

大阪堺地区における鋼杭（摩擦杭）打込試験について

八幡製鉄所 土木部長 広 田 兼 賀
" 試験掛長 ○田 上 磨

緒 言

晩近我国の産業は国土の高度的利用の面より海浜に埋立地を造成して築造され、その企業も国際的競争力の培養を目標として次第に大型化の傾向にある。企業の大型化は必然的に重構造物の基礎築造を必要とし、且つ、之が急速施工を迫られる現況により、土質条件によつては鋼杭基礎工法が、之が持つ多くの利点に着目され抬頭するに至つた。然し乍ら我国に於ては鋼杭に関する施工例も尠く、我々建設界にある者にとつても、鋼杭の採用に關しては未だ全面的に踏み切つたとは言ひ得ぬものがある。従つて鋼杭の採用に當つては各所に於て各種試験を実施している状態であり、鋼杭基礎ブームとは雖も、基本的問題に關しては今やつと搖籃期を脱出した程度である。特に鋼杭の使用に對しより多くの關心が払われる理由は、

1. 鋼杭に関する経験の不足。
2. 長期工事に際し価格の変動への危惧。
3. 鋼を貴重品視する潜在觀念。

と思われるが経験の蓄積。製鉄業界の企業合理化計画。經濟力の延び。および好むと好まざるに拘らず沖積層粘土層への対決等の相關關係が之等の危惧感乃至は潜在的觀念の払拭を行うであらう。

試験内容

1. 試験杭について（資料—7 頁参照）

試験杭は次の4種類のものを試験の対称とした。

異つた貫入量を与える H 杭 2 本、 $\phi 7$ 、 $\phi 8$ 、 $\phi 8$ と同一貫入量を与えた、径 500 耗厚さ 9 耗のスパイラルパイル $\phi 9$ 。及び径 355.6 耗厚さ 6 耗の電縫鋼管杭 $\phi 10$ 。である。 $\phi 7$ 杭に関する試験は O. P (大阪 B. M) — 31,^m140 — 36,^m000 に介在する

硬質層 N 値 170 を抜き、摩擦杭として試験を試みたが杭打機デルマツク 22 では打込み不能となり O. P - 31, 670^m にての試験を実施した。

№8。№9。№10。杭は夫々 N 値 100 の地層を抜き O. P - 27, 500^m の同一地層迄貫入させ、H. スパイラル、電縫鋼等の摩擦杭としての相互比較を目的とした試験を行つた。

2. 地層図 (資料 - 9 頁参照)

この地層は堺建設局 関係者は O. P - 20, 000^m を境に上部を沖積層下部を洪積層と大別している。試験は飽迄も摩擦杭として計画したため打込については柱状図に示す O. P - 27, 500^m 及び - 36, 000^m 迄杭を貫入させる計画であつたが、前述の如く №7 は O. P - 31, 670^m に止つた。

3. 打込みについて (資料 - 11 頁 ~ 19 頁参照)

杭の打込み成績は試験杭、基準杭、反力杭計 18 本につき別紙に記載しているため割愛する。

杭の支持力判断の目安として、動的貫入抵抗即静的極限支持力即ち動力学的支持力公式が使われていることは周知の通りであるが、この試験に先立ち既に終了した 1. 2 の試験の結果より堺に於ても之が確認を試みたが、その結果は必ずしも一致を見なかつた。このことは別途後述する。

4. 載荷試験 (資料 - 21 頁 ~ 32 頁参照)

№7 杭に於て 160 吨迄は沈下量としては杭の弾性圧縮量のみである。240 吨では杭の弾性圧縮量以外に土の弾性圧縮量約 2 耗が入つている。即ち 240 吨に於ける総沈下量は 18.3 mm であり、その内訳は杭の弾性圧縮量 14.6 mm。土の弾性圧縮量 2.0 mm。土の塑性変形量 1.5 mm。である。今後の課題としては「載荷試験の成績から許容支持力を判定するに当つて基準とする値〃杭頭の総沈下量〃から鋼杭自身の弾性圧縮量を如何に取扱うか、換言すれば鋼杭自身の弾性圧縮量を沈下量に入れるか否か」であり之が鋼杭の使用に際し経済的使用の面に与える影響は誠に大きいものがある。

資料に示す如く、「№7 杭 320 吨に於ける沈下量は約 27.5 mm」。「№8 杭 240 吨に於ては 32.3 mm」。「№9 杭 400 吨に対して 35.0 mm」。「№10 杭 220 吨で 27.0 mm」。を示している。

載荷試験と打撃時 (打止め附近) 最大応力の分布曲線が異つたことが打込時に於てふれた、静的極限支持力即ち動的貫入抵抗との当初の想定を否定する原因が介在して

いるのではないかとも思われる。因みに戸畑地区の支持杭の試験では両者の曲線は相似した。

5. 水平試験（資料－３３頁～３９頁参照）

軟弱地層に於ける杭の水平抵抗を調査するために、ＫＬ２本のＨ杭について静的短期水平載荷試験を行つたが、その結果は資料３３頁より３９頁に示した。

杭の水平抵抗の問題については我々は既に運輸省運輸技術研究所との共同試験を終了し目下解析中であるので本年６月頃一般に公開する予定である。

今回の試験の結果に関しては次のことが言える。

- 1 砂地盤に比して粘土地盤に於ては水平力をかけてから落着く迄の時間が長く、砂地盤１時間程度に対し粘土地盤に於ては２時間乃至３時間を要した。
- 2 最大の曲げ応力の発生する点は地表１米の作用点に対して地下１.５米から２米の処にあつて以下急速に零に収斂する。この事は砂地盤に於けるものと全く等しい。

6. 引抜試験（資料－４１頁～４３頁参照）

№７。№８。№９。№１０の引抜試験を企画して実施したが現在迄に判明しているのは、№７。№８の両杭についてであり、その結果は「№７杭に於て約２００屯」。

「№８杭に於ては約１２０屯」であつた。

この事は通常現場にて行われている試験より、引抜力即摩擦力と考えている事を一概に肯定し得ないものを意味している。この理由は載荷試験時の杭の先端応力からも推定される。

試験結果に対する所見

1. 鋼杭を基礎杭として採用するに当つて考慮すべき事項

- 1 経 済 性
- 2 施工の難易
- 3 耐 久 性
- 4 強 度

これ等の問題で共通することで根本的な問題は第一に強度即

各所に於ける試験では従来の杭打公式に依つて計算したものと、載荷試験の結果が余り一致しないことが報告されている。

１本当りの許容荷重が８０屯以上、且つ、長さが２０米以上と云うような条件のもとに使用される鋼杭の支持力を適確に判定することは構造物の安全上からも経済上か

からも極めて重要なことである。

2. 杭打公式に於ける問題点

杭の支持力を判定するための従来の公式を分類すると、

動力学的公式（杭打公式）

静力学的公式

経験に依る公式

となるが、施工管理の点から所謂杭打公式に適当なるものがあることが望ましい。杭打公式の考えの基本は動力学的な貫入抵抗が静力学的な支持力と略々一致すると言うことであつて、この原則が成立しないことには構造物設計の資料とするに値しないものとなる。

杭打公式に含まれる項目は「杭の材質」、「寸法」に関するものを除くと次のようになる。

- 1 ハンマーの打撃エネルギー（ハンマーの重量と落下高）
- 2 ハンマーの効率と反撥係数
- 3 杭と土の弾性（圧縮によるエネルギーの損失）
- 4 クッションに依るエネルギーの損失
- 5 貫入量

この中現場に於ける測定は1のハンマーの落下高と5の貫入量であつて式に依つてはるの杭と土の弾性圧縮量も測定するが、その他の項目は通常、常数として与えられることが多い。

現場に於て注意深く観察すると、ディーゼルハンマーとかスチームハンマーのように打撃間隔の短かいハンマーを使用すると、杭の打込が進むにつれて一打当りの貫入量が増大する傾向が認められる。亦、打撃を一時中止すると打撃再開直後の貫入量が著しく減少することも認められる。この事は同一の打撃条件で異つた貫入量を与えることを意味している。尚打撃時に乱された土質の回復の問題については今後ますます検討しなければならないことである。

杭が長大になると打止め附近に於ては杭と土との弾性圧縮量が貫入量に較べて小さくなるので重要な意味を持つてくる。

打撃時に杭に生ずる応力はワイヤーストレンゲージを貼り付けて測定することが出来るので、この応力を以て杭の貫入抵抗と考えると、上記の諸点に無関係に杭の支持

力を判定することが可能とも言える。杭頭では応力の集中があるので適当な処を選び杭の貫入抵抗を実測し、杭打公式並びに載荷試験結果と対比することを試みた。

3. 打撃時に生ずる杭の応力と支持力との関係

戸畑で行った掘入長 17 米の鋼杭打込試験では - 15 米附近に砂岩があり支持杭と考えられた。

此処ではワイヤストレンゲージで測定した打止時の打撃応力と載荷試験に依る静力学的極限支持力発生時の応力は一致した。

また、打込時の地盤の弾性圧縮を零と考え、沈下曲線に表われた弾性変形量を全て杭自身のものとして、弾性計算から求めた杭の応力度は実測した応力度とはほとんど一致した。

然し乍ら堺地区に於ては杭長が 33.5 米であつて戸畑の如き関係が成立しなかつた。戸畑の如く 15 米乃至 17 米で然も基盤が硬い所でも杭の先端には杭頭荷重の 90 % 以下の荷重しか伝えられていないが、長尺杭では殆んど摩擦杭と考えてよく 30 米以上の杭では 20 % 前後である。その結果は資料 29 頁より 32 頁に示している。今回の試験で杭打時に測定した杭の応力と静的極限支持力との間に予め想定した関係即ち動的貫入抵抗 = 静的極限支持力が成立しなかつた事に関しては詳細なる検討を行うが、土と杭の弾性圧縮量と杭の応力の間に何らかの関係が成立するものと思われる。即ち、打撃時に於ける打撃力の伝播速度は 5300 米 / 秒であつて、各点の最大応力は時間的にずれを示して居り、長尺杭の場合には土の弾性圧縮量と打撃応力の伝播速度を考慮する必要があると認められ、従来の公式には別途時間的要素も加味しなければならないと思われる。

4. 水平抵抗力

先に述べた静的水平載荷試験の他に動的載荷試験として短かい鋼管にコンクリートを充填した重錘をデリツキクレーンより吊下げて振力として杭と衝突させた時の杭の変位量と応力を測定したが、この資料は未だ解析を行つていない。

杭の静的抵抗力は小さいようであるが、地表の 2 乃至 3 米の地盤改良は杭の静的抵抗に関し極めて有効である。荷重を次の段階に増加させた後静止に至る時間が粘土盤と砂盤に於て異なる。即ち 1 時間対 2 乃至 3 時間の関係は粘土の圧密に起因するものと思われる。

杭の静的な抵抗力と動的乃至地震に対する抵抗力との間には複雑な関係があると思

われ、試験を実際に応用するときには色々と難かしい問題があり、水平抵抗に関しては今後の問題として各種の試験が行われていくものと思われる。

以 上

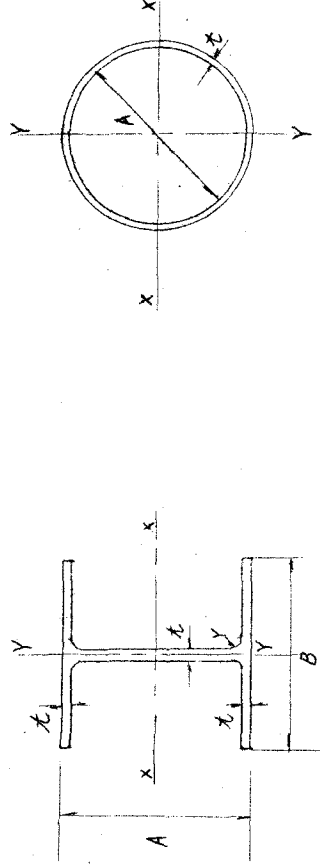
杭 一 覧 表

杭 番 号	杭 用 途	形 状		杭			全 長	杭 入 長	全 重 量	打 込 順 序	使 用 マ シ ン	ス ト レ ー ジ ゲ ー ジ	摘 要
		断 面	寸 法 (mm)	下 杭	中 杭	上 杭						KBR-4 KB-22	
1	反力	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	2	D-22	4	
2	反力	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	5	D-22	4	
3	反力	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	8	D-22	4	
4	反力	φ	500 × 9	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,652	13	D-22	4	
5	反力	φ	355.6 × 6.5	17,500	—	16,000	33,500	32,500	1,872	11	D-22	4	
6	基準	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	1	油谷3号 D-22	4	Redriving 用
7(B)	載荷引抜	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	15,000	11,000	43,500 (6,180 × 38,680)	42,500	4,568	4	D-22	18	貫入不能につき切断
8(A)	載荷引抜	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	7	D-22	17	
9(S)	載荷引抜	φ	500 × 9	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,652	15	D-22	34	
10(T)	載荷引抜	φ	355.6 × 6	17,500	—	16,000	33,500	32,500	1,872	14	D-22	17	
11	基準	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	18	D-22	4	Redriving 用
12	反力	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	3	油谷3号		4
13	反力	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	6	油谷3号		4
14	反力	H	300 × 305 × 15 / 15	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,518	9	油谷3号		4
15	反力	φ	500 × 9	17,500	—	16,000	33,500	32,500	3,652	12	D-22		4
16	反力	φ	355.6 × 6.5	17,500	—	16,000	33,500	32,500	1,872	10	油谷3号		4
K	水	H	300 × 305 × 15 / 15	13,000	—	—	13,000	11,500	1,365	17	油谷3号	24	42
L	水	H	300 × 305 × 15 / 15	13,000	—	—	13,000	11,500	1,365	16	油谷3号	24	42

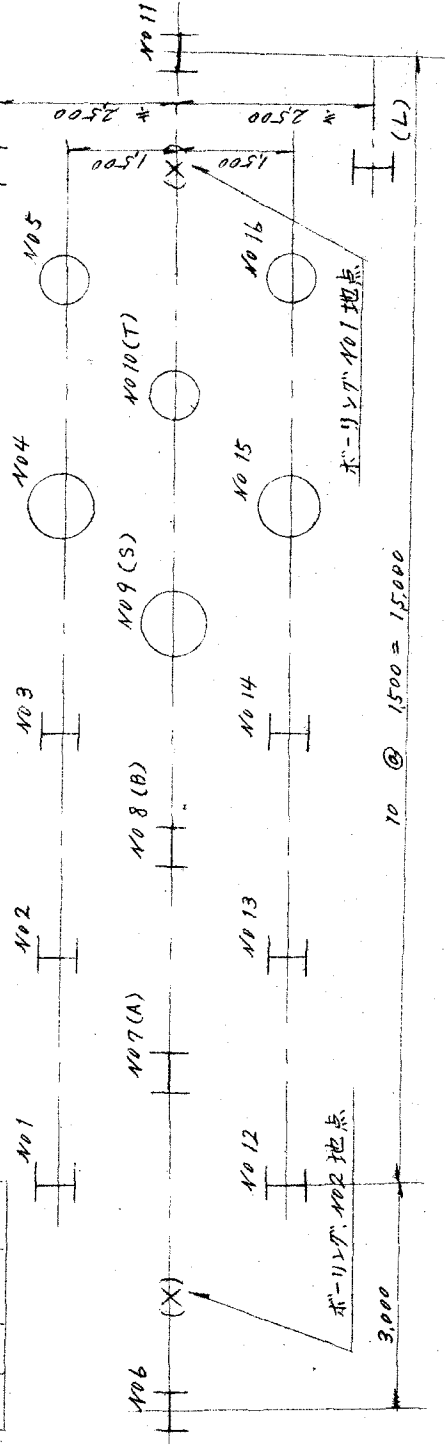
試験杭断面諸元

形 状	規 格	寸 法 (mm)				断面積 (cm^2)	重 量 (Kg/m)	断面二次 モーメント		回 転 半 径 (cm)		断 面 係 数 (cm^3)		備 考
		A	B	t	r			I x	I y	i x	i y	Z x	Z y	
H	Hp-300	300	305	15	16	134.2	105.0	21,400	7,100	12.6	7.28	1,430	466	八幡製鉄
鋼管電	縫 管	355.6		6.5		71.3	55.9	10,858	10,858	12.4	12.4	611	611	八幡鋼管
鋼管	スパイラル管	500		9		139.0	109.0	41,000	41,000	17.4	17.4	1,642	1,642	八幡鋼管

工事名称	鋼杭（摩擦杭）打込試験工事		
図面名称			
縮尺			図面番号
照査	設計	製図	昭和 年 月 日



杭 配 置 図



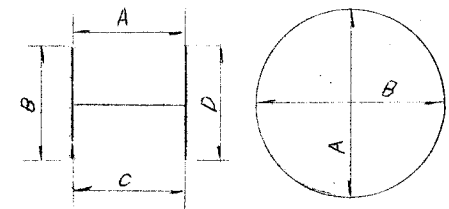
土質結果一覧表

ボーリング地点 NO 1										ボーリング地点 NO 2											
標高 OP 4.50					自然水位 OP 4.26					標高 OP 4.50					自然水位 OP 4.23						
標尺 m	標高 m	深度 m	層厚 m	地質名	圧縮強 kg/cm ²	標準貫入試験 N値					標尺 m	標高 m	深度 m	層厚 m	地質名	圧縮強 kg/cm ²	標準貫入試験 N値				
	4.26	0.24	0.24	表土	0.1	10	20	30	40	50		3.93	0.57	0.57	表土	0.1	10	20	30	40	50
	3.01	1.49	1.25	シルト質粗砂								2.78	1.72	1.15	中砂						
5				砂質シルト							5	-0.22	4.72	3.00	シルト質細砂						
	2.29	6.79	5.30	シルト								-0.57	5.07	9.35	粘土質シルト						
	-3.64	8.14	1.35	細砂								-3.87	8.37	3.30	中砂						
10	-5.04	9.54	1.40	シルト質粘土							10	-5.17	9.67	1.30	粘土質シルト						
												-5.92	10.42	0.75	中砂						
15												-6.77	10.67	0.25	砂						
	-14.84	19.34	7.80	粘土質シルト							15	-11.47	15.97	5.30	シルト質粘土						
20	-17.24	21.74	2.40	砂礫								-13.57	18.07	2.10	細砂混り粘土						
	-19.84	24.34	2.60	シルト質粘土								-15.87	20.17	2.10	シルト質粘土						
25				砂質粘土 (細砂)								-16.50	21.00	0.83	中砂						
	-24.54	29.04	4.70	砂礫								-16.83	21.33	0.33	砂礫						
30	-27.14	31.64	2.60	砂質粘土								-19.07	23.57	2.24	粘土質シルト						
	-29.84	32.34	0.70	粘土								-21.72	26.22	2.65	砂質粘土						
35	-31.14	35.64	1.50	砂礫								-22.37	26.87	0.65	シルト質粘土						
	-33.64	38.14	2.50	細砂								-22.87	27.17	0.30	砂礫						
40	-35.94	40.44	2.30	粘土質シルト								-23.21	27.91	0.54	砂礫						
	-40.67	45.17	4.73	シルト質粘土								26.39	30.89	2.82	シルト質粘土						
45												-27.04	31.54	0.65	砂礫						
50	-45.79	50.29	7.12	シルト質粘土								-28.77	33.27	1.73	粘土質シルト						
												-29.67	34.17	0.90	シルト質粘土						
												-30.67	35.17	1.02	シルト質粘土						
												-30.87	35.37	0.18	シルト質粘土						
												-31.55	36.05	0.68	砂礫						

打込成績一覧表 (No. 1 ~ No. 4)

	反力杭 No. 1		反力杭 No. 2		反力杭 No. 3		反力杭 No. 4		
	H杭 300×305×15		H杭 300×305×15		H杭 300×305×15		スパイラル管 φ500×厚9		
	長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		
	下杭	上杭	下杭	上杭	下杭	上杭	下杭	上杭	
	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.00 m	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.00 m	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.00 m	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.00 m	
打込月日	9月21日	9月22日	9月30日	10月1日	10月10日	10月11日	10月19日	10月19日	10月20日
打込開始時間	19時01分	15時19分	16時12分	2時53分	12時04分	2時48分	9時47分	15時03分	2時58分
ハンマー	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22
打込区間	0 ~ 16.33 m	16.33 m ~ 32.50 m	0 ~ 16.56 m	16.56 m ~ 32.50 m	0 ~ 16.45 m	16.48 m ~ 32.50 m	0 ~ 16.56 m	16.56 m ~ 31.00 m	31.00 m ~ 32.50 m
打込長さ	16.33 m	16.17 m	16.56 m	15.94 m	16.45 m	16.02 m	16.56 m	14.44 m	1.50 m
打込総所要時間	134分	56分	6分	86分	3分	12分	25分	31分	8分
打込正味時間	15分30秒	21分10秒	6分	48分	3分	12分	4分	15分	8分
打撃回数(総数)	80回	795回	48回	1,914回	29回	437回	94回	676回	425回
ストローク	1.00m ~ 1.50m	1.40m ~ 2.00m	1.00m ~ 1.60m	1.00m ~ 2.00m	1.20m ~ 1.40m	1.00m ~ 2.50m	1.00m ~ 1.60m	1.00m ~ 2.50m	1.00m ~ 2.20m
打込50cm当り 打撃回数									
打止め	33cm当り 2回	136回	5回	346回	4回	49回	56cm当り 6回	100回	122回
最大	8回	136回	5回	364回	5回	49回	7回	100回	190回
最小	3回	3回	0回	4回	0回	4回	4回	6回	113回
貫入量(50cm平均) 一打撃当り									
打止め	33cm当り 16.5cm	0.37cm	10.0cm	0.15cm	12.5cm	1.0cm	56cm当り 9.3cm	0.5cm	0.41cm
最大	6.3cm	0.37cm	10.0cm	0.14cm	10.0cm	1.0cm	7.0cm	0.5cm	0.26cm
最小	16.7cm	16.7cm	50cm以上	12.5cm	50cm以上	12.5cm	12.5cm	8.3cm	0.44cm
建込時杭頭偏倚量	S - 85.5mm W - 5mm		N - 67mm W - 1.7mm		S - 29.3mm E - 5.5mm		S - 4.5mm W - 1mm		
打込後 "	S - 274.5mm W - 0.5mm	S - 368mm W - 3.8mm	S - 58mm E - 11.8mm	S - 9.3mm E - 18.8mm	S - 9.8mm E - 6.0mm	S - 40.8mm W - 0.5mm	S - 21.5mm W - 2mm		S - 19.5mm E - 5.5mm
杭頭寸法	A=300 O=300 B=305 D=305	A=304 O=301 B=306 D=306	A=303 O=302 B=306 D=307	A=306 O=303 B=305 D=304	A=301 O=305 B=305 D=304	A=303 O=303 B=306 D=307	A=501 B=500	A=499 B=501	
杭内部水面高							水なし		GL - 8,470 m
杭内部地面高							GL - 5,830 m		GL - 8,500 m
杭建込時間	46分	87分	78分	49分	120分	85分	45分	48分	
溶接時間	177分		136分		65分		64分		
コンプレッサー 回転数									
レシーバーフエカ									
中間フエカ									

註1. 杭頭寸法



工事名称	鋼杭(摩擦杭)打込試験工事			
図面名称	打込成績一覧表 (No. 1 ~ 4) 中間報告			
縮尺		図面番号		
照査	設計	製図	昭和 年 月 日	

打 込 成 績 一 覧 表 (№ 5 ~ № 7)

	反 力 杭 № 5		規 準 杭 № 6				試 験 杭 № 7		
	電 線 管 $\phi 355.6 \times$ 厚 6		H 杭 $300 \times 305 \times 15$				H 杭 $300 \times 305 \times 15$		
	長 さ 33.50 m		長 さ 33.50 m				長 さ 43.50 m		
	下 杭 $\ell = 17.50$ m	上 杭 $\ell = 16.00$ m	下 杭 $\ell = 17.50$ m		上 杭 $\ell = 16.00$ m		下 杭 $\ell = 17.50$ m	中 杭 $\ell = 15.00$ m	上 杭 $\ell = 11.00$ m
打 込 月 日	10月16日	10月17日	9月19日	9月20日	9月21日	10月23日	9月26日	9月27日	9月28日
打 込 開 始 時 間	21時35分	2時52分	13時44分	16時58分	15時34分	15時18分	14時05分	2時45分	2時36分
ハ ン マ ー	デルマツク D-22	デルマツク D-22	油谷3号	デルマツク D-22	デルマツク D-22	油谷3号	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22
打 込 区 間	0 ~ 16.60 m	16.60m ~ 32.51m	0 ~ 10.64m	10.64m ~ 16.514m	16.54m ~ 27.53m	27.53m ~ 32.49m	0 ~ 16.58m	16.58m ~ 31.50m	31.50m ~ 36.68m
打 込 長 さ	16.60 m	15.91 m	10.64 m	5.87 m	10.99 m	4.96 m	16.58 m	14.92 m	5.18 m
打 込 総 所 要 時 間	10分	37分	16分	10分	10分	137分	47分	77分	185分
打 込 正 味 時 間	10分	34分	4分	10分	5分	77分	17分	66分	163分
打 撃 回 数 (総 数)	40回	563回	151回	59回	169回	6,456回	44回	888回	2,944回
ス ト ロ ー ク	1.00m ~ 1.60 m	1.00m ~ 2.00m	0.457 m	1.00m ~ 1.50 m	1.00m ~ 1.50m	0.457 m	1.00m ~ 1.40m	1.00m ~ 1.76m	1.00m ~ 2.20m
打 込 50cm 当 り 打 撃 回 数									
打 止 め	60cm 当 り 4回	51cm 当 り 55回	19回	4回	18回	926回	3回	363回	68cm 当 り 894回
最 大	4回	91回	27回	10回	18回	1,185回	5回	363回	68cm 当 り 894回
最 小	1回	4回	16回	1回	3回	342回	0回	2回	41回
貫 入 量 (50cm 平 均) (一 打 撃 当 り)									
打 止 め	60cm 当 り 15.0cm	51cm 当 り 0.91cm	2.63cm	12.5cm	2.8cm	0.054cm	17.0cm	0.14cm	0.06cm
最 小	15.0cm	0.55cm	1.79cm	5.0cm	2.8cm	0.04cm	10.0cm	0.14cm	0.06cm
最 大	50.0cm	12.5cm	3.11cm	5.0cm	16.7cm	0.15cm	50cm 以上	25cm	1.22cm
建 込 時 杭 頭 偏 倚 量	N-6.5mm W-6mm		S-4.7mm W-2.3mm				N-1.5mm W-8.3mm		
打 込 後 "	N-1.5mm W-8mm	N-7.5mm E-0.5mm		S-5.7mm W-1.3mm	N-5mm W-11.3mm	N-8mm E-4.2mm		N-2.5mm W-92.8mm	
杭 頭 寸 法	A=355 B=356	A=355 B=357	A=305 C=306 B=295 D=300	"	A=306 C=305 B=304 D=302	"	A=306 C=307 B=302 D=302	A=307 C=308 B=300 D=304	A=306 C=305 B=301 D=302
杭 内 部 水 面 高	水 な し	水 な し							
杭 内 部 地 面 高	GL-9,120	GL-13,850							
杭 建 込 時 間	60分	120分	139分		59分		48分	112分	70分
溶 接 時 間	40分		73分				140分	95分	
コ ン プ レ ッ サ ー 回 転 数			1,300 ~ 1,500 rpm		1,600 ~ 1,800 rpm				
レ シ ー バ ー フ ェ カ			7.0 ~ 7.5%		7%				
中 間 フ ェ カ			0 ~ 15%		2%				

工 事 名 称	鋼 杭 (摩 擦 杭) 打 込 試 験 工 事				
図 面 名 称	打 込 成 績 一 覧 表 (№ 5 ~ 7) 中 間 報 告				
縮 尺				図 面 番 号	
照 査	設 計	製 図	昭 和	年 月 日	

打込成績一覧表 (No. 8 ~ 11)

	試験杭 No. 8		試験杭 No. 9		試験杭 No. 10		規 準 杭 No. 11		
	H杭 300×305×15		スパイラル管 φ500×厚9		電線管 φ355.6×厚9		H杭 300×305×15		
	長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		
	下 杭	上 杭	下 杭	上 杭	下 杭	上 杭	下 杭	上 杭	
	ℓ=17.50 m	ℓ=16.00 m	ℓ=17.50 m	ℓ=16.00 m	ℓ=17.50 m	ℓ=16.00 m	ℓ=17.50 m	ℓ=16.00 m	
打 込 月 日	10月8日	10月9日	10月24日	10月25日	10月21日	10月22日	10月27日	10月29日	10月31日
打 込 開 始 時 間	13時00分	2時36分	11時15分	3時22分	11時32分	3時38分	10時20分	2時55分	3時04分
ハ ン マ ー	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22	デルマツク D-22
打 込 区 間	0～16.45 m	16.45m～32.50m	0～16.59 m	16.59m～32.50m	0～16.47 m	16.47m～32.50m	0～16.98m	16.98m～27.50m	27.50m～32.50m
打 込 長 さ	16.45 m	16.05 m	16.59 m	15.91 m	16.47 m	16.03 m	16.98 m	10.52 m	5.00 m
打込総所要時間	25分	52分	2分	23分	6分	40分	5分	56分	54分
打込正味時間	7分	23分	2分	23分	6分	20分	4分	9分	24分
打撃回数(総数)	57回	871回	73回	1,088回	50回	917回	43回	202回	1,103回
ス ト ロ ー ク	1.00 m～1.50m	1.00m～2.50m	1.00m～1.50m	1.00m～2.10m	0.80m～1.50m	1.00 m～2.00m	1.00m～1.50m	1.30m～2.00m	1.30m～2.00m
打込50cm当り 打 撃 回 数									
打 止 め	45 cm当り 1回	116回	59 cm当り 5回	76回	47 cm当り 3回	103回	98 cm当り 3回	21回	81回
最 大	8回	116回	8回	126回	4回	143回	11回	23回	268回
最 小	0回	3回	3回	9回	1回	5回	1回	4回	38回
貫入量(50 cm平均) (1打撃当り)									
打 止 め	45 cm	0.45 cm	11.8 cm	0.66 cm	15.7 cm	0.49 cm	98 cm当り 32.7 cm	2.38 cm	0.62 cm
最 小	6.25 cm	0.43 cm	6.25 cm	0.4 cm	12.5 cm	0.35 cm	4.54 cm	2.18 cm	0.18 cm
最 大	50 cm以上	16.7 cm	16.7 cm	5.55 cm	50 cm	10 cm	50 cm	12.5 cm	1.32 cm
建込時杭頭偏倚量	S-4 mm E-14.5 mm		N-1.5 mm E-15 mm		N-10 mm W-0.5 mm		S-14.5 mm W-14.3 mm		
打込後 "	S-2 mm W-8 mm	S-2.8 mm W-117.8	N-6 mm E-10 mm	N-1 mm E-3 mm	N-10 mm E-0.5 mm	N-2 mm E-11 mm	S-15 mm E-39.8 mm	S-10.3 mm E-36.8 mm	S-22.8 mm E-42.3 mm
杭 頭 寸 法	A=304 O=304 B=300 D=304	A=305 O=304 B=306 D=305	A=503 B=500	A=500 B=502	A=358 B=355	A=356 B=354	A=305 O=304 B=300 D=300	A=305 O=306 B=301 D=304	"
杭内部水面高			水なし	GL-7.120					
杭内部地面高			GL-5.090	GL-7.130					
杭 建 込 時 間	110分	46分	30分	30分	30分	40分	30分	25分	
溶 接 時 間	75分		100分		66分		54分		
コンプレッサー 回 転 数									
レシーバーフェカ									
中 間 フ ェ カ									

工事名称	鋼杭(摩擦杭)打込試験工事			
図面名称	打込成績一覧表 (No. 8 - 11) 中間報告			
縮尺				図面番号
照査	設計	製図	昭和 年 月 日	

打込成績一覧表 (No. 12 ~ 15)

	反力杭 No. 12		反力杭 No. 13		反力杭 No. 14		反力杭 No. 15	
	H杭 300×305×15		H杭 300×305×15		H杭 300×305×15		スパイラル管 φ500×厚9	
	長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		長さ 33.50 m		長さ 33.50 m	
	下杭	上杭	下杭	上杭	下杭	上杭	下杭	上杭
	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.00 m	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.00 m	ℓ = 17.50	ℓ = 16.00	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.00 m
打込月日	9月24日	9月25日	10月2日	10月3日	10月12日	10月13日	10月17日	10月18日
打込開始時間	15時11分	2時43分	14時30分	3時25分	12時04分	3時33分	16時00分	13時56分
ハンマー	油谷3号	油谷3号	油谷3号	油谷3号	油谷3号	油谷3号	デルマツク D-22	デルマツク D-22
打込区間	0 ~ 16.50 m	16.50m ~ 32.53m	0 ~ 16.50 m	16.50m ~ 32.50m	0 ~ 16.50 m	16.50m ~ 32.50m	0 ~ 16.69 m	16.83m ~ 32.50m
打込長さ	16.50 m	16.03 m	16.50 m	16.00 m	16.50 m	16.00 m	16.69 m	15.83 m
打込総所要時間	5分	48分	3分	35分	6分	60分	10分	83分
打込正味時間	5分	37分	3分	35分	6分	45分	5分	44分
打撃回数(総数)	165回	2,669回	243回	3,164回	179回	3,274回	66回	1,211回
ストローク	0.457 m	0.457 m	0.457 m	0.457 m	0.457 m	0.457 m	1.00m ~ 1.50m	1.00m ~ 2.00m
打込50cm当り 打撃回数								
打止め	15回	286回	26回	290回	20回	211回	(69cm当り) 6回	89回
最大	15回	286回	26回	290回	20回	261回	9回	114回
最小	2回	27回	8回	42回	5回	37回	1回	13回
貫入量(50cm平均) (1打撃当り)								
打止め	3.33 cm	0.185 cm	1.96 cm	0.172 cm	2.5 cm	0.24 cm	11.5 cm	0.56 cm
最小	3.33 cm	0.185 cm	1.96 cm	0.172 cm	2.5 cm	0.19 cm	5.55 cm	0.44 cm
最大	25 cm	1.96 cm	6.26 cm	1.78 cm	10.0 cm	1.35 cm	50 cm	3.85 cm
建込時杭頭偏倚量	S-7 mm W-0.5 mm		N-18.5 mm W-13.3 mm		N-7 mm W-0.5 mm		S-3 mm E W ± 0	
打込後 "	S-1.5 mm W-3 mm	N-7.5 mm E-5.5 mm	N-21.0 mm W-5.8 mm	N-31.8 mm W-15.5 mm	S-1.5 mm E-0.5 mm	S-4 mm W-8 mm	S-12 mm E-6 mm	S-17 mm E-16 mm
杭頭寸法	A=304 G=304 B=306 D=306	A=304 G=304 B=305 D=305	A=306 G=303 B=305 D=305	A=301 G=305 B=304 D=305	A=305 G=305 B=305 D=305	A=305 G=301 B=306 D=306	A=498 B=500	A=500 B=499
杭内部水面高							水なし	GL-7.120
杭内部地面高							GL-5.080	GL-7.620
杭建込時間	36分	33分	45分	50分	77分	40分	45分	80分
溶接時間	99分		135分		67分		55分	
コンプレッサー 回転数	1,600 ~ 1,800rpm	1,600 ~ 1,800rpm	1,700 ~ 1,800rpm	1,500 ~ 1,800rpm	1,600 ~ 1,700rpm	1,600 ~ 1,700rpm		
レシーバーフエカ	7.0 ~ 7.3 %	6.9 ~ 7.4 %	7.0 ~ 7.1 %	6.5 ~ 7.5 %	7 ~ 8 %	7 ~ 7.4 %		
中間フエカ	1.2 ~ 2.0 %	1.5 ~ 2.0 %	0.5 ~ 2.0 %	1.7 ~ 2.0 %	0 ~ 2 %	1 ~ 2 %		

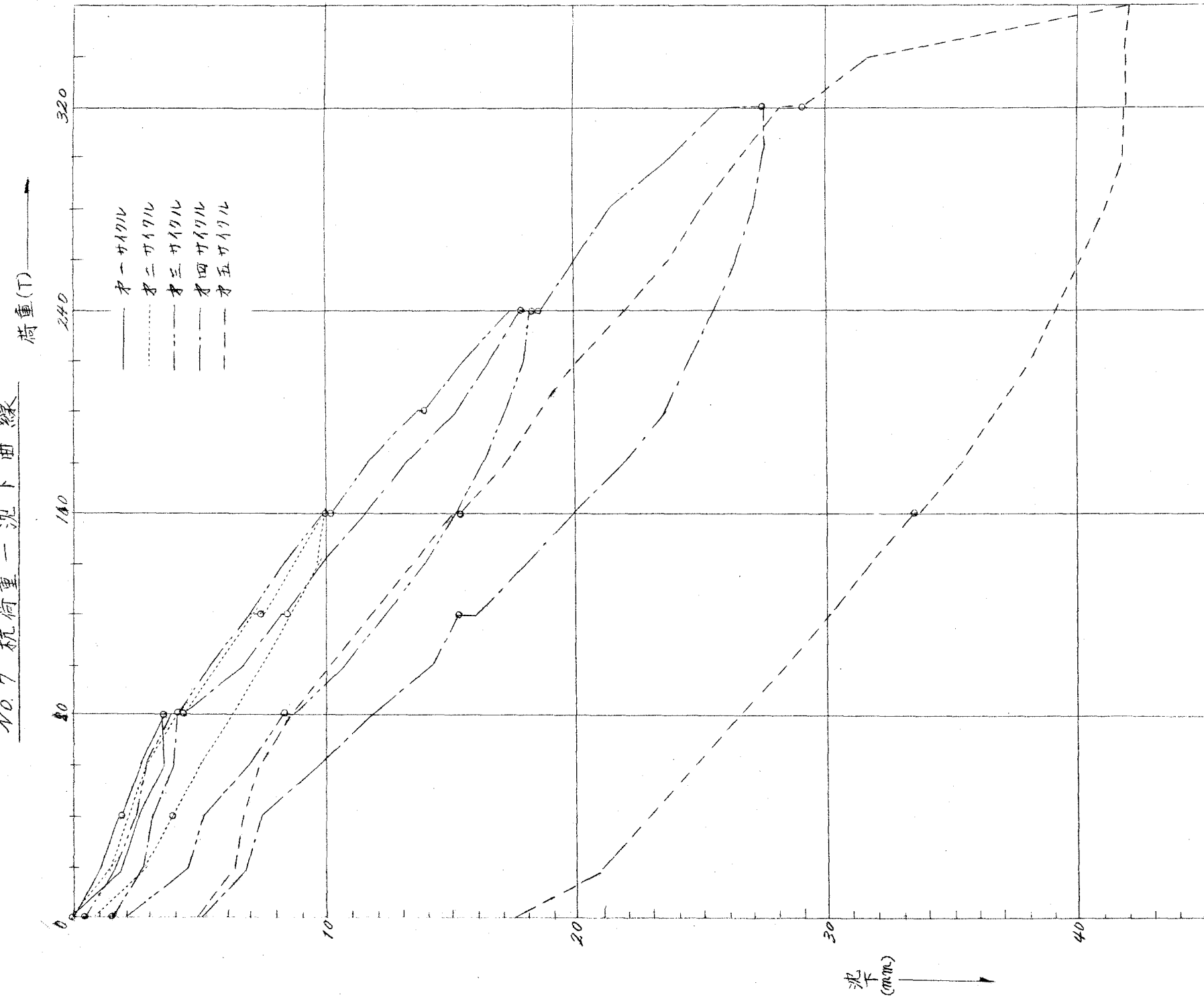
工事名称	鋼杭(摩擦杭)打込試験工事			
図面名称	打込成績一覧表 (No. 12 ~ 15) 中間報告			
縮尺			図面番号	
照査		設計	製図	昭和 年 月 日

打 込 成 績 一 覧 表 (№ 16 K 杭 L 杭)

	反 力 杭 № 16		L 杭	K 杭
	電 縫 管 φ 355.6 × 厚 6		H 杭 300 × 305 × 15	H 杭 300 × 305 × 15
	長 さ 33.50 m		長 さ 13.50 m	長 さ 13.50 m
	下 杭	上 杭		
	ℓ = 17.50 m	ℓ = 16.60 m		
打 込 月 日	10月14日	10月15日	10月26日	10月26日
打 込 開 始 時 間	14時36分	3時06分	13時56分	16時03分
ハ ン マ ー	油谷3号	油谷3号	油谷3号	油谷3号
打 込 区 間	0 ~ 16.57 m	16.57m ~ 32.50 m	0 ~ 12.00 m	0 ~ 12.00 m
打 込 長 さ	16.57 m	15.93 m	12.00 m	12.00 m
打 込 総 所 要 時 間	5分	89分	77分	27分
打 込 正 味 時 間	3分30秒	41分	17分	7分30秒
打 撃 回 数 (総 数)	228回	3,485回	454回	313回
ス ト ロ ー ク	0.457 m	0.457 m	0.457 m	0.457 m
打 込 50cm 当 り 打 撃 回 数				
打 止 め	57cm 当 り 15回	195回	38回	26回
最 大	17回	405回	53回	43回
最 小	2回	47回	6回	0回
貫 入 量 (50cm 平 均) (1 打 撃 当 り)				
打 止 め	3.80 cm	0.26 cm	1.32 cm	1.94 cm
最 小	2.94 cm	0.12 cm	0.96 cm	1.16 cm
最 大	25 cm	1.07 cm	50 cm 以上	50 cm 以上
建 込 時 杭 頭 偏 倚 量	S - 9.5 mm W - 7.5 mm			
打 込 後 "	S - 12.5 mm W - 7.5 mm	S - 10.5 mm W - 1.8 mm		
杭 頭 寸 法	A=357 mm B=355 mm	A=355 mm B=356 mm		
杭 内 部 水 面 高	水 な し	GL - 5,120		
杭 内 部 地 面 高	GL - 4,120	GL - 5,140		
杭 建 込 時 間	47 分	15分	36分	30分
溶 接 時 間	65分			
コ ン プ レ ッ サ ー 回 転 数	1,600 ~ 1,700rpm	1,600 ~ 1,700rpm	1,700 ~ 1,800 1/min	1,800 1/min
レ シ ー パ ー フ ェ カ	7 ~ 8 %	6.3 ~ 7.1 %	7	7 %
中 間 フ ェ カ	0 ~ 2 %	1 ~ 2.1 %	1 ~ 2 %	1.9 %

工 事 名 称	鋼杭（摩擦杭）打込試験工事			
図 面 名 称	打込成績一覧表（№ 16 K L）中間報告			
縮 尺			図面番号	
照 査	設計	製図	昭和 年 月 日	

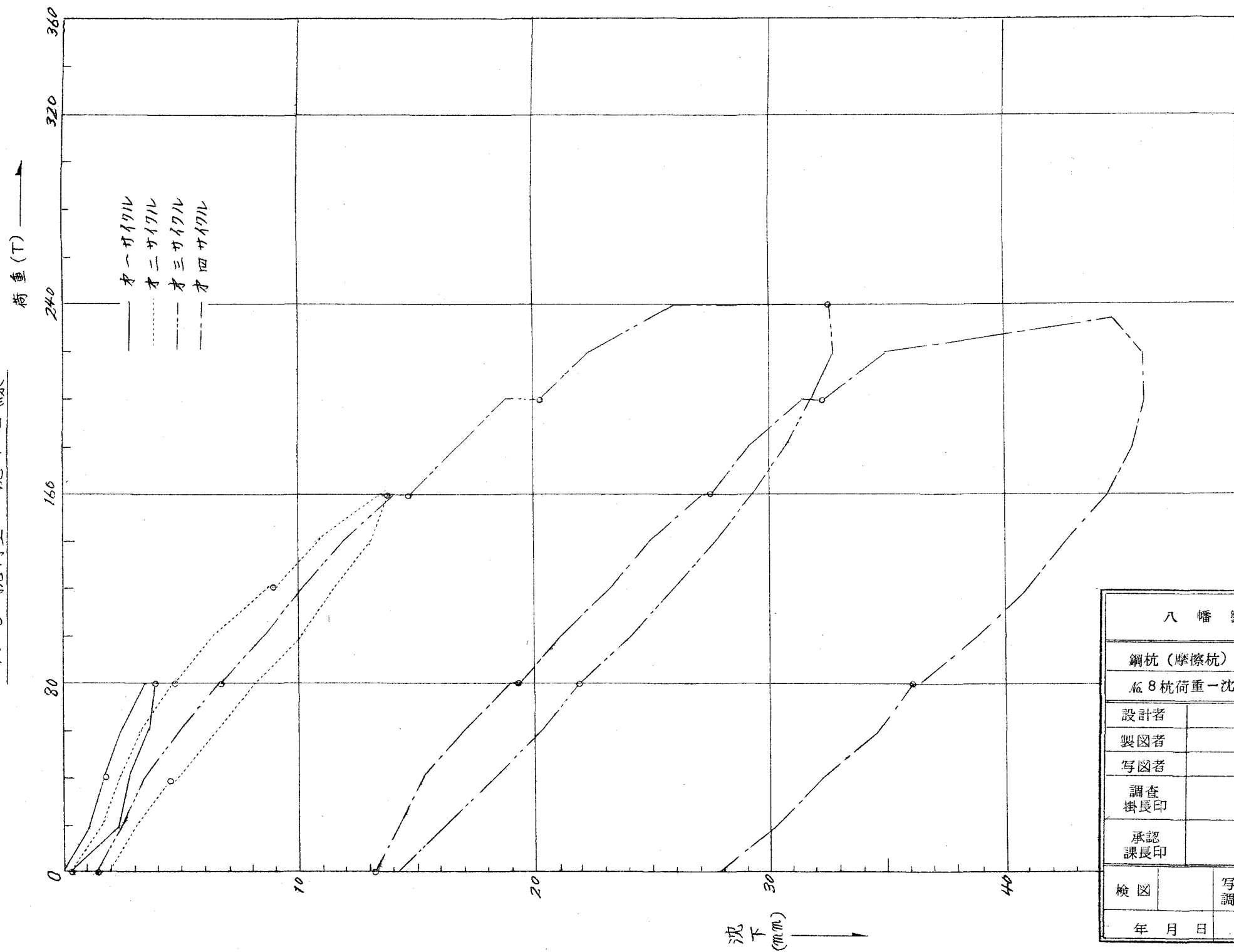
No. 7 杭荷重—沈下曲線



註 1 : № 7 は 305 × 300 × 15 の H 杭 で 長さ 38.180 m (17,500 m、15,000 m、
 6,180 m の 継杭) である (打込 長さ 36.680 m)
 註 2 : 沈下 測定 点 は 地 表 面 より 50 mm 上 の 見 掛 の 沈 下 量 を 四 点 で 測 定 し た。
 註 3 : —○— は 安 定 し た 点 を 示 す。

八 幡 製 鉄 株 式 会 社			
鋼 杭 (摩 擦 杭) 打 込 試 験 工 事			
No. 7 杭 荷 重 — 沈 下 曲 線 中 間 報 告			
設 計 者		縮 尺	
製 図 者		完 成	西 曆 年 月 日
写 図 者		図 面 番 号	
調 査 掛 長 印		D	
承 認 課 長 印			
検 図		写 図 調 査	製 作 済
年 月 日		年 月 日 35年11月29日	

108 杭荷重一沈下曲線



註 1 №8 は 305 × 300 × 15 の H 杭で長さ 33.500 m (17.500 m 及 16.000 m

継続) である (打込長 32.000 m)

註 2 沈下測定点は地表面より 50 cm 上の見掛けの沈下量を四点で測定した。

註 3 —○— は安定した点を示す。

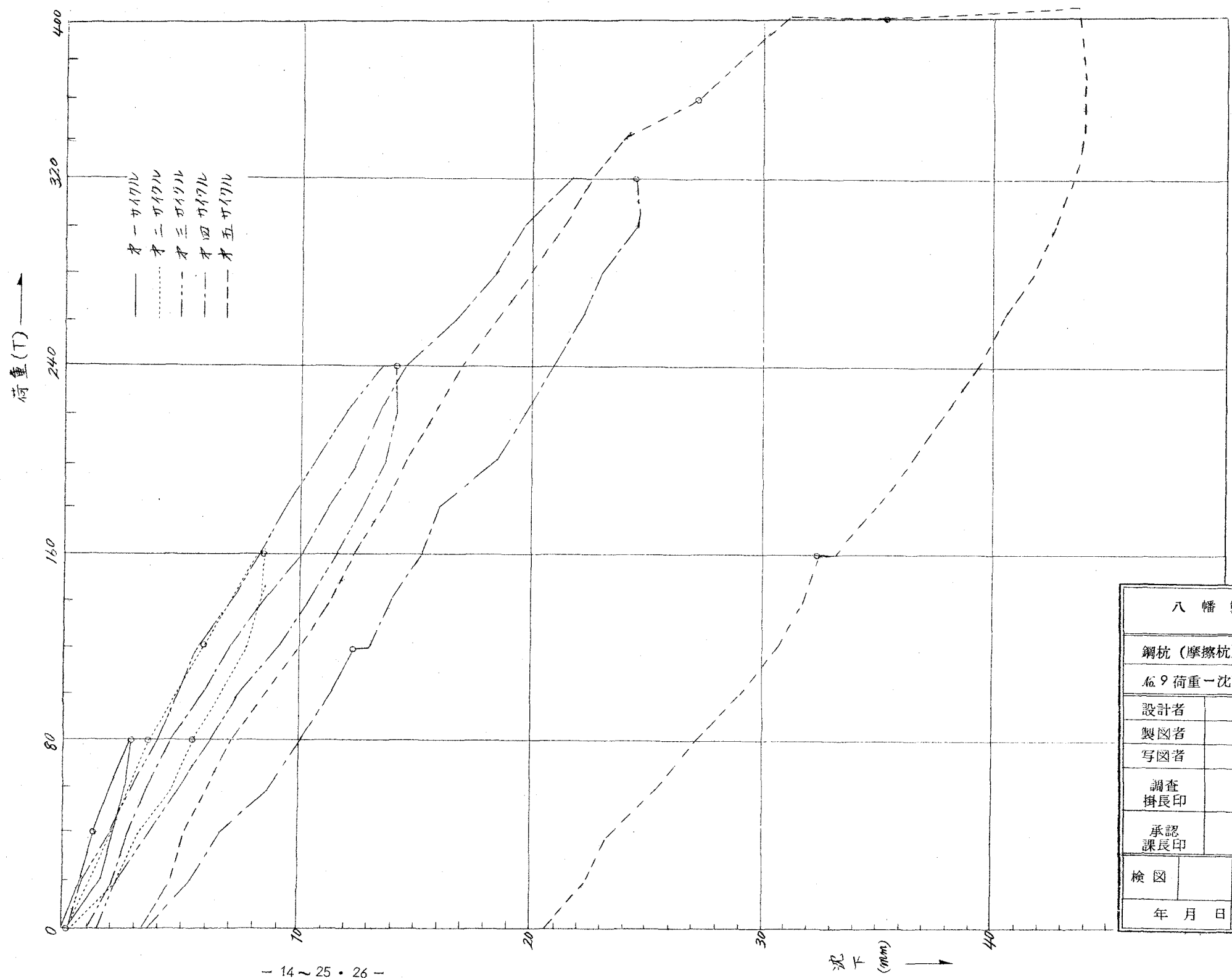
八 幡 製 鉄 株 式 会 社

鋼杭 (摩擦杭) 打込試験工事

№8 杭荷重一沈下曲線中間報告

設計者		縮尺	— — — —
製図者		完成	西暦 35 年 12 月 1 日
写図者		図 面 番 号	
調査 掛長印		D	
承認 課長印			
検 図		写 図 調 査	製 作 済
年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

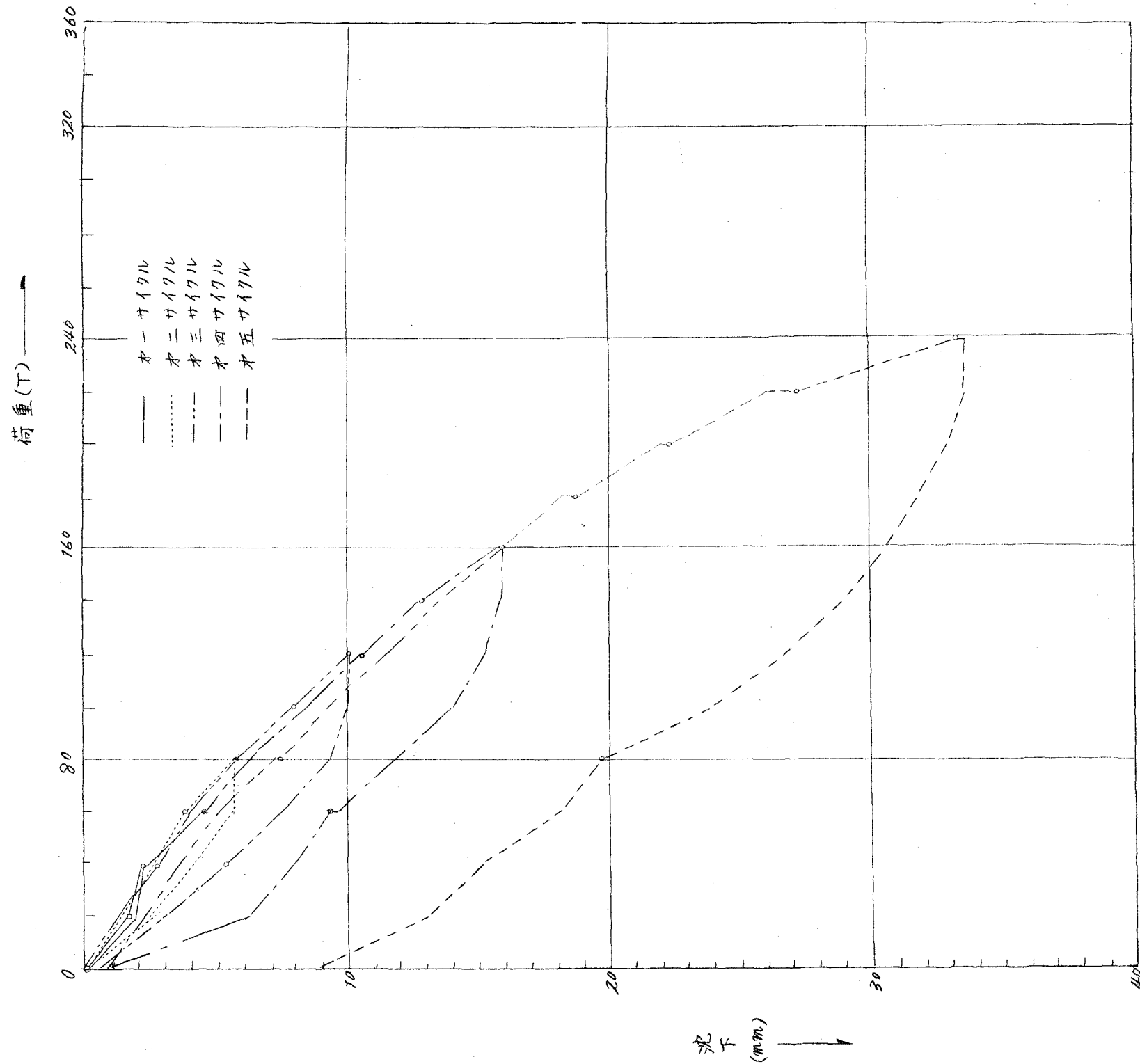
No. 9 (スパイラル管) 荷重 - 沈下曲線



註 1 No. 9 は径 500 mm 厚 9 mm 長さ 33,500 mm (17,500 mm 及 16,000 mm の二本
継ぎ) のスパイラル管である。(打込長さ 32,000 mm)
註 2 沈下測定点は地表面より 50 cm 上の見掛けの沈下量を四点で測定した。
註 3 —○— は安定した点を示す。

八 幡 製 鉄 株 式 会 社			
鋼杭 (摩擦杭) 打込試験工事			
No. 9 荷重 - 沈下曲線中間報告			
設計者		縮尺	— — —
製図者		完成	西暦 S 35 年 12 月 9 日
写図者		図 面 番 号	
調査 掛長印		D	
承認 課長印			
検 図	年 月 日	写 図 調 査	製 作 済
	年 月 日	年 月 日	年 月 日

No 10 荷重—沈下曲線

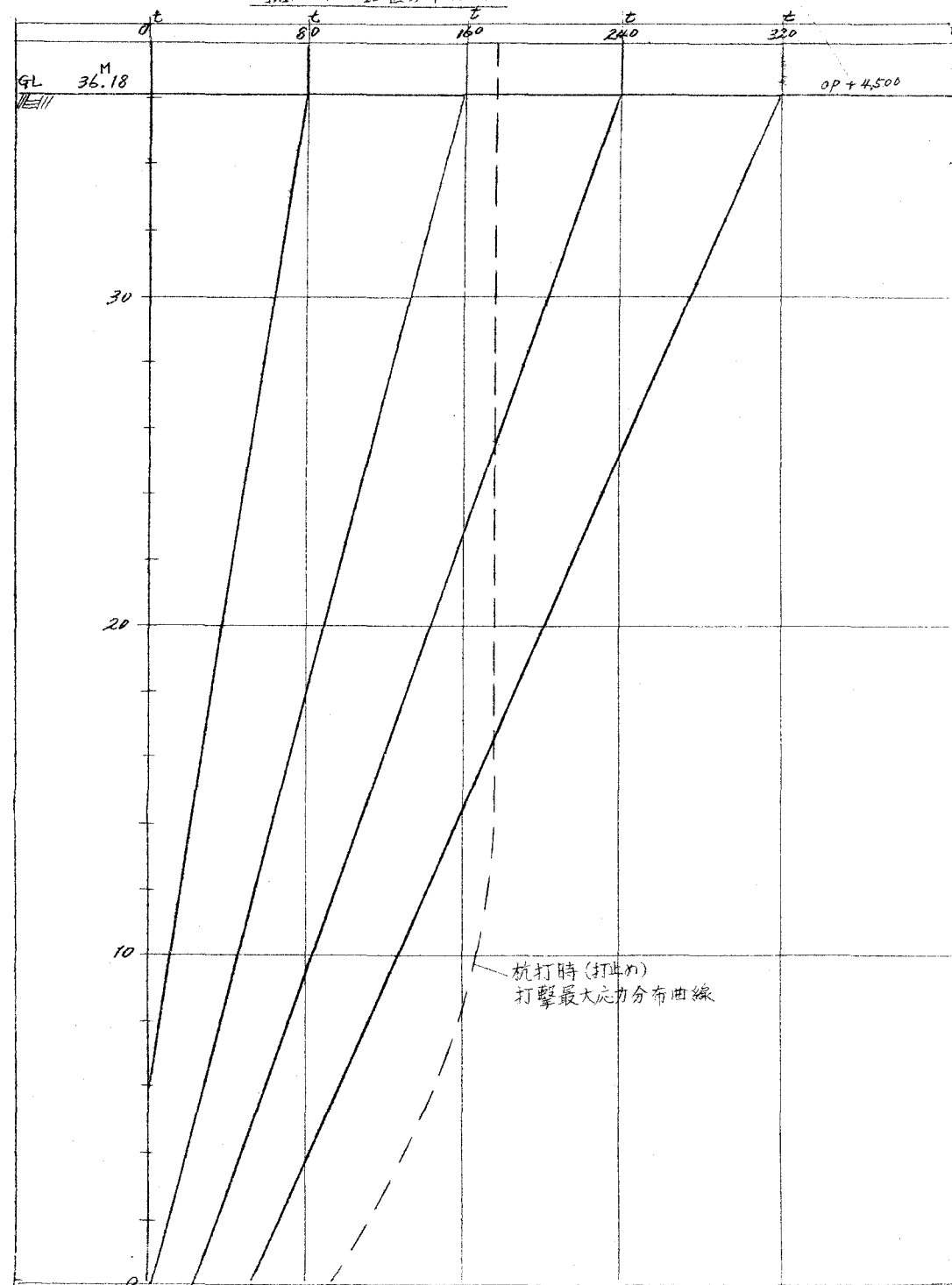


- 註 1 No 10 は ϕ 355.6 厚 6 長 33,500 m 打止長 32,000 m の電縫管である。
 註 2 沈下測定点は地表面より 50 cm 上り沈下量を四点で測定した。
 註 3 —○— は安定した点を示す。

八 幡 製 鉄 株 式 会 社			
No 10 荷重—沈下曲線中間報告			
設計者		縮尺	— — —
製図者		完成	西暦 S 35 年 12 月 17 日
写図者		図 面 番 号	
調査 掛長印		D	
承認 課長印			
検 図		写 図 調 査	製 作 済
年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

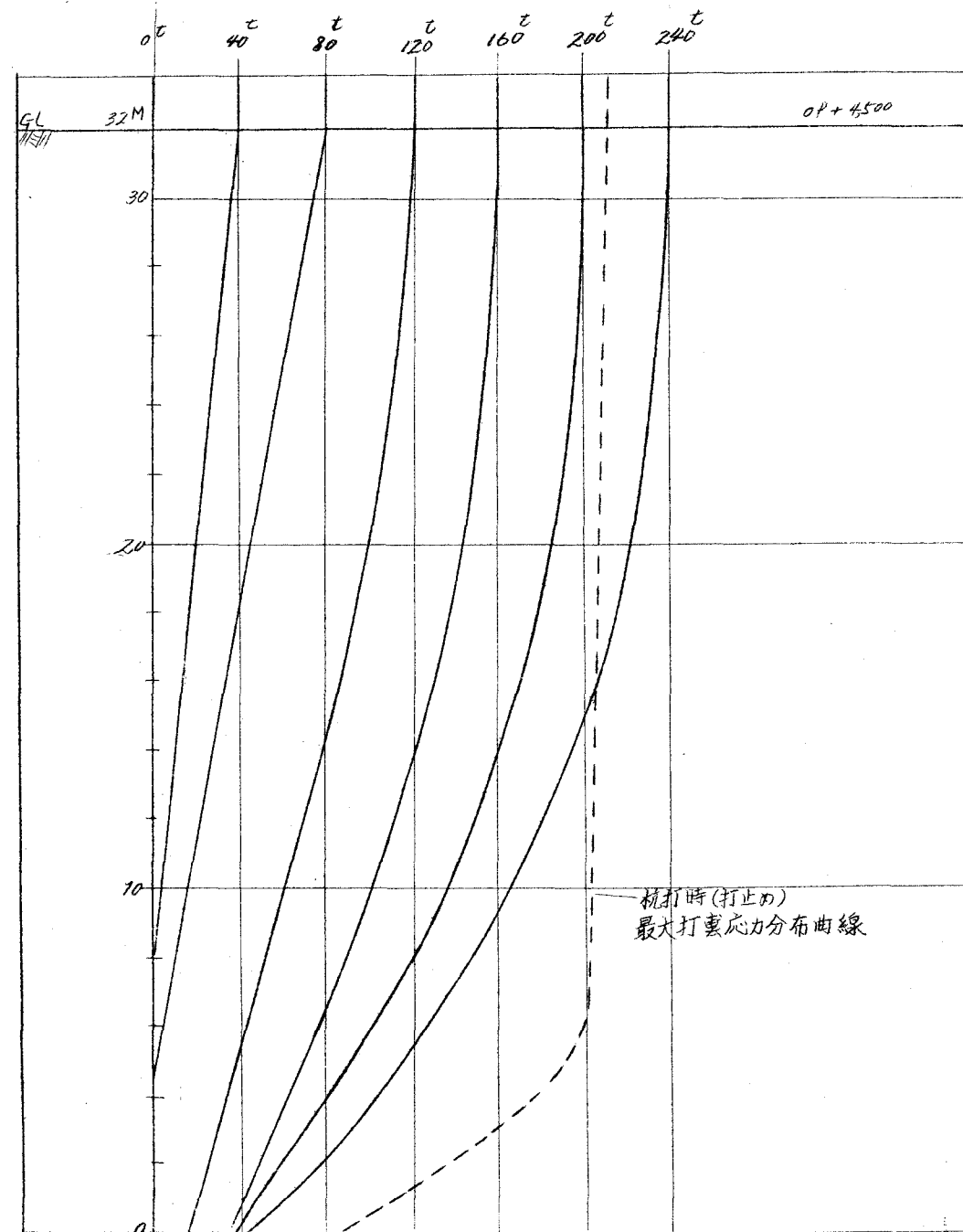
杭-7 鉛直載荷試験

杭応力 鉛直分布曲線



杭-8 鉛直載荷試験

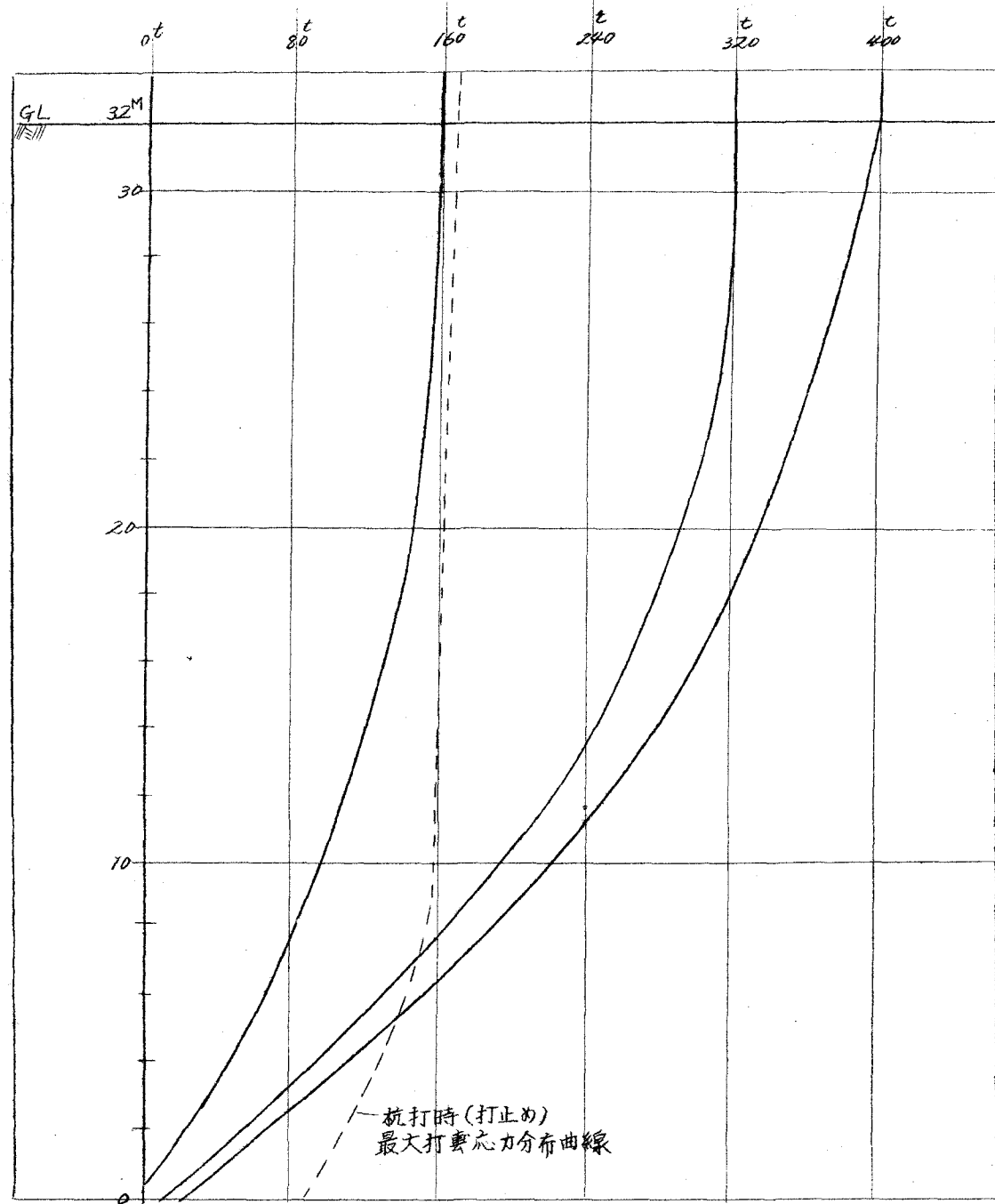
杭応力 鉛直分布曲線



杭打時(打止め)
最大打撃応力分布曲線

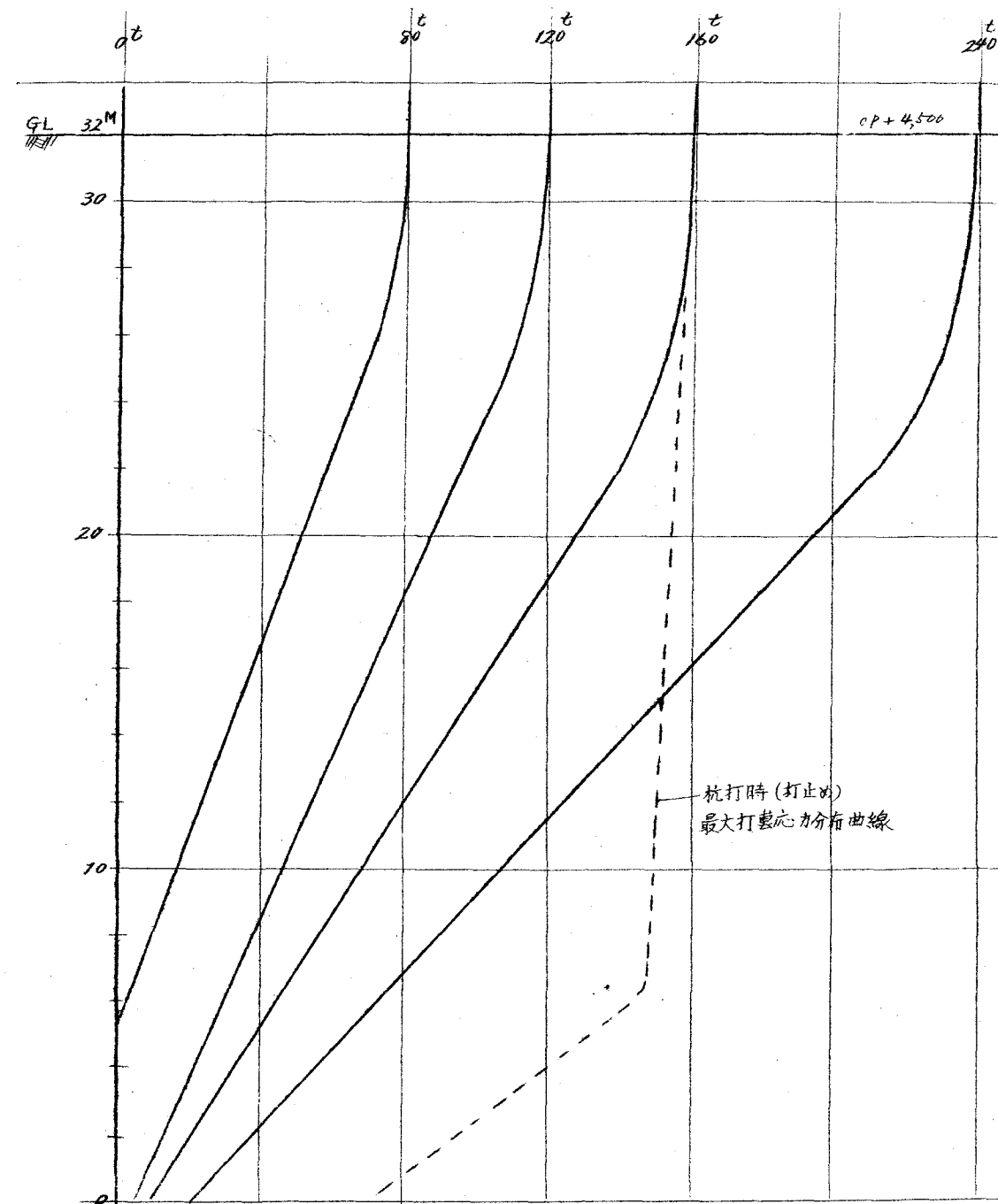
杭-9 鉛直載荷試験

杭応力 鉛直分布曲線



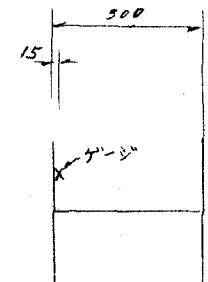
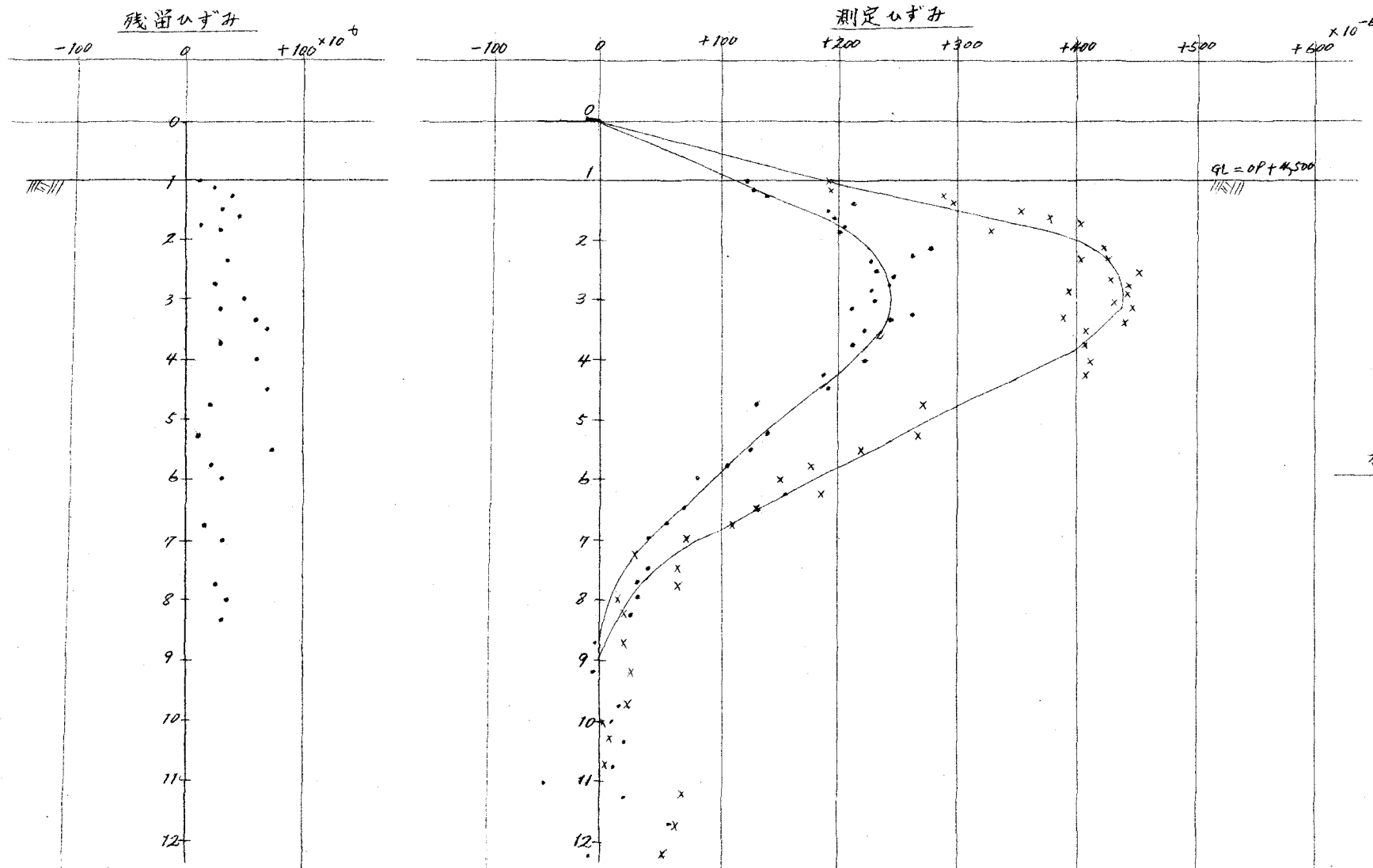
杭-10 鉛直載荷試験

杭応力 鉛直分布曲線



杭K 静的短期水平載荷試験

荷重—ひずみ 垂直分布曲線



オ4 サイクル (1960. 12. 29)

0^t → 4^t → 8^t → 0^t

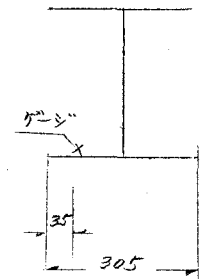
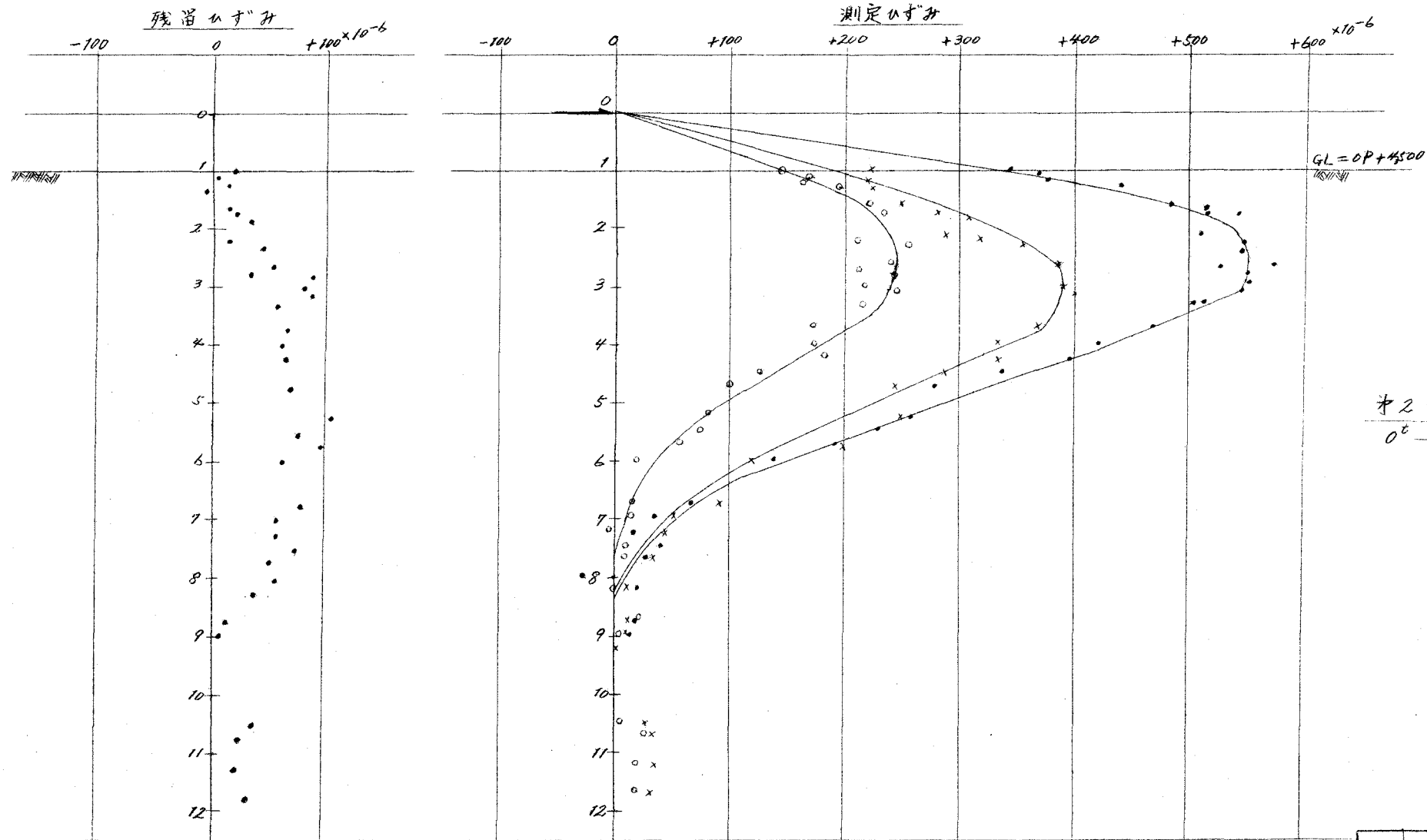
註1 実際のひずみは、測定ひずみにゲージファクター、リード線長差による修正を加える必要があるが、こゝでは生のまゝのものをプロットしてある。

2 せんい応力度 = $2.1 \times 10^6 \times \text{測定ひずみ} \times 1.11$
(%)

工事名称	
図面名称	
縮尺	図面番号
照査	設計 製図 昭和 年 月 日

杭上 静的短期水平載荷試験

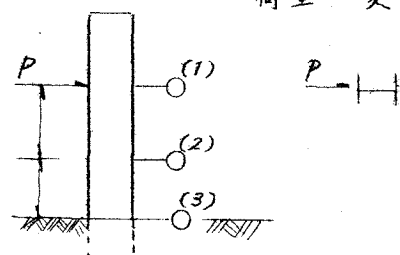
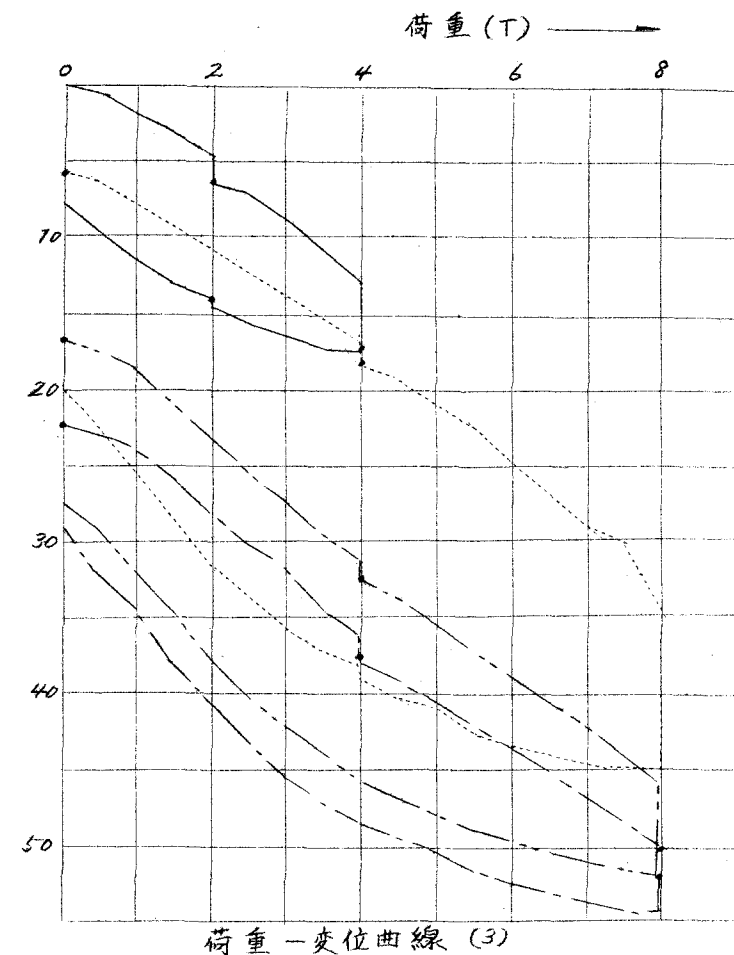
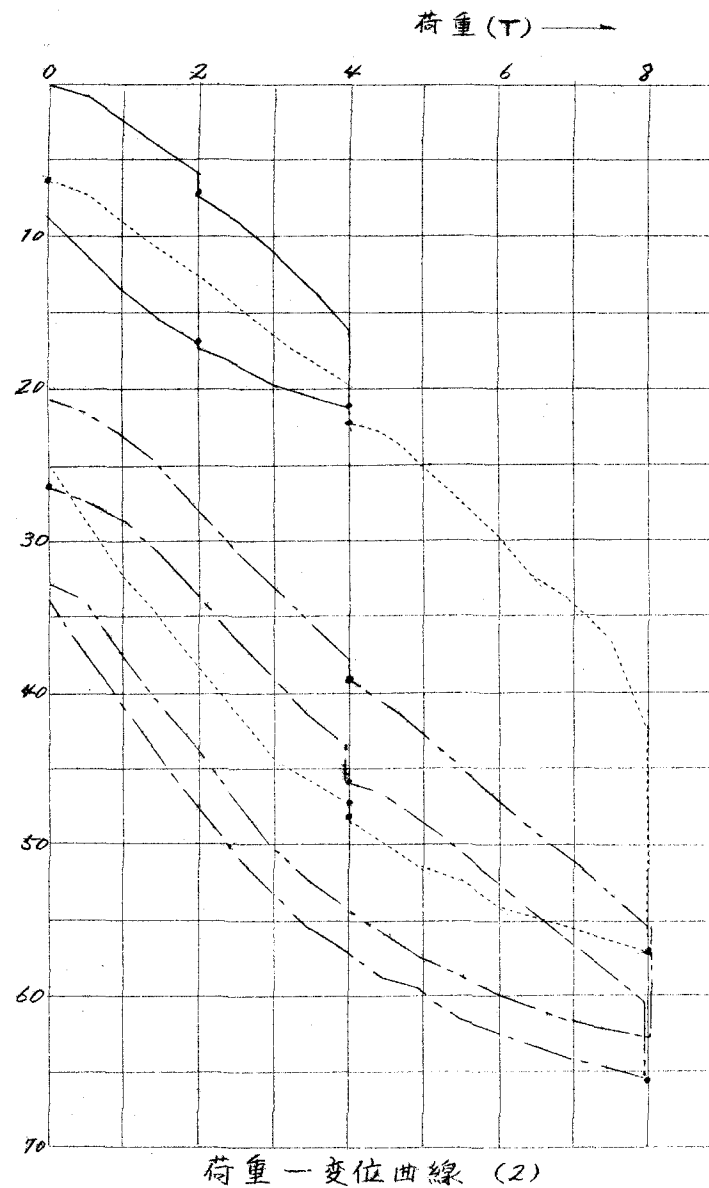
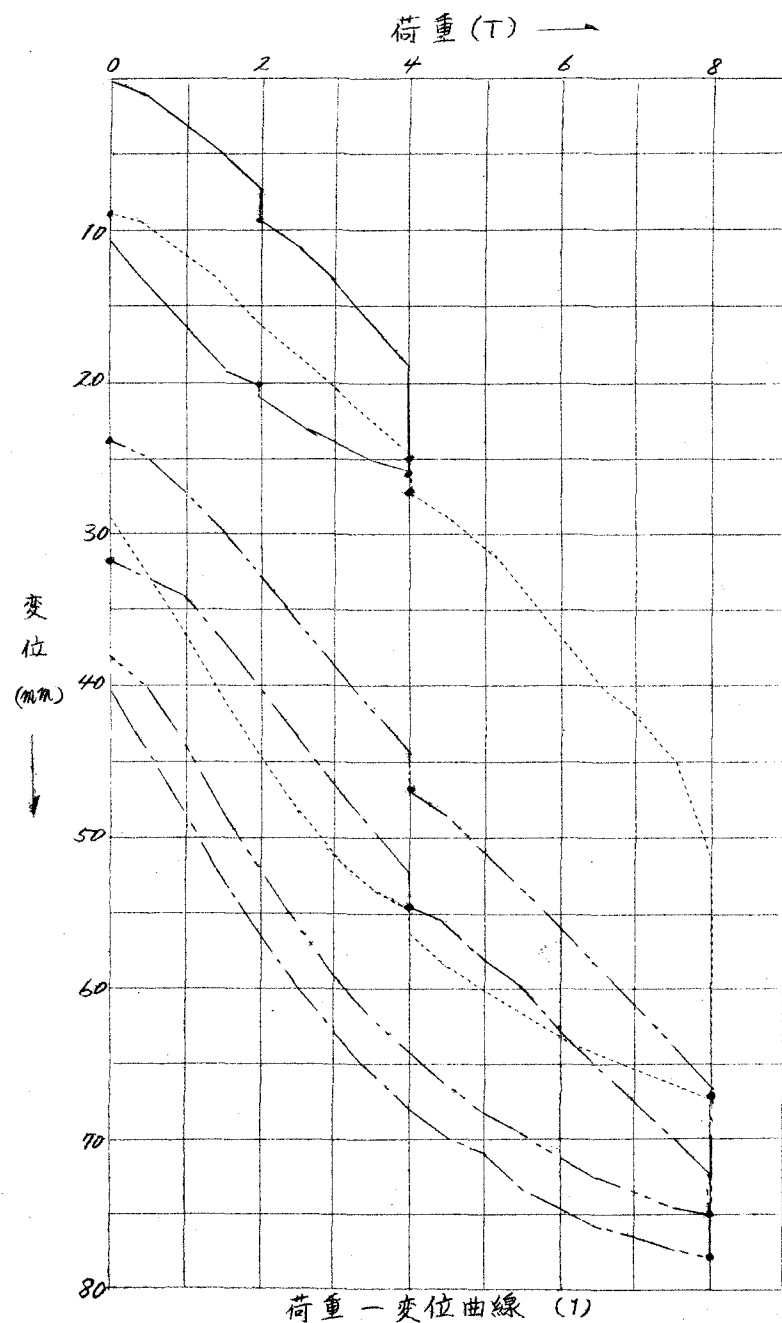
荷重—ひずみ垂直分布曲線



オ2サイクル (1960.12.21)
 $0^t \rightarrow 2^t \rightarrow 4^t \rightarrow 2^t \rightarrow 0^t$
 o • x

- 註1 実際ひずみは、測定ひずみにゲージファクター、リード線長差による較正を加えることが必要であるが、こゝでは生のまゝのものをプロットしてある。
- 2 せんい応力度 = $2.1 \times 10^6 \times \text{測定ひずみ} \times 1.30$

工事名称					
図面名称					
縮尺				図面番号	
照査	設計	製図	昭和	年月日	
株式会社 間組					



註 1: (1)(2)(3)は地表面よりそれぞれ 100 cm 50 cm 及 0 の点の変位量を二点で測定した平均値である。

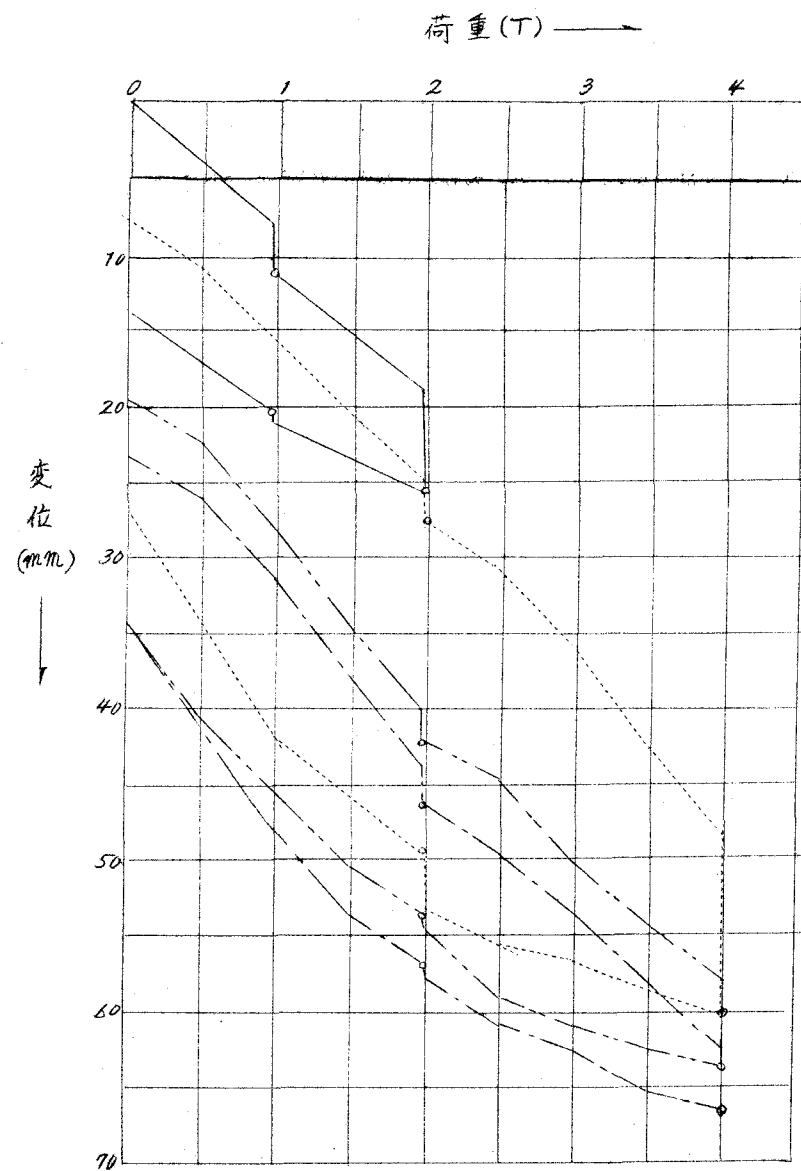
註 2: 杭 L は断面 $305 \times 300 \times \frac{15}{15}$ 長さ 13,500 mm 打込長さ 12,000 の H 杭である。

3: —●— は安定した点を示す。

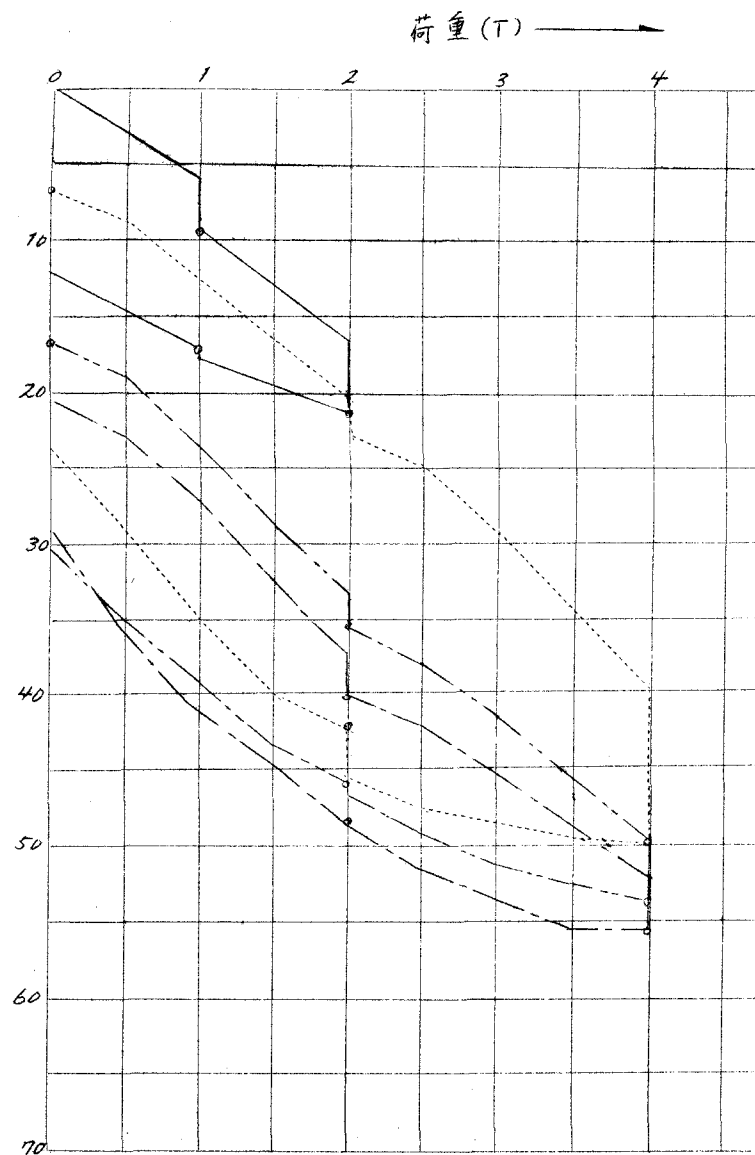
4: — 第一サイクル — 第三サイクル

--- 第二サイクル --- 第四サイクル

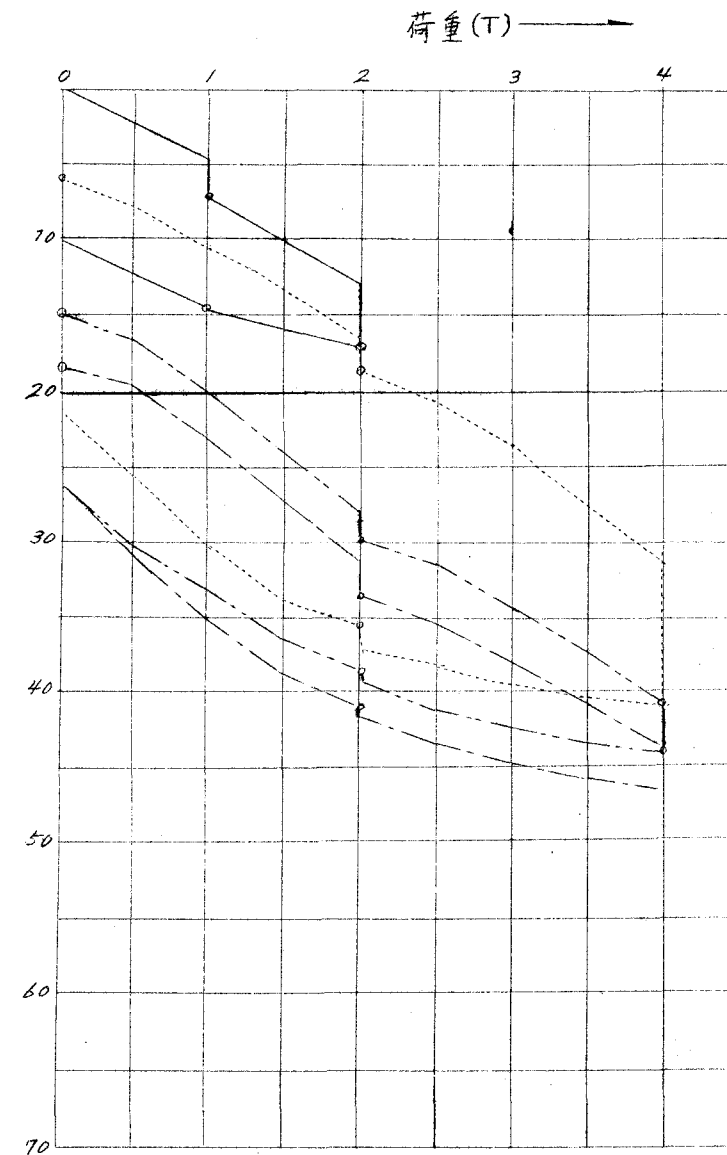
八 幡 製 鉄 株 式 会 社			
鋼杭 (摩擦杭) 打込試験工事			
杭 K (No. 18) 静的水平試験 荷重 - 変位曲線			
設計者		縮尺	— — —
製図者		完成	西曆 年 月 日
写図者		図面番号	
調査 樹長印		D	
承認 認長印			
検 図		写 図 調 査	製 作 済
年 月 日	年 月 日	36 年 1 月 22 日	



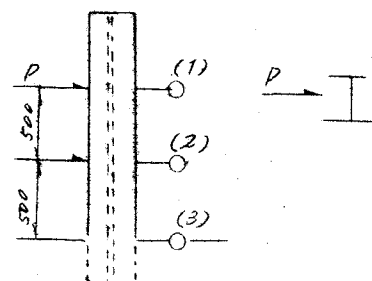
荷重-変位曲線 (1)



荷重-変位曲線 (2)



荷重-変位曲線 (3)



註 1 (1)(2)(3)は地表面よりそれぞれ 1,000 m 500 及 0 の点の変位量を二点で測定した平均値である。

2 杭 L は断面 305 × 300 × 15 長さ 13,500 mm 打込長 12,000 mm の H 杭である。

3 —○— は安定した点を示す。

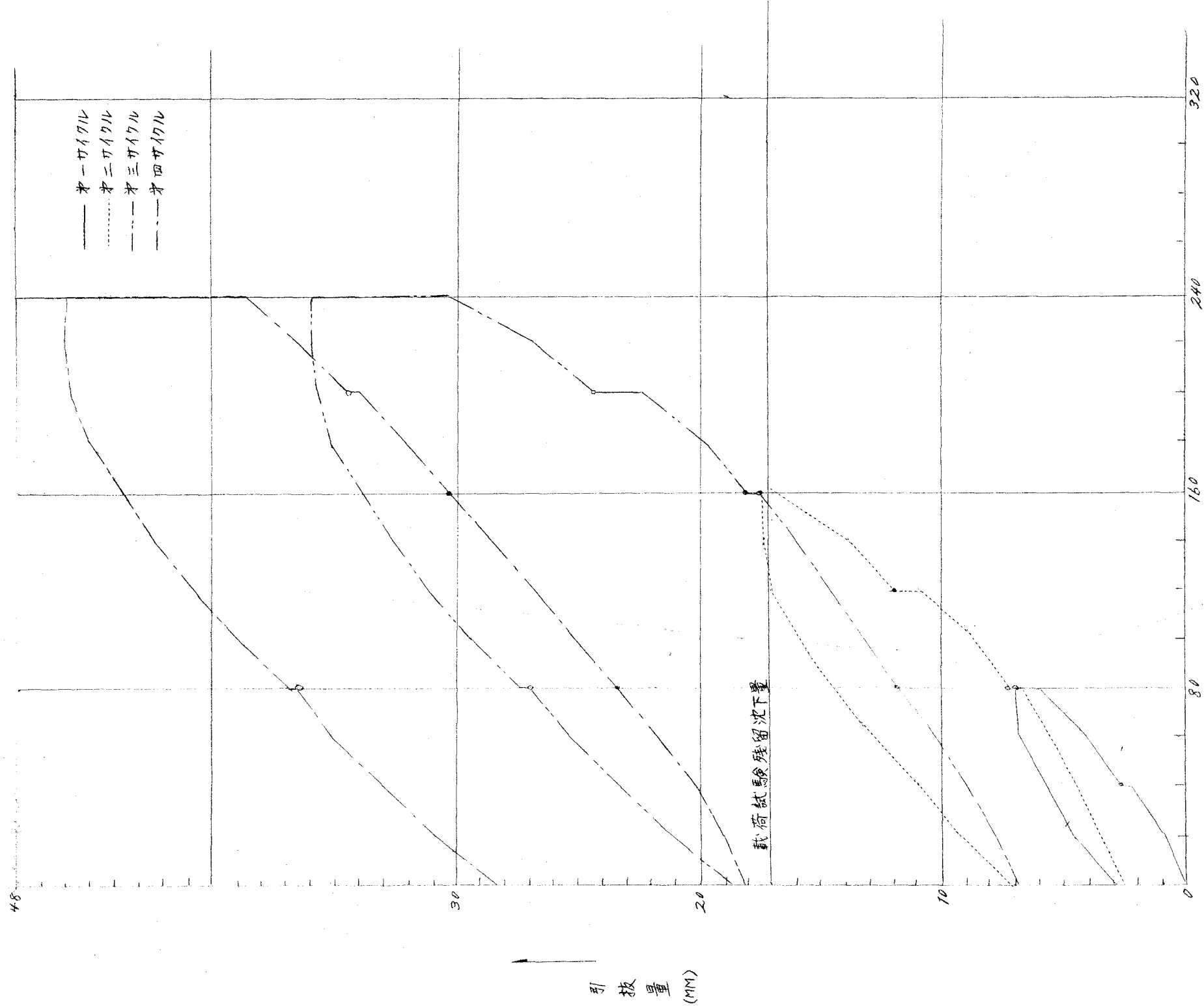
4 ——— 第一サイクル

----- 第二サイクル

----- 第三サイクル

----- 第四サイクル

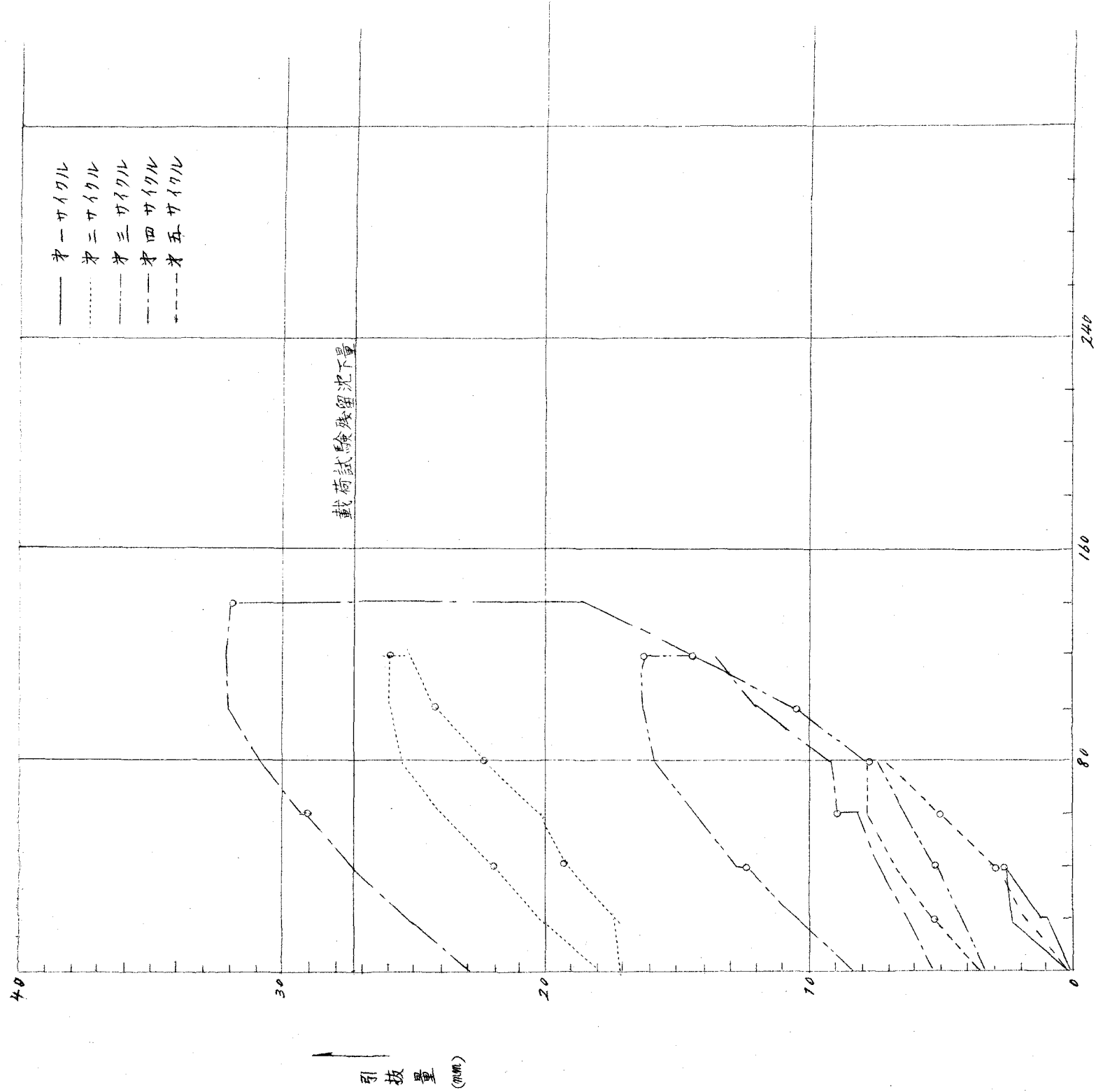
No. 7 杭荷重一引抜曲線



- 註 1 No. 7 杭は 305 × 300 × 15 の H 杭で長さ 38,180 mm (17' 00" + 15' 00" + 6' 180") である。
- 註 2 沈下測定点は地表面より 50 cm 上の沈下量を四点で測定した。
- 註 3 —○— は安定した点を示す。
- 註 4 載荷試験残留沈下量は 17' 04"、載荷試験は 11 月 19 日より 11 月 23 日までである。

八 幡 製 鉄 株 式 会 社			
鋼杭（摩擦杭）打込試験工事			
No. 7 杭荷重一引抜曲線中間報告			
設計者		縮尺	— — —
製図者		完成	西暦 36 年 1 月 14 日
写図者		図 面 番 号	
調査 掛長印		D	
就認 課長印			
検 図		写 図 調 査	製 作 済
年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

108 抗荷重一引抜曲線



- 註 1 No. 8 杭は 305 × 300 × 15 の H 杭で長さ 33,500^m (17,500 + 6,000) である。
- 註 2 沈下測定点は地表面より 50 cm 上の沈下量を四点で測定した。
- 註 3 —•— は安定した点を示す。
- 註 4 載下試験残留沈下量は 27^m33 載荷試験は 11 月 27 日より 11 月 30 日までである。

八幡製鉄株式会社			
設計者		縮尺	— — —
製図者		完成	西暦 年 月 日
写図者		図面番号	
調査 掛長印		D	
承認 課長印			
検図		写図 調査	製作済
年 月 日	年 月 日	年 月 日	