

土 木 研 究 所 資 料

第 2 7 3 号

ライナープレートによる地すべり対
策工法に関する試験調査報告書

昭和 4 2 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

目 次

1. まえがき	1
2. 猿供養寺地すべりの概況	1
3. ライナープレート式大口径杭	1
3-1 試験杭の構造	
3-2 試験杭築設地点の土質及び土層の移動形態	
3-3 試験調査結果	
3-4 まとめ	
4. ライナープレート式排水隧道	10
4-1 地すべり斜面中に構築された隧道の挙動	
4-2 地すべりによる土圧	
5. あとがき	13

ライナープレートによる

地すべり対策工法に関する試験

1. まえがき

地すべりの対策工法として最近では種々の目的のためにライナープレートが利用されている。

本報告書は昭和38年～41年の4年間にわたって、川崎製鉄が猿供養寺地すべり内に築設したライナープレート式大口径杭 (No. 1, No. 2の試験杭) 及びライナープレート式排水隧道 (試験隧道) に関する調査結果をとりまとめたものである。実測資料及び施工方法等についての詳細な資料はそれぞれ39, 40年度報告書に既に掲載されている。

2. 猿供養寺地すべりの概況

この地すべりは、安山岩々脈からなる丈ヶ山 (571.6m) を中心に、その周辺に放射状に分布する地すべり群の一つである。地質的には新第三紀寺泊層に属する黑色泥岩を基岩として、その上部を安山岩の亜角礫を混入した崩積土層が4～20mの厚さに覆っているもので、すべり面は主としてこの崩積土層中に存在し、深度は全般に浅い。

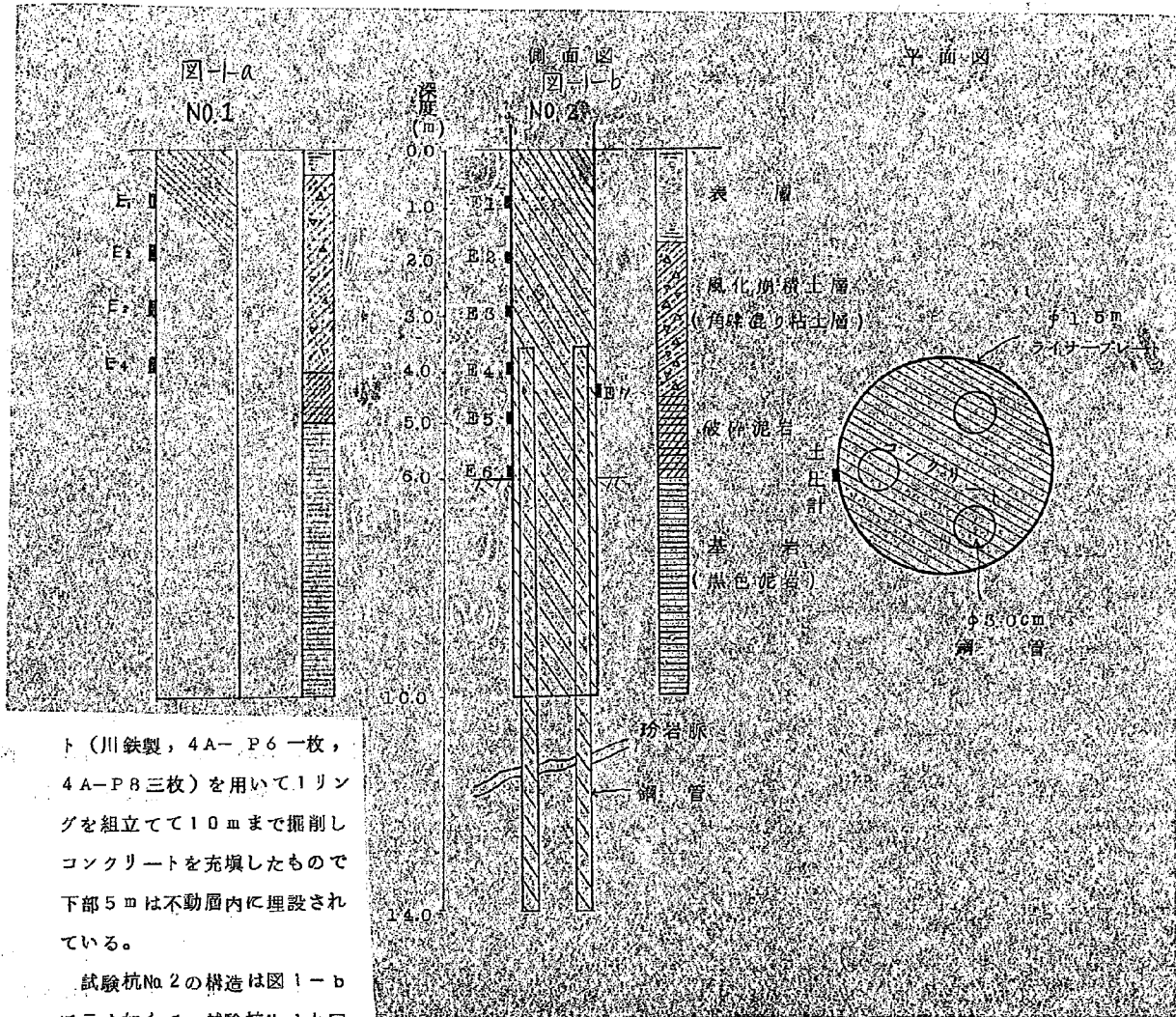
年間の移動量は最大地点で3.5m、平均2.0m程度で、継続的な移動をしている北陸地方の第三紀層地帯に広く分布する地すべりの代表的なタイプである。

3. ライナープレート式大口径杭

本構造物は地すべり斜面の安定度を増大するための一般的な杭として利用する場合と、これとは全く異つた目的、即ち地すべり地内の不動地 (ピアー) として利用する二つの目的のために開発しようとしたものである。

3-1. 試験杭の構造

試験杭No. 1の構造は図1-aで示す如くで、50cm掘削毎にライナープレ



ト（川鉄製，4A-P6一枚，4A-P8三枚）を用いて1リングを組立てて10mまで掘削しコンクリートを充填したもので下部5mは不動層内に埋設されている。

試験杭No.2の構造は図1-bに示す如くで，試験杭No.1と同一規格のライナープレートを用い大きさも同一であるが，特に

不動層への固定を確実にするために直径30cm,長さ10mの鋼管3本を本体から更に5m泥岩層に突出し,コンクリートを充填したものである。

したがって杭の固定は試験杭の目重及び不動層と杭の周辺の間の引抜きに対する粘着抵抗によるものである。試験杭No.2は更に補強脚の引抜き抵抗が加えられている。

3-2 試験杭築設地点の土質及び土層の移動形態

試験杭築設地点の土質特性はJIS規格にもとづく土質試験結果によれば

下記の如しとなる。

図-2は深度-コンシステンシーの関係を示したものである。

これによれば深度による変化は極めて小さく,LL≒60%,PL≒30%附近の値を示し,これをキャサグラントの塑性図にプロットすれば,図-3に示す如くとなり,塑性大の粘土に属している。

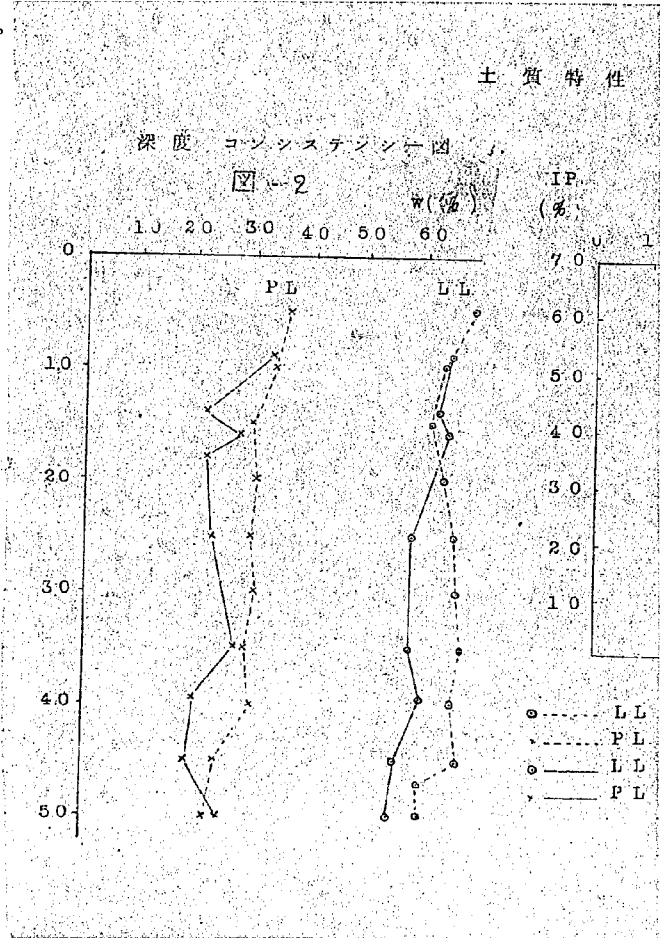


図-3

粒度組成は図-4の三角座標に示す如くで、すこしバラツキが認められるが、大部分は粘土に属している。

図-5はスエーデン式サウンディングによる土層強度図であり、これによれば上部の崩積土層はかなり軟弱な土層であるが泥岩層に達すると急激に強度の増加が認められる。

表-1

崩積土層、風化泥岩層及び泥岩層の一軸圧縮強度は表-1に示す如くである。

この土層の動きは杭築設地点の地表面では年間平均2m程度となつている。

材 料	一軸圧縮強度 (Qu)
崩 積 土 層	0.42 噸
泥岩破砕層	0.89 噸
泥 岩 層	19.12 噸

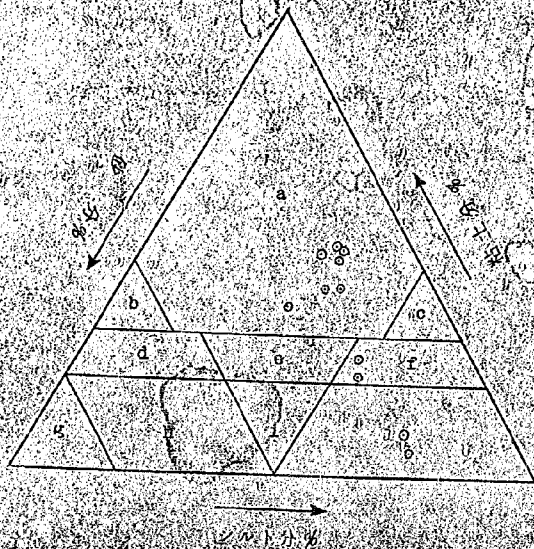
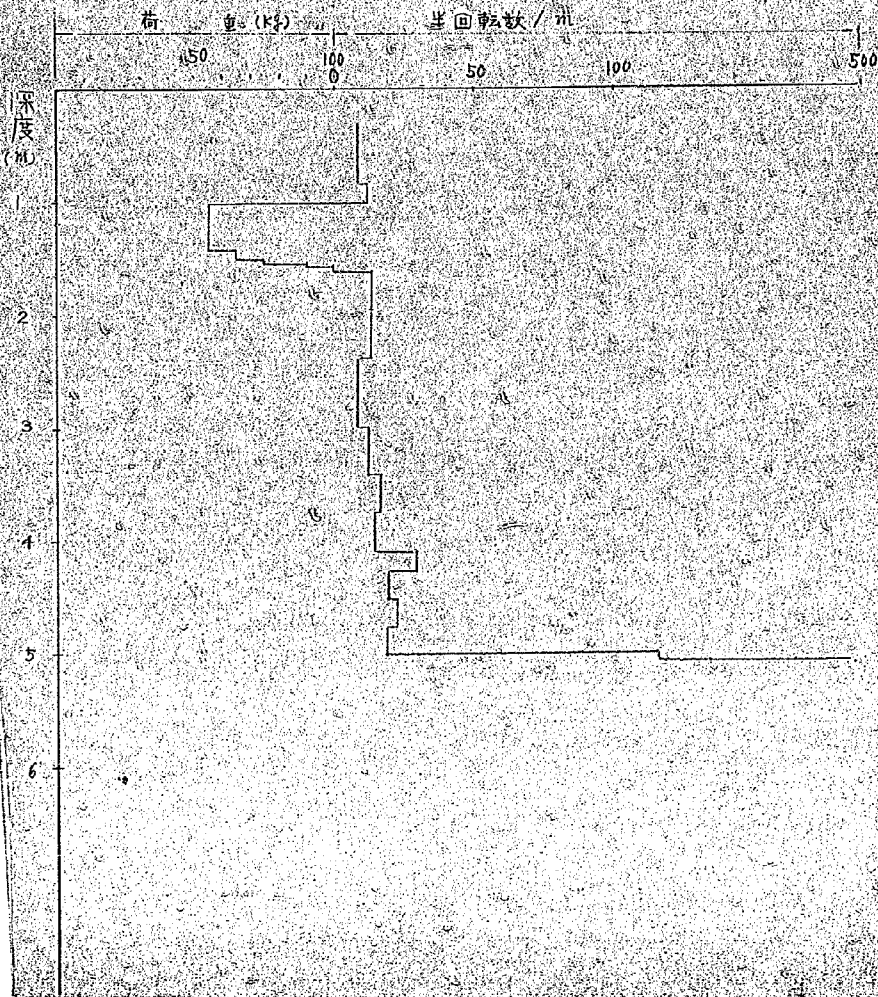


図-5

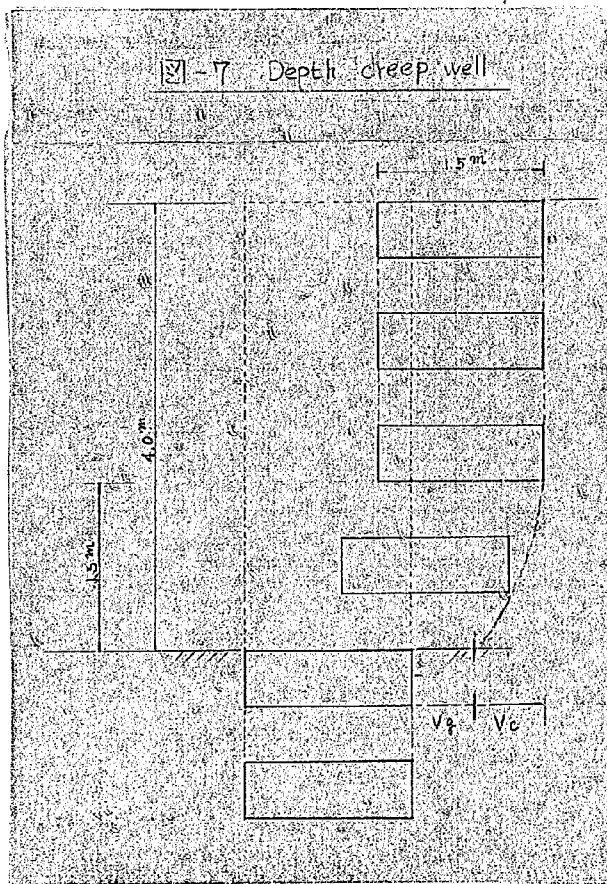
スI-テソI サウソテイソ 結果図 (試験杭築設地臭)



又、歪計測定結果は図-6に示される如く、5 mより下部には全く歪が見られず、4 mで急激に歪の累積が見られることから、すべり面は4~5 mの間にあることが推定される。斜面の垂直方向の速度分布は上下を分離して埋設したライナープレートのリングの年間の変位結果図-7に示される如くで、

これはすべり速度 (V_g) + 塑性流動速度 (V_c) で考えられる。

したがって、崩積土層の移動機構はその強度が低くしかも粘性に富む土層であるため、この層内での塑性流動と泥岩との境界附近でのすべりによるものと考えられる。



本地すべり地内で所定式傾斜計による杭頭の

傾斜変動を中心にまとめた。

図-1

下部には全く歪が見られ
り面は4~5.0の間
上下を分離して埋設
に示される如くで、
これはすべり速度
(V_g) + 塑性流
動速度 (V_c) で考
えられる。

したがって、崩
積土層の移動機構
はその強度が低く
しかも粘性に富む
土層であるため、
この層内での塑性
流動と泥岩との境
界附近でのすべり
によるものと考え
られる。

3-3 試験調査結果

a) 試験杭の現場での安定性について

3-1で述べた如き断面及び固定構造を持った杭が本地すべり地内で所定の機能を発揮しうるかどうか、築設後の経過及び水管式傾斜計による杭頭の傾斜変動を中心にまとめた。

丁ノリ面測定図 図一六

(五)

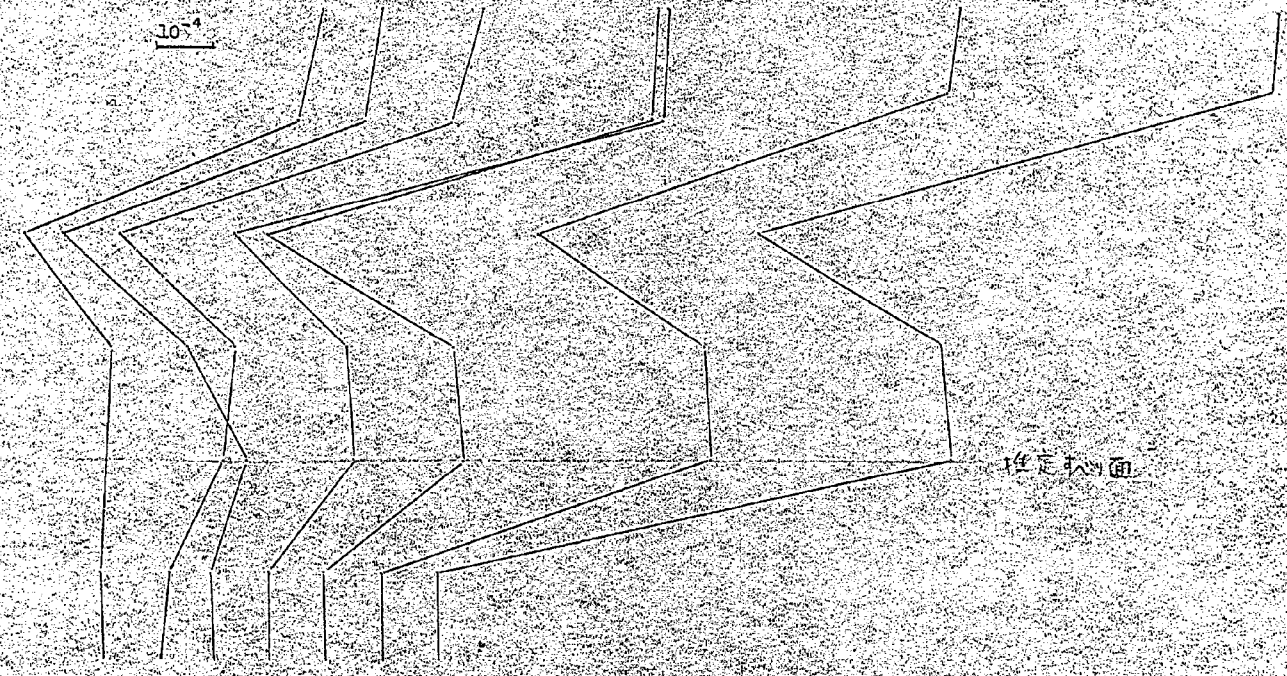
0
1
2
3
4
5
6

16¹/₄

指定採掘面

深度
測定
日

8月 18日 19日 20日 22日 23日 24日 25日



杭No.1は昭和38年11月に完成し、昭和39年4月融雪期には既に浮き上り、やや傾斜していたことが認められ、昭和41年7月にはその傾斜は約28°にも達した。又、本杭の地すべりの土塊に与える影響範囲を調査するために設けた測定の移動状況(40年度報告書参照)からも本試験杭は固定部の基岩の破壊によつて地すべりの土塊に対する抵抗力としての所定の機能を全く果たしていない事がわかる。しかし、杭本体内部に埋設された鉄管に歪が認められないことから、杭自体に何等破壊を受けていないことが確認された。

杭No.2は昭和39年12月に完成した。昭和40年4月の融雪期には杭No.1に較べてはるかに少ないが、やや傾の徴が認められたので、5月~12月の約8ヶ月間、更に41年5月~11月の7ヶ月間にわたつて水管式傾斜計によつて杭頭部の傾斜を測定した。この結果は図-8に示す如くで、傾斜速度は秋雨期に急に大きくなる傾向がみられ、これは本地すべりの活動期と全く一致している。又傾斜変動が全く一方に累積されていくことからこの傾斜曲線は地すべりに伴なう杭の傾斜転倒を示しているものと言える。

又杭の傾斜度と傾斜速度及び土圧変化に何等かの関係があるかないかを検討したが、試験杭No.1は約30度、試験杭No.2は約15度でそれぞれ傾斜度が異つているにも拘わらず、昭和41年5月~11月の傾斜変動曲線は図8-bに示す如くで、ほぼ相似形で、変動量もほとんど同じであり、これらの間には何等の関連性も認められなかつた。特に9月に杭の傾斜速度が急激に増大したにも拘わらず、土圧変化に何等異常が認められていない。

以上の結果から試験杭No.2も地すべり土塊に対して抵抗力となりえず、所定の構造物としての機能を發揮しえなかつた。

結論として今回用いた試験杭はNo.1、No.2ともに直径1.5mの大きな断面を有するために構造物としての強度はかなり期待しうるが、今回用いた程度の固定方法ではこの試験杭に加わる地すべり土圧を支えることが単杭としては不可能であることが実証された。したがつて杭の固定方法について更に検討することが必要である。

b) 土圧測定結果

地すべり地内に大口径杭を築設した場合、これらが地すべり土塊から受ける土圧の特性を測定し、杭設計の基本資料とする目的で試験杭No. 1, No. 2に土圧計を設定してこの測定を行なった。

試験杭No. 1の前面に摺動抵抗型土圧計(最大 100 t/m^2)を4ヶ地表より1, 2, 3, 4 mに設定し、一週間一回の割合で測定した。(詳細は40年報告書参照) その結果は図-19に示す如しである。

試験杭No. 2の前面に地表より1 m毎にE1~E6を取り付け、打点式自記記録装置により8時間毎に1回行なった。土圧計は差動トランス型でE1~E5は10%, E6は20%の最大値のものを用いた。

これらの測定値を深度毎に経日変化としてプロットした結果は図-10の如くである。これによれば各深度にほぼ共通している変化特性は土圧が漸増していることであるが、3 mの位置のみは土圧変化に連続性が乏しい。即ち第一段階として約 10 t/m^2 を記録した後、測定不能となつたが、試験杭No. 1でも地表下4 mの土圧計で最大 100 t 近い値が記録されており、興味深い値である。又すべり面以下の5, 6 m位置での土圧の発生がすべり面より上部での土圧の発生に比較して時間的に遅れている。即ち最下部の6 m位置では最上部に比較して百日余りの遅れとなつている。

上記の中で代表的な関係を示せば深度-土圧関係図(図-11)に示す如くとなる。これによれば杭埋設後約30日目には(図-11-a参照)土圧は3 m位置に約 12 t/m^2 のピークを持つ分布を示したが、すべり面より下部5, 6 mの位置には土圧の発生は認められない。

約60日経過後には3 m位置のピークは約 56.5 t/m^2 (図-11-b参照)に更に翌日にはピークは約 119 t/m^2 (図-11-c参照)に発達した後土圧計がスケールアウトした。

又5 m位置にも徐々に土圧が発生しつつあることが認められる。その後の土圧変化は図-11-d~hに示す如き経過をたどり、約650日経過後には図-11-hに示す如くとなり、最下部の6 mで約 230 t/m^2 の最大土圧

を示すランキンの受動土圧分布に近いものとなつた。又最近30日間の測定値の平均的な分布もこれと類似したもので変化はほとんどない。

以上の土圧の変化を段階的にとりまとめると、次の如くなる。

1° 杭設定当初から約60日経過頃まではすべり面より上部のみ土圧の発生が認められた。これはすべり面より上部では土塊が押し出されて杭前面に作用したもので、いわゆる動土圧と考えられている。

2° その後すべり面より下部の5, 6mの位置にも土圧の発生が認められ、それらは徐々に増加し、最終的にはランキンの受動土圧的な分布となつた。このことは傾斜計による杭頭の傾斜変動にも現われている如く試験の後半では杭に加わる動土圧によつて基礎破壊が起り、杭の片持梁的な固定は無効となり、すべり土塊と共に移動を開始したものと考えられる。

3-4. まとめ

今回の試験杭は岩盤への固定が十分でなかつたため、杭に及ぼす動土圧の絶対値を把握することはできなかったが、定性的なものとして次の如き問題点が得られた。

1° 各深度で共通して側圧 (σ_3) が垂直圧 (σ_1) よりはるかに大きな土圧である。特に3mの位置では $r \approx 1.8 \frac{t}{m^2}$ とすれば垂直土圧 $= 5.4 \frac{t}{m^2}$ となるのに対して、実測された水平方向の土圧 $\approx 10.3 \frac{t}{m^2}$ となつている。これはNo.1杭で実測された最大土圧約10.0tと非常に近似した値で一応信頼しうるものと考えられるが、従来の静土圧的な理論では考えられない値である。

2° すべり面附近で土圧は急激に増大し、ピークを示しそれより下部では極端に低下する特異な土圧分布を示す。

したがつて杭の設計を行なう場合、力の作用点としてすべり面の位置が大切な問題となつてくる。

3° 最大土圧は部分的には約 $10.3 \frac{t}{m^2}$ が記録され、6m区間の総土圧は約 $11.9 \frac{t}{m^2}$ に達している。これを \square 当りにすれば約 $20 \frac{t}{m^2}$ となるが、

土圧は大部分が3 m位置に集中しており、これを t/m^2 で表現することは問題がある。

今回の現地試験では測定された土圧の性質が非常に不明確である。即ち、杭の固定が不十分であつたため地すべり土塊の移動速度と土圧変化の関係を把握することができず、動土圧の理論的な説明資料を得るまでに至らなかつたが、更に今後の研究課題として興味ある問題である。

又最後に本試験杭の地表より1 m位置に約 $10 t/m^2$ の過大と思われる土圧が測定されており、この真偽を確認するために土圧計前部の土塊を取除いたところ、土圧計はほぼ零値を示し、一応土圧計は正常に作動していることを確認したのでここに追記する。

4. ライナープレート式排水隧道

排水工法の一つとして従来から排水隧道が利用されている。猿供養寺地すべり地内に川崎製鉄KKの設計及び施工によりライナープレート式排水隧道が築設された。今回の試験は本隧道の排水坑としての適否を耐久性から検討すると共にこの種の構造物に及ぼす地すべり土圧の特性等設計の基本資料を得ることを目的としたものである。

本隧道の施工状況及び土圧に関する詳細は昭和40年度報告書に記載されている。

4-1 地すべり斜面中に構築された隧道の挙動

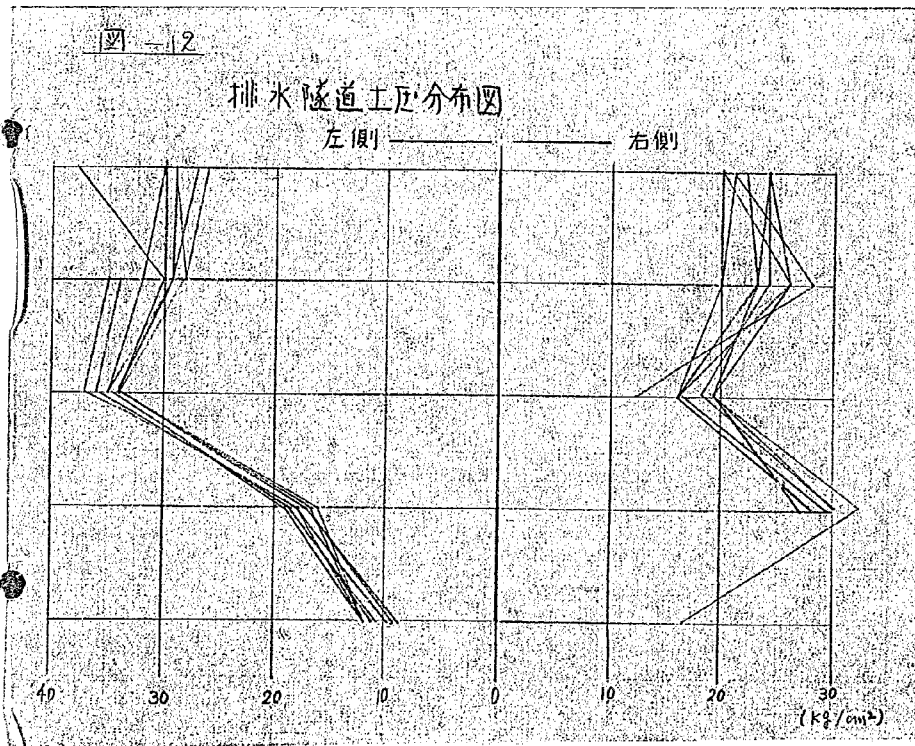
本隧道は昭和40年9月末に完成し、昭和41年3月末まで約5,000余日を経過した。しかも隧道上部の地表面での亀裂の発生状況及び伸縮計の測定値等から、この附近の地すべり活動のはげしさが判定しうる。

ここで隧道は、本体の大部分がすべり面より上の移動層中に構築されているため、地すべりによる動土圧をまともに受けたことが推定される。しかもに最奥部の頂部にやや変形が見られるが、全体としてはほぼ完全な形状を保っている。今回の試験隧道は土覆りが最大で3 m程度で概しい薄い場合であるが、このような条件のもとで隧道の変形観察のみからすれば、充分その

耐久性が認められる。

4-2 地すべりによる土圧

土圧計の配置は、水平より45°の壁面に左右対照、2m間隔に10ヶ年の差動トランス型土圧計を取付け11月5日～2月4日まで1週間に約1回毎で8回の測定を行なった。この結果は図-12に示す如くである。



これによれば各点の土圧はややバラツキが認められるが、経日に伴う変化はあまり顕著でない。又排水隧道の右側の土圧分布はほぼ一様で20～30kgの間であり、この区間8mの総土圧は約179tで、平均米当り22.3tとなる。一方左側は隧道の入口から奥に進むにつれて、10～30kgと土

西ノ内

圧の増加が認められ、この区間 8 m の総土圧は 218 t である。これら測定された土圧は 3 ~ 4 m の土覆りでの土圧としては地すべり地以外での静土圧理論からは全く考えられない大きなものである。

今回の試験では土圧計を水平方向に対して 45° 傾いた壁面に取りつけたため、ライナープレートの設計条件として用いた垂直及水平荷重 ρ 及び $K\rho$ の値を直接測定出来なかつたが、今回の測定値を次の如き分力に分けて考えた。

$$P_{\theta} \text{ (今回の測定値)} = \rho \cos \theta + K\rho \sin \theta$$

この式により、今回の測定値の中から代表的な例を検討する。

$$\text{但し, } \rho = rwh = 2.0 \times 4 = 8 \text{ t と仮定し}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$P_{45} = 30 \text{ } \frac{1}{m^2} \text{ とすれば}$$

$K\rho \doteq 34.3 \text{ t}$ となり、 $K \doteq 4.3$ で $K > 1$ の係数となる。これは地すべり以外の土中に於ける静土圧を対照とした場合の $K \doteq 0.6 \sim 0.85 = K < 1$ と非常に異なつた結果となる。

又この土圧特性はライナープレート式大口径杭での土圧測定でも見られ現象で、一応地すべりによる動土圧的なものと考えられている。即ち地すべりの滑動力 $= \sum W \sin \theta - (\sum W \cos \theta \tan \varphi + OL)$ が構造物の断面に加わるもので、一種の応力集中と考えられる場合もあるが、更に塑性流動の面からも現地での現象解析により研究を進める必要が認められる。

以上の結果を取りまとめると次の如くなる。

1° 設計時の荷重は静土圧的には土覆りにより一次的な関係で求められているが、今回の測定結果から見ると地すべり斜面内部では水平荷重 $K\rho$ が垂直荷重 ρ より大きいことが確認された。しかしその関係式を把握するまでにはいさらなかつた。

2° 地すべり斜面内部の構造物に作用する力は左右非対照的である場合が多い。特に地すべりの上流側と下流側での違いを考慮する必要がある。

3° 現場での測定値は設計土圧をはかるに超えていて、断面的に見た場合、 $M_{\min} = -1.81 \text{ t-m}$, $M_{\max} = -7.98 \text{ t-m}$ となり、計算上からはライナ

ープレートだけでは断面的に耐えられない。したがって木柱の補強材が非常に有効に作用しているものと考えられる。

特に地すべり斜面内部の土圧は地すべりの活動によって極端に変化する可能性が考えられるので、このような補強材の使用により安全率を大きくすることが好ましい。

あ と が き

昭和39年度にはじめられたライナープレートを利用した大口径杭、排水隧道に関する一連の現場試験を一応今年度で終了することになったが、地すべり斜面内に実際に施工されたこれら構造物に加わる地すべり土圧は予想外に大きく非常に複雑で、工法の確立及び土圧持性の解明にまでは至らなかったが、これらの問題点がかなり明らかになったことは幸いであり、今後の研究計画の基礎資料として十分活用したい。

又本試験研究では担当者が、原田・藤田・酒井と変わり、初期の目的が不明確になり十分な成果を挙げる妨げになったことを深く反省する。

最後に本試験にあたって川崎製鉄K K資材研究部加藤部長及び高雄氏並に関係各位に心から謝意を表する。

試 験 担 当 者

総 括	新潟試験所長	高 野 秀 夫
ま と め		酒 井 淳 行
観測及び資料整理		近 藤 政 司
		石 平 貞 夫
土質試験		酒 井 淳 行
		白 石 一 夫

参考文献

ライナープレートによる地すべり対策工法試験報告書

39、40年度 土木研究所

深度 土圧関係図(場所 第一試験地、杭名 ライナープレート式大口径杭NO.2補強脚付) 図一 8

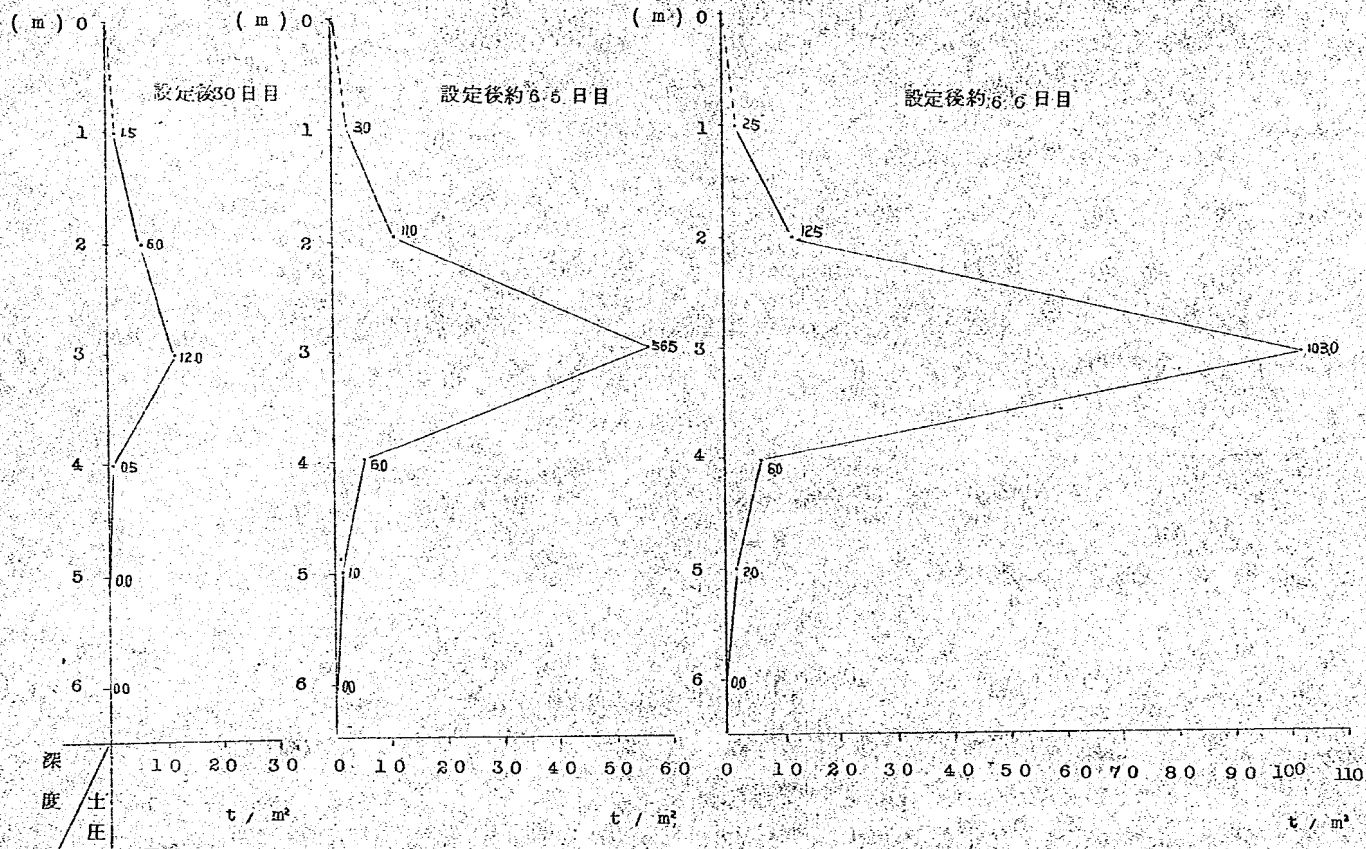
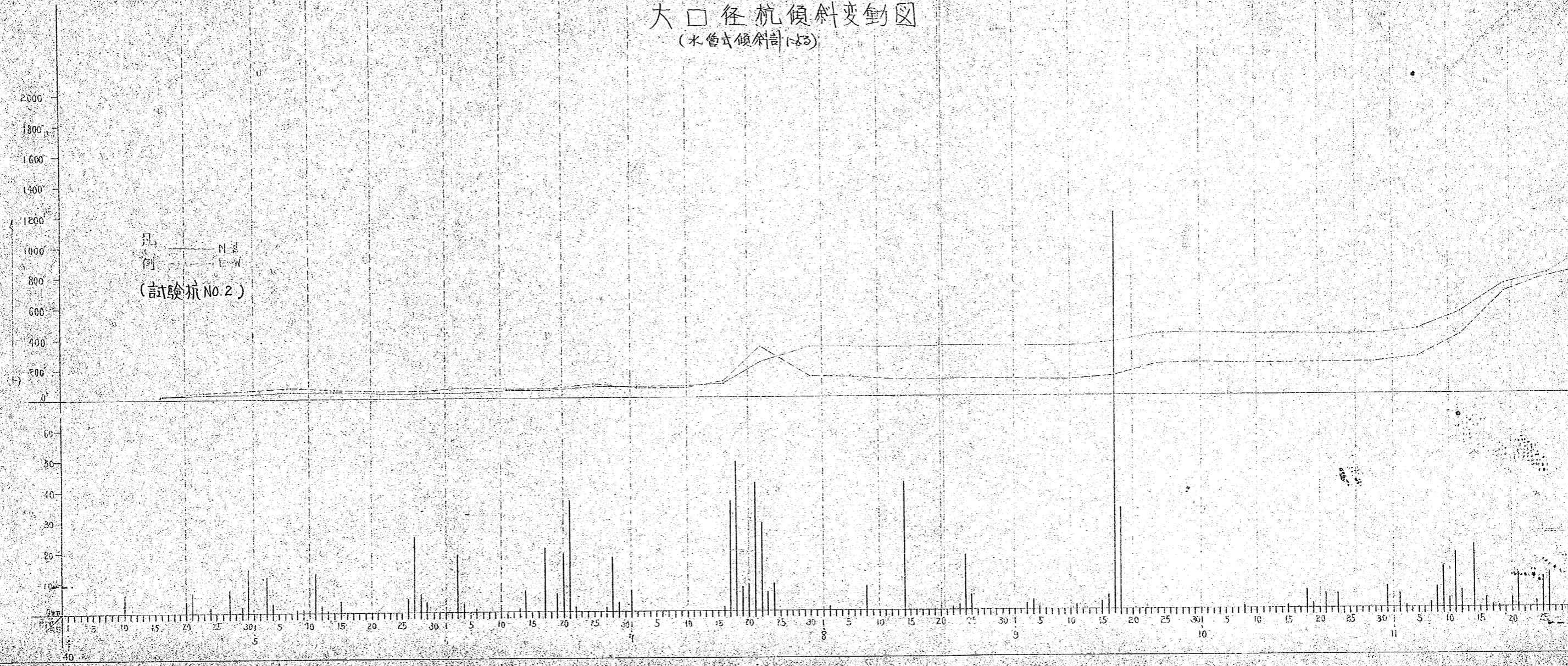


圖-8-a

大口径杭傾斜變動圖

(木管式傾斜計)



大口径杭傾斜變動圖
(水管式傾斜計13)

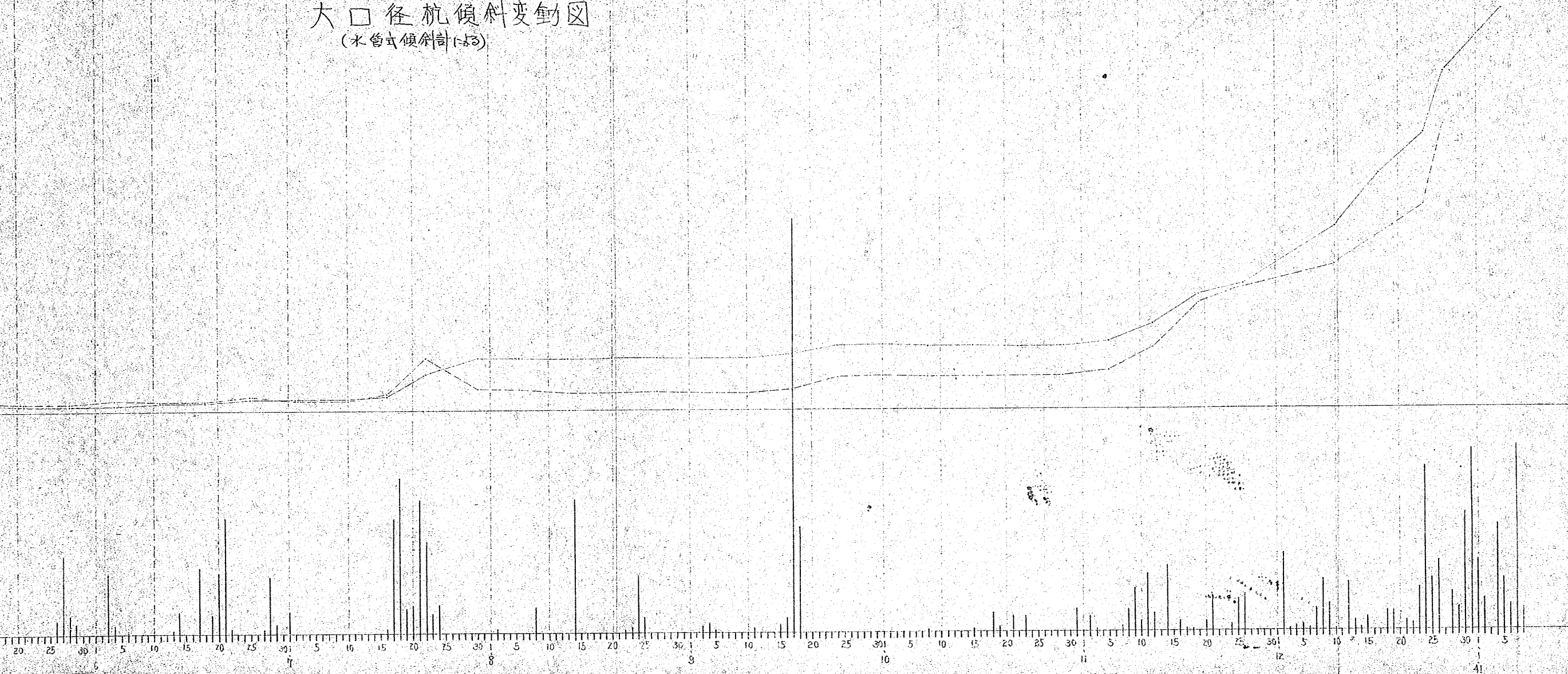
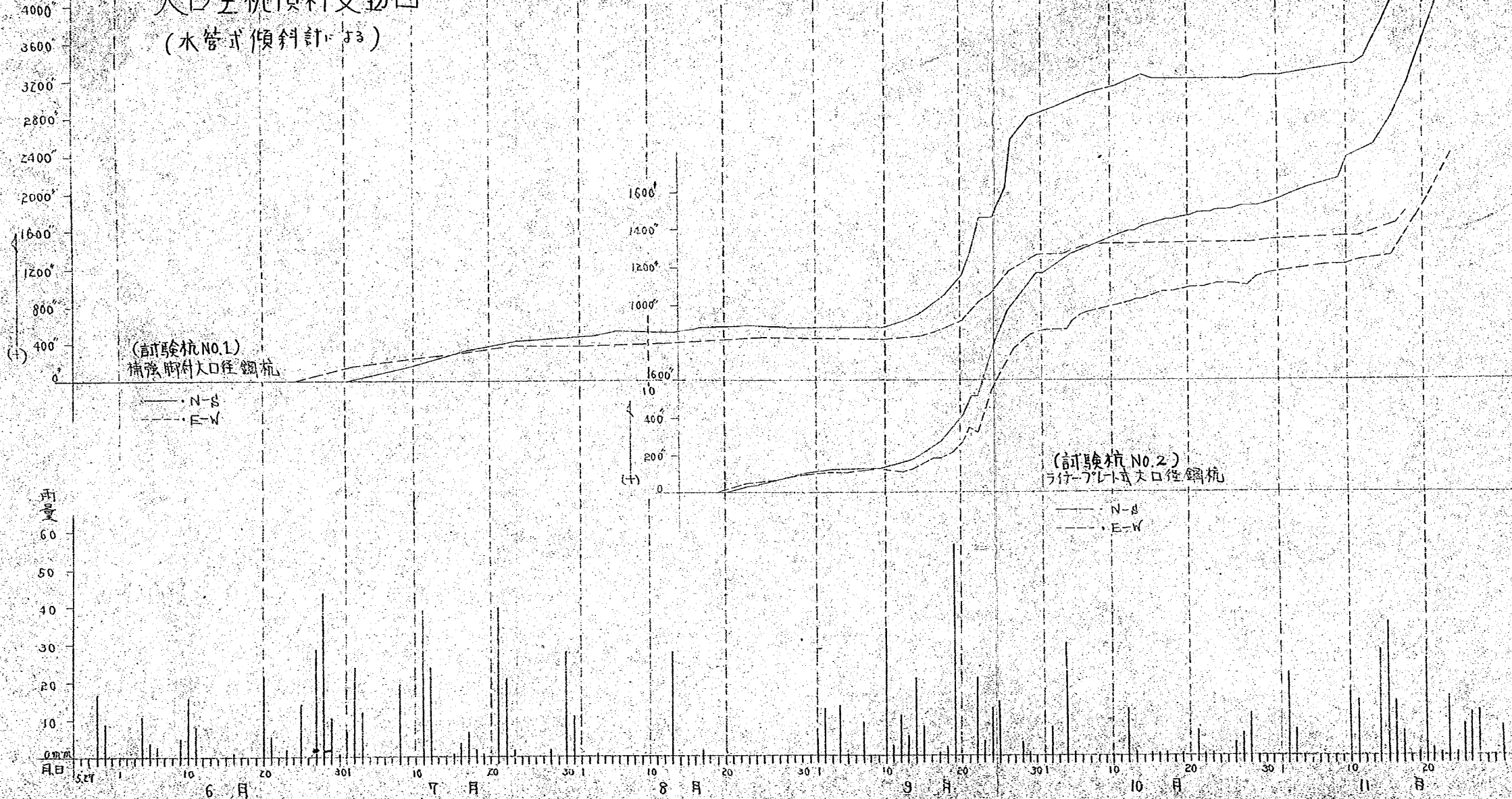


図-8-b

大口鋼杭傾斜変動図 (水管式傾斜計-J3)



$\bar{q} = q$

深度 土圧関係図 (場所: 第三試験地、杭名: ライナープレート式大口径杭 NO.1)

