

地すべり対策工としての深礎杭の計画と施工

A Planning and Construction of the Open-Shaft with Sheel Lining for Increasing of the Slope Stability

堺 紘成*
Hiroshige Sakai

吉田 利三**
Toshizo Yoshida

丹内 正利***
Masatoshi Tannai

石橋 貢***
Mitsugu Ishibashi

要 約

北神急行電鉄株式会社北神線建設工事において地すべり対策工として深礎杭を計画・施工した事例についての概要報告である。本事例の地すべりの特徴は地すべり層厚が20m前後と厚く、大きな抑止力が必要とされたことにある。このため地すべり対策工も径3.5m、杭長33～35mの深礎杭17本を施工するという大規模なものとなった。このような大口径、大深度でかつ活動中の地すべりブロック内での施工という厳しい施工条件下ではあったが、安全性、施工性について十分な配慮をして施工した結果、所期の目的を達成できた。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. 地すべりの概要
- §4. 地すべり対策工の計画
- §5. 深礎杭の施工
- §6. おわりに

ねてきている。

本報告は、これらのうち第2抑止工と称している深礎杭による地すべり対策工の計画と施工の概要について報告するものである。

なお本工事における斜面安定対策の検討を目的として、有識者よりなる特別委員会が設置されたが、本対策工はこの委員会の審議を経て最終決定に至ったものである。

§1. はじめに

本工事は北神急行電鉄株式会社北神線建設工事のうち、新神戸駅方より六甲山下をトンネルで抜け出た坑口付近での開削トンネル工法による隧道建設工事である。

六甲山周辺地域は地すべりの多発地域であり、本工事においても当初より工事の影響による地すべりの発生が懸念された。このため工事着手にあたって、事前に地すべり対策工の施工を行なったのをはじめ、着手後においても地山の変動状況に応じて、対策工の検討、施工を重

§2. 工事概要

2-1 全体工事概要

工 事 名：北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事

企 業 先：北神急行電鉄株式会社

工 期：自昭和59年3月31日～至昭和62年12月末日

工事内容：本工事は開削工法によって北神本線、北神車庫線、神戸電鉄線の3線のボックスカルバートを構築する工事である。ボックスカルバートの内空断面積は26～83㎡で、最大掘削深さは約18mである。Fig.1に平面図、Fig.2に断面図を示す。

*関西(支)神谷上(出)所長
**関西(支)神谷上(出)係長
***土木設計部設計課副課長
****土木設計部設計課

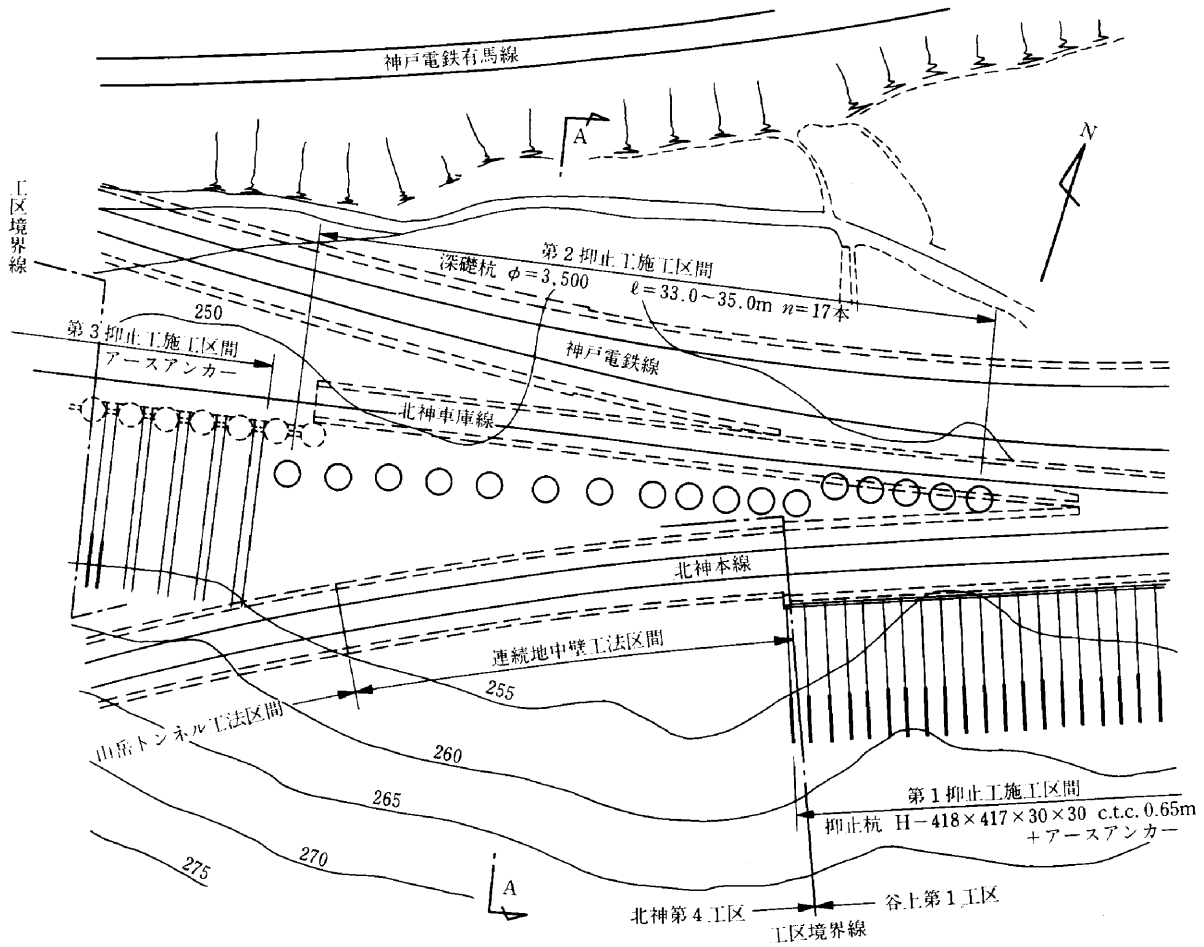


Fig.1 平面図

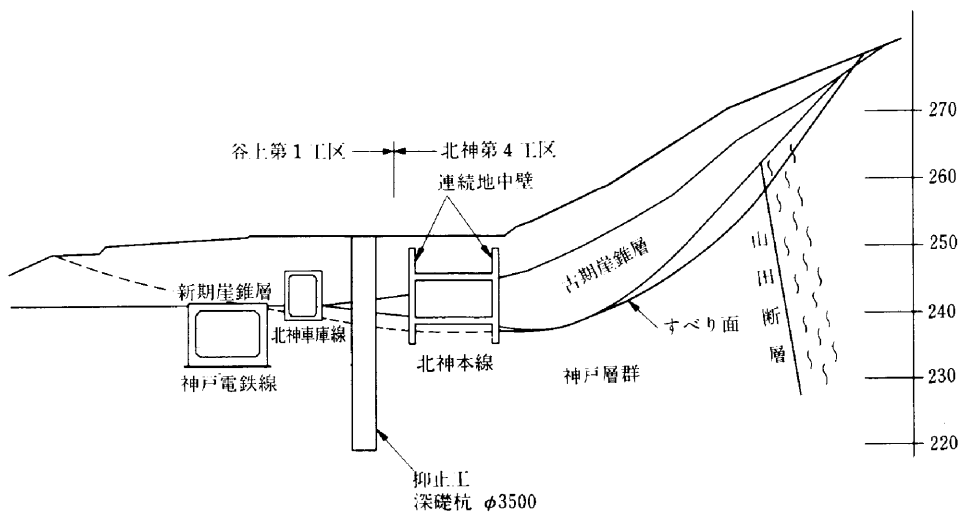


Fig.2 断面図 (A-A断面)

2-2 地すべり対策工の経緯

本工区では地すべり対策工として、本文で報告する第2抑止工の他にも第1抑止工、第3抑止工を施工している。これらの計画・施工の経緯は Table 1 に示すとおりである。

Table 1 地すべり対策工の経緯

59年3月	谷上第1工区(西松・フジタJV:以下1工区と略称)工事受注
6月	1工区北神本線の土留壁兼地すべり抑制工としてH鋼+アースアンカー工法の採用を決定(以下第1抑止工と称す)
12月	北神第4工区(間・飛鳥JV:以下4工区と略称)北神本線の土留壁兼地すべり抑止工として本体壁兼用の連続地中壁工法の採用を決定
60年1月	1工区北神本線掘削開始 4工区北神本線連壁施工開始
7月	1工区第1抑止工着工 4工区北神本線連壁区間の掘削開始
8月	1工区第1抑止工施工完了 4工区連壁区間において地すべり変動が顕在化
9月	4工区仮設部材の補強, 本体補強案の検討
10月	4工区連壁区間の掘削を一時中断
11月	1工区, 4工区地すべり対策工の検討 4工区連壁区間の掘削完了
61年1月	北神急行電鉄谷上地区斜面安定特別委員会(委員長:田中茂神戸大学名誉教授)発足
2月	第2回委員会において北神本線~北神車庫線間での抑止杭の施工を決定(以下第2抑止工と称す)
4月	1工区第2抑止工着工
5月	1工区神戸電鉄線掘削開始
9月	1工区神戸電鉄線掘削中, 既設深礎杭の変形が顕著となる
10月	1工区既設深礎杭の補強案としてアースアンカー工法の採用を決定(以下第3抑止工と称す)
11月	1工区北神1庫線掘削開始
12月	1工区第2抑止工施工完了 1工区第3抑止工着工

§ 3. 地すべりの概要

3-1 地形・地質

当地域は六甲山地の北側斜面山麓部にあたり、30~40°の傾斜を有する北向き斜面と、その全面に広がる平坦な段丘地形より構成されている。本工事は、この山麓部を東西方向に山麓に沿って施工することになる。

基盤岩は第三紀中新世に形成された神戸層群であり、泥岩、砂岩、礫岩、凝灰岩の互層より成っている。斜面上腹付近には山田断層と呼ばれる活断層が走行EWで走っており、断層を境として山側には白亜紀の有馬層群流紋岩が分布している。断層近傍では神戸層群はかなり擾乱を受けている。また、山麓部から斜面中腹に至る範

囲には、神戸層群、有馬層群を覆って崖錐層が厚く堆積している。

工事区間内の山麓部は典型的な地すべり地形を呈しており、斜面内での開削によって地山のバランスが崩れた場合には、再活動する可能性が高いと判断された。その場合にすべり面となる位置は、地質調査結果から判断して、古期崖錐層の境界面である可能性が最も高いと推定された。

3-2 地すべり挙動の概要

前述のように当工事区間は、地形・地質的に地すべりの素因を有しているため、施工中の動態観測を目的として孔内水位計、切梁軸力計が設置された。

3線のうち最初に北神本線の掘削に着手したが、本工区に隣接する北神第4工区において本体壁兼用の連続地中壁工法(以下連壁と称す)によりオープン掘削を実施していたところ、昭和60年8月頃より地山に顕著な変動が現れた。この間の計測データから得られた当地域の地すべりに関する知見をまとめると以下のようである。

- ① 孔内傾斜計の測定結果によると、連壁区間の山側では不動層と移動層の間で明瞭なすべり面が形成されている。Fig.3はその一例を示したものである。すべり面の位置は当初の想定とは異なり、古期崖錐層と神戸層群の境界面、もしくはさらに下位の神戸層群泥岩層内で形成されている。従って、地すべり荷重は当初の見込みよりもかなり大きくなる。
- ② 連壁区間より谷側では明瞭なすべり面は形成されていない。
- ③ 地すべり挙動は、掘削の進捗と良く対応している。掘削・排土を行うとすべり変位が増加するが、掘削休止中は変動もほぼ停止する。
- ④ 地下水位が低く、また降雨による地下水位の上昇もあまり認められない。このため地すべり挙動と地下水位変動の相関はほとんどない。
- ⑤ 北神本線の掘削に着手する以前から孔内傾斜計には若干の累積変動が現れていることから、当地域では年間数mm程度のクリープ変動が生じていると推定される。

§ 4. 地すべり対策工の計画

計測結果から判明した地すべり面の位置、および4-1で示す地すべり荷重の計算結果から考えて、現状の北神本線連壁のみで地山の安定化を図るのは困難であり、本工区内の北神車庫線、神戸電鉄線の施工を行う前に、何らかの抜本的な地すべり対策工を行うことが必要不可

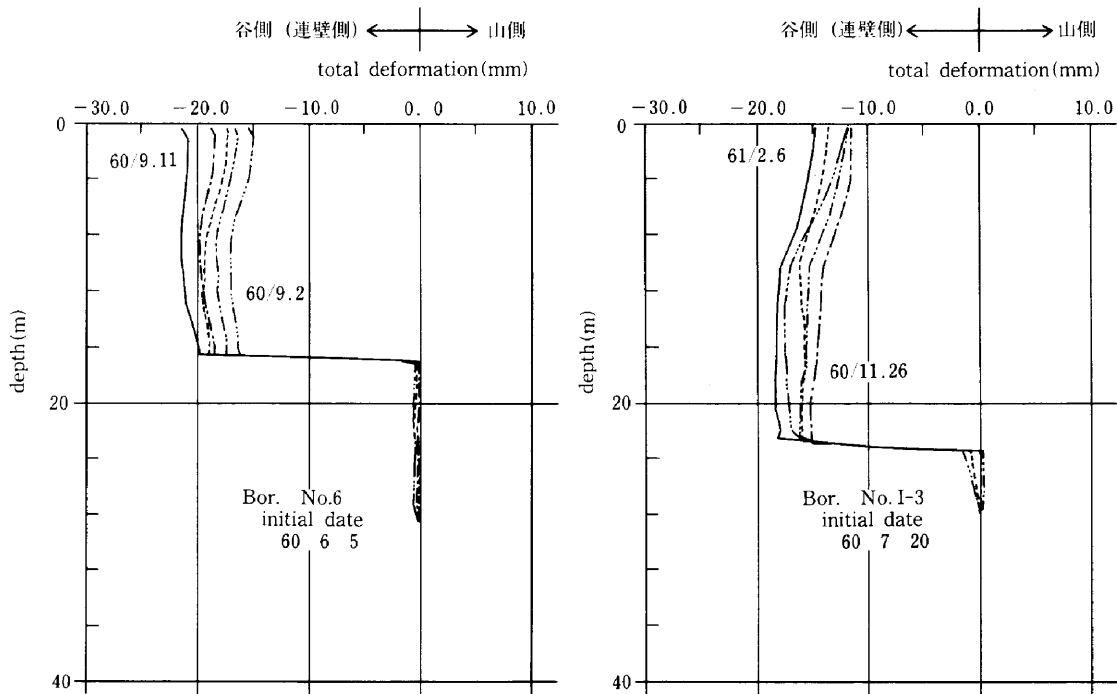


Fig.3 孔内傾斜計による測定例

欠であると判断された。

4-1 抑止力の算定

地すべり対策工の必要抑止力は、Fig.4に示すようなスライス分割法に基づき、次式により計算される。

$$P_R = F_{SP} \sum T_i - \sum \{ (N_i - U_i) \tan \phi + c l_i \}$$

- P_R : 必要抑止力 (tf/m)
- F_{SP} : 計画安全率
- T_i : 分割片 i の自重による接線力 (tf/m)
- N_i : 分割片 i の自重による法線力 (tf/m)
- U_i : 分割片 i に作用する間隙水圧 (tf/m)
- l_i : 分割片 i のすべり面の長さ (m)
- c : すべり面の粘着力 (tf/m²)
- ϕ : すべり面の内部摩擦角

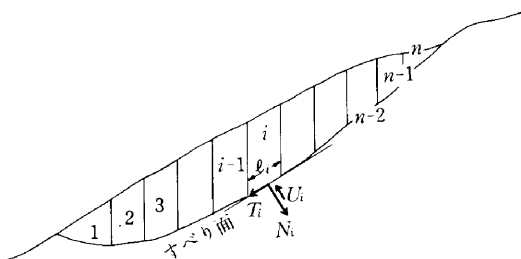


Fig.4 スライス分割法による地すべりの安定計算

すべり面の位置・形状は計測結果を参考に決定したが、連壁部より谷側についてはすべり面を特定できないため、いくつかのすべり面を想定して比較計算を行なった。

すべり面の粘着力については移動層の厚さより $c=2.0 \sim 2.2 \text{ tf/m}^2$ と仮定し、内部摩擦角については、工事着手前の地山のすべり安全率を1.0と仮定した逆算法で決定した。この結果、 $\phi=7 \sim 14^\circ$ の値が得られた。計画安全率は構造物の重要度や、地山崩壊に至った場合の影響の程度に応じて決定されるが、本工事では北神車庫線・神戸電鉄線の施工中においては $F_{sp}=1.05$ 、完成時には $F_{sp}=1.10$ として計画することとした。

上式によりいくつかの検討断面について必要抑止力を計算した結果、施工中の最大抑止力は325tf/m、完成時には最大235tf/mとなり、非常に強大な荷重に抵抗する必要があることが明らかとなった。

4-2 対策工の比較検討

(1) 対策工種の選定

一般に地すべり対策工としては Table2 に示すような工法がある。本工事の場合、

- ① 必要抑止力が大きい。
- ② 地すべり挙動と地下水との相関がない。
- ③ 用地上の制約がある。

などの条件から、抑制工やアンカー工の採用は不適當であるため、杭工によって地すべりを抑止することを基本方針として検討した。

Table3 は、杭工として採用可能と考えられる各種工法について工法比較を行ったものであるが、これによれば、Gパイルが工期・工費の点で最も有利となっている。

しかし鋼管杭系の工法の場合、施工機械が大型となり、かつ複数台数を稼働させる必要があるため、隣接工区との作業の競合、作業スペースの不足といった問題が生じ、これによる施工持ちの状態が発生する。この点を考慮すると、実質的には工期面での深礎杭と鋼管杭との差はほとんどないと考えられる。従って経済性、施工性を重視してφ3500mmの深礎杭を採用することとした。

(2) 抑止杭の設置位置の選定

抑止杭を地すべり土塊内のどの位置に施工するかは、今回の対策工の計画における大きな問題のひとつであった。基本的には地すべり圧縮部で、かつ地すべり土塊の抵抗を十分に見込める位置に設置するのが原則とされて

いるが、本工事においては地すべり区域内を横断して地山の掘削、躯体構築等の工事が錯綜するため、この条件を満足する位置は自明ではない。さらに本事例の場合、抑止杭を設置することによって北神本線カルバートに作用する地すべり荷重を軽減させるという効果も期待しており、これも抑止位置決定のひとつの要素となっている。

具体的な抑止位置としては、北神本線の山側に設置する案(山側案)、北神本線と北神車庫線の間に設置する案(谷側案)の2案が考えられる。この両案を比較すると、谷側案については、地すべりの圧縮部に位置しており、また、この区域では山側と比べると現状ではそれ程地すべり変動が大きいという点において有利であると言える。一方、山側案の方が、より積極的に北神本線カルバートを保護できるという考え方もある。

最終的には、抑止杭施工中の安全性、用地取得上の問題等もあり、谷側案が採用された。しかし、抑止杭に前述のような効果を期待する場合には、地すべり抑止杭のみならず構造物をも含んだ構造系に対する地すべり荷重の作用形態が明らかになっていなければならないが、このようなケースに対する既往の報告はほとんどなく、今後研究の余地があると思われる。

4-3 深礎杭の構造計算

(1) 構造モデル

地すべり抑止杭として深礎杭を用いる場合、杭の剛性、地盤の硬軟、根入れ長などの条件に応じてたわみ杭、もしくは剛性杭としての設計が行われている。本工事の場合 $\beta_2 l_2 > 2$ (β_2 :杭の特性値, l_2 :杭の根入れ長)で

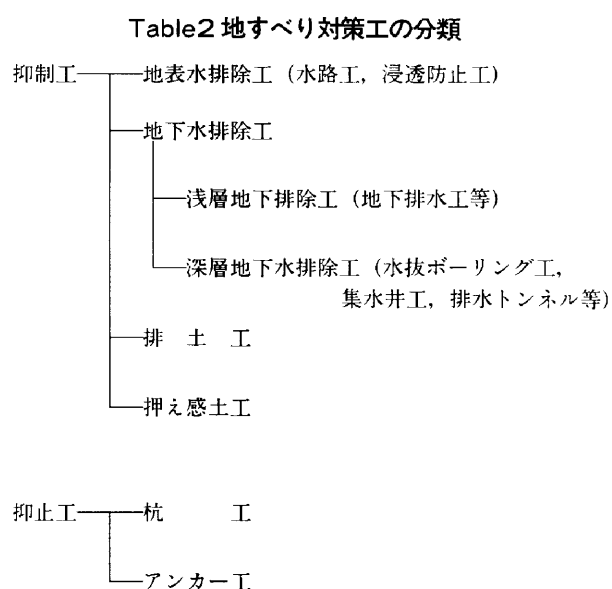


Table 3 地すべり抑止杭の比較

杭種	数量*1	工期(日)	工費*2	特徴
深礎杭 φ4000	30m×6本 35m×4本	240	122	・土砂リフト・エレベータの設置が可能 ・鋼管杭に比べ杭頭変位が小さい
深礎杭 φ3500	33m×7本 35m×5本	240	112	同上
深礎杭 φ3000	33m×9本 35m×5本	240	100	・土砂リフト・エレベータの設置が困難 ・鋼管杭に比べ杭頭変位が小さい
スパイラル鋼管杭 φ800 t=19	33m×47本 35m×31本	120	118	・大型重機の配置スペースの確保が困難
フレキシブル鉄筋コンクリート杭 φ508 t=12.7	33m×47本 35m×31本	120	118	同上
Gパイプ φ500 t=40	33m×47本 35m×31本	120	112	同上

*1 φ3500の深礎杭の数量は実績数量とは異なる。
*2 工費はφ3000の深礎杭を100として示す。

あるのでたわみ杭の範●に属する。

たわみ杭として設計する場合にも杭の施工位置、地すべり土塊の硬軟の程度によって設計方法が異なっており、Fig.5示すように3つに分類されている。①のせん断杭では杭に作用するせん断力を主体とし、②のモーメント杭では曲げモーメントを主体として設計する。③の地すべり土塊の反力を考慮したモーメント杭は、①、②の中間的な設計法である。

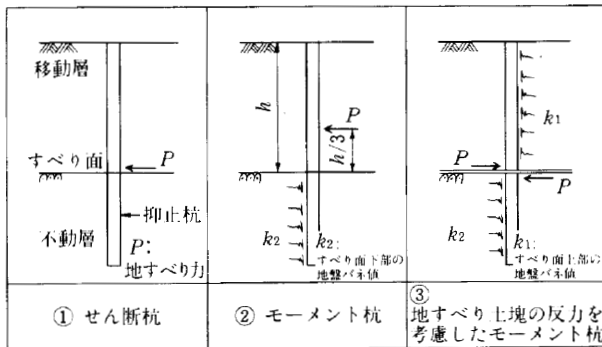


Fig.5 地すべり抑止杭の構造モデルの比較

本工事で抑止杭設置後、杭前面において開削工事(北神車庫線・神戸電鉄線構築)を行なうため、これの影響も設計上考慮しておく必要がある。開削を行なう際には、山留め切梁プレロード工法により極力地山のゆるみを抑止することを前提条件として、杭前面の地すべり土塊の反力を考慮したモーメント杭としてモデル化することとした。

なお、北神車庫線・神戸電鉄線の構築完了後の状態について杭の計算を行う場合はせん断杭としてモデル化している。

(2) 断面力の算定と配筋計算

抑止杭を地すべり土塊の反力を考慮したモーメント杭と見なした場合の断面力計算は次式による。なお式中のサフィックス1, 2はそれぞれすべり面より上部, 下部の値を示す。

$$M_1 = -\frac{P}{2} \cdot \exp(-\beta_1 x_1) \left\{ \left(\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_2} \right) \cos \beta_1 x_1 - \left(\frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\beta_2} \right) \sin \beta_1 x_1 \right\}$$

$$S_1 = P \cdot \beta_1 \cdot \exp(-\beta_1 x_1) \left(\frac{1}{\beta_1} \cos \beta_1 x_1 - \frac{1}{\beta_2} \sin \beta_1 x_1 \right)$$

$$M_2 = \frac{P}{2} \cdot \exp(-\beta_2 x_2) \left\{ \left(\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_2} \right) \cos \beta_2 x_2 + \left(\frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\beta_2} \right) \sin \beta_2 x_2 \right\}$$

$$S_2 = P \cdot \beta_2 \cdot \exp(-\beta_2 x_2) \left(\frac{1}{\beta_2} \cos \beta_2 x_2 - \frac{1}{\beta_1} \sin \beta_2 x_2 \right)$$

ただし、

$$\beta_1 = \sqrt[4]{\frac{k_1 D}{4 EI}}, \quad \beta_2 = \sqrt[4]{\frac{k_2 D}{4 EI}}$$

ここに

- D: 杭の直径 (m)
- E: 杭の弾性係数 (tf/m²)
- I: 杭の断面2次モーメント (m⁴)
- k: 横方向地盤反力係数 (tf/m³)
- M: 杭に生じる曲げモーメント (tf・m)
- S: 杭に生じるせん断 (tf)
- x: すべり面からの距離 (m)
- P: 地すべり抑止力 (tf/本)

ただし、上式が適用できるのは杭が無限長 ($\beta l \geq \pi$) とみなせる場合である。本工事ではこの条件を満足していないので、弾性床土上の梁としてのモデル化も行い、両者から求まる断面力を包絡するように設計断面力を算定した。

一方、せん断杭としてモデル化した場合、最大せん断力 S_{max} はすべり面で発生し

$$S_{max} = (S_1)_{x_1=0} = (S_2)_{x_2=0} = P$$

となる。

また、施工位置でのすべり面深さは確定していないので、すべり面位置の変動も考慮して設計断面力の分布を決定した。

以上の方法で計算した結果、杭の断面は Fig.6 に示すようなものになった。

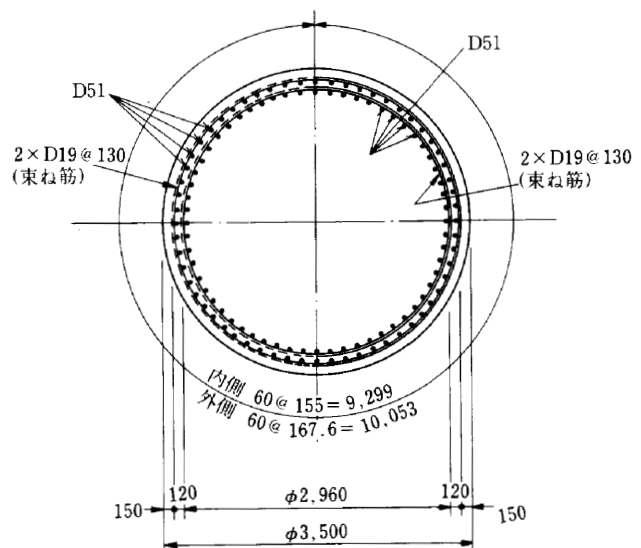


Fig.6 深礎杭配筋図

(3) 根入れ長, 杭間隔の決定

根入れ長 l_2 は原則として次式を満足するように決定した。

$$l_2 > 1/3 \cdot l$$

l : 杭長 (m)

また杭間隔 L は次式の計算を基本として決定した。

$$L = S_p / P_R$$

S_p : 杭のせん断耐力 (tf/本)

の3分割施工とした。また、2巡目の施工が完了するまでは、北神車庫線、神戸電鉄線の本格的な掘削には着手しないこととした。

暦日あたりで算出した1パーティーの施工実績は、掘削工0.35m/日(ライナープレートの取り付け含む)、鉄筋工2t/日(コンクリート工含む)であった。

Fig.7に深礎杭工の施工順序、Table4に主要施工数量を示す。

§ 5. 深礎杭の施工

5-1 施工概要

前章で述べた計画に基づき、深礎杭17本の施工を行った。本工事における深礎杭は径3.5m、杭長33~35mと比較的大口径、大深度であるうえ、活動中の地すべり土塊内での施工となるため、安全性・施工性の確保には特に留意した。また深礎杭の施工によって地すべり運動が活発化するおそれもあるので、同時に施工する杭間隔は3D以上離すことを基準とし、1巡目6パーティー(6本同時施工)、2巡目6パーティー、3巡目5パーティー

Table 4 深礎杭の主要施工数量

項 目	単 位	数 量	摘 要
深礎 $\phi 3500$	$l=33.0m$	本 7	
— " —	$l=35.0m$	" 10	
掘 削	レキ質土	m ³ 1,968	
残土処分	軟 岩	" 1,968	
— " —	レキ質土	" 4,144	
コンクリート	$\sigma_{ck}=300kgf/cm^2$	" 4,589	
外 枠	ライナープレート $\phi 3500$	m 581	
型 枠	内型枠	m ² 660	
鉄 筋	SD35 D51	tf 810.3	
	" D19	" 240.0	
鉄 筋 圧 着	ヶ所	2,760	
巻立コンクリート	$\sigma_{ck}=135kgf/m^2$	m ² 52.7	
裏込モルタル	m ²	—	必要に応じ

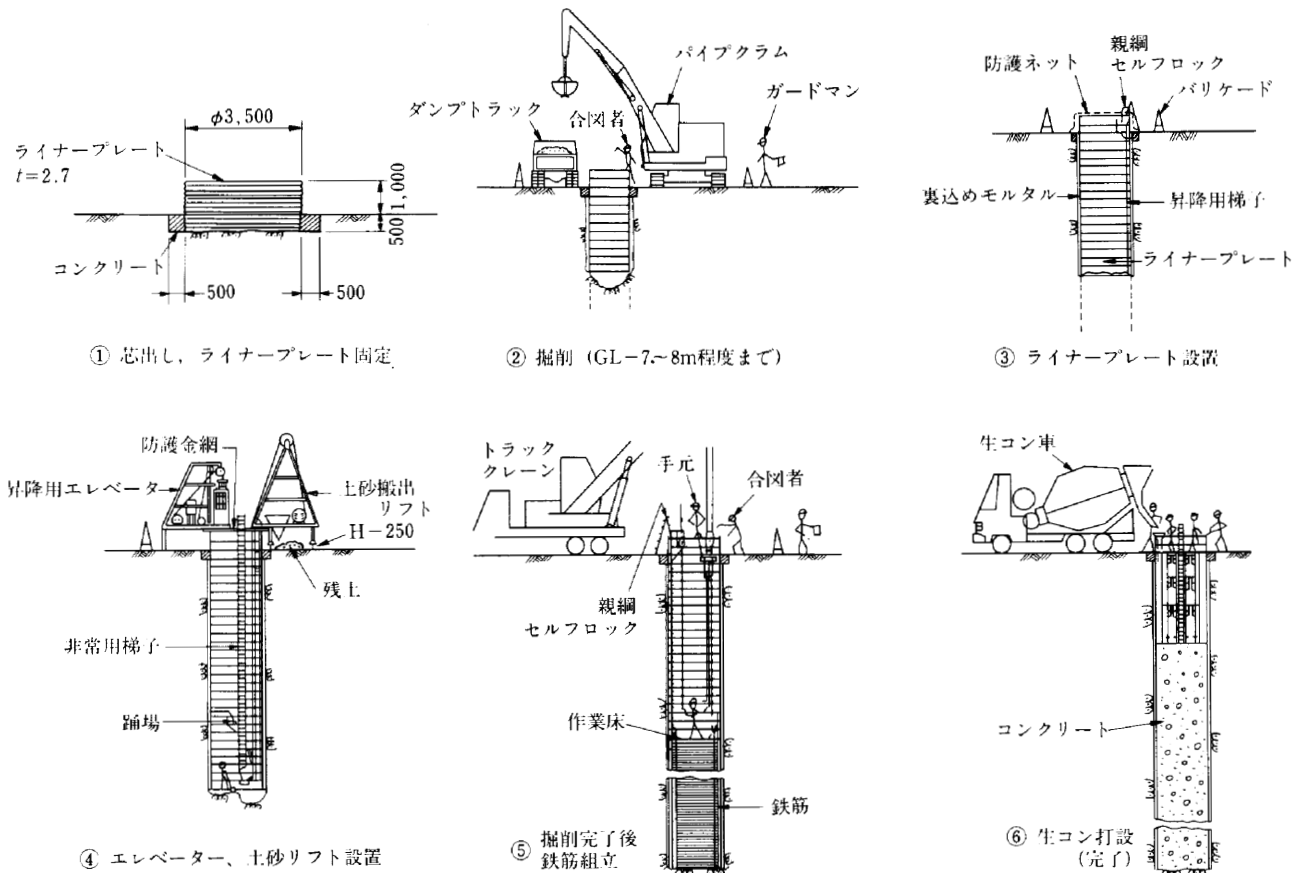


Fig.7 深礎杭の施工順序図

5-2 施工方法

(1) 掘削・排土

掘削は $GL-7\sim 8m$ まではパイプクラムによる機械掘削、それ以深ではブレーカーの使用による人力掘削を主体とした。また、掘削効率を上げるためにロックオーガーによるプレボーリング ($\phi 350mm$)も実施した。工期的な制約からさらに工程短縮を図る必要があったため、試験的に小型ベッカーを導入したが、粘りけのある岩質であるために掘削能率が上がらず、結局採用には至らなかった。このため作業員の増員、及び分割施工の施工間隔を短縮する(すべり面以上のレベルまで中詰コンクリートを打設した段階で3D以内の掘削を開始)ことでの対処した。

排土方法については、従来から深礎工法に多く用いられてきた三脚デリック、簡易リフト(シビリフト)ではこのような大深度の深礎杭に対しては、能率面、安全面で問題がある。従って、Photo1に示すようなオートリフト(0.4t)を設置し、排土の効率化を図った。

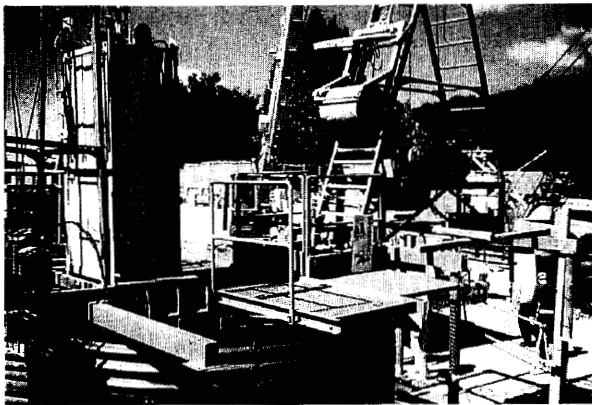


Photo 1 排土用オートリフト

(2) ライナープレート工及び裏込めモルタル工

ライナープレートは $\phi 3500 \times 2.7mm$ を杭全長にわたって使用し、補強リングとしてH-125を2mピッチに配置した。ライナープレートの据付精度は、1リング目のプレートによってほぼ決定されるため、1リング据付時に外周コンクリートを打設して位置、高さ、方向を固定した。

裏込めモルタル工は2段階に分けて実施した。まずライナープレート設置直後に、地盤の状況に応じて部分的なリング状の裏込め注入、もしくは全面注入を適宜組み合わせる施工し、さらに中詰めコンクリートの打設が完了した段階で、あらかじめ設置した注入パイプにより裏込めモルタルを全面に注入した。

(3) 鉄筋工・コンクリート工

鉄筋は孔内組立とした。主筋はD51の2段配筋で圧着継手を採用している。鉄筋重量が大きいので、鉄筋が宙吊りの状態で孔内作業を行うのは危険である。従って以下のように鉄筋工とコンクリート工の施工順序を工夫した(Fig.8参照)。

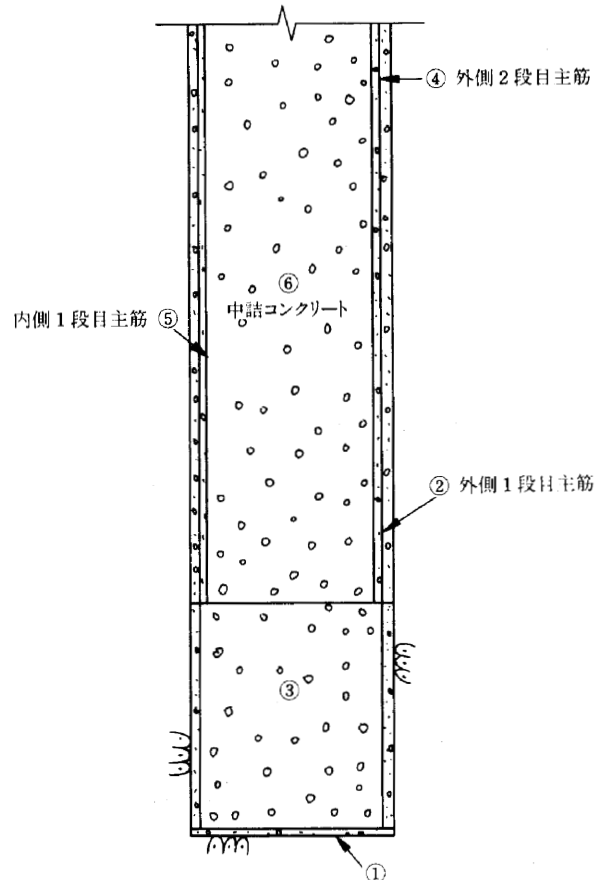


Fig.8 鉄筋工・コンクリート工の施工手順

- ① 外側1段目主筋下端位置までコンクリート打設(Fig.8①)。
- ② 外側1段目主筋を3本づつ吊金具に連結して吊り込み、あらかじめライナープレートに固定しておいたリング筋に固定する(Fig.8②)。主筋の上端には継手用カップラーを圧縮しておく。主筋の建て込み後、フープ筋を組み立てる。
- ③ 内側1段目主筋の下端位置までコンクリートを打設する(Fig.8③)。
- ④ 外側2段目主筋を吊り込んで1段目に圧着し(Fig.8④)、フープ筋を組み立てる。Photo2は継手圧着作業の状況を示したものである。
- ⑤ 内側1段目主筋を下端をコンクリート打設面に乗せて建て込み(Fig.8⑤)、フープ筋の組み立てを行

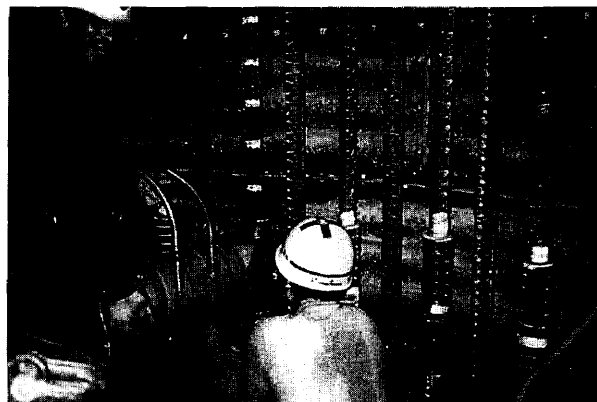


Photo 2 鉄筋圧着作業の状況

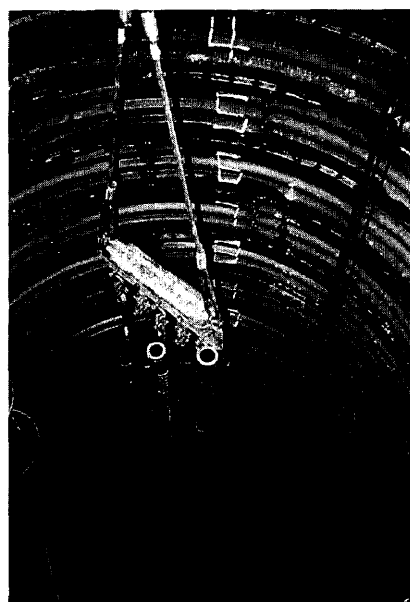


Photo 3 吊金具を用いた鉄筋吊込み作業

なう。

⑥ コンクリート打設 (Fig.8 ⑥)。

以後同様の手順を繰り返して杭を完成させる。

なお、コンクリートの打設は、提灯シュートを用いて行なった。

5-3 施工上の安全対策

大深度の掘削であるので、施工に当たっては、特に墜落防止、飛来・落下防止に重点をおいた安全対策を行なった。

具体的な対策の1例として、工専用エレベーター（上下限リミットのほか多重安全装置付き）を設置した。これにより昇降時の墜落に対する危険を防止できた。また、鉄筋吊り込み用に Fig.9 に示すような吊金具を製作したが、これにはフックを2方向で使用するように改良を加えてあり、脱索防止に有効であった。Photo3 に鉄筋吊り込み状況を示す。

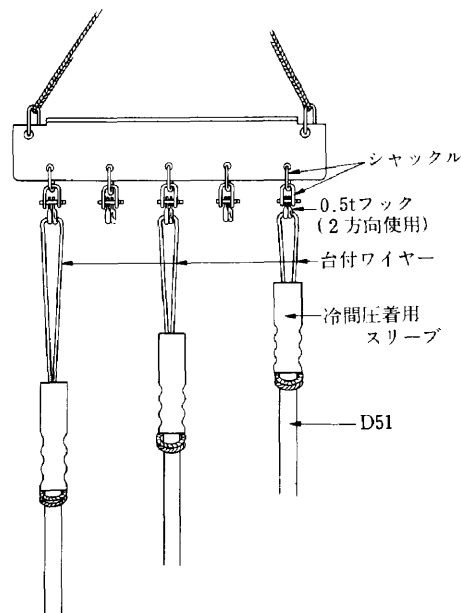


Fig.9 鉄筋吊金具

上記の他、以下のような安全対策を実施した。

- ・深礎天端に飛来・落下防止用スクリーン製上蓋設置
- ・土砂搬出リフトの蓋取りつけ、昇降時ブザー設置
- ・鉄筋組立、コンクリート打設時の中間作業床用円形足場の使用
- ・非常用梯子の背もたれ及びセルフロックの取り付け
- ・危険作業時におけるセルフロック装着及び安全帯の二丁掛使用の徹底

5-4 施工中の動態観測

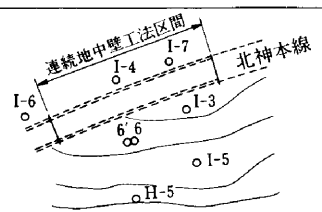
施工中の動態観測は、地すべり活動を予知するための有力な方法のひとつである。当現場においても、工事当初から地すべり傾斜計が設置され、本抑止工の計画に際して重要な情報を提供した。今回、深礎杭を施工するにあたって、さらに傾斜計の増設を行ない、施工中に地すべり活動が活発化した場合には即応できるよう、地山の監視体制を強化した。

Table5 は計測結果の一部を示したものである。それぞれの傾斜計について、各施工段階ごとの平均的な地山変位速度を1ヶ月あたりに換算して示している。

工程上の制約から深礎杭の施工と軽微な開削工事を並行させたため、深礎杭施工の影響だけを分離することはできないが、北神本線掘削時の変位速度に比べると、その値は明らかに小さいものであり、地すべり運動を誘起することなく深礎杭を施工することができた。

Table 5 孔内傾斜計による地山変位の動態観測結果

設計位置 計器番号	斜面 中腹		連壁 山側		連壁 谷側		
施工段階	H-5	I-5	6', 6	I-3	I-6	I-4	I-7
北神本線連壁区間掘削	8.7	(17.2)	10.0	4.0	—	—	—
掘削完了後	2.2	3.4	2.6	-1.0	3.1	-2.2	-9.2
深礎杭施工	1.2	2.9	1.6	0.7	1.2	3.1	2.9
北神車庫線・神戸電鉄線掘削	5.9	6.7	3.6	4.0	5.9	5.4	6.1



- 1) 谷川への変位を正とする
- 2) ()は短期間計測のため参考値
- 3) 単位はmm/月

§ 6. おわりに

開削トンネル工法による鉄道建設工事に発生した地すべりについて、その対策工としての深礎杭の計画および施工の概要について報告した。

今回の対策工は、その規模の点においても、施工条件の点からも特異なものであったが、施工性・安全性の両面について十分な検討を加えて施工した結果、対策工事を無事完了することができた。

現時点（昭和62年1月）で本線工事を施工中のこともあり、詳細な総括はできなかったが、別の機会にあらためて報告したい。

最後に本工事の計画・施工にあたって御指導、御尽力頂いた北神急行電鉄株式会社、並びに特別委員会関係各位に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 応用地質調査事務所：『西丸山地区地すべり調査業務報告書』，1983.3
- 2) 日本道路協会：『のり面工・斜面安定工指針』，1979
- 3) 日本道路公団：『設計要領第一集』，1983.4
- 4) 日本河川協会：『建設省河川砂防技術基準（案）設計編〔II〕』，1985.10