# 地すべり対策工（フレキシブル鉄筋コンクリート杭）

# Land Slide Stabilization Work (Flexible Reinforced Concrete Pile with Steel Pipe)

波多　孝*
Takashi Hata
奥地　功治**
Kōji Okuji
佐渡　克己**
Katsumi Sado

要　　約

本報告書は滋賀県道路公社発注の国道367号道路改良工事（第一工区）のうち地滑り対策工の施工について述べたものである．当工区東側斜面においてボーリング調査・現場踏査及び地すべり安定計算での結果，地すべりを生ずる可能性が高く，事前に地すべり対策を講ずる必要があると判断された．その対策工として，フレキシブル鉄筋コンクリート杭(フレコン杭）を採用した．当工法の施工では，一般車両の通行を確保しなければならなず作業ヤードの制限を受け，機種選定並びに施工方法に苦労したが無事施工完了出来た．

目　次

§1．はじめに
§2．工事概要
§3．地すべり対策の必要性
§4．フレキシブル鉄筋コンクリート杭
§5．計測
§6．おわりに

## §1．はじめに

当工区は国道367号「途中地区」の改良工事の全体延長2.2kmを6工区に分割したうちの第一工区で京都市～大津市の県境に位置している．国道367号は大津市と高島郡今津町を結ぶ幹線道路で，琵琶湖西岸を走る国道8号とともに南北の県域を連絡する主要幹線となっており通過交通も大型車を含め約3800台/日にも及ぶが，このうち大津市伊香立途中町地先では幅員が狭小なため大型車の離合が困難で頻繁に交通渋滞が発生している．途中地区の改良はこうした問題を解消するためのものである．

当工区の施工に先だち現場踏査及び施工段階毎の安全率の変化率を計算した結果，原計画で工事を行なった場合地すべりが生ずる可能性が高いと判断される東側斜面に地すべり対策工としてフレコン杭を採用した．本稿はフレコン杭の施工について概略を報告する．

## §2．工事概要

本工事は，京都市左京区小出石町から大津市伊香立途中町まで県境を含む延長330mで，そのうち途中峠区間120mは逆門型カルバート（10.500m×5.40m）で残り区間は，もたれ擁壁 $\ell=210$m，L型擁壁 $\ell=115$m，重力式擁壁 $\ell=16$mと工区内はすべてコンクリート擁壁構造物である．また左右両側には側道（幅員3.0m）が並行して新設される．

当工事区間は，通行規制，現道切廻し等により現道を改良するため，施工方法にきびしい制約を受けている．

また，計画道路に沿って花折断層と呼ばれる破砕帯が通っており，特に地すべり発生の高い東側斜面峠付近において地すべり対策工（延長 $\ell=80$m）を施工した．

Photo 1 はフレコン杭施工中，Photo 2 は側道掘削完了時のフレコン杭打設完了全景である．

Fig.1 に一般平面図，Fig.2 に地すべり対策工の正面図および平面図，Fig.3 に地すべり対策工の標準断面図を示す．

*関西(支)湖(出)主任
**関西(支)湖西(出)

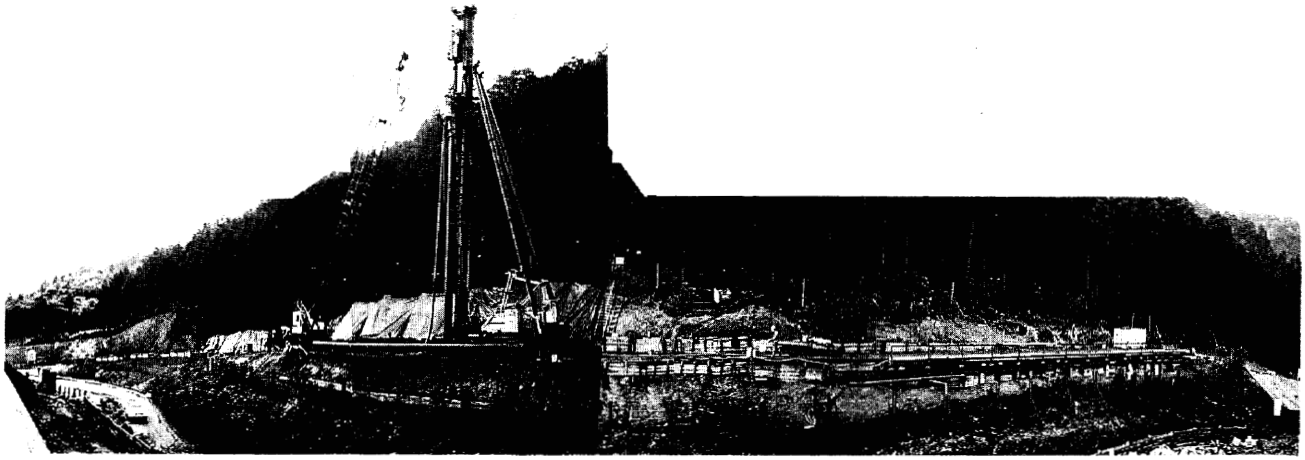


Photo 1　抑止工施工個所全景(1986年10月1日)

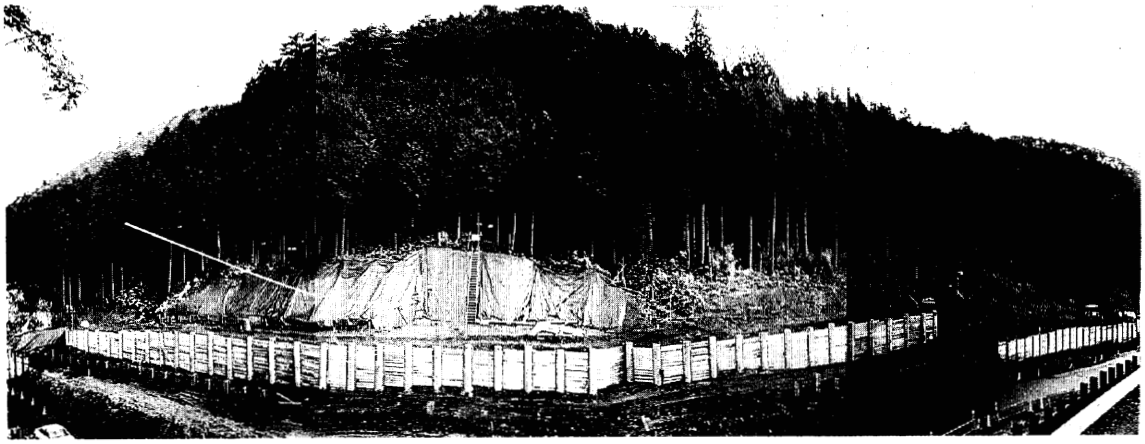


Photo 2　フレコン杭打設完了全景

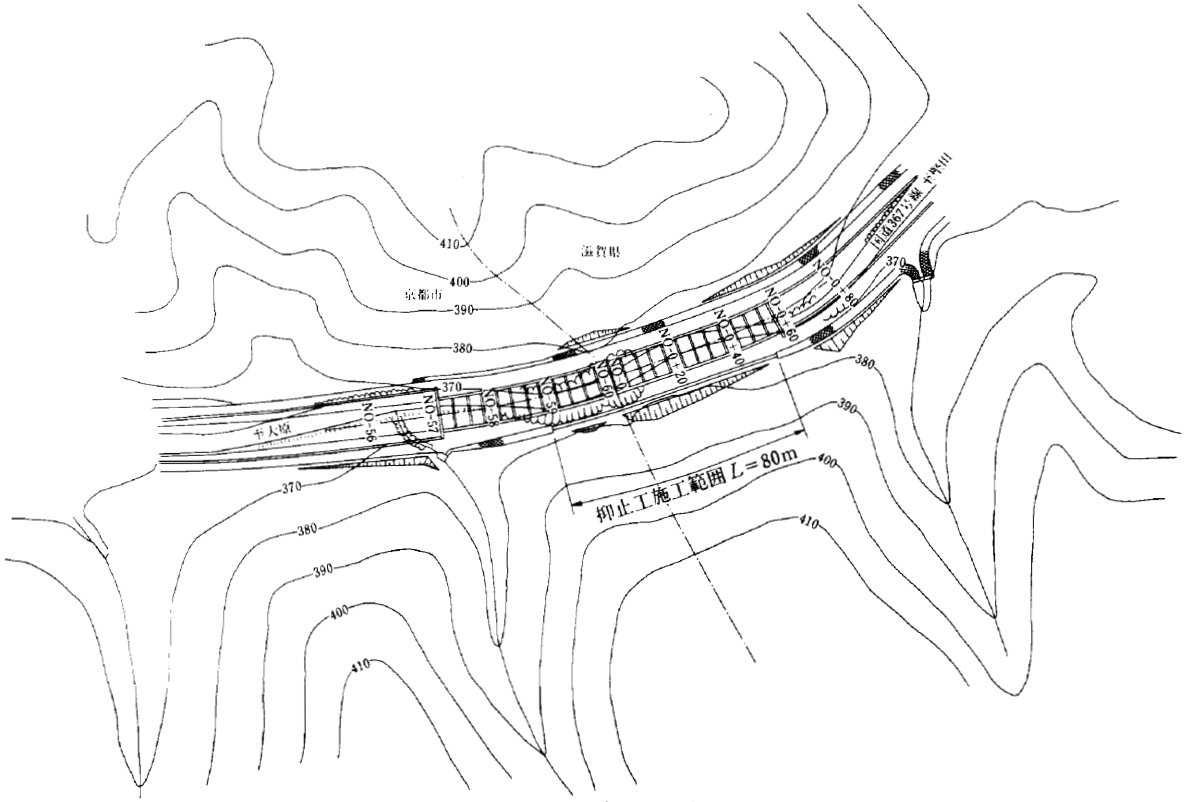



Fig.1　一般平面図

## §3．地すべり対策の必要性

### 3－1　地質概要及び現場踏査結果

これまでに国道367号線道路改良工事（第一工区）における地すべり対策工に関する検討報告書が3つある[1]．これらの地質調査結果および現場踏査について整理する．

(1)　地質概要

当該工事区間は途中峠に位置し計画道路に沿って花折断層が通っている．代表的な地質断面図をFig.3に示す．

地質構成は崩積土，頁岩，花崗岩よりなり，風化堆積物あるいは崩落堆積物である崩積土は角礫混じりの粘性土が主体で礫含有率は10～40%，礫径は2～30mmより全体的に密なものである．京都府と滋賀県の県境い付近は崩積土が4mと厚く堆積している．特にST.No.0＋28の東側斜面については崩積土は地すべり面頂部までは薄く，地すべり面末端部の現道付近の平坦地形は二次流出した崩積土が3～4mの厚みで堆積している（Fig.3参照）．また，現道より山側15m付近までの岩盤は破砕され，主断層が存在する可能性が高く地山水位も地表面下1.0～4.0mに存在し，崩積土の大半は地下水で飽和されている．崩積土層は，N値2～17(平均N＝8)，変形係数Ep＝25kgf/cm²とルーズな状態である．崩積土下部は岩組織を残す風化粘板岩で，地すべり地質区分の〝強風化岩〟に判定され層厚は5.1～8.6mである．強風化岩の下部は細片状の粘板岩が分布し〝風化破砕帯〟に判定される．また一面せん断試験結果では，崩積土(GL－1.5m)で$C$＝5.9tf/m²，$\phi$＝45.4°，風化岩(GL－5.0m，－7.0m)で$C$＝2.4～3.9tf/m²，$\phi$＝42.2°～49.1°である．

(2)　現場踏査

ST.No.0＋28付近の東川斜面について次のことが確認された．

① 現在の国道脇の石積擁壁にはらみ出し現象及び地下水の浸水がみられ地下水位の高いことを示していた．

② 斜面上部に過去の地すべりの形跡である馬蹄形の

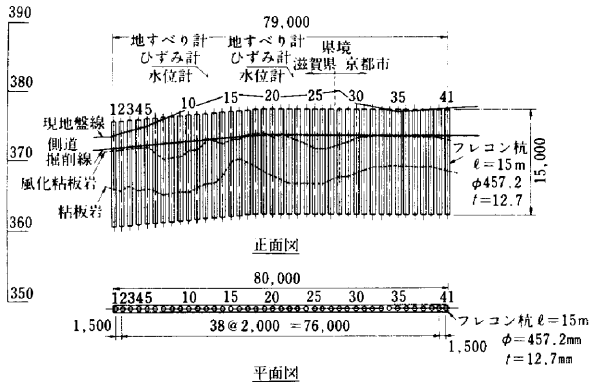



Fig.2　地すべり対策工正面図及び平面図

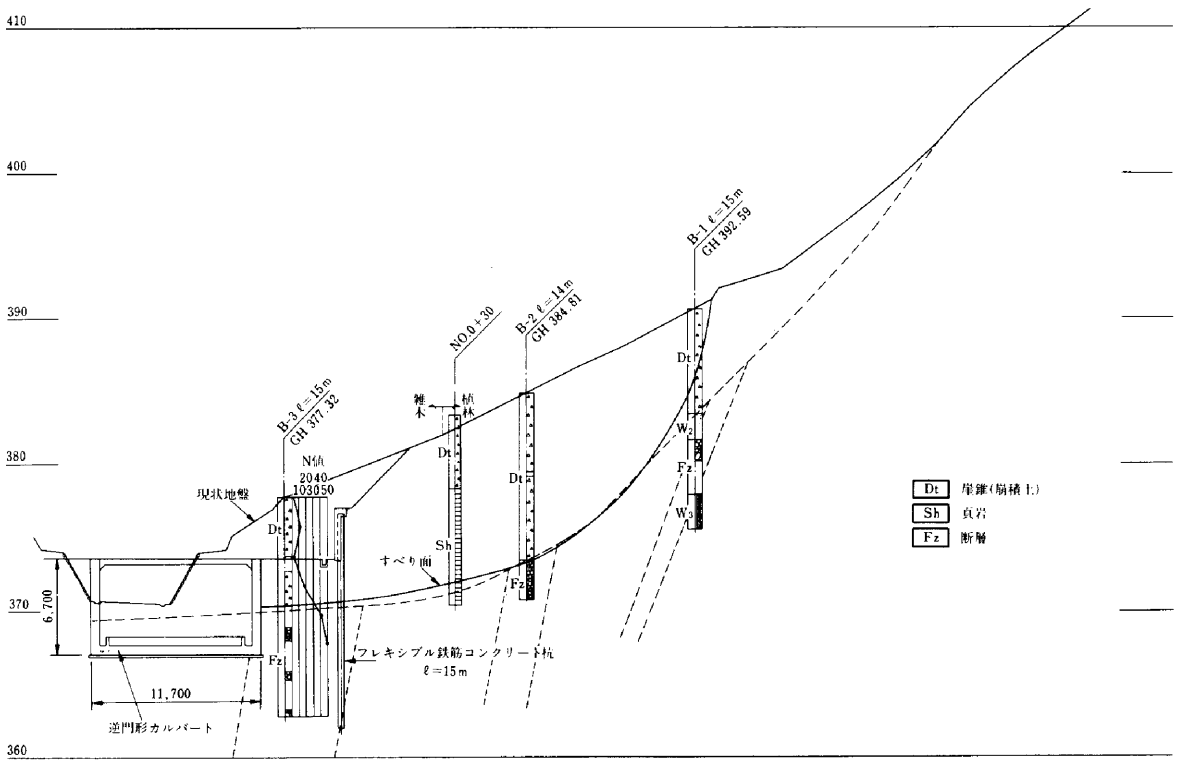



Fig.3　地すべり対策工標準断面図及び地質断面図

滑落崖及び斜面の等高線の乱れを確認した．

③ 崩積土上の立木の根元付近の曲がりが地区間の安定斜面の立木より大きいことを確認した．

④ 工事着工後ST.No.0＋55東川斜面切土により小規模の崩積土すべりが生じた．

### 3－2 地すべり安定計算

(1) 解析手順はFig. 4に示す．

(2) 当該区域（逆門型カルバート）の施工順序は次のとおりである．(Fig.5参照)

① 上段斜面の掘削

② 側道部掘削

③ ブロック積擁壁築造

④ カルバート部掘削用土留杭の設置

⑤ カルバート部掘削

⑥ カルバート構築

この中で斜面の形状が変化する①②⑤⑥の4段についてすべり安定率 $Fs$ を計算した結果をFig.6に示す．

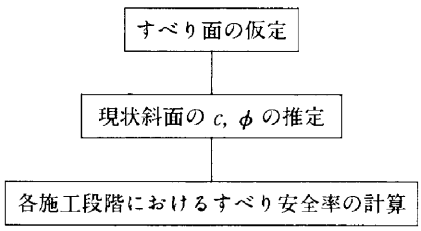



Fig.4 解析手順

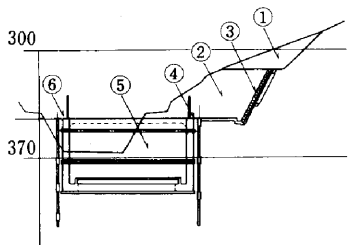



Fig.5 施工順序

| | 現状斜面 | 上段斜面掘削時 | 側道部掘削時 | カルバート部掘削完了時 | カルバート構築完了時 |
|---|---|---|---|---|---|
| 安全率 | 1.04 | 1.00 | 0.89 | 0.80 | 0.93 |

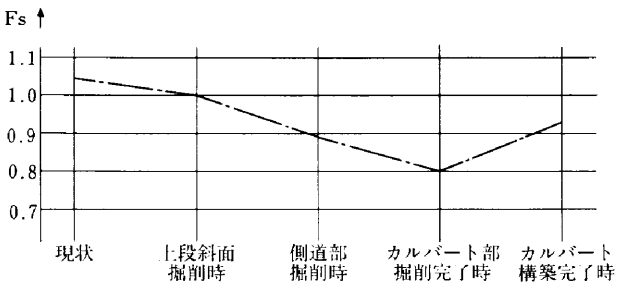



Fig.6 施工段階とすべり安全率

### 3－3 地すべり対策の必要性

地すべり発生の可能性についてST.No.0＋28付近の東側斜面は3－1で述べたように地すべり地形を呈し計画道路と並行して花折断層が存在する．また崩積土は厚く堆積し崩壊土の再活動が考えられる．しかも3－2で示したように逆門型カルバート施工のための掘削により安全率は低下し側道掘削及びカルバート部掘削完了時にすべりが生ずる可能性が高い．地すべりが発生した場合，現道は京都府と滋賀県を結ぶ要路になっており他に適当な迂回路がないことから社会的影響は大きい．またすべり発生後に抑止工を施工する場合，施工上の制約を受け効果的な対策工が採用しにくい．またその施工時の安全性の確保にも難がある．

以上のことを考慮すると当該区間については事前に地すべり対策を講ずる必要があると判断された．

## §4．フレキシブル鉄筋コンクリート杭

### 4－1 フレキシブル鉄筋コンクリート杭の特性

フレキシブル鉄筋コンクリート杭（フレコン杭）は鋼管の軸方向に高強度で連続したフレキシブル鉄筋を挿入したコンクリートまたはモルタルで鋼管内を充填したもので大きな耐力を発揮することができる．

この工法は当初地上空頭の少ないアンダーピニング杭として開発されたもので最近ではその大きな耐力を利用して地すべり抑止杭として使用されている．

当現場に於けるフレコン杭の側面図をFig.7に，断面図をFig.8に示す．

使用材料とその役割は次のとおりである．

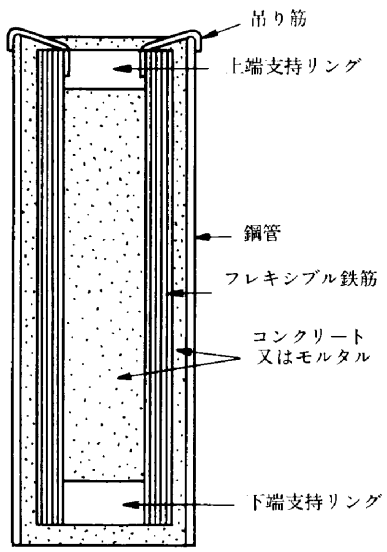



Fig.7

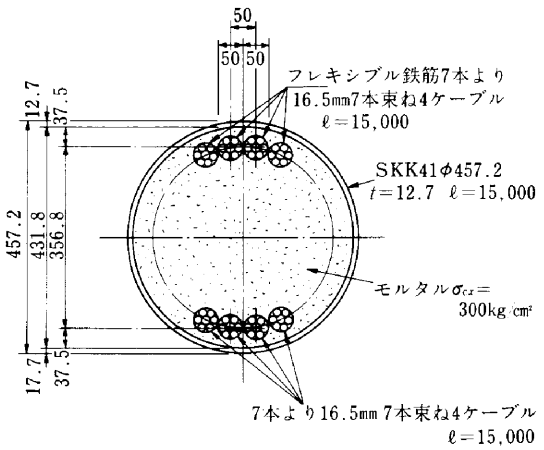



Fig.8　フレキシブル鉄筋コンクリート杭断面図

1．鋼管　フープテンションを受け持ち中詰モルタルの圧縮破壊を拘束する．

2．フレキシブル鉄筋　部材の引張荷重を受け持つと共に鋼管及びモルタルで拘束されているため圧縮荷重にも有効に働き，この鉄筋は普通の鉄筋に比して降伏点が高くより加工されているため，モルタルとの付着性が良い．またドラム巻にしたものを引き出して必要な長さで切断して使用するので継手による強度の低減がない．Photo 3 が工場での加工中，Photo 4 が現場搬入時，Photo 5 が鉄筋挿入完了後である．

3．中詰モルタル　鋼管とフレキシブル鉄筋とを一体化させ部材の圧縮荷重を受け持つ．

以上の３つの材料が一体となって相互に有効に作用し大きな耐力を得ることが出来るのがこの杭の構造特性である．Fig.9 にフレコン杭打設の施工フローシートを示す．

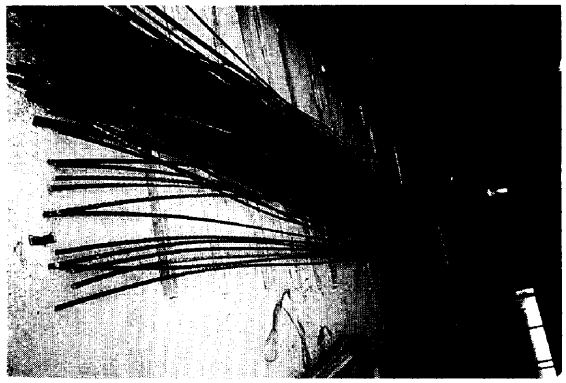


Photo 3　フレキシブル鉄筋加工

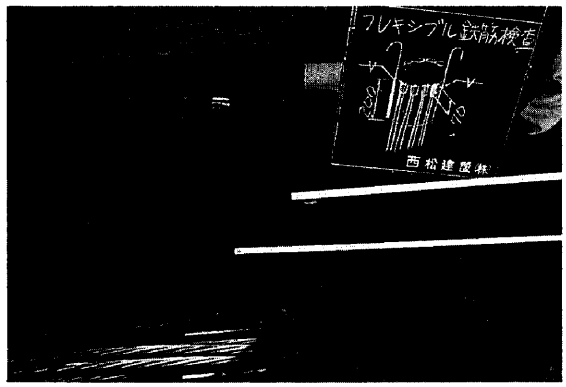



Photo 4　フレキシブル鉄筋現場搬入

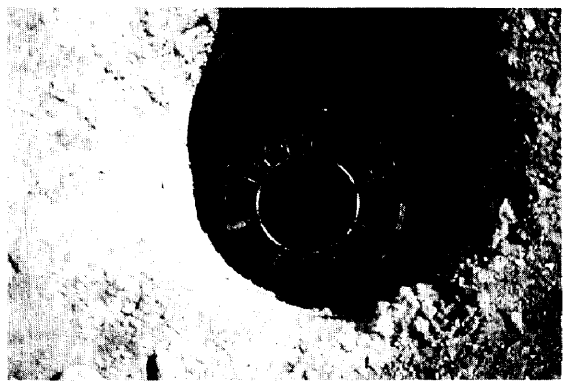


Photo 5　鉄筋挿入完了

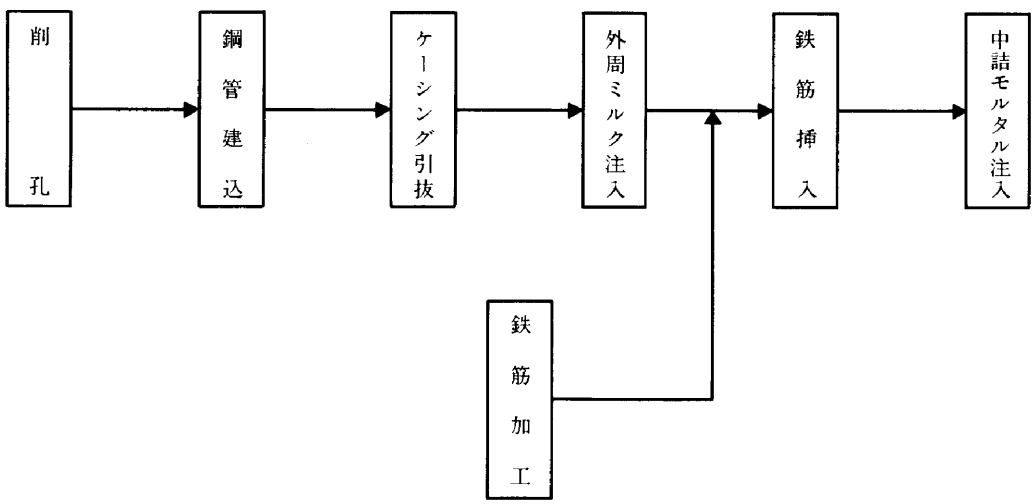



Fig.9　フレコン杭打設工フローシート

### 4－2　施工条件

1．現場状況

a作業スペース　幅5.0m　延長100m

b地盤　山側切土部3.0m，道路部盛土及びH鋼による仮設足場2.0m

c杭芯位置　路肩より3.0m

d搬入路　大型車通行可，トレラー不可

2．地質

3．施工方法　Table 1

a乾式掘削方法

b掘削深度　$\ell=15.0$m

c掘削孔径　560mm以上

d鋼管径　457.2mm（底ブタ付）

Table 1　地質概要

| | 層厚（m） | N値 | 状態 |
|---|---|---|---|
| 崩積土層（礫混り土） | 4.0 | 2～17<br>$Ep=$<br>25kgf/cm² | 礫含有率10～40%，$\phi$ 2～30cm<br>切土Lにおいて，崩積土すべりが生じた．<br>地下水位　GL－1.0～4.0m |
| 風化粘板岩層 | 6.0 | 10～<br>50以上 | ボーリングコアはほとんど採取出来ない<br>硬質部は棒状に採取．<br>粘土化したゾーンから岩組織を残すものまである．<br>破砕帯の破砕状況は一様でない． |
| 粘板岩層 | 5.0 | 50以上<br>$Ep=$<br>262kgf/cm² | ボーリングコアは棒状に採取出来る．<br>砂岩がレンズ状に介在し硬質部あり<br>安定した岩盤 |

Table 2　モルタル配合表

| 種類 | セメント | 砂 | 水 | 設計基準強度 | テストピース 7日強度 | テストピース 28日強度 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kg/m³ | kg/m³ | kg/m³ | kgf/cm² | kgf/cm² | kgf/cm² |
| 中品モルタル | 600 | 1.265 | 320 | 300 | 242 | 420 |
| 外周注入セメントミルク | 992 | — | 688 | 100 | 238 | 291 |

Table 4　掘削機の仕様

| 機種 | FPS3015 | 60P | 80P | 85P | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| メーカー | 大洋建設機械 | 神戸製鋼所 | 神戸製鋼所 | 神戸製鋼所 | |
| 本体重量（t） | 15.0 | 31.5 | 36.0 | 42.5 | |
| アウトリガー張出し幅（mm） | 2,800 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | FP機アウトリガー無し |
| クローラ全長（mm） | 4,200 | 4,920 | 5,005 | 5,005 | |
| 原動機PS | 139 | 96 | 105 | 105 | FP機は油圧オーガの為油圧形ベースマシン |
| オーガ減速機最大トルク | 3.3t·m | 2.7t·m | 4.1t·m | 6.5t·m | |
| エアーハンマ装備 | 可 | 可 | 可 | 可 | エアーハンマー AD-450φ508ビット |
| ケーシング装備 | 不可 | 可 | 可 | 可 | |

### 4－3　掘削

掘削方法が乾式掘削である事と地質状況により地下水位が$GL-1.0$m～4.0mと高い事及び崩積土層（礫混り土）風化粘板岩層とも不安定（粘土～硬質岩）でありエアーハンマ単体にての掘削では孔壁崩壊により鋼管（$\phi$457.2mm，底ブタ付）の建込みが困難である．孔壁崩壊防止としては通常泥水（ベントナイト泥水）による方法及びケーシングによる方法があるが，泥水を使用する事は乾式掘削に反する事，施工現場下方の国道道面への逸水による泥水が流出する危険性が有る事等施工に無理がある．

ケーシングによる方法は施工条件を満足出来る方法であり地山及び他への影響が無い事，鋼管建込時のトラブルが発生しない事等，当現場に於ける条件を満足している．従って当現場に於いてはケーシング併用によるエアーハンマ掘削により施工を行った．

Table 2にモルタル配合表，Table 3にフレコン杭施工実績表，Fig.10に乾式削孔施工法を示す．

### 4－4　掘削スライム処理

掘削スライムは当初バキュームコンベアに溜まったスライムを11tダンプトラックに積込み直接指定地に捨土する計画であったが，地質が粘性の高い粘板岩で地下水があるためハンマービットで打撃拡散してバキュームコンベアに送る途中バキュームホースが詰まりスライムが送れなかった．そこで，掘削場所近くに移動出来るバキューム車を使用し，一時仮置場にストックして11tダンプトラックで指定地に運搬し捨土した．

### 4－5　掘削機種の選定

Table 4にクラス別掘削機比較表を示す．クラス別掘削機比較表のごとくケーシング併用エアーハンマー掘削のできる機種としては60P以上の機種となる．但し仮設足場，盛土路肩，作業スペースが狭い事等の作業条件を考慮して最軽量，最小の機種を選定して60P機による掘削とした．

Fig. 11にハンマ及びビットの構造図と仕様Fig.12に内外掘進機構の組立図と仕様を示す．

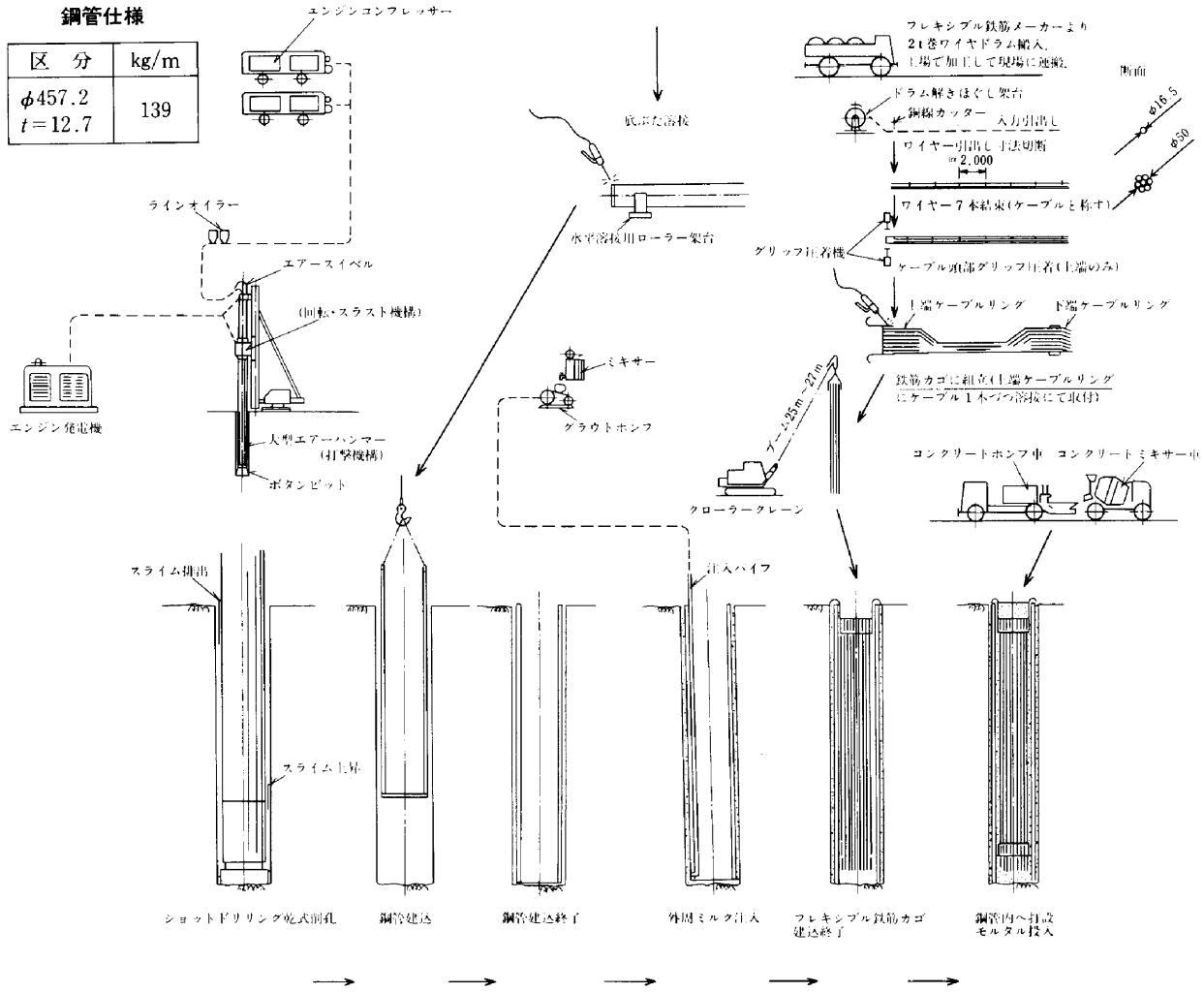
Table 3　フレコン杭施工実績表

| 種別 | | 移動杭芯セット | 掘削 | 鋼管建込 | 鉄筋建込 | 外周グラウト | 中詰モルタル | 発電機・機械移動 | 機械整備 | 材料御し | ロスタイム | 作業時間合計 | 延人工 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | hr, min, sec | 人 |
| 延作業時間 | hr | 33,40,00 | 242,30,00 | 43,40,00 | 25,00,00 | 40,10,00 | 21,30,00 | 29,00,00 | 22,40,00 | 9,50,00 | 22,50,00 | 490,50,00 | 284 |
| 1本(15m)当り作業時間 | hr/本 | 49,16 | 5,54,53 | 1,03,54 | 36,35 | 58,47 | 31,28 | 42,26 | 33,10 | 14,23 | 33,26 | 11,58,18 | |
| 1m当り作業時間 | hr/m | 3,17 | 23,40 | 4,16 | 2,26 | 3,55 | 2,06 | 2,50 | 2,12 | 58 | 2,13 | 47,58 | |
| 作業比率 | | 0.069 | 0.494 | 0.089 | 0.051 | 0.082 | 0.044 | 0.059 | 0.046 | 0.020 | 0.046 | 1.000 | |

※杭打機組立，解体は含まない．

**鋼管仕様**

| 区　分 | kg/m |
|---|---|
| $\phi$457.2<br>$t$=12.7 | 139 |




**フレキシブル鉄筋数量表**

| 杭　区　分 | $\phi$16.5<br>ストランド | $\phi$50ケーブル | 杭<br>1本当り |
|---|---|---|---|
| $\phi$457.2<br>8ケーブル | 1.305kg/m | 9.14kg/m | 73.12kg/m |

**打設モルタル㎥配合表**

| 配合又は<br>早強セメント | 砂 | 水 |
|---|---|---|
| 600kg | 1,265kg | 320kg |

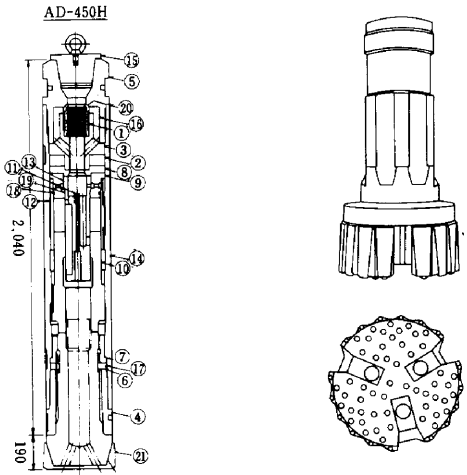
$\sigma_{28}$=300kgf/cm²

**外周ペースト注入**

| セメント | 水 |
|---|---|
| 922kg | 688kg |

$\sigma_{28}$=100kgf/cm²

Fig.10　乾式削孔施工法



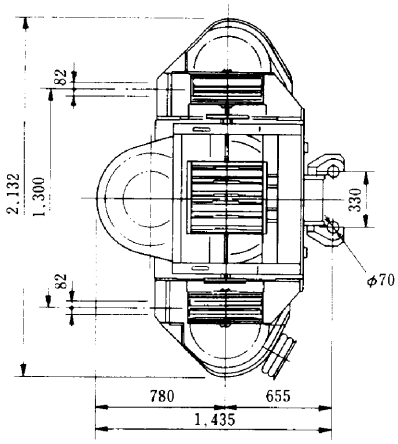


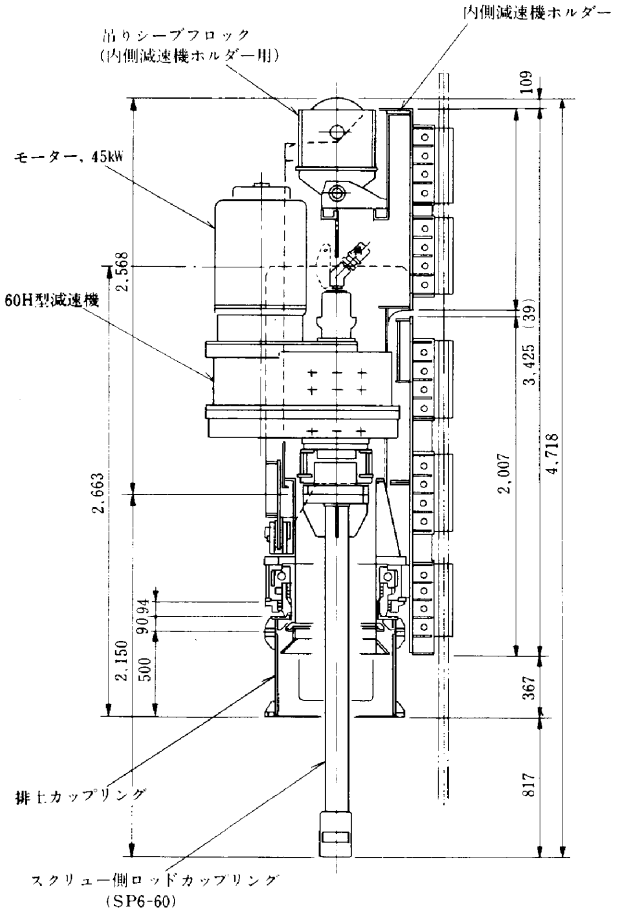

①バルブ
②ダンパ
③ガイド
④ガイド
⑤カップリング
⑥カラー
⑦カラー
⑧カラー
⑨ケース
⑩ピストン
⑪プラグ
⑫ライナ
⑬ロッド
⑭シリンダ
⑮プラグ組立
⑯圧縮コイルバネ
⑰O－リング
⑱O－リング
⑲O－リング
⑳O－リング
㉑ビット

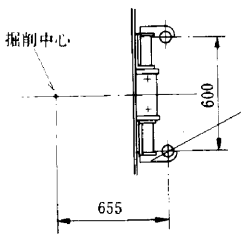
**仕　様**

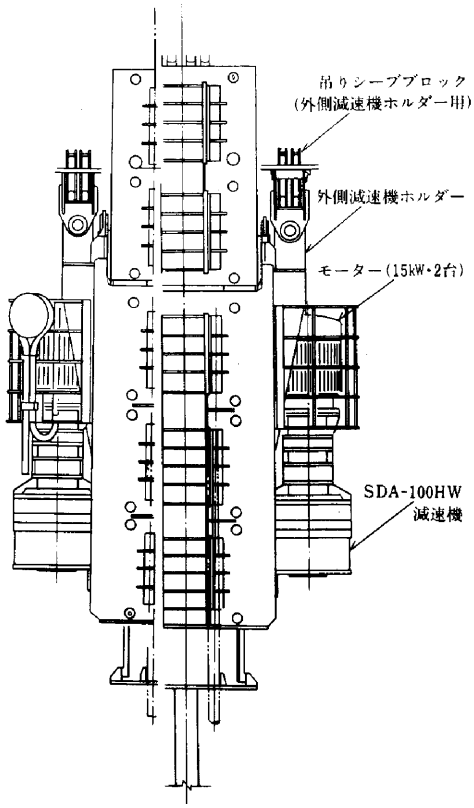
| 形　式 | | AD-450H |
|---|---|---|
| ビットサイズ | インチ | 20,24,30 |
| | mm | 508,610,762 |
| シリンダ径 mm | | 320 |
| ストローク mm | | 200 |
| 外　径 mm | | 450 |
| 全長(ビット付) mm | | 3,000 |
| 重量(ビット除く) kg | | 2,220 |
| 接続ねじ box | | 8-5/8 REG |
| 空気消費量 m³/min | | |
| | 7.0kg/cm²時 | 52.0 |
| | 10.5kg/cm²時 | 84.0 |
| | 14.0kg/cm²時 | — |
| | 17.5kg/cm²時 | — |

Fig.11　ハンマ及びビット構造図




**仕　　様**

| 型式 | SDA−100HW(内側分離型) |
|---|---|
| 1．外側掘進機構 | |
| ・電動機 | 15KW 6 P× 2 台 |
| ・回転数 | |
| | 4.5 rpm (50Hz) |
| | 5.4 rpm (60Hz) |
| ・出力トルク(定格) | |
| | 6.4 t・m (50Hz) |
| | 5.4 t・m (60Hz) |
| ・重　量 | 約5.7 t |
| | |
| 2．内側掘進機構　スウイベル装置付 | |
| ・電動機 | 45KW 6 P× 1 台 |
| ・回転数 | |
| | 16.1 rpm (50Hz) |
| | 19.3 rpm (60Hz) |
| ・出力トルク(定格) | |
| | 2.73 t・m (50Hz) |
| | 2.28 t・m (60Hz) |
| ・重　量 | 約4.3 t |
| ・注入用スウイベル径 | 2 インチ |

Fig.12　内外掘進機構(SDA-100HW)組立図

### 4－6　必要エアー量

エアーハンマによる削孔で最も必要なものはエアー量である．くい径，くい長によりコンプレッサーの機種を選定する．エアーの圧力は7 kgf/cm²を標準として，ビット径は各メーカーにより異なるので適切な径のビットを選定する．又スライムを効果的に排出するためには孔壁とロッドとの間隙のエアー流速は25m/sec以上を必要とする．

Table 5 に必要エアー量を示す．

環状部のエアー流速は次式より求める．

$$V=\frac{Q}{A} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

$$A=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2) \cdots\cdots\cdots ②$$

ここに

$V$＝環状部流速 (m/min)

$Q$＝必要空気量 (m³/min)

$A$＝環状部断面積 (m²)

$D$＝孔径 (m)

$d$＝ロッド外径 (m)

先ず②式より $A$ を求め①式に代入する (Fig.13 参照)．

Table 5　必要空気量

| 削孔径 mm | ビット径 mm | 削孔深度による必要空気量 $H=15$m | 使用コンプレッサー台数 |
|---|---|---|---|
| 560 | 457 | 34.0m³/min | 2台 |

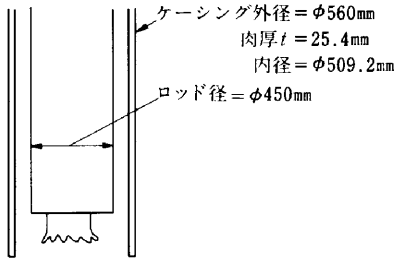



Fig.13　ロッド径とケーシング径

$$A=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)$$

$$=\frac{\pi}{4}(0.509^2-0.450^2)$$

$$=0.044\text{m}^2$$

$$V=\frac{Q}{A}$$

$$=\frac{34}{0.044}$$

$$=772.727\text{m/min}$$

エアーハンマの場合流速は10m/sec～15m/sec最低必要とする．

10m/sec＝600m/min

〃

15m/sec＝900m/min

## §5．計測

地すべりを生ずる可能性の高い東側斜面については次の各項目について計測を行っている．

① 地中のひずみ分布

② 地表面の変位

③ 抑止杭の杭頭変位

④ 地下水の変動

また，西側斜面についても，地すべり発生の可能性は低いと判断されるが安全を考えて地表面の変位の測定を行なっている．又今後工事の進行に共なって土留支保工の安全性を確認する目的で切梁のひずみについても計測を行う予定である．

Table 6 に計測項目及び計測機器一覧表，Table 7 にひずみ変動種別一覧表，Table 8 に地盤伸縮変動種別一覧表，Fig.15 に地すべり挙動の計測管理フロー図を示す．

Table 6　計測項目及び計測機器一覧表

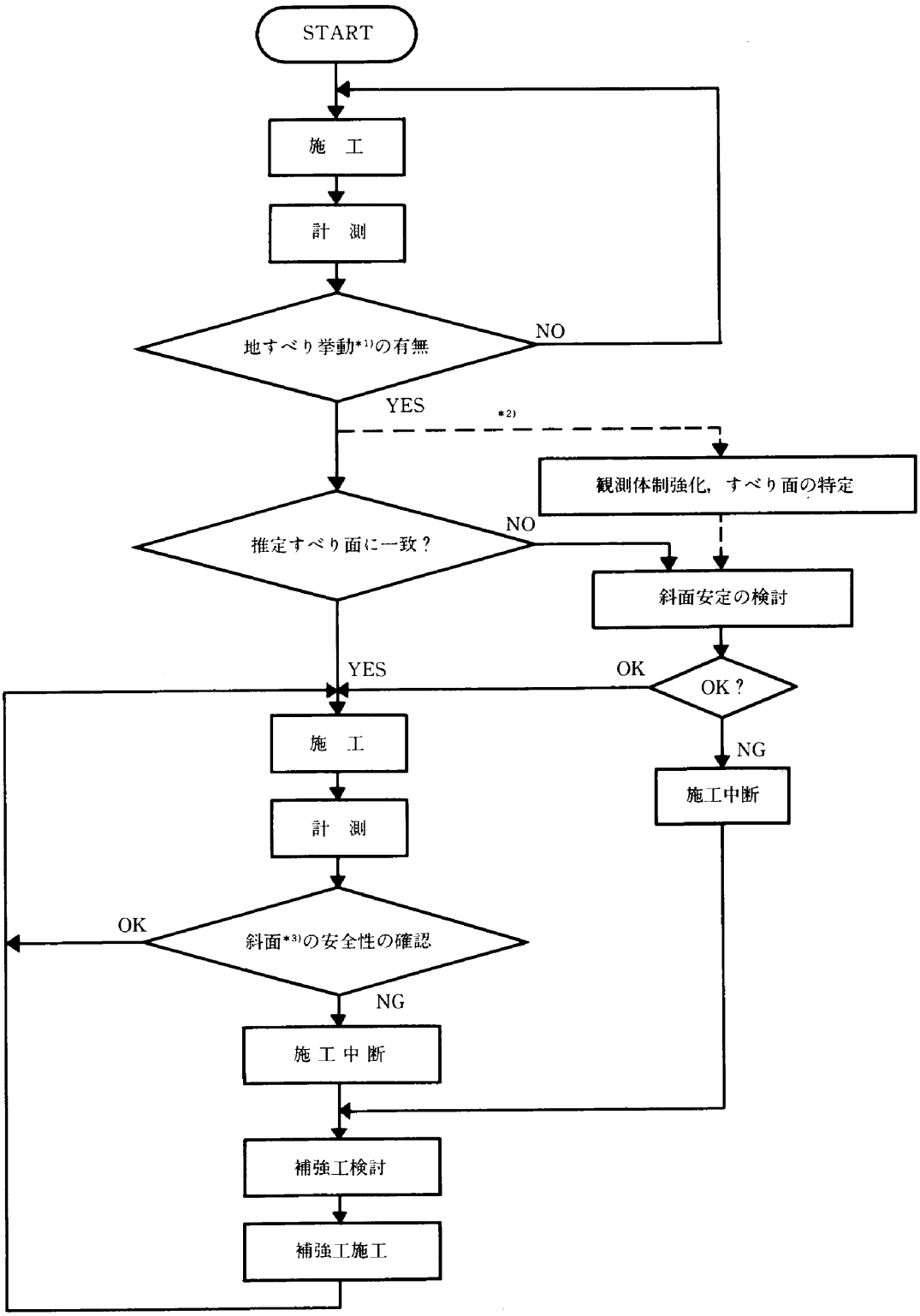
| 計測項目 | 計測機器 | 仕様 | 設置数量 |
|---|---|---|---|
| 地表面変位 | 伸縮計 | SRL－6型(坂田電機) 自記記録 | 6断面×1台＝6台 |
| | 地表面変位杭 | ——— | 両側切土法肩@20m 2断面×15本＝30本 |
| 地中ひずみ | パイプひずみ計 | FG－401，GM－4 (坂田電機) 深度方向1m毎15点 | 2断面×1本＝2本 |
| 地下水位 | 水位計 | HRL－6型(坂田電機) 自記記録 | 2断面×1台＝2台 |
| 切梁軸力 | ひずみ計 | FSN－500(坂田電機) | 2断面×2段×2ヶ所＝8台 |

Table 7　ひずみ変動種別一覧表

| 変動種別 | 日変動絶対値 ($\mu$) | 累積変動絶対値 ($\mu$/月) | 変動形態 累積傾向 | 変動形態 変動状態 | スベリ面存在の地形・地質的可能性 | 総合判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 確定変動 | $10^3$以上 | $5\times10^3$以上 | 顕著 | 累積変動 | あり | 確定スベリ面 |
| 準確定変動 | $10^3$以上 | $10^3$以上 | やや顕著 | 〃 | 〃 | 準確定スベリ面 |
| 潜在変動 | $10^3$以下 | $10^3$以上 | ややあり | 累積断続攪乱傾向 | 〃 | 潜在スベリ面 |
| 異常変動 | $10^3$以上 | $10^3$以上 | なし | 断続攪乱傾向 | なし | 地すべり以外の要因 |

Table 8　地盤伸縮変動種別一覧表

| 変動種別 | 日変位量 (mm) | 月間変位量 (mm) | 一定方向への累積傾向 | 変動形態 (T,C断続) | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|
| 緊急変動 | $2\times10^1$ 以上 | $5\times10^2$以上 | 非常に顕著 | Tensionが一般的 | 崩壊型 泥流型 |
| 確定変動 | $1\times10^0$ 〃 | $1\times10^1$ 〃 | 顕著 | Tension & Compression | 表層すべり 深層 〃 |
| 準確定変動 | $1\times10^{-1}$ 〃 | $2\times10^0$ 〃 | やや顕著 | Tens. Comp. & 断続変動 | 粘土すべり 崖錐すべり |
| 潜在変動 | $2\times10^{-2}$ 〃 | $5\times10^{-1}$ 〃 | ややあり | Tension & Compression | 〃 〃 |




*1) 表に示した管理基準値を参照して判定する．
*2) 点線は西側斜面についてのフローを示す．
*3) すべり挙動の収束傾向および変動量の絶対値から総合的に判断する．

Fig.14　地すべり挙動の計測管理フロー図

## §6．おわりに

当該工事区間のうちNo.0＋28付近の東側傾斜については切土によって地すべりを生ずる可能性が高いため，地すべり対策として抑止工を施工した．しかしながら地すべり挙動については学問的にも未知の事柄が多く，対策工の設計体系も十分確立されているとは言い難い．したがって工事を行うに際しては，地山の安定が確保されているか常に地山の状況を監視しながら工事を安全に進めていく事が必要不可欠である．

本工事では各種の計測を行いながら工事を進めていき，抑止工については工事は完了したが今後の工事についてもその挙動を監視しながら工事を進めて行っている．抑止杭の施工に当たっては，作業場所下の道路では交通量も多く一般車両を通しながらの作業のため，工事に種々の制限が有り，安全確保の困難さ，作業能率の低下等，厳しい条件下に於いて無事施工出来た事は，工事に携わった方々の御協力の賜物と感謝しております．ここに本工事の施工に当たり本社土木設計部及び関係各位に於いて，多数の資料及び御指導，御支援を頂き，深く謝意を表するものであります．

### 参考文献

1）「一般国道367号線（途中地区）地質調査報告書，昭和53年11月，日本技術開発㈱」
「一般国道367号線途中地区道路改良工事地質検討書，昭和60年10月，日本工営㈱」
「国道367号道路改良工事（第一工区）の内地質調査報告書，昭和61年４月，西松建設㈱」
以上３つの検討報告書
2）フレキシブル鉄筋コンクリート協会：フレキシブル鉄筋コンクリート杭（フレコン杭）「技術資料」昭和57年１月
3）フレキシブル鉄筋コンクリート協会：鋼管付フレキシブル鉄筋コンクリート杭工法「積算資料」昭和59年12月
4）滋賀県道路公社：道路367号線道路改良工事（第一工区）「地すべり抑止工設計計算書」昭和61年８月
5）西松建設㈱土木設計部：国道367号道路改良工事「地すべり対策工の計測管理要領書」昭和61年９月
6）西松建設㈱湖西出張所：国道367号道路改良工事（第一工区）「抑止杭工工事記録写真集」