 단계별 재하하중을 말뚝의 침하량이 대략 말뚝 머리의 직경 또는 대각선 길이의 1%에 해당하는 값과 같아지도록 조절한다.
- (2) 위 항의 소정 침하량을 유지하기 위한 재하하중 변화율이 시간당 각 단계에서의 재하하중의 1% 미만에 이르게 되면 다음 하중단계로 옮겨간다.
- (3) 이러한 과정을 계속하여 말뚝의 총 침하량이 말뚝 머리의 직경 또는 대각선 길이의 10%에 도달할 때까지(또는 재하장치의 용량한도까지) 시험을 계속한다.
- (4) 재하하중이 총 시험하중에 도달하면 소정 침하량을 유지하기 위한 하중의 변화율이 시간당 총 시험하중의 1% 미만이 될 때까지 재하하중을 유지시킨 후 총 재하하중을 4단계로 등분하여 제하하되, 제하단계별로 말뚝의 Rebound율이 시간당 말뚝 머리의 직경이나 대각선 길이의 0.3% 이내에 들어올 때까지 기다린 후 다음단계의 재하를 행하도록 한다.

바. 반복하중재하방법(Cyclic loading test)

ASTM D-1143에 의한 이 시험방법은 아래와 같다.

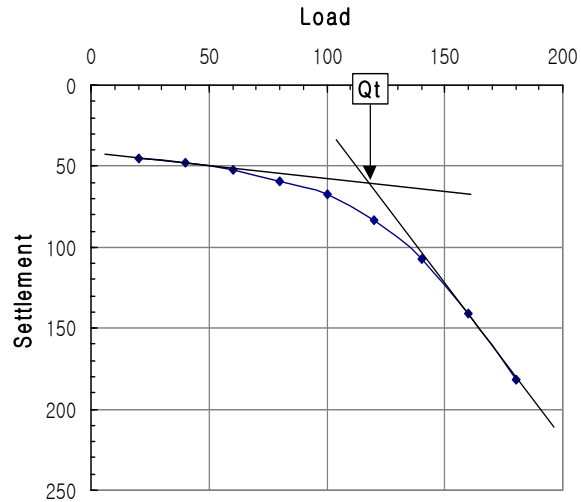
- (1) 재하하중의 하중단계는 표준재하방법에서와 같이 정한다.
- (2) 재하하중 단계가 설계하중의 50, 100 및 150%에 도달하였을 때 재하하중을 각각 1시간 동안 유지시킨 후 표준재하방법의 제하시와 같은 단계를 거쳐 단계별로 20분 간격을 두면서 제하(Unloading)한다.
- (3) 하중을 완전히 제하한 후 설계하중의 50% 씩 단계적으로 다시 재하하고 표준시험방법에 따라 다음 단계로 재하한다.
- (4) 재하하중이 총 시험하중에 도달하게 되면 12시간 또는 24시간 동안 하중을 유지시킨 후 제하하되 그 절차는 표준재하방법과 같다.





2.2 항복하중 판정법

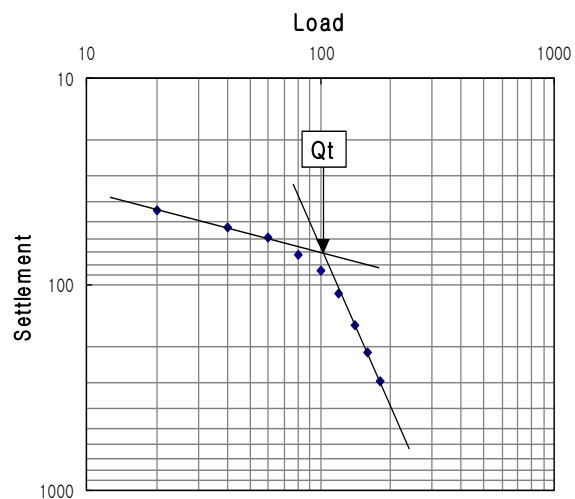
가. P-S 분석법



[그림2.1] P-S 분석법(예)

재하단계별 하중(P)과 침하량(S)을 일반 그래프 용지에 Plot 하였을 때 곡선이 가장 크게 변했을 때의 하중을 항복 하중으로 결정한다.

나. logP-logS 분석법



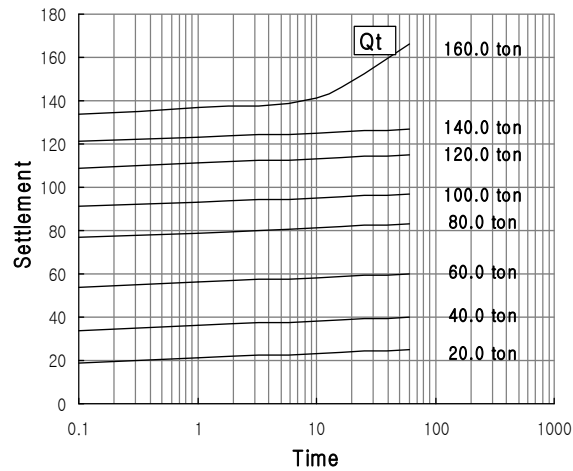
[그림2.2] logP-logS 분석법(예)

이 방법은 재하중(P)과 전침하량(S)을 양대수 그래프에 Plot 하면 접선이 생기는데 이 접점에 대응하는 하중을 항복하중으로 결정하는 방법이다.





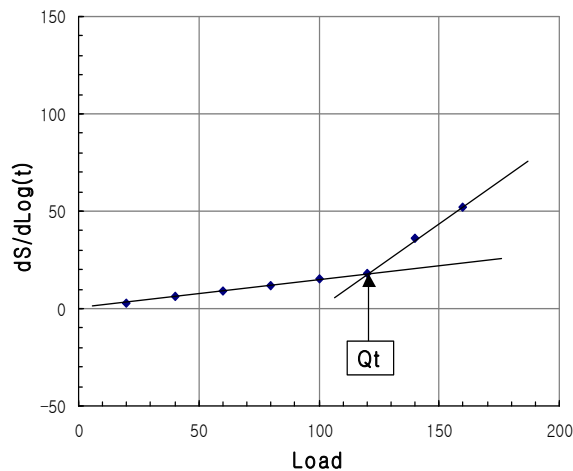
다. S-log(t) 분석법



[그림2.3] S-log(t) 분석법(예)

각 하중단계에 대해 경과시간을 대수 눈금에, 말뚝머리의 침하량을 산수눈금에 표시하였을 때 각 하중단계의 관계선이 직선적으로 되지 않는 점의 하중을 항복하중으로 한다.

라. P- $\Delta S/\Delta \log(t)$ 분석법



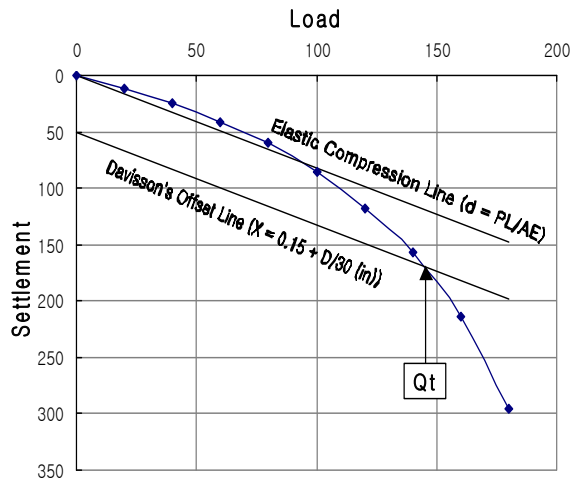
[그림2.4] P- $\Delta S/\Delta \log(t)$ 분석법(예)

각 하중단계마다 재하하여 일정시간이 경과한 후에 있어서 대수침하속도 $\Delta S/\Delta \log(t)$ 를 구하고 이것을 하중(P)에 대하여 Plot하여 곡선이 급상승하는 점을 항복하중으로 한다.





마. Davisson 분석법



$$\Delta = \frac{PL}{AE}$$

A : 말뚝의 단면적

E : 말뚝의 탄성계수

L : 말뚝의 관입깊이

[그림2.5] Davisson 의 방법에 의한 말뚝 하중의 분석

Davisson 은 말뚝의 전침하량과 말뚝직경, 단면적, 탄성계수 및 말뚝길이 등으로 고려한 순침하량 판정을 복합적으로 적용하여 말뚝 기초의 허용하중을 결정하는 방법을 제안하였다. 지반조건 뿐만 아니라 말뚝의 강성 등도 고려가 되기 때문에 서구에서는 가정 합리적인 방법으로 인정받고 있고, 국내에서도 항복하중 기준 설계법과 비교적 잘 일치하는 것으로 나타나고 있다. 또한 DIN의 말뚝 직경의 2.5% 순침하량 기준 및 COE의 0.25in 순침하량 기준과도 결과가 비교적 잘 일치하여 이 기준에 의한 판정은 합리적으로 판단되어 본 현장의 경우에 적용하기로 한다.

바. 말뚝 재하시험 지지력 판정법(하중-침하-시간관계)

[표2.1] 항복하중 판정법에 의한 안전율 적용

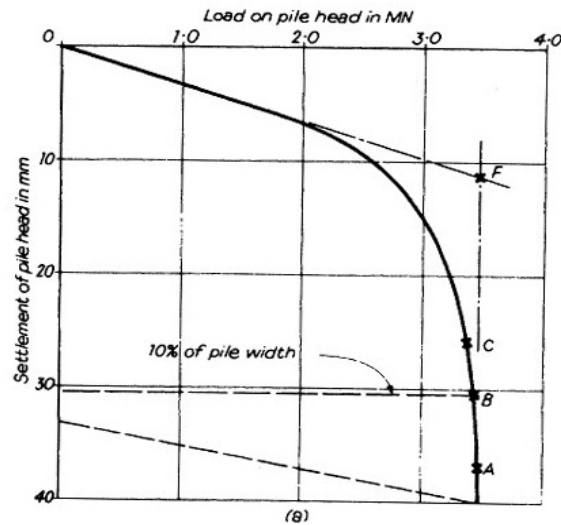
구분	판정방법	비고
하중-침하-시간관계	logP-logS 분석법	항복하중 판정법 안전율 2 적용
	S-log(t) 분석법	
	P-ΔS/Δlog(t) 분석법	
	Davisson 분석법	



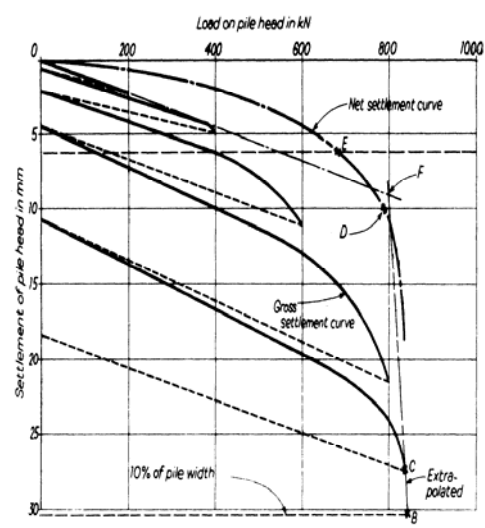
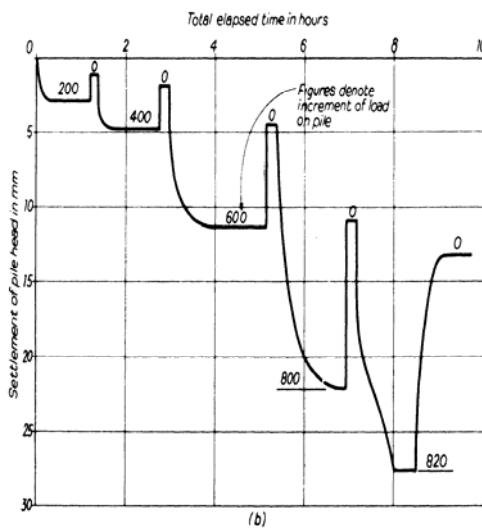


2.3 극한하중 판정법

극한하중을 결정하는 기본조건은 응력-변형관계와 파괴기준으로 말뚝의 극한하중 또는 극한 지지력이라는 것은 말뚝재료 자체의 파괴 또는 말뚝을 지지하고 있는 지반의 파괴에 의하여 결정되는 것으로, 지지층이 아주 단단하여 말뚝재료의 파괴하중보다 큰 하중에도 지반이 견딜 수 있는 경우에는 말뚝재료자체의 파괴응력에 따라 극한하중이 결정된다.



(a) Load-settlement curve for CRP test for pile on dense gravel



(b) Load-settlement and time-settlement curves for pile on stiff clay

[그림2.6] 305×305 파일의 압축재하시험





가. 극한하중의 규정(Some of the recognized criteria for defining failure loads)

- (1) 하중의 증가 없이 침하가 계속 증가되는 때의 하중 : A점
- (2) 전침하량이 말뚝 최소 폭의 10% 에 이를 때의 하중 : B점
- (3) 하중의 증가에 비해 전침하량(Gross Settlement)의 증가가 급격히 발생하는 하중 : C점
- (4) 하중의 증가에 비해 순침하량(Net Settlement)의 증가가 급격히 발생하는 하중 : D점
- (5) 소성항복(Plastic yielding)을 일으키는 하중 또는 순침하량이 6.3mm 일 때의 하중 : E점
- (6) 전침하곡선에서 초기직선부분의 연장선과 급경사부분과의 접선의 교점에 해당되는 하중 : F점
- (7) 하중-순침하곡선의 기울기가 0.25mm/10kN 되는 하중
- (8) 뉴욕시의 허용하중기준(1985년 Building Code)

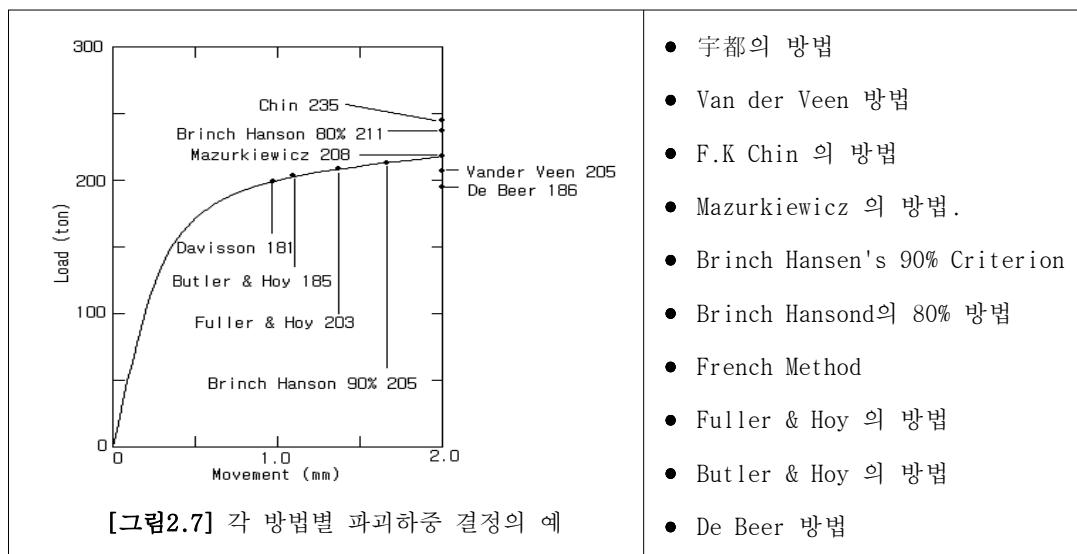
전침하량에서 시험하중을 완전히 제거후의 탄성회복량을 뺀 순침하량이 0.25mm/10kN를 초과하지 않을 때의 하중의 1/2, 또는 최대시험하중에서 말뚝의 탄성압축량보다 작은 순침하량이 19.0mm 일 때의 1/2.

- (9) 스웨덴 말뚝협회 기준

어떤 하중에서의 침하량이 그 하중의 90% 에 대한 침하량의 2.0 배에 해당하는 침하량이 발생하는 때의 하중

나. 극한하중에 도달하지 않은 말뚝의 극한하중 추정

말뚝의 재하시험시 말뚝의 극한하중까지를 재하하는 것이 가장 좋은 방법이지만, 시간 및 경제적인 측면과 말뚝의 상태, 현장여건 등으로 인하여 극한하중까지 재하하지 못하는 경우에 여러 가지 방법에 의하여 말뚝의 극한지지력을 추정하게 된다.





위와 같은 방법들은 하중-침하 곡선식을 포물선 또는 쌍곡선으로 가정함에 따라 구분되며, 항복점이나 극한하중을 정의하기 위해 적용하는 침하율 또는 경사에 따라 구분된다. 따라서, 적용하는 방법에 따라 극한하중이나 항복하중이 다르게 나타난다.

다. 말뚝 재하시험 지지력 판정법(하중-침하-시간관계)

[표2.2] 극한하중 판정법에 의한 안전율 적용

구분	판정방법	비고
하중-침하-시간관계	Mazurkiewicz 판정법 Chin 판정법 Stability Plot 판정법 Brinch Hansen의 90%, 80% 기준 French 판정법	극한하중 판정법 안전율 3 or 2.5 적용





2.4 침하량에 의한 분석법

가. 잔류침하량에 의한 분석법

대표적인 기준으로는 DIN 의 말뚝직경의 2.5% 의 잔류침하량 기준, New York City 기준에서 채택한 0.01inch 의 잔류침하량 기준, US Army Corps of Engineers 에서 사용하는 0.25inch 잔류침하량 기준 등이 있다. 국내에서의 말뚝재하시험 결과를 각종 해석기준에 의거 설계하중을 결정하고 비교해본 결과 국내의 극한하중 해석법 및 항복하중 해석법과 DIN 의 말뚝직경 2.5% 의 잔류침하량 기준과 COE의 0.25inch 잔류침하량은 비교적 잘 일치하고 있는 것으로 알려져 있으나 많은 설계기준에서 채택하고 있는 0.01inch/ton 잔류침하량 기준은 타 해석기준에 비해 지나치게 높은 허용하중을 주고 있어 국내에서의 적용은 적합치 않은 것으로 판단되며 설계하중 결정시 타 설계기준에 의하여 확인하는 것이 바람직하다.

【표2.3】 극한하중에 대응하는 극한잔류침하량(Sru)의 규정치

기준명 또는 제안자	잔류침하량 (mm)	허용지지력을 구할 때의 안전율	비고
독일 DIN 4026 기준	2.5% D		타입말뚝
미국	2.0% D		
일본건축기초구조설계기준·동해설	2.5% D	3.0	타입말뚝
덴마크 기초설용기준 DS 415-1965	10% D		
미국 도로설계기준 (1958)	6.3mm		
미국 AASHTO 기준	6.3mm		
미국 루이지아나도로국	6.3mm	2.0	
미국 보스턴 건축기준	12.7mm	2.0	
인도 IS 2911 기준	6.0mm	1.5	
캐나다 건축기준 (1960)	25mm		
파리 Veritas 사무소 (1964)	20mm	2.0	
magnet (1948)	8mm		
mansur, Kaufman (1956)	6.3mm		
Woodward (1972)	12.7mm	1.5	





나. 전침하량에 의한 분석법

극한하중에 대응하는 말뚝 침하량의 규정치는 다음 표와 같이 각 나라, 기관 및 연구자에 따라 불일치되고 있으며, 일본토질공학회(JSF 1811, 1993), 영국기초공업규격(1972, 1975), 스웨덴기준과 Johnson and Kavangh, Capper and Cassie, Whitaker, Darid 및 Tomlinson 등은 말뚝 직경의 10% 에 해당하는 침하가 일어나는 하중을 극한하중 또는 파괴하중이라고 하고 있다. 또 Terzaghi and Peck(1967), Touma and Reese(1974)의 제안치와 네덜란드 및 New York 시 기준은 25.4mm 침하시의 하중을 극한하중으로 정하고 있다. 인위적인 침하량 기준 값은 말뚝의 설치방법과도 밀접한 관계가 있어 De Beer는 타입항의 경우에는 말뚝직경의 10%, 현장타설 콘크리트 말뚝에서는 말뚝직경의 30% 침하를 기준으로 할 것을 제안하고 있다.

[표2.4] 극한하중에 대응하는 전체침하량(Su)의 규정치

기준명 또는 제안자	극한침하량 (mm)	허용지지력을 구할 때의 안전율	비고
독일 DIN 4014 기준	20	2	현장타설말뚝
프랑스	20		
벨기에	20		
체코슬로바키아	15~20		
오스트리아	25		
네덜란드	25.4		
뉴욕시 기준	25.4		
인도 IS 2911 기준	12		
Muns (1959)	20		
Terzaghi, Peck (1961)	50.8		
Terzaghi, Peck (1967)	25.4	1.5	부등침하에 민감하지 않은 구조물 부등침하에 민감한 구조물 대구경 현장타설말뚝 대구경 현장타설말뚝 소구경 현장타설말뚝 현장 타설말뚝 제2단계 하중
Woodward (1972)	12.7~25.4	1.5 ~ 2	
Touma, Reese (1974)	25.4	2	
키예프 건축공정연구소	>30~40	2	
우크라이나 건축시공과학연구소	80		
우크라이나 건축시공과학연구소	40		
중국협서성도로연구소 (1973)	60		
중국도로연구원 (1974)	40		
중국북경시 말뚝기초연구소 (1976)	15~20		
구일본건축학회기준	25		
일본토질공학회 (1993)	0.1D		
영국기초공업기준	0.1D		
Tomlinson	0.1D		
Johnson (1973)	0.1D		
Capper / Cassie	0.1D		



제3장. 결론

- 3.1 시험의 개요
- 3.2 시험결과
- 3.3 결론 및 제언



제3장. 결론

3.1 시험의 개요

가. 시험조건

[표3.1] 현장의 시험조건

구분	시험위치	직경 (mm)	두께t (mm)	관입심도 (m)	종류
P.L.T-1	교량 A1 No.11	Φ500.0	12.00	44.00	복합 PILE

나. 시험내용

[표3.2] 현장의 시험내용

구분	말뚝번호	설계하중 (kN/본)	최대재하하중 (kN/본)	시공방법	시험방법	재하방법	시험일자
P.L.T-1	교량 A1 No.11	567.70	1177.20	S.D.A	급속재하시험	주변반력	2021.07.20

3.2 시험결과

가. 침하량

[표3.3] 전침하량 및 잔류침하량에 의한 분석

구분	분석법	전침하량 (mm)	전침하량 기준(mm)	허용지지력 (kN/본)	잔류침하량 (mm)	잔류침하량 기준(mm)	허용지지력 (kN/본)
P.L.T-1	교량 A1 No.11	6.93	10.0	588.60	1.03	6.3 (1/4 inch)	588.60
기 준		310910			도로설계기준(1958), 미국 AASHTO 기준, 미국 루이지아나도로국		

나. 허용지지력 산정

[표3.4] 하중-침하곡선에 의한 분석

구분	말뚝 번호	항복하중 (kN/본)				Davisson에 의한 관정법 (kN/본)	허용 지지력 (kN/본) S: F=2.0	설계 하중 (kN/본)
		P-S 분석법	logP-logS 분석법	S-log(t) 분석법	P-ΔS/ Δlog(t) 분석법			
P.L.T-1	교량 A1 No.11	1177.20	1177.20	1177.20	1177.20	1177.20	588.60	567.70





3.3 결론 및 제언

동부건설에서 시공중인 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구) 현장에 정재하시험을 실시한 결과 아래와 같이 검토, 분석되었다.

- 1) 복합 PILE($\Phi 500.0\text{mm}$)에 대해 정재하시험을 실시하여 말뚝의 허용지지력 및 침하량(변위량)측정을 통한 설계하중의 만족여부를 판정하고 기초구조물의 안전성을 확인하는데 그 목적이 있다.
- 2) 재하시험을 위한 말뚝의 개소 및 위치는 시공자 및 감독관의 협의하에 선정하였으며 KS F-2445 규정을 기준으로 하여 실시하였다.
- 3) 재하하중은 설계하중의 200% 재하를 원칙으로 하였으며, 재하방법은 주변반력을 이용하는 방법으로, 최대시험하중은 1177.20kN/본까지 재하하는 것으로 계획/시행하였다.
- 4) P.L.T-1 [교량 A1 No.11]
 - 전침하량 분석법 및 잔류침하량 분석법에 의해 측정된 전침하량은 6.93mm이며, 잔류침하량은 1.03mm로 기준치(전침하량 기준:10.0mm, 잔류침하량 기준:6.3mm)를 모두 만족하는 것으로 나타났다.
 - 정재하시험결과, 하중증가에 따른 침하량이 작아 하중-침하곡선이 직선에 가까운 형태의 지지거동을 보여주고 있으며, 최대시험하중까지 재하시 항복 및 극한하중은 나타나지 않았다. 따라서 최대시험하중을 항복하중으로 가정하여 분석한 말뚝의 허용지지력은 588.60kN/본 이상으로 설계하중(567.70kN/본)을 만족하는 것으로 나타났다.



부록

- 1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH
- 2. 시험사진

1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH

PILE LOAD TEST DATA SHEET

SHEET No'		P. L. T - 1			
PROJECT		인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)			
TEST DATE		2021년 7월 14일			
PILE SIZE & TYPE		외경:500.0 mm	두께:12.0 mm	시공방법 : S.D.A	
CYLINDAR DIAGRAM		직경 300.0 mm			
PILE INFO.		관입깊이:44.000 m	교량 A1 No.11	종류:복합 PILE	설계하중 : 567.70 kN/본
TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement(1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
SETTING VALUE		50	70	60.0	0.0
0.0	STEP # 1	83	104	93.5	33.5
1.0		83	104	93.5	33.5
2.0	58.86 kN	83	104	93.5	33.5
3.0		83	104	93.5	33.5
4.0		83	104	93.5	33.5
5.0		83	104	93.5	33.5
0.0	STEP # 2	115	137	126.0	66.0
1.0		115	137	126.0	66.0
2.0	117.72 kN	115	137	126.0	66.0
3.0		115	137	126.0	66.0
4.0		115	137	126.0	66.0
5.0		115	137	126.0	66.0
0.0	STEP # 3	149	170	159.5	99.5
1.0		149	170	159.5	99.5
2.0	176.58 kN	149	170	159.5	99.5
3.0		149	170	159.5	99.5
4.0		149	170	159.5	99.5
5.0		149	170	159.5	99.5
0.0	STEP # 4	186	205	195.5	135.5
1.0		186	205	195.5	135.5
2.0	235.44 kN	186	205	195.5	135.5
3.0		186	205	195.5	135.5
4.0		186	205	195.5	135.5
5.0		186	205	195.5	135.5
0.0	STEP # 5	223	241	232.0	172.0
1.0		223	241	232.0	172.0
2.0	294.30 kN	223	241	232.0	172.0

PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement (1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
3.0		223	241	232.0	172.0
4.0		223	241	232.0	172.0
5.0		223	241	232.0	172.0
0.0	STEP # 6	256	275	265.5	205.5
1.0		256	275	265.5	205.5
2.0	353.16 kN	256	275	265.5	205.5
3.0		256	275	265.5	205.5
4.0		256	275	265.5	205.5
5.0		256	275	265.5	205.5
0.0	STEP # 7	291	311	301.0	241.0
1.0		291	311	301.0	241.0
2.0	412.02 kN	291	311	301.0	241.0
3.0		291	311	301.0	241.0
4.0		291	311	301.0	241.0
5.0		291	311	301.0	241.0
0.0	STEP # 8	325	346	335.5	275.5
1.0		325	346	335.5	275.5
2.0	470.88 kN	325	346	335.5	275.5
3.0		325	346	335.5	275.5
4.0		325	346	335.5	275.5
5.0		325	346	335.5	275.5
0.0	STEP # 9	360	382	371.0	311.0
1.0		360	382	371.0	311.0
2.0	529.74 kN	360	382	371.0	311.0
3.0		360	382	371.0	311.0
4.0		360	382	371.0	311.0
5.0		360	382	371.0	311.0
0.0	STEP # 10	394	415	404.5	344.5
1.0		394	415	404.5	344.5
2.0	588.60 kN	394	415	404.5	344.5
3.0		394	415	404.5	344.5
4.0		394	415	404.5	344.5
5.0		394	415	404.5	344.5

PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement (1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
0.0	STEP # 11	429	451	440.0	380.0
1.0		429	451	440.0	380.0
2.0	647.46 kN	429	451	440.0	380.0
3.0		429	451	440.0	380.0
4.0		429	451	440.0	380.0
5.0		429	451	440.0	380.0
0.0	STEP # 12	464	485	474.5	414.5
1.0		464	485	474.5	414.5
2.0	706.32 kN	464	485	474.5	414.5
3.0		464	485	474.5	414.5
4.0		464	485	474.5	414.5
5.0		464	485	474.5	414.5
0.0	STEP # 13	499	520	509.5	449.5
1.0		499	520	509.5	449.5
2.0	765.18 kN	499	520	509.5	449.5
3.0		499	520	509.5	449.5
4.0		499	520	509.5	449.5
5.0		499	520	509.5	449.5
0.0	STEP # 14	534	556	545.0	485.0
1.0		534	556	545.0	485.0
2.0	824.04 kN	534	556	545.0	485.0
3.0		534	556	545.0	485.0
4.0		534	556	545.0	485.0
5.0		534	556	545.0	485.0
0.0	STEP # 15	569	590	579.5	519.5
1.0		569	590	579.5	519.5
2.0	882.90 kN	569	590	579.5	519.5
3.0		569	590	579.5	519.5
4.0		569	590	579.5	519.5
5.0		569	590	579.5	519.5
0.0	STEP # 16	604	624	614.0	554.0
1.0		604	624	614.0	554.0
2.0	941.76 kN	604	624	614.0	554.0
3.0		604	624	614.0	554.0

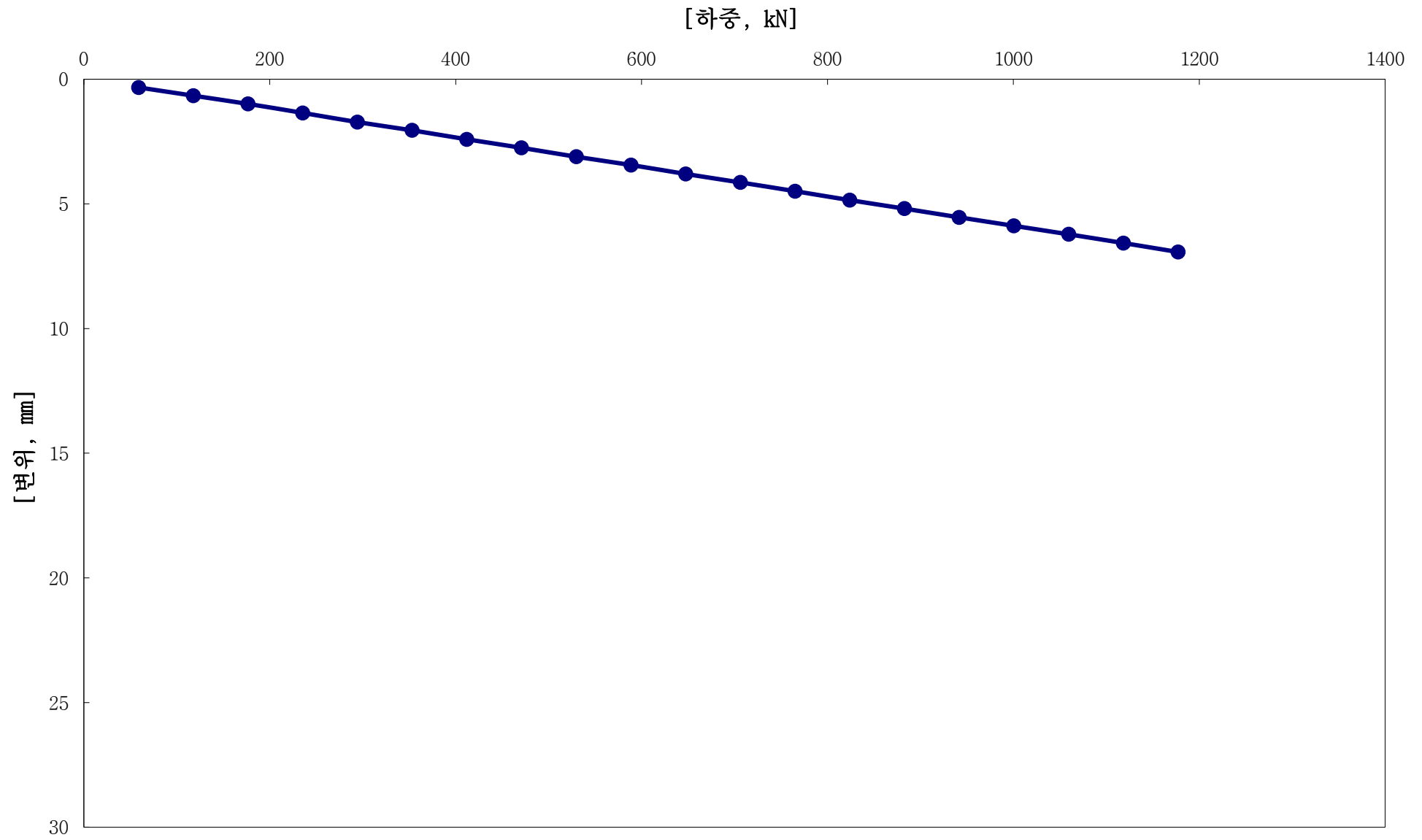
PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement (1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
4.0		604	624	614.0	554.0
5.0		604	624	614.0	554.0
0.0	STEP # 17	638	659	648.5	588.5
1.0		638	659	648.5	588.5
2.0	1000.62 kN	638	659	648.5	588.5
3.0		638	659	648.5	588.5
4.0		638	659	648.5	588.5
5.0		638	659	648.5	588.5
0.0	STEP # 18	671	693	682.0	622.0
1.0		671	693	682.0	622.0
2.0	1059.48 kN	671	693	682.0	622.0
3.0		671	693	682.0	622.0
4.0		671	693	682.0	622.0
5.0		671	693	682.0	622.0
0.0	STEP # 19	707	728	717.5	657.5
1.0		707	728	717.5	657.5
2.0	1118.34 kN	707	728	717.5	657.5
3.0		707	728	717.5	657.5
4.0		707	728	717.5	657.5
5.0		707	728	717.5	657.5
0.0	STEP # 20	742	764	753.0	693.0
1.0		742	764	753.0	693.0
2.0	1177.20 kN	742	764	753.0	693.0
3.0		742	764	753.0	693.0
4.0		742	764	753.0	693.0
5.0		742	764	753.0	693.0
0.0	REBOUND 1	643	664	653.5	593.5
1.0		643	664	653.5	593.5
2.0	882.90 kN	643	664	653.5	593.5
3.0		643	664	653.5	593.5
4.0		643	664	653.5	593.5
5.0		643	664	653.5	593.5
0.0	REBOUND 2	469	490	479.5	419.5

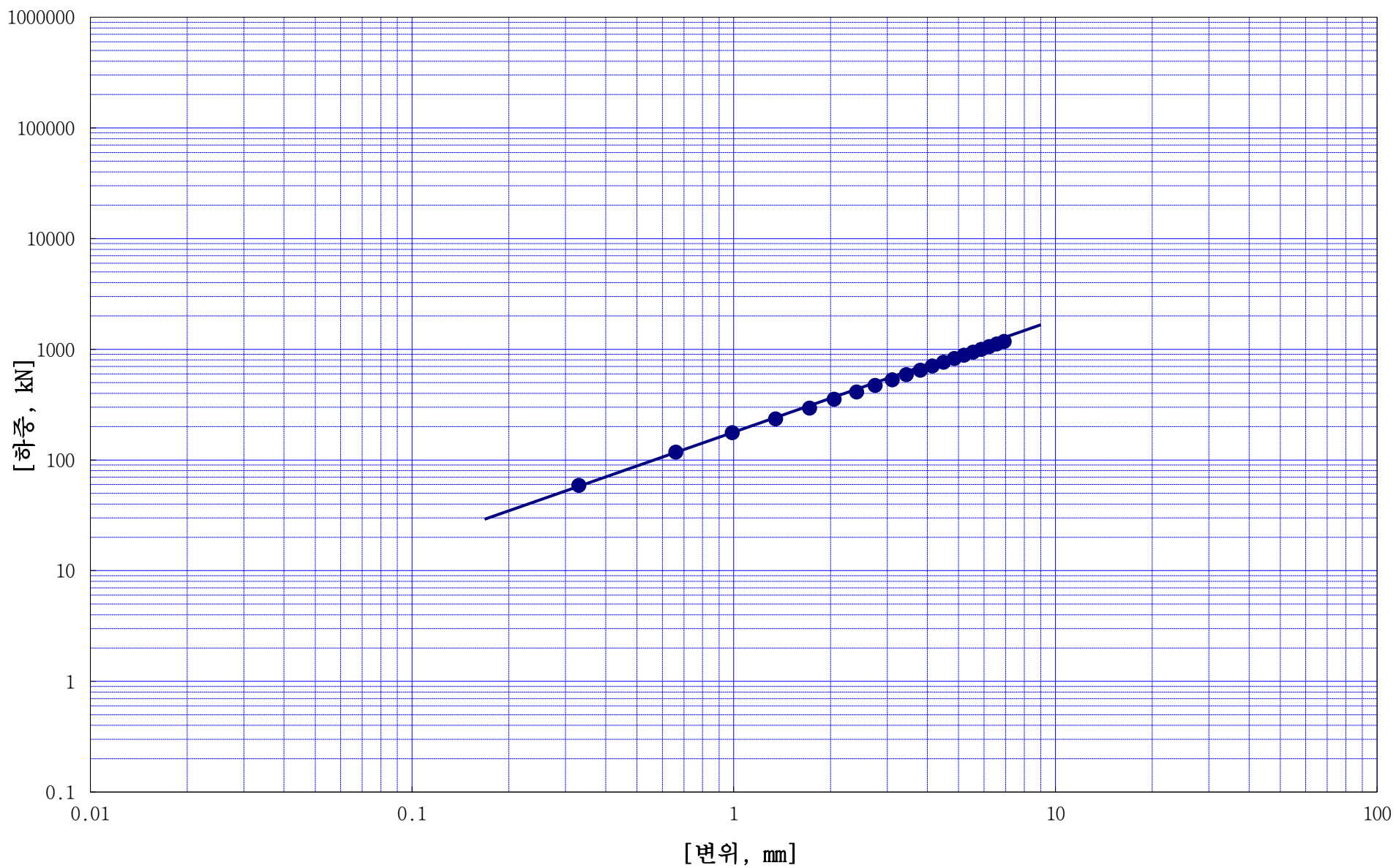
PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement (1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
1.0		469	490	479.5	419.5
2.0	588.60 kN	469	490	479.5	419.5
3.0		469	490	479.5	419.5
4.0		469	490	479.5	419.5
5.0		469	490	479.5	419.5
0.0	REBOUND 3	295	316	305.5	245.5
1.0		295	316	305.5	245.5
2.0	294.30 kN	295	316	305.5	245.5
3.0		295	316	305.5	245.5
4.0		295	316	305.5	245.5
5.0		295	316	305.5	245.5
0.0	REBOUND 4	154	173	163.5	103.5
1.0		154	173	163.5	103.5
2.0	.00 kN	154	173	163.5	103.5
3.0		154	173	163.5	103.5
4.0		154	173	163.5	103.5
5.0		154	173	163.5	103.5

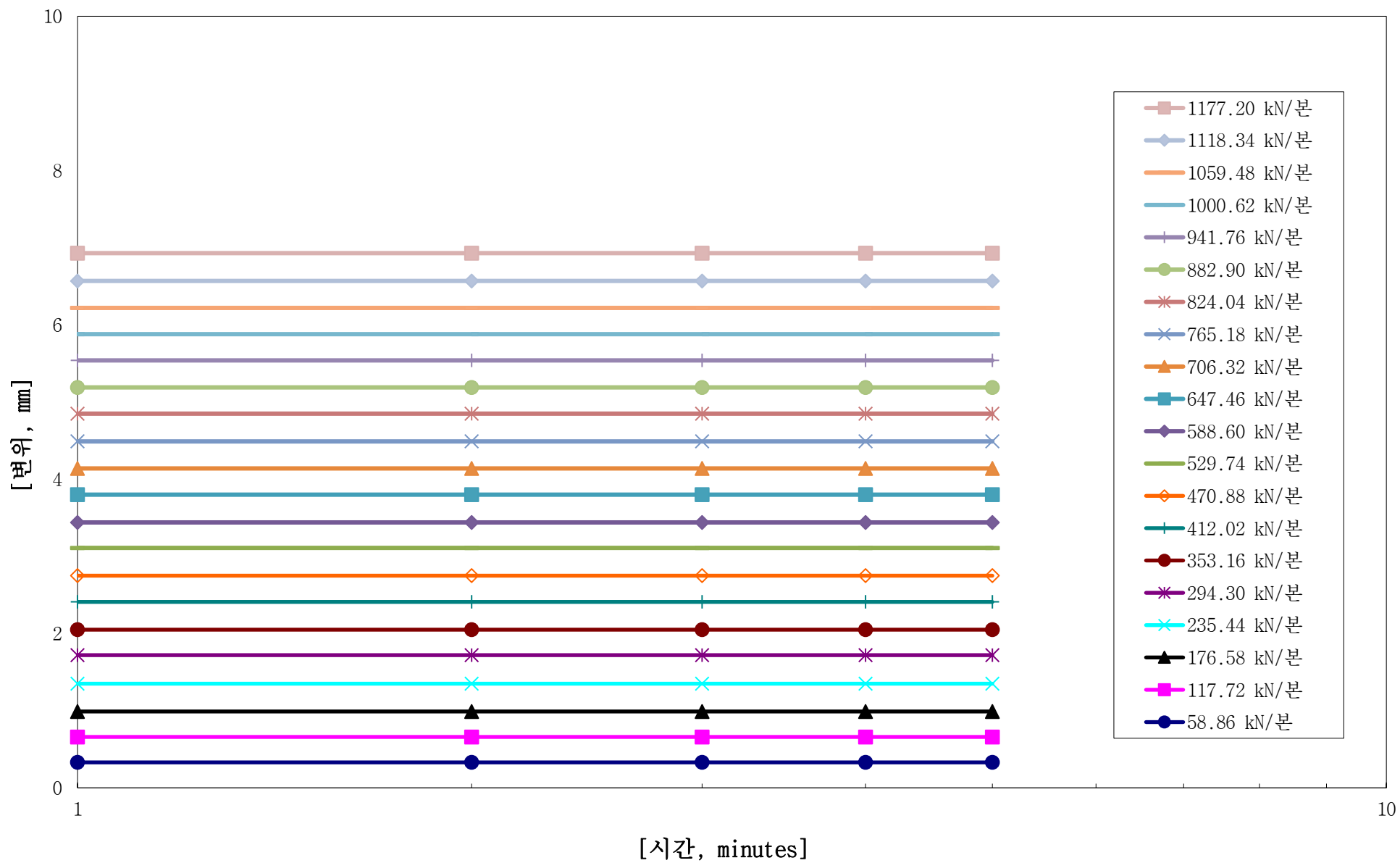
[P - S Method]



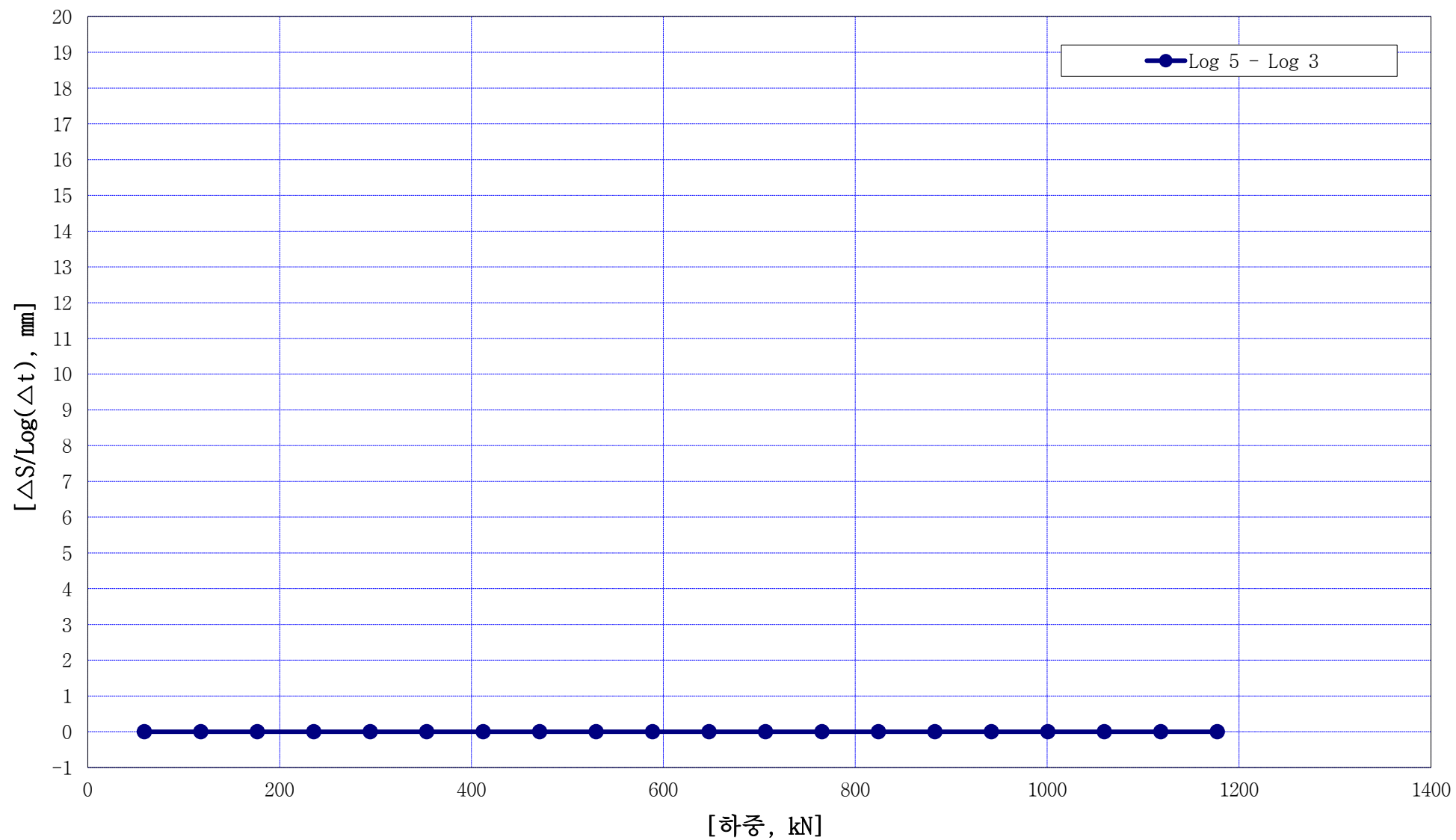
[Log P - Log S Method]



[S - Log (t) Method]

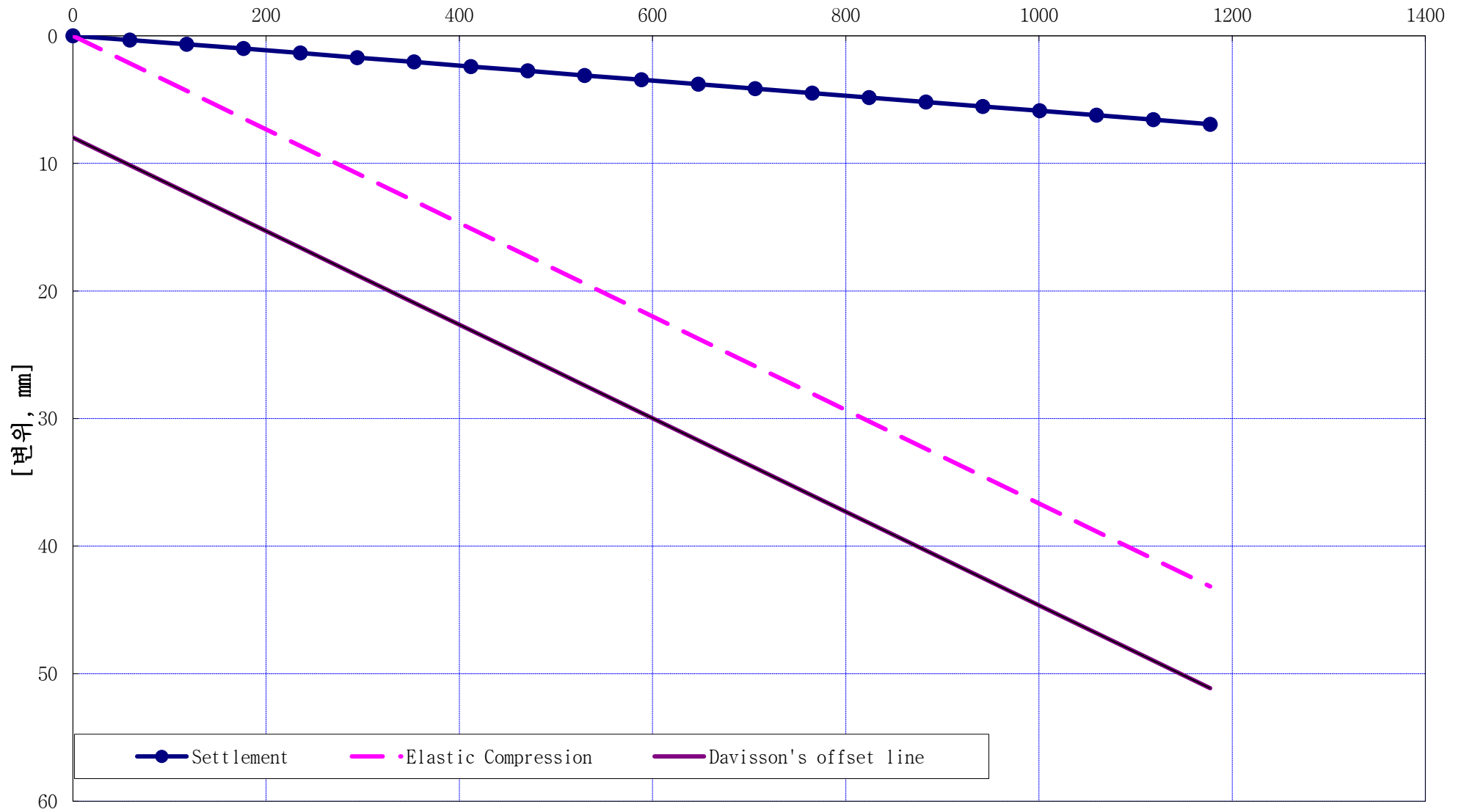


[$\Delta S / \text{Log}(\Delta t)$ - P Method]



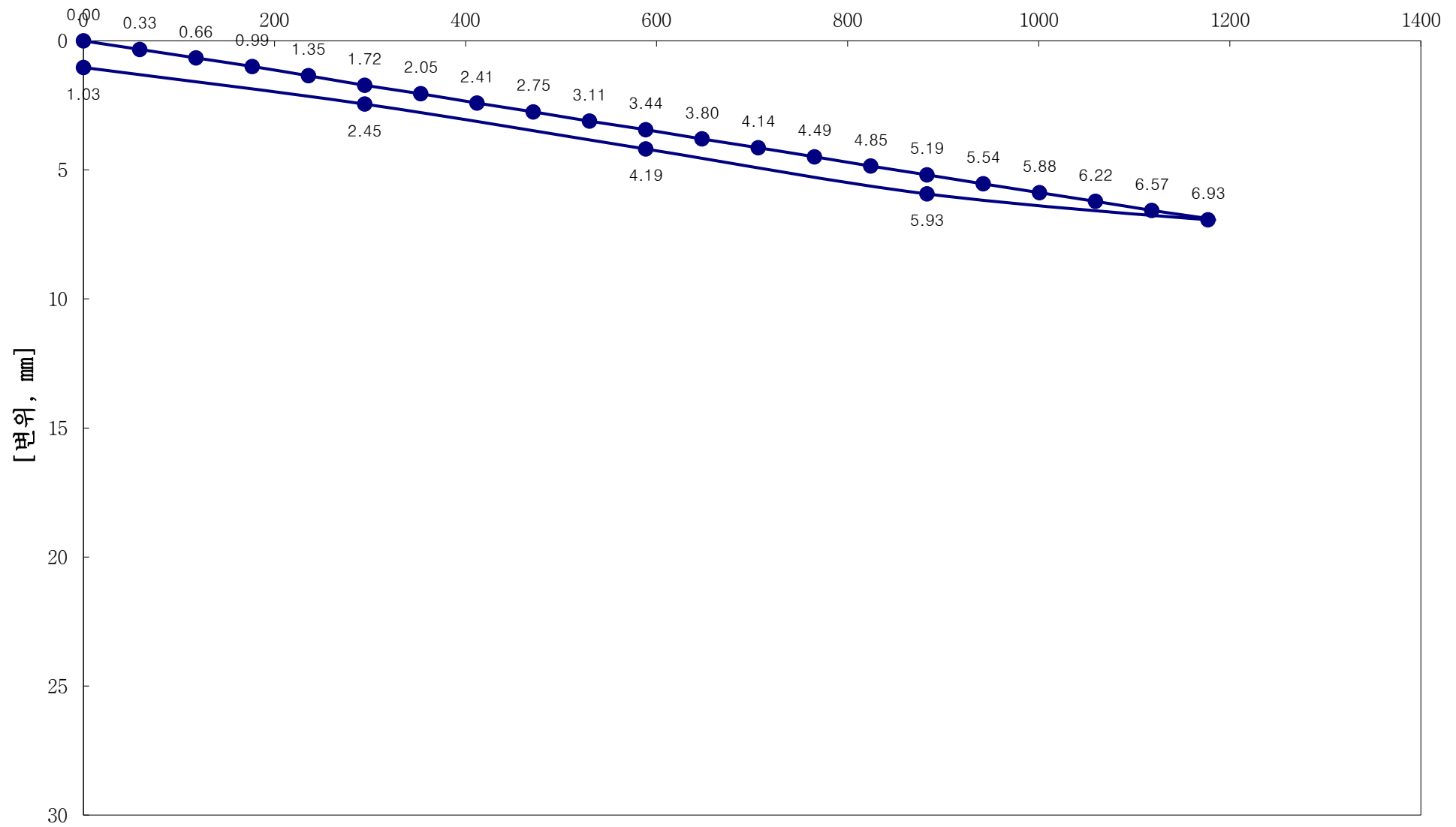
[Davisson's Method]

[하중, kN]



[NET Settlement Method]

[하중, kN]



2. 시험사진

P.L.T-1 [교량 A1 No.11]

2021. 07. 20

