排水補強パイプ（PDR)・河川堤防用排水パイプ（LPD)工法資料

１．道路盛土の豪雨時・地震時崩壊防止工

２．長尺排水補強パイプ実施例（プレ削孔）

３．切土法面崩壊の災害復旧対策工

４．台風来襲時に崩壊を防いだ事例

５．鉄道盛土での実施例

６．はらみ出し擁壁補強実施例（梁付き）
6-1　古刹・城壁などの文化財での実施例

７．老朽化擁壁・宅地盛土の地震時補強対策

８．滑動崩落防止用、過剰間隙水圧消散工

９．震度６の地震時に擁壁倒壊を防いだ事例

１０．河川堤防の浸透破壊防止工の事例

１１．地盤調査法の一例

１２．排水補強パイプの打設方法

排水補強パイプの打設方法は極めて簡単なので、どなたにでも施工できます。排水補強パイプには数多くの特許権があり、特許法で保護されていますが、正規品購入者は購入時にその実施権も同時に取得していますので、どなたでも自由に設計・施工できます。見積等のご質問は、販売商社の岡三リビック(株)にお問い合わせください。

Ohta Geo-Research Inc.(2013.4.25)

道路盛土の豪雨時・地震時崩壊防止工

最も基本的な排水補強パイプの使い方

道路盛土は勾配で安定性が担保されているはずですが、実際には不良土砂が不均質に交じっていることにより、豪雨時に被圧水化するなどの理由で崩壊することがあります。

実際にパイプを打ちこむと、不良盛土材が溢れだしてくることがあります。盛土は透水性が不均質だと崩壊可能性が高くなるようです。

地下水が多く法尻付近で湧水する道路盛土は少なくありません

排水パイプから恒常的な排水ができます。［NEXCO様］

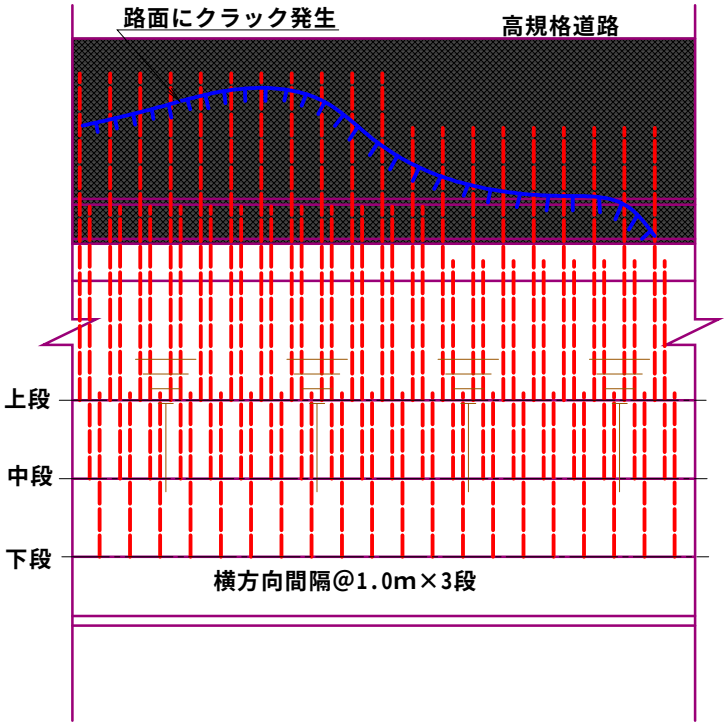
盛土内に地下水が多いために、盛土材の脆弱化や、水圧による土圧増加で、ブロック積み擁壁に変形が生じている場合には、受圧板をつけた排水補強パイプでソイルネイリング効果を発揮させて変形を押さえこむことができます。［復建技術調査様］

ブロック積擁壁が比較的しっかりしていれば受圧プレートで締めます。老朽化が著しければ大きめのプレートを入れる場合もあります。

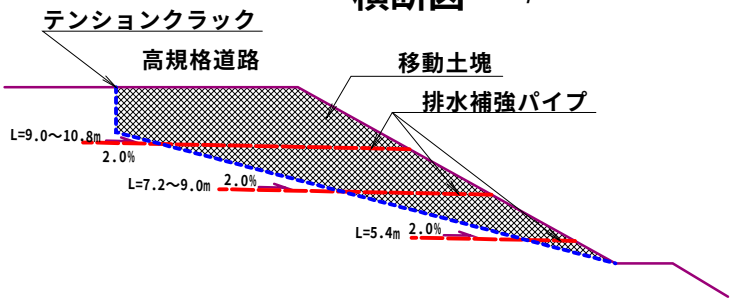
豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

長尺排水補強パイプ実施例（プレ削孔）

平面図 S=1/250



横断図 S=1/250



プレ削孔状況：長尺（4m以上）や、摩擦力が強い地盤の場合にはプレ削孔後に打撃挿入します。
［NEXCO様］

削孔ﾋﾞｯﾄ：排水補強パイプが外径60.5㎜なので排水効果を主とする場合にはφ65㎜程度、補強効果を期待する場合にはφ55㎜程度のｳｲﾝｸﾞﾋﾞｯﾄを用います。

他の現場でのプレ削孔併用事例：硬質地盤の場合には、ﾛｰﾀﾘｰﾊﾟｰｶｯｼｮﾝﾏｼﾝを使う場合もあります。
［阪神高速様］

排水補強パイプは、打設挿入が基本であるため、通常はL=3.6m以内の打設を行いますが、それよりも長尺の設計の場合にはウイングビットなどでプレ削孔を行った後に、打設挿入します。打設後は、周辺の土がパイプの周りに密着し、盛土補強材としての機能を発揮します。

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	○	◎	◎	○	◎	○	◎	◎

切土法面崩壊の災害復旧対策工

強風化花崗岩（マサ）で発生した崩壊の復旧に用いた例［国土防災技術様］

軟質地山の崩壊箇所に、法枠工と併用して用いた例［北陽技研様］

地震後に砂層地山から湧水が発生し始めた箇所の対策事例　［NEXCO様］

スカイドリルでプレ削孔後に軟岩に打設した例　［NEXCO様］

崩壊した道路法面の地山に打設した例［NEXCO様］

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

台風来襲時に崩壊を防いだ事例

2004年10月台風21号の来襲時に、対策工区は崩れず、未対策工区が崩れた事例

三波川帯の結晶片岩の強風化部に打設

愛媛県大洲市で建設中の市道で切土工事中に法面の一部に変動が発生した。地質は三波川結晶片岩の強風化帯である。崩壊には至らなかったので，本格的な法面対策工の準備をしていたところ，2004年10月に台風21号の来襲が予報されたため急遽応急対策として排水補強パイプがこの切土法面に対して施工された。施工後台風21号が直撃し、さらにその3週間後により強力な台風23号も来襲し，愛媛県内では各地で斜面崩壊が発生した。

排水補強パイプ（L=3.6m，打設密度は概ね4㎡に1本の割合）が緊急打設された範囲は，これらの豪雨に対してまったく変状を発生せず，対策工が有効に機能した。しかし同一法面内の隣接部では，台風来襲前に安定していたにも関わらず，台風に伴う豪雨により法面崩壊を発生した。　（2005年地盤工学会発表資料より）

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

鉄道盛土での実施例

もともと排水パイプは、東海道新幹線の盛土区間に用いられ、100万本以上が施工されいます。
それ以外にもJRでは防災対策として計画的に、排水補強パイプによる盛土補強を現在でも継続して実施されています。

作業スペースが狭い場合でも、簡易な装置で打設することが可能です。

鉄道を運行させながら施工することが可能です。［京阪電鉄様］

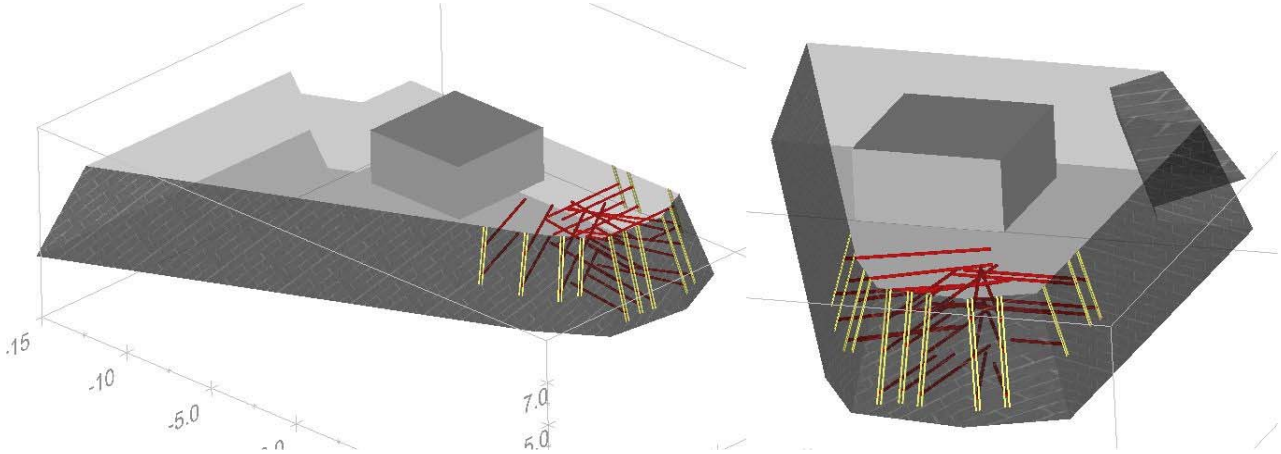
豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

はらみ出し擁壁補強実施例（梁付き）

老朽化し、はらみ出したブロック積み擁壁を受圧板・梁付きの排水補強パイプで補強

排水補強パイプ打設直後

排水補強パイプ頭部を梁に結合



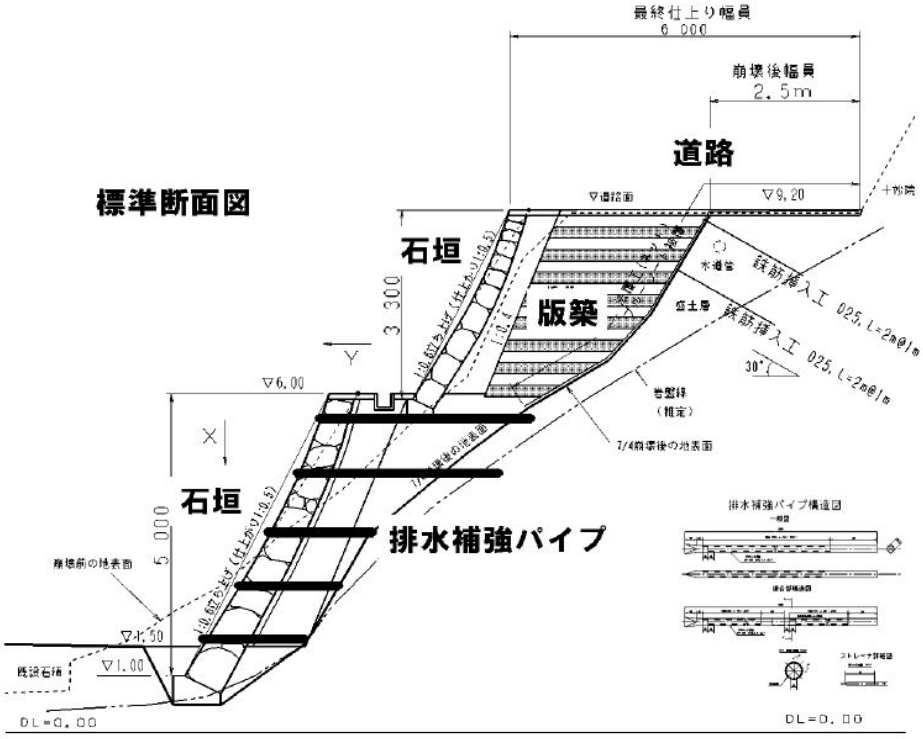
梁と排水補強パイプとの3次元的な関係図

20kg油圧ﾌﾞﾚｰｶｰで打設している状況

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	○	◎	◎	○	◎	○	◎	◎

景観に配慮した空積み擁壁対策

文化財では景観に配慮した補強方法が求められます。古刹、お城の石垣などで目立たないように使われています。



対策工の標準断面

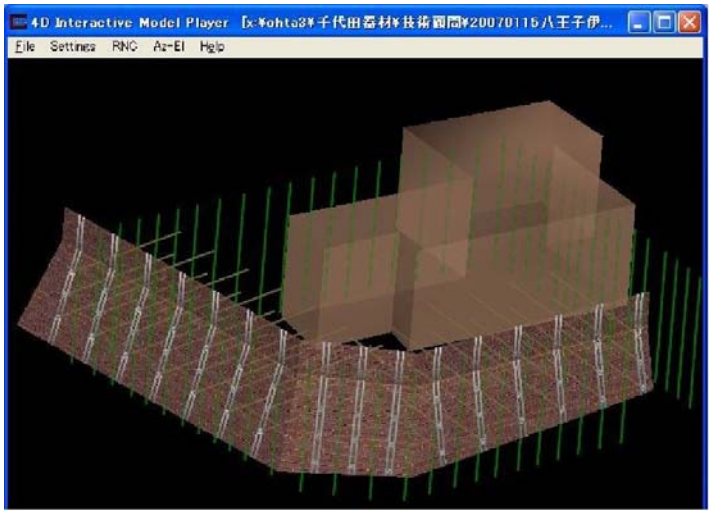
補強効果を多く期待する場合には、石積みの背面に受圧板を配置し、表からは見えないようにすることもあります。姫路・吉野の古刹、四国の城の石垣などで活用された事例があります。

”石垣と排水パイプで補強された斜面の安定について”；地盤工学会2006

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	○	◎	◎	○	◎	○	◎	◎

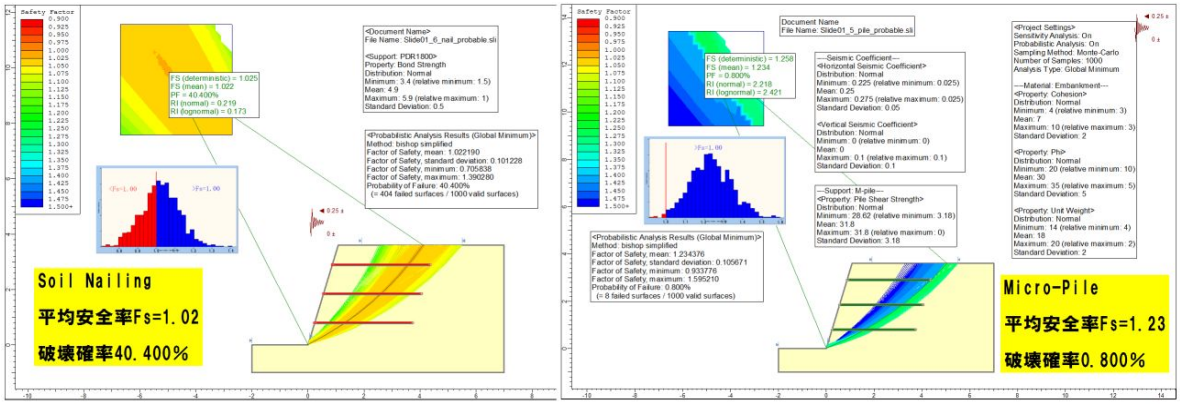
老朽化擁壁・宅地盛土の地震時補強対策

老朽化し締まりが緩くなった盛土と、変状が発生し始めたブロック積み擁壁が、平常時だけでなく、近い将来発生すると考えられる関東地方の大地震で倒壊しないように宅地盛土と擁壁の地震時対策を実施した事例です。なお、この対策はいわゆる「滑動崩落」対策ではありません。



梁と排水補強パイプとの3次元的な関係図

施工の様子



水平震度Kh=0.25（大地震時）で設計

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎

滑動崩落防止用、過剰間隙水圧消散工

鉛直方向に地山まで到達するように打設

パイプの頭部を鉄筋コンクリート梁で連結します

土間には穴をあけて打設

コンクリートで一体化

蓋には空気穴

鉄筋コンクリート梁

宅地谷埋め盛土の滑動崩落現象は、地震による強震動によって、地山と盛土との境界部の緩い土砂が圧縮され、そこに存在する飽和地下水が、急速排水できないことにより過剰間隙水圧が発生することにより、摩擦強度を失って発生する地すべり現象です。
これを防止・軽減するために地山まで排水補強パイプを縦方向に挿入し、先端部を地山まで貫入させます。
このパイプのストレーナーから過剰間隙水圧が称賛されることと、先端部が地山の引っ掛かりとなることによって、滑動崩落を未然に防ぎます。

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
機能なし	○	？	○	機能なし	◎	◎	？	◎

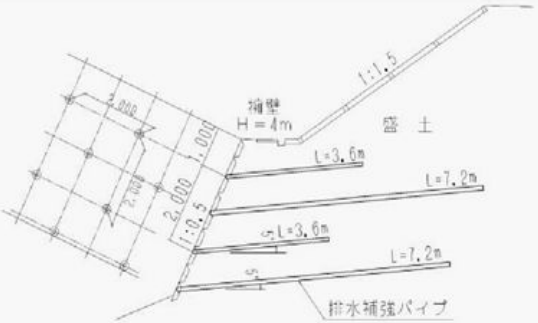
震度６の地震時に擁壁倒壊を防いだ事例

地震前には、水圧で擁壁が動いていました。それを押さえる目的で排水補強パイプが施工されました。もともとは、地震対策のつもりではありませんでした。

2003年宮城県北部地震発生　・・・震度６弱の揺れが発生した地点

大きな揺れがあった証拠に、排水補強パイプの間詰めモルタルが飛び出していましたが、擁壁は動いたり変状を発生させたりすることはありません。偶然、地震に対しての効果を発揮することになった事例です。

2003年に発生した宮城県北部地震では，宮城県河南町で震度6弱を記録した。この地震発生の約2ヶ月前に宅地盛土の擁壁で擁壁背面排水と盛土地盤補強を兼ねて排水補強パイプ工法が施工されていた。その対策が行われた理由は，擁壁背面の排水不良により，擁壁が徐々に変動していたためである。施工後，盛土内の地下水が排除されることにより擁壁の変動は停止した。そして直後に，予期せぬ震度6弱の強震動を受けたのであるが，擁壁および背面盛土に全く変状は発生しなかった。　　（2005年地盤工学会発表資料より）



排水補強パイプの配置（2×2m千鳥配置）

横断的にはL=7.2mとL=5.4mを交互に配置した形となっていました。
地下水を排除していたこと、地震時に過剰間隙水圧発生を抑えられたこと、および、擁壁背面土砂が排水補強パイプで一体化し、「疑似擁壁化」していたと考えられます。

※このほか、2011年東日本大震災時には、福島県で排水補強パイプが施工されていた農道盛土法面において変状が発生しなかった事例があります。
（無対策の盛土法面では崩壊が発生しています）

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Ohta Geo-Research Inc.

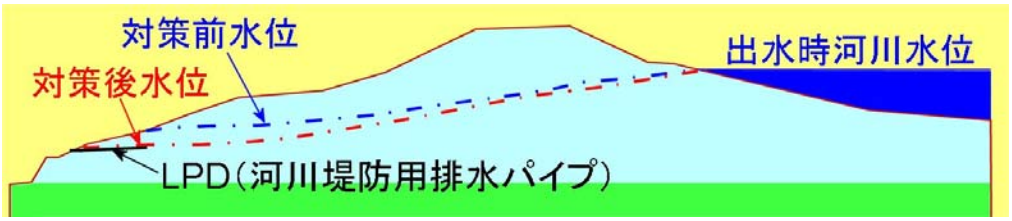
河川堤防の浸透破壊防止工の事例

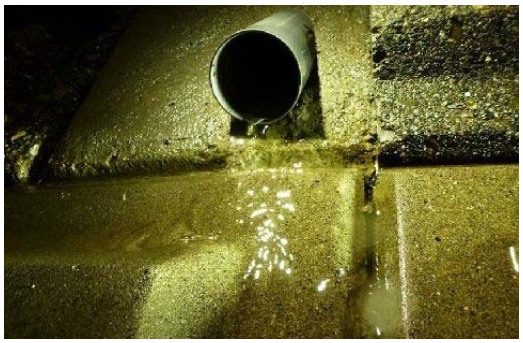
LPD（Levee toe Pipe Drain）工法

1m間隔でL=3.6mのパイプが設置されています。
［中部地方整備局木曽川上流河川事務所様］

施工済の河川堤防用排水パイプ（LPD）

モニタリングで効果を検証
右図が検証結果。事前想定相当以上の地下水位低下効果を確認しました。





出水時にパイプ孔口から排水される様子

パイプの内側にはフィルタがセットされていますが砂の吸出しは発生していません

従来のフトン籠型ドレーン工の実施例
［googleｽﾄﾘｰﾄﾋﾞｭｰより］

従来のフトン籠型ドレーン工に対する優位性

1．施工が簡易です。
2．出水期を含めて通年で施工できます。
3．施工速度（進捗速度）が早いです。
4．工事費がかなりお安いです。
5．パイプの内巻フィルタなので交換可能です。
6．ドレーン管の寿命がはっきりしています。
7．維持管理を計画的に実施できます。

LPD工法が適さない条件

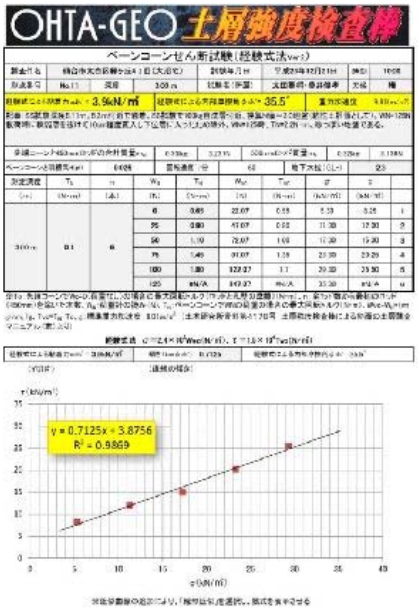
1．粘性土地盤からなる堤体。
2．新設堤防で、沈下が進行中の場所。

豪雨対策として				地震対策として				
排水	補　強			排　水		補　強		
水位低下	せん断補強	引張補強	変形拘束	地下水排除	過剰間隙水圧消散	せん断補強	引張補強	変形拘束
◎	－	－	－	◎	◎	○	○	○

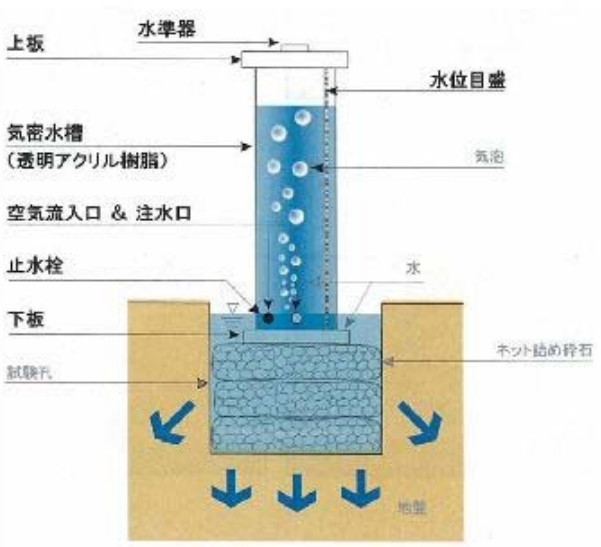
地盤調査法の一例

排水補強パイプは簡便で安価な工法です。地盤調査もこれに相応した簡易で安価なものが望まれます。
土層強度検査棒でｃ・φを測定し、原位置透水試験装置で透水係数を測定し、そして安定計算します。
維持管理では、崩壊確率と被害想定額等を乗じた影響度の大きさを指標にして計画建てるのが合理的です。

計測状況：表層部が締め固めてある場合には、プレ削孔が必要



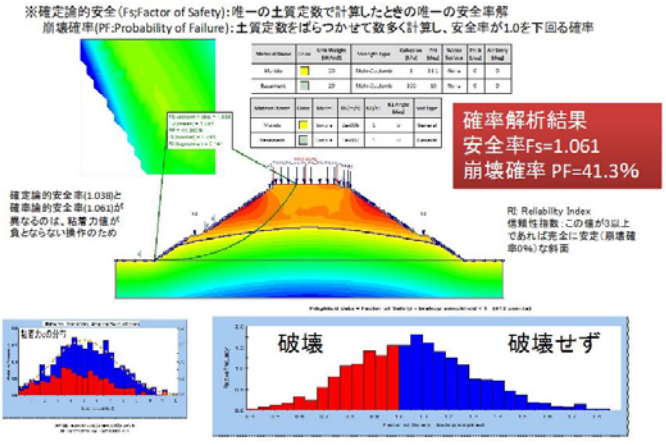
土層強度検査棒は、現場でｃ・φを計測できます。同じ土層で３回以上の計測を実施して、
土質強度のばらつきを得れば、その後安全性の確率計算の実施が容易になります。



装置の模式図

計測器および計測中の状況

原位置透水試験は、約30cmの穴を掘って原位置で実施します。マリオットサイホンを利用した
原位置透水試験は、簡易ですが、原位置の透水性の情報を得るには十分です。



これから新設する場合には、計画安全率Fspの概念を用いることが多いですが、既存の土構造物に対して補強などの維持管理を行う場合には、安全率の概念は活用しにくいものです。むしろ、原位置での透水性から地下水位を浸透流解析で求め、原位置での土層強度（ｃ・φ）と強度のばらつきから、崩壊確率PFを算出し、崩壊が発生した際の影響度と乗じて、対策の意思決定を行う方が合理的です。

排水補強パイプの打設方法

排水補強パイプの打設方法は極めて簡単なので、誰にでも施工できます。
排水補強パイプには数多くの特許権があり、特許法で保護されていますが、正規品購入者は購入時にその実施権も同時に取得していますので、どなたでも自由に施工できます。

単管パイプを二本並べ、その上をブレーカーを滑らせて押し込みます。
上記写真は、試験施工時のため短尺管を使っています。通常は定尺
1.8m＋ﾌﾞﾚｰｶｰ等1.0m＝2.8m程度のスペースが必要になります。

パイプとブレーカーの間にアダプターが付きます。アダプターはネジで挿入されるパイプと結合されます。
ブレーカーのノミは、先端を切り落としておきます。

管を継ぐ場合にはネジ継手で行います。

上の写真の管は60cmの短尺管です。施工スペースが無い時には、90cm管などの短尺管を使う場合があります。（特注品になります）

セットしたら、人間を反力として打ち込みます。
最初は容易に挿入されますが、長くなってくると累積される摩擦力が大きくなり、速度が低下します。

人間が押す力とブレーカーの打撃力で挿入させます。ブレーカーは30kgを標準としています。

深くなってくるとなかなか進まなくなりますので、一生懸命押します。
地盤が固いことがわかっている場合には、試験施工を事前に行うことを強く推奨します。

※なお、打設方法は上記に限らず、現場状況に応じて自由に変更することができます。
例えば、ロータリーパーカッションドリルを用いる場合や、重機で押す場合、プレ削孔してから打設する場合、20kg油圧ブレーカーを用いるなど、地盤状況と設置目的によって柔軟に変えていただいて結構です。