

## A-1 軟弱地盤対策工法の効果ならびに選定に関する調査研究

道路建設課・河川工事課  
土木試験所

### ま え が き

軟弱地盤上に、道路盛土や河川堤防などの土構造物を築造する際には、極めて大きな沈下が生じ、また、スベリ破壊の危険性と大きいため、何らかの対策を講じなければならぬ場合が多い。現在、各種の軟弱地盤対策工法が考案され、実際に用いられているが、対策工法の理論的效果と実用的な効果は必ずしも一致せず、各方面で効果の検証が行なわれている。

北海道に広く分布する泥炭性軟弱地盤においては、各種対策工法の効果と粘性土地盤とは異なるため、対策工法の適用に際しては十分な検討を行ない、実用的な効果を確認のうえで用いなければならないが、従来は対策工法の効果に不明な点が多く、また設計法や工法の選定基準が確立されていないからため、関係技術者の経験的判断だけで対策工法が選定され、設計・施工されていたのが実状であった。

本調査研究は、現在までに道内の主に泥炭性軟弱地盤に採用された軟弱地盤対策工法の実態を調査検討し、各種対策工法の実際的な効果を明らかにしたうえで、現地条件に対応した選定基準を作成し、併せて設計法を確立しようとするものであるが、本年度が北海道開発局指定課題としての最終年度であり、一応の調査研究成果を収めたので、ここに報告する。

#### 1. 調査の経緯と今年度実施内容

この調査研究は、昭和48年度を初年度とし、3年計画でスタートした。48年度は各開発建設部へ依頼し、軟弱地盤対策工法の採用の実態を調査して頂き、これに土木試験所が収集した軟弱地盤対策工法に関する資料を加えて、対策工法の各種効果に関して若干の考察を試みた。また、本調査研究に関する問題点の提起を行なった。

49年度は、前年度の成果ならびに若干の補足資料をとり、各対策工法の効果について詳細な検討を行ない、実用的効果の程度を明らかにし、さらに現地における種々の条件に対応した対策工法の選定指針の素案を作成するとともに、対策工法の設計法の素案を作成した。

最終年度である今年度は、各開発建設部へ軟弱地盤対策工法に関するアンケートを配布し、道内で採用された軟弱地盤対策工法をほとんどすべて把握し、対策工法の失敗例および成功例について詳細な検討を行ない、前年度に引き続き、対策工法の実用的効果の検証、対策工法の選定指針および対策工法の設計法の最終案を作成した。

## 2. 軟弱地盤対策工法の効果と適用範囲

表1-1~1-3は、道内の主に泥炭性軟弱地盤に採用された各種対策工法について、収集データをとくに実用効果の検証を行ない整理したものであり、また、この結果にとづいて対策工法の適用範囲を概略的に示したものである。

后表に示されているとより、各種対策工法のなかには、理論的效果が実際にと十分発揮されているものもあるが、たとえばサンドドレーン工法のように主目的とするドレーン効果がほとんど期待できないものや、いくつかの適用条件を制約することによって実用効果を発揮できるものなどがある。

これらの検討結果から、軟弱地盤対策工法の実用な効果を有効に発揮させるために、それぞれの適用範囲を適切に制約し、選定に際してはこれらを考慮のうえで採用することが必要であると考へらる。

表1-1 軟弱地盤対策工法の効果と適用範囲

対策工法	対策工の概要	現在までに判明している事項	留意事項	適用範囲	道内の事例(年度)
緩速段階施工法	軟弱層がすべり破壊を起こさない程度の盛土を施工し、軟弱層の圧密による強度の増加を待って、次段階の盛土を施工し、これを繰返して所定の盛土高さを完成させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沈下量、地盤強度を詳細に測定して、十分な施工計画を立てて施工する場合は、確実な工法である。</li> <li>・一度破壊させると補修が困難である。</li> <li>・残留沈下が長年にわたる。</li> <li>・軟弱層厚が3m以上では沈下量や強度増加について理論値と合わない場合が多く、実測値を用いるべきである。</li> <li>・盛土施工速度が早い場合の破壊例が多い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長い工期を必要とする。</li> <li>・破壊に対する安定計算、沈下量の予測、沈下経過の推定などに十分な配慮を必要とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工期に余裕がある。</li> <li>・周辺に構造物がない。</li> <li>・重要度の低い盛土。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石狩川 豊幌築堤(32)</li> <li>〃 枯木築堤(34-39)</li> <li>〃 大曲り右岸(34~)</li> <li>〃 産化美幌川(34~)</li> <li>〃 野津幌川(35~36)</li> <li>12号 豊幌(34-36)</li> <li>231号 望来(37)</li> <li>234号 柏原(37-39)</li> <li>39号 女満別(37-38)</li> <li>40号 天塩(39)</li> <li>235号 門別(39-42)</li> </ul>
除去置換工法	軟弱層の一部または全部を良質土で置換え、沈下の防止、盛土の安定をはかる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3m以内の軟弱層の全部を置換した場合には、沈下、すべりに対して完全に近い効果がある。</li> <li>・軟弱層厚が大きくなると技術的・経済的に無理。</li> <li>・部分置換では、残留層の質と厚さによっては、沈下軽減効果に疑問がある。</li> <li>・地下水位々下の置換材料の締固めが不十分になり、舗装路面に悪影響を及ぼす場合もある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・良質材料の入手の難易とか、掘削深さによる経済性を考慮すべきである。</li> <li>・掘削土処分問題がある。</li> <li>・掘削により地下水位の低下を招き周辺家屋の土台変形の恐れがあるので注意を要する。</li> <li>・部分置換のときの材料は未風化火山灰が最適である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3m以内の軟弱層。</li> <li>・工期に余裕がない。</li> <li>・良質材料が手近にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>39号 呼人(42)</li> <li>235号 三石(42)</li> <li>36号 浦田(44)</li> <li>36号 室蘭B P(45)</li> <li>道々中頓別(46)</li> <li>5号 札幌新道(47-48)</li> <li>236号 浦河(47)</li> <li>238号 浜頓別(47-48)</li> <li>36号 美沢(48)</li> <li>12号 岩見沢B P(48)</li> </ul>
強制置換工法	盛土自重や爆破などで軟弱層を強制的に押し出し、良質な盛土材で置換え、盛土の沈下防止、安定をはかる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・置換え効果の及ぶ範囲の予想が難しい。</li> <li>・置換材の締固めができずルーズな状態となる。</li> <li>・好ましくない残留層のため沈下が長期間続行する。</li> <li>・側方移動を生じ、周辺地盤へ与える影響が大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・維持上問題である。</li> <li>・隣地への配慮が必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軟弱層が3m以内。</li> <li>・周辺に構造物がない場所。</li> <li>・重要度の低い盛土。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>39号 呼人(37-40)</li> <li>(パイロコンパクションによる)</li> <li>40号 樺延(37)</li> <li>40号 開源(38)</li> <li>石狩川 幌向川(40-42)</li> </ul>
押し盛土工法	盛土の側方に押し盛土を施工し、すべりに抵抗するモーメントを増加させて盛土のすべり破壊を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工中のすべり破壊に対する応急対策工として有効かつ確実な工法である。</li> <li>・単独使用では沈下による弊害が生じるため、沈下対策工法との併用が多い。</li> <li>・土工単価が低廉である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全率が1~2割上昇する程度である。</li> <li>・押し盛土自体の安定性について検討する必要がある。</li> <li>・十分な用地が必要であり、土工単価が安いと用地費を考慮して経済比較をすべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・すべり破壊の応急対策</li> <li>・用地巾を十分にとれるか所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>275号 角山・藤津(36)</li> <li>12号 豊幌OB(36)</li> <li>39号 湖南呼人(37)</li> <li>234号 柏原(38-39)</li> <li>234号 早来(40)</li> <li>238号 浅茅野(42)</li> <li>232号 留萌(42)</li> <li>石狩川 下新藤津(42-46)</li> <li>〃 幌向川(43-46)</li> <li>232号 金浦(47-49)</li> <li>232号 道々浜頓別(44)</li> </ul>

表-1~2 軟弱地盤対策工法の効果と適用範囲

対策工法	対策工の概要	現在までに判明している事項	留意事項	適用範囲	道内の事例(年度)
載荷重工法 (プレローディング サーチャージ)	余盛りを行ない、沈下を促進させた後、余盛りをとり除き完成後の沈下を許容値以下とする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>余盛りの高さ、沈下の程度など、設計々算がやや面倒であり、必ずしも理論どおり沈下しない。</li> <li>二次圧密(長期の沈下)量を減少あるいは停止させる。</li> <li>交通荷重による悪影響を防止することができる。</li> <li>すべり防止や沈下促進の工法との併用が多い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>限界盛土荷重範囲内で用いる。</li> <li>余盛りの転用が問題となる。</li> <li>余盛後に放置期間が必要である。</li> <li>土工工程が二度手間となる。</li> <li>沈下量の実測が必須である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分余裕ある工期。</li> <li>構造物基礎。</li> <li>完成後の沈下が問題となる所。</li> <li>すべり破壊の恐れがない所。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>232号 留 前 (42) (押え盛土併用)</li> <li>12号 岩見沢BP (47-49) (サンドドレーン併用)</li> <li>274号 三 川 (48-50)</li> </ul>
サンドドレーン工法	軟弱層中に鉛直方向に砂柱を打設し、排水距離を短縮して圧密沈下を促進させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧密速度は無処理とほとんど同じであり、圧密促進効果は期待できない。</li> <li>基礎処理施工中の沈下がやや大きい。</li> <li>盛土後の沈下量は、無処理の場合より1割程度減される。</li> <li>パイル間地盤の強度増加は無処理と同じである。</li> <li>処理工の施工時に若干周辺地盤が変位するが盛土後はほとんど変位しない。</li> <li>5m以内の盛土のときのパイル強度 <math>q_c = 6 \sim 7 \text{ t/m}^2</math></li> <li>5m以上の盛土のときのパイル強度 <math>q_c = 12 \sim 13 \text{ t/m}^2</math></li> <li>荷重分担比 <math>n</math> は、1.8mピッチで <math>n = 1</math>、1.5mピッチでは <math>n = 2 \sim 3</math>、1.3mピッチ以下では <math>n = 3 \sim 5</math> である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>置換工法の一つとして期待できる。</li> <li>複合地盤としての強度増加が若干期待できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土の安定に対する安全率が若干不足の場合。</li> <li>軟弱層厚が5m以内、盛土高さが6m以内。</li> <li>無処理工区とサンドコンパクションパイル工区とのすりつけ部分。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道々 月形橋取付 (29)</li> <li>40号 幌 延 (31)</li> <li>12号 豊 幌 OB (34)</li> <li>275号 新 川 橋 (35)</li> <li>275号 西 角 山 (37-38)</li> <li>12号 上 幌 向 (37)</li> <li>12号 岩見沢OB (38)</li> <li>38号 豊 頃 (38)</li> <li>40号 下 沼 (39)</li> <li>40号 天 塩 (38)</li> <li>275号 浦 白 (40-44)</li> <li>44号 大 別 橋 (42)</li> <li>12号 岩見沢BP (46) (プレローディング併用)</li> <li>244号 小 苗 水 (47)</li> <li>238号 志 撫 子 (47)</li> <li>275号 札 比 内 (47-48)</li> <li>44号 利 別 OB (45-44)</li> <li>石狩川 幌 向 川 (45-44)</li> <li>229号 豊 岡 (44)</li> <li>石狩川 月 寒 川 (45-46)</li> </ul>
サンドコンパクションパイル工法	軟弱層中に振動あるいは衝撃荷重を用いて砂(砂利、粗粒火山材等)を圧入し、砂ぐいを造成し、砂ぐいの支持力効果を期待して地盤の強化をはかりすべり破壊を防止する。同時に圧密沈下の促進、沈下量の低減効果も期待する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧密速度は無処理とほとんど同じであり、圧密促進効果は期待できない。</li> <li>パイル打設時の沈下量が大きく、50cm~100cmに及ぶ。</li> <li>2mピッチ以下では盛土後の沈下低減効果があり無処理の場合の沈下量の2~5割減となる。</li> <li>軟弱粘土地盤ではパイル打設直後にパイル間地盤の強度が一次的に低下するが、泥炭地盤では3~7割程度強度増加がある。</li> <li>パイル強度は打設直後 <math>q_c = 30 \text{ t/m}^2</math> 以上であり、その後、2mピッチ以上では低下の傾向、2mピッチ以下ではほぼ同じ強度を保つ。</li> <li>すべり破壊の防止に所定の効果がある。</li> <li>パイルを支持層まで打たない場合は、沈下及びすべり破壊に対して所定の効果が得られない。</li> <li>荷重分担比 <math>n</math> は、1.8mピッチで <math>n = 2</math>、1.5mピッチでは <math>n = 3</math> 程度である。</li> <li>パイル打設時の周辺地盤の変位が大きく、20mの距離でも1cm程度の隆起、移動の報告例もある。</li> <li>パイル打設時の地盤振動が大きく、10m以内の構造物に悪影響を及ぼす可能性がある。</li> <li>盛土後の周辺地盤の変位はほとんどない。</li> <li>処理後は交通振動を4割程度軽減させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低盛土では置換工法の一つとして有効である。</li> <li>高盛土ではパイル強度+素地盤強度を合わせた複合地盤の強度増加が期待できる。</li> <li>すべり破壊の防止に効果がある。</li> <li>パイルを支持層まで打設すべきである。</li> <li>パイル材料の吟味が必要である。</li> <li>振動・騒音に対する対策が必要である。</li> <li>パイル打設機械の安定性について十分な注意を払う。</li> <li>高水敷の狭い河川築堤では河床隆起などの問題が生ずる恐れがあるので検討を要する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土のすべり破壊の防止</li> <li>2割程度の沈下量の低減</li> <li>地下水位が高いときの置換</li> <li>一般的には軟弱層厚が1.5m以内(2.5m程度のパイル造成が可能)で、盛土高が2m以上の場合。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>275号 角 山 (37)</li> <li>12号 岩見沢OB (39)</li> <li>38号 豊 頃 (39)</li> <li>37号 静 狩 (40)</li> <li>石狩川 月 寒 川 (43)</li> <li>石狩川 望 月 寒 川 (43)</li> <li>44号 尾 幌 橋 (45)</li> <li>44号 門 静 OB (43)</li> <li>235号 三 石 (43)</li> <li>238号 新 河 川 橋 (43-44)</li> <li>242号 利 別 OB (44)</li> <li>5号 札 幌 新 道 (45-48)</li> <li>275号 札 的 内 (45-46)</li> <li>229号 豊 岡 (46)</li> <li>38号 浦 幌 BP (47)</li> <li>275号 月 形 (47)</li> <li>244号 斜 里 (47)</li> <li>238号 志 撫 子 (47)</li> <li>40号 開 源 (47-50)</li> <li>石狩川 幌 向 川 (47-48) (シート、押え盛土併用)</li> <li>道々 茅 沼 (48)</li> <li>275号 本 中 小 屋 (48)</li> <li>石狩川 加 茂 川 (48-49)</li> <li>229号 栄 石 (49)</li> <li>石狩川 大 曲 右 岸 (50)</li> <li>石狩川 幾 春 別 川 (50)</li> <li>59号 女 満 別 (50)</li> </ul>
ケミコパイル工法	軟弱地盤中に生石灰をパイル状に打設し、生石灰と土中水の化学的反応を利用して軟弱層の圧密促進及び強度増加をはかる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>軟弱粘土地盤に対してはほぼ理論どおりの効果があり、パイルの膨張・発熱・脱水効果及びパイルの支持力効果が期待できる。</li> <li>泥炭地盤に対しては、パイルの溶解・拡散などの問題点があるが、サンドコンパクションパイル工法の効果と同程度期待できそうである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石灰粉の飛散対策・打設時の振動騒音についての検討が必要である。</li> <li>粘着力を <math>8 \text{ t/m}^2</math> にするのが限界である。</li> <li>低盛土の圧密促進効果が期待できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軟弱粘性土、もしくは薄い泥炭層をはさむ粘性土地盤。</li> <li>とくに低盛土に利用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5号 札 幌 新 道 (45-48)</li> </ul>

表-1-3 軟弱地盤対策工法の効果と適用範囲

対策工法	対策工の概要	現在までに判明している事項	留意事項	適用範囲	道内の事例(年度)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・打設直後のパイル強度は<math>QC \approx 20 \sim 35\%</math>である。</li> <li>・パイル打設時の沈下及び周辺地盤の変位が大きい。</li> <li>・処理後は交通振動を約4割軽減できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・置換工法の一つとして利用できる。</li> <li>・土工単価が高価である。</li> </ul>		
パイルキャップ工法	軟弱地盤中にパイル(木、コンクリート、モルタル、サンドセメント、切込砂利セメントなど)を打設し、パイル頭部にキャップ(コンクリートブロック、パイル拡大シート、鋼板など)を施して、盛土の安定、沈下阻止をはかる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・すべり破壊の防止に有効である。</li> <li>・沈下量の低減効果が大きく、無処理の1~3割程度の沈下量である。</li> <li>・支持層が極めて深いつきにパイルを摩擦ぐいとして有効である。</li> <li>・1m以内の低盛土では鋪装面にヒビワレが生じ易い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多少の不等沈下を許す工法であり、パイル長が比較的短くてよい。</li> <li>・地震に対する検討を要しない。</li> <li>・ブロックキャップの間隔は40~60cm程度である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沈下、すべりに対する対策工。</li> <li>・3m以上の軟弱層、とくに支持層が極めて深い場合。</li> <li>・橋梁等の取付部。</li> </ul>	258号 志 嶽 子 (47) 5号 札幌 新道 (48-50) 石狩川 第1幹川 (48-49) (異形サンドセメントパイル)
パイルスラブ工法 (井桁工法も含む)	軟弱地盤中にパイルを打設しコンクリート床版をパイルに直接支持させて、盛土の安定、沈下阻止をはかる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沈下量は極めて微量発生するだけで、沈下阻止効果が絶大である。</li> <li>・すべり破壊の防止対策として確実である。</li> <li>・仮設が容易で、施工性が大きい。</li> <li>・スラブの土被り圧は理論どおりであるが、スラブのヒズミ量は計算値の半分以下である。</li> <li>・施工後の交通振動は<math>1/10</math>程度に軽減される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低盛土対策工として有効である。</li> <li>・地震に対する検討が必要である。</li> <li>・パイルは支持層まで打設すべきである。</li> <li>・工事費が高い。</li> <li>・施工後の維持がほとんど心配ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単年度施工。</li> <li>・残留沈下及び周辺地盤への影響をまったく回避したい場合。</li> <li>・1.0m程度の軟弱層で低盛土。</li> <li>・他工法による代替がないとき。</li> <li>・橋梁等の取付部。</li> </ul>	275号 中 小 屋 (47) 238号 志 嶽 子 (47) 275号 南 耕 地 (48) 238号 新 湧 川 橋 (48) 256号 浦 河 (48) 12号 岩見沢BP (48) 12号 江 別 BP (48)
縮切り盛土工法 (乱杭工法も含む)	盛土の尻部の軟弱地盤を矢板等で縮切り、軟弱層の側方流動や盛土のすべり破壊を防ぐ。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・側方流動やすべり破壊の緊急対策工として有効である。</li> <li>・施工後の残留沈下量を軽減する傾向がある。</li> <li>・施工性は大いに良好であるが、工事費がかさむ。</li> <li>・十分な根入れがあれば、期待どおりの効果が確実に行われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沈下の広がり防止が可能である。</li> <li>・設計法が確立されていない。</li> <li>・地震振動の軽減効果が期待できる。</li> <li>・すべり面以上に根入れをとる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・側方流動・すべり破壊の緊急対策工。</li> <li>・周辺に変位、振動などの悪影響を及ぼしたくないとき。</li> </ul>	12号 岩見沢OB (39) 232号 初 山 別 (45) (乱杭工法) 石狩川 幌 向 川 (42-45) 後志利別川 トマンケン(44)
表層処理工法	軟弱地盤の表面に砂、ソダ、シート、ネット、鋼板などを敷いたり、石灰、セメントなどを散布して、施工機械のトラフカビリティを確保し、また盛土の不等沈下やすべり破壊を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トラフカビリティが確保できる。</li> <li>・盛土荷重を分散できる。</li> <li>・シート、ネット類を用いて、サンドマット厚を低減できる。</li> <li>・めり込み防止、側方変位の抑制が可能である。</li> <li>・すべり破壊をある程度防止できる。</li> <li>・不等沈下の防止はするが、沈下量や強度増加は無処理と同じである。</li> <li>・低盛土の交通荷重による被害を防止できる。</li> <li>・他工法との併用で採用される例が多い。</li> <li>・シート・ネット類の扉目部分が弱くなるケースが多い。</li> <li>・広域な平面荷重ではとくにシート、ネットが有利である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シート・ネットを2枚以上使用するとそれだけ効果があがる。</li> <li>・過大な圧密地盤では効果がない。</li> <li>・設計法が確立されていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮道、工事用運搬路、一時的な盛土の場合。</li> <li>・他工法との併用。</li> <li>・僅かに軟弱な地盤。</li> </ul>	(サンドマット) 40号 稚 内 (38) 40号 和 寒 (40) 12号 江 別 太 (46) 232号 振 老 (47-49) 238号 枝 幸 (49) (砂利マット) 40号 音 威 子 府 (44) (シート) 238号 計 呂 地 (45) 道々 中 頓 別 (46) 石狩川 対 雁 築 堤 (47) 石狩川 雁 築 堤 (48) 石狩川 藤 津 築 堤 (48) 石狩川 幾 春 別 川 (50) 道々 向 八 線 沢 (49) (ネット) 5号 札幌 新道 (48)
深層混合処理工法	軟弱地盤中で生石灰と軟弱土を攪拌混合し、固結したパイルを造成して地盤改良し、すべり破壊の防止、沈下の軽減をはかる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・早期に強度増加が得られ、工期の短縮ができる。</li> <li>・軟弱地盤中に人工支持層を造成できる。</li> <li>・混合土の<math>\sigma_{28}(q_u) = 5 \sim 10\%</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工費が高価である。</li> <li>・固有特許工法である。</li> <li>・実績が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軟弱粘土層の強度増加</li> <li>・掘削の安定</li> </ul>	275号 雁 来 BP (50)
その他の工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽量化工法</li> <li>・真空載荷工法</li> <li>・電氣的固結工法</li> <li>・加熱安定工法</li> <li>・薬液注入工法</li> <li>・Fe石灰工法</li> </ul>	計画高を下げる、材料の軽量化をはかる(中空軽量材、未風化火山灰、粗粒サンドドレーン工法など)併用して軟弱地盤に真空をかけ、脱水、圧密促進 軟弱層中に通電し、脱水あるいは薬材の浸透により、軟弱土の強度増加、圧地盤中にボーリング孔を掘り、孔中を加熱して周囲の土を焼結させ、強度増 軟弱層中に種々の薬液を注入し、止水、崩壊防止、沈下防止、支持力増加、消石灰に酸化鉄微粉末を添加したものを地表部に散布・混合し、軟弱地盤	鉄サイ、泥炭、コルゲートパイプ併列 をはかる(大気圧工法、ウェルポイント工法) 密促進をはかる(部分的な場所の改良、安定化) 加をはかる(ソ連で実施) 洗掘防止などをはかる の表層を改良する		

### 3. 選定条件と適用工法

表-2-1~2-4は、現場条件を数種に大別して、その組合せによる選定条件を想定し、表-1に示された各種対策工法の実用的効果と適用範囲を軸として、それぞれの条件にひとつと適合すると思われる対策工を2~3種横に並べて示した選定指針案である。当然のことながら、現場条件は同表の組合せ以外に種々の制約を受けるのであり、必ずしも同表の選定指針案に従えない場合もあると考えられるが、対策工法を採用する際の目安として有用であらう。

表2-1 道路盛土・単年度施工の場合

盛土高さ	軟弱層			備考
	0 ~ 3 m	3 ~ 10 m	10 m 以上	
低盛土 (0~2m)	除去置換工法 サンドコンパクションパイル工法 ケミコパイル工法	サンドコンパクションパイル工法 パイルキャップ工法 パイルスラブ工法	パイルキャップ工法 パイルスラブ工法	ケミコパイル工法は、10m程度の軟弱粘土層にも適用できる。
中盛土 (2~6m)	除去置換工法 サンドドレーン工法 サンドコンパクションパイル工法	サンドコンパクションパイル工法 パイルキャップ工法 パイルスラブ工法	サンドコンパクションパイル工法 パイルキャップ工法 パイルスラブ工法	すべり破壊の恐れがあるときは押え盛土工法を併用する。 パイルスラブ工法は盛土が高い場合不経済となるので検討を要する。
高盛土 (6m以上)	除去置換工法 強制置換工法 サンドコンパクションパイル工法	サンドコンパクションパイル工法 パイルキャップ工法	サンドコンパクションパイル工法 パイルキャップ工法	
備考	サンドコンパクションパイル工法は、置換工法の1種とみなして使用する。	厚層が10m以上のサンドコンパクションの検討を要する。 パイルキャップ工法のパイルは、支持杭、 パイルスラブ工法のパイルは支持層ま	コンパクションパイル工法は、残留沈下についてマサツ杭のいずれでもよい。 で打設し、支持杭とする。	周辺地盤へ変位、振動などの悪影響を及ぼす恐れがあるときは、締切り盛土工法を併用する。

表2-2 道路盛土・2年以上にわたる施工の場合

盛土高さ	軟弱層			備考
	0 ~ 3 m	3 ~ 10 m	10 m 以上	
低盛土 (0~2m)	緩速段階施工法 表層処理工法	緩速段階施工法 載荷重工法	緩速段階施工法 載荷重工法	
中・高盛土 (2m以上)	緩速段階施工法 表層処理工法	緩速段階施工法	緩速段階施工法	すべりの恐れがあるときは押え盛土工法を併用する。

表2-3 河川築堤

条件	工法	備考	
3m以内の軟弱層 (施工機種の トラフィカビリティ確保)	表層処理工法	堤外側には、マット、シート、ネットなどの布設物を出さず、衣土をする。	
3m以上の軟弱層	高水敷巾が広い 単年度施工の場合	サンドドレーン工法 サンドコンパクションパイル工法 パイルキャップ工法	すべり破壊の恐れがあるときは押え盛土工法を併用する。
	2年以上にわたる 施工の場合	緩速段階施工法	
高水敷巾が狭い	上記工法+ 締切り盛土工法	円形すべり、及び複合すべり面よりも深く締切る。	

表2-4 構造物(橋梁など)の取付部

条件	工法	備考
5m以内の軟弱層	除去置換工法	
工期に余裕がある場合	プレローディング工法	
沈下を若干抑え、とくに縦断破壊を防止する	サンドコンパクションパイル工法 パイルキャップ工法	縦断沈下を円滑にするには、構造物に向かってサンドコンパクションパイル工法+パイルキャップ工法+パイルスラブ工法とする方法がある。
沈下をほとんど抑え、すべり破壊を防止する	パイルスラブ工法	

#### 4. 対策工法の設計法

現在、軟弱地盤対策工法の設計法について述べている文献は多いが、ここでは、それらの文献を参考としながら、今回得られた各対策工法の実用的効果を考慮に入れ、かつ現在までに判明している泥炭性軟弱地盤の工学的性質をとり入れて、ととと妥当と思われ対策工法の設計法の素案を作成したので以下に述べる。

##### I 緩速段階施工法

盛土の各段階において、盛土高と安全率の関係は地盤強度の増加に応じて図

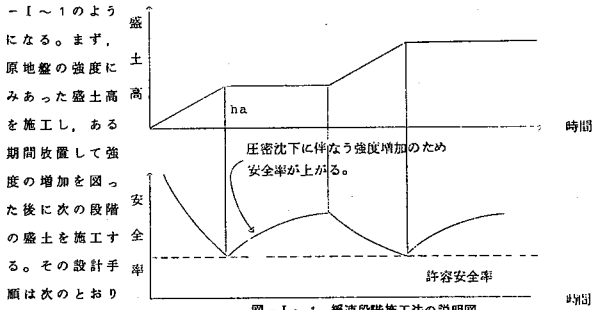


図-I-1 緩速段階施工法の説明図

① 原地盤における限界盛土高 hc

$$hc = \frac{Ns \cdot Co}{\gamma_t}$$

ここに Co: 軟弱地盤の初期強度

$$Co = \frac{1}{10} \bar{q}_c$$

$\bar{q}_c$ : オランダ式コーン貫入試験によるコーン支持力 (kg)

Ns: 安定係数

$\gamma_t$ : 盛土の湿潤密度 ( $\frac{t}{m^3}$ )

② 許容盛土高 ha

$$ha = hc / Fs$$

ここに Fs: 安全率 (= 2.0 とする)

③ 放置期間  $t_1$

工期の余裕期間から仮定する

④ 圧密沈下に伴ない増加した地盤強度  $C_1$

(f) ダッチコーンにより検証する場合

$$C_1 = \frac{1}{10} \bar{q}_{c1}$$

(g) 沈下量から推定する場合

$$C_1 = Co \cdot \alpha$$

ここに  $\alpha$ : 強度増加率

(表-I-1 参照)

表-I-1 圧縮率と強度増加率

$S_v/H_0$ (%)	10	20	30	40	50
$\alpha$	1.5~2.3	2.0~3.2	2.3~4.5	2.8~5.5	3.0~6.5

ここに  $S_1$ :  $t_1$  における沈下量

$$S_1 \text{ を推定する場合 } S_1 = So + \frac{t_1}{a + bt_1}$$

ここに So: 沈下観測開始時の沈下量

a, b: 実測沈下量から求まる定数

$H_0$ : 初期軟弱層厚

⑤  $Co \rightarrow C_1$  として①~④の繰返しにより、所定の盛土高さを確保する。

##### II 除去置換工法

軟弱層の全部または一部を良質土で置換え、盛土の沈下および安定を図る工法であるが、部分置換は残留した軟弱層がとかく問題を起し易いので、なるべく、完全置換が望ましい。

① 掘削断面

除去深さ Z: 軟弱層厚の全部

(または一部)

通常 3 m 以内

除去巾 D = B + 2Z 程度

または必要部分

B: 盛土敷巾

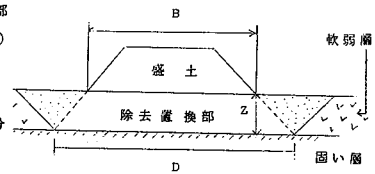


図-II-1 除去置換工法の概略(a)

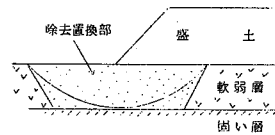


図-II-2 除去置換工法の概略(b)

② 置換材料

できるだけ排水性がよく将来、地下水位々下にあっても十分支持力を確保できるような砂、レキその他の粗粒土を選ぶことが望ましい。

##### III 強制置換工法

周辺に構造物がない場合で 3 m 以下の軟弱層のときは、盛土を一挙に盛り上げ、盛土自重により軟弱層を強制的に破壊させて押し出し、盛土材で置換する工法である。特別な設計法は不要であるが、限界盛土高を把握しておく必要がある。(限界盛土高については I 緩速段階施工法の項を参照されたい)

##### IV 押え盛土工法

軟弱層の強度が不足してスベリ破壊を起す危険がある場合には、対重として働らく押え盛土を行なう。この工法は圧密沈下を防ぐことはできない。一般に局部的な所に行なわれ、長区間にわたって行なわれることは稀である。押え盛土の断面を決定する方法は種々あるが、次の方法も便利である。図-N-1 のように記号を定めると安定係数 Ns は (N-1) 式で表わされる。

$$Ns = \frac{2.2 \left( \frac{2\epsilon^2 + \epsilon + 1}{3} + m\tau \left\{ 2(\epsilon + 1) + \tau - m \right\} \right)}{(2\epsilon + 2m\tau + 1)^2} \dots\dots\dots (N-1)$$

(N-1) 式から押え盛土の敷巾

a が一定のときに安定係数を最大

にするような m の値は (N-2) 式

で得られる。

$$m = \frac{(2\epsilon + 1)(\tau + 1) - \frac{1}{2}}{2(\tau + 1)(2\epsilon + \tau + 1)} \dots\dots\dots (N-2)$$

したがって、 $\tau$  を仮定すると (N-2) 式から m の値が求まり、(N-1) 式から Ns の値が得られる。

このときのスベリに対する安全率 Fs は次式で求まる。

$$Fs = \frac{Ns \cdot C}{P} \dots\dots\dots (N-3)$$

ここに C: 地盤の強度

$$P = \frac{(2\epsilon + 2m\tau + 1)\gamma_t \cdot h \cdot a}{2}$$

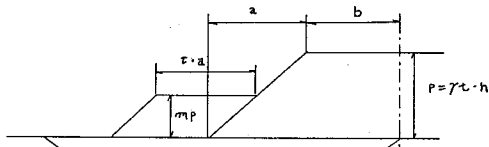


図-N-1 押し盛土工法の設計

図-N-2は(N-1)式、(N-2)式を $\epsilon \sim r \sim m \sim n$ について図示したものであり、これを用いると容易に押し盛土の設計ができる。

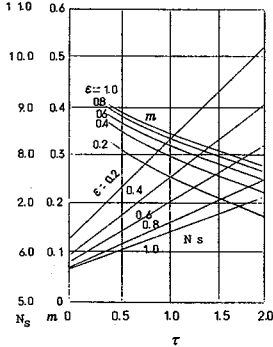


図-N-2 押し盛土の設計図表(自由すべりの場合)

V ブローディング工法

盛土あるいは構造物による軟弱地盤のスベリに十分な安定性を有しているが、残留沈下量を極力抑えたい場合に有効な工法である。この工法は余盛高と放置期間のとり方がポイントになるから、十分な施工計画と施工中の沈下量の精密な測定が必要となる。

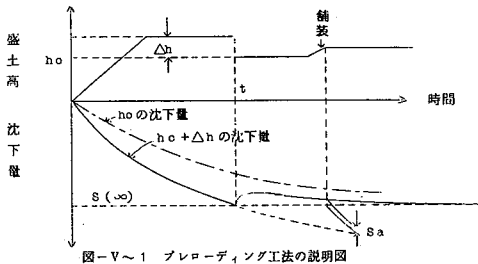


図-V-1 ブローディング工法の説明図

- ① 設計盛土荷重による最終沈下量の計算  
圧密試験結果や、その他の方法により最終沈下量  $S_{\infty}$  を求める
- ② 許容残留沈下量  $S_a$  の設定  
通常は表-V-1を参考とする

表-V-1 残留沈下量の制限値

盛土の連続する区間	1.0 ~ 3.0 cm
橋梁などの取付盛土部	3 ~ 5 cm

- ③ 残留沈下が  $S_a$  となる必要日数  $t_a$

$$t_a = \frac{T_a \cdot Ho^2}{C_v} \dots \dots \dots (V-1)$$

ここに  $T_a$  : 圧密度  $U_a$  に対応する時間係数 (図-V-2 参照)

$$U_a = (S_{\infty} - S_a) / S_{\infty} \quad (\%)$$

$Ho$  : 軟弱層厚 (但し、両端排水の場合は  $Ho/2$  とする)

$C_v$  : 圧密試験より求まる圧密係数

- ④ 許容荷日数  $t$  を工期から求める
- ⑤ 余盛高  $\Delta h$  の決定

(f) 所要時間係数  $T' = \frac{t \cdot C_v}{Ho^2}$

(g) 余盛りによる最終圧密沈下量  $S'_{\infty}$

$$S'_{\infty} = (S_{\infty} - S_a) U'$$

ここに  $U'$  :  $T'$  に相当する圧密度

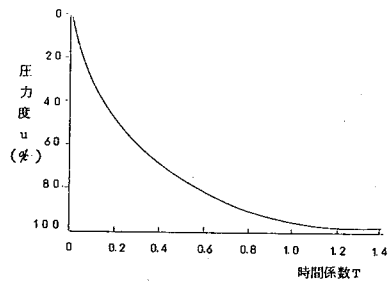


図-V-2 時間係数と圧密度の関係

- (f)  $S'_{\infty}$  を生ぜしめる盛土高  $h$  を圧密試験結果などより逆算
- (g)  $\Delta h = h' - h_0$

VI サンドドレーン工法

圧密促進効果は期待できないが、置換工法の一つとみなし、砂柱強度を考慮した複合地盤としての強度増加が期待できるため、スベリ破壊の防止に用いることができる。

- ① バイル径  $\phi = 30 \sim 50$  cm  
バイル間隔  $d = 0.8 \sim 2.0$  m  
バイル長さ スベリ円の深さ以上 (3.0 m まで可)
- ② 複合地盤のせん断強さ  $\tau_{sc}$

$$\tau_{sc} = as \left( \frac{\sigma_v \cdot n}{(n-1)as + 1} + \gamma_s \cdot Z \right) \tan \phi_s \cdot \cos^2 \alpha + (1 - as) Co$$

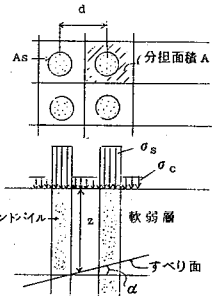


図-V-1 複合地盤の応力状態とせん断強さ

ここに  $as$  : 置換率 ( $As/A$ )

$$As = \frac{\pi}{4} \phi^2 \quad \text{バイル断面積}$$

$$A = d^2 \quad (\text{正方形}) \quad \text{分担面積} = 0.866 d^2 \quad (\text{正三角形})$$

$\sigma$  : 複合地盤にかかる盛土荷重  $= \gamma t \cdot h$

$n$  : 荷重分担比 ( $\sigma_s / \sigma_c$ )  $= 3 \sim 5$  (通常 3.0)

$\gamma_s$  : バイル砂の単位体積重量  $= 1.5 \frac{t}{m^3}$  程度

$\phi_s$  : " 内部摩擦角  $= 25^\circ$

$Z$  : スベリ円までの深さ

$Co$  : 軟弱土の初期せん断強さ

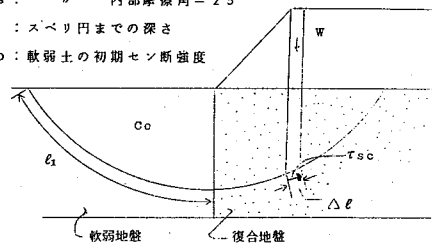


図-V-2 複合地盤のスベリ計算

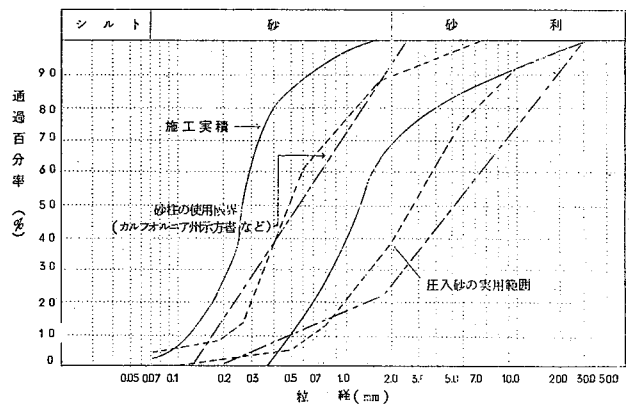


図-V-3 バイル用砂の粒度範囲

③ スベリに対する検討

$$F_s = \frac{\sum r_{sc} \cdot \Delta \ell + C_0 \ell_1}{\sum w \cdot s \cdot \sin \alpha}$$

ここに  $\Delta \ell$  : 複合地盤内の分割弧長  
 $\ell_1$  : 素地盤内のスベリ円弧長  
 $W$  : 分割土塊重量  
 $\alpha$  : スベリ面が水平となす角

④ バイル用砂の選定

サンドバイルの砂は透水性がよく、粒度のよいものが多い。  
 施工性や透水性を考慮して図-VI-3に示す粒度のものが多いが、バイル材料は、これらの粒度が満足できれば、砂以外の粗粒材料でもよい。

VI サンドコンパクションバイル工法

砂の圧入により、軟弱地盤の強度増加と圧縮性の改良が期待できる。一種の置換工法として採用できるが、主にスベリ破壊の防止に有効である。

設計法はサンドドレーン工法と同様にして、次のとおり各値を定めて計算する。

- ① バイル径  $\phi = 70 \sim 80$  cm, バイル間隔  $d = 1.2 \sim 2.0$  m, バイル長はスベリ円深さ以上
- ② 複合地盤のせん断強度  
 $n = 2 \sim 5$  (平均 2.5),  $\gamma_s = 1.7 \frac{t}{m^3}$ ,  $\phi_s = 30 \sim 35^\circ$
- ③ スベリに対する検討
- ④ 沈下低減量の計算

(1) 盛土後の沈下低減率

$$\beta = \frac{S'}{S} = \frac{1 - as}{1 + (n-1) \cdot as}$$

ここに  $S, S'$  : 原地盤及び処理地盤の沈下量

(2) 施工中の沈下をも含めた沈下低減率 (表-VI-1 参照)

正方形バイル間隔	$\beta$
2.0 m	1.0
1.8 m	0.9
1.5 m	0.8

- ⑤ バイル用砂の選定 (図-VI-3と同様)
- ⑥ 施工時の地盤振動と、側方変位に対する検討  
 サンドコンパクションバイル打設時に、極めて大きな地盤振動や側方変位が生じて、周辺地盤に悪影響を与える場合があるので、予め、十分な検討と対策を考えなければならない。

VII ケミコバイル工法

本工法は粘土地盤に有効であることが確かめられているが、泥炭地盤についてはケミコバイルの長期的な安定や、設計法に不明点があるため、現時点における本工法の適用に際しては、軟弱層が 5 m 程度の浅い場合に置換工法の一つとして用いるのがよい。ただし、試験盛土によりその効果が確認された場合は、深い軟弱地盤に採用してもよい。

以下には、軟弱粘土地盤についての設計法を述べる。

VII-1 圧密沈下の低減または阻止としての設計手順

- ① 設計許容沈下量  $S_a$  の設定
- ②  $S_a$  を得るためのケミコバイルの置換率  $as$  の計算

$$as = \frac{(S - S_a)/H}{0.67 \epsilon_v + (S - S_a)/H}$$

ここに  $S$  : 設計盛土荷重による計算最終沈下量

$H$  : 軟弱層厚

$\epsilon_v$  : みかけのバイル膨張量

$\epsilon_v = 4/\gamma_t \cdot H$   $\gamma_t$  : 軟弱層の湿潤密度

- ③ バイル径  $\phi$ , バイルピッチ  $d$  の計算 (VII-2 参照), 通常  $\phi = 20$  cm
- ④ バイル膨張による水平方向の圧密はほぼ 3 日以内に終了するが、30 日程度放置するのがよい。

VII-2 基礎地盤のスベリ破壊防止としての設計手順

- ① VII-1 に述べた複合地盤としてのスベリ安定計算において次のとおり各値を定めて同様に行う。

$r_{sc} = r_{\ell c}$  : ケミコバイル打設地盤の複合せん断強さ

$\phi_s = \phi_p = 30^\circ$  : バイルの内部摩擦角

$\gamma_s = \gamma_p =$  : バイルの単位体積重量

$$as \rightarrow as' = as (1 + \epsilon_v)$$

$C_0 \rightarrow C' = C_0 + (0.2 \sim 0.3) \sqrt{as} Pe$  ここに  $Pe$  : ケミコバイルの膨張力 ( $= 80 \sim 100 \frac{t}{m^2}$ ) あるいは  $C' = 4 C_0$

- ②  $\phi_p = 0$  とし、バイルの粘着力  $C_p = 1.0 C_0$  として次のように計算する方法もある  
 $r_{\ell c} = C = as' \cdot C_p + (1 - as') C'$
- ③ 許容安全率を満たすように置換率  $as$  を求め、バイル径, 間隔を求める

IX バイルキャップ工法

軟弱層が比較的深い場合には、本工法により沈下とスベリを抑制することができるが、設計法や施工後の効果について十分な検証がなされていないので、留意すべきである。バイルキャップ工法には図-IX-1に示すような種類があるがバイル自体の強度や、盛土の規模、軟弱層厚などから選定する。

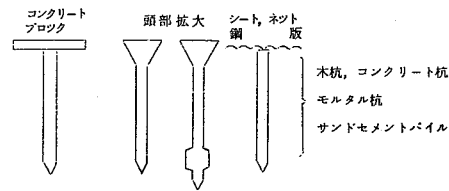


図-IX-1 バイルキャップ工法の種類

- ① バイル自体の強度  
 モルタル杭  $\sigma_{28} = 210 \text{ ㏩}$   
 サンドセメントバイル  $\sigma_{28} = 15 \text{ ㏩}$   
 切込砂利セメントバイル (無水打設)  $\sigma_{28} = 30 \text{ ㏩}$   
 " (加水打設)  $\sigma_{28} = 60 \text{ ㏩}$
- ② バイルの許容支持力  $R_a$   
 「道路橋下部構造設計指針 (くい基礎の設計編)」を参照
- ③ バイル間隔, バイル配置, バイル長, バイル径  
 バイルの許容支持力, 沈下量, 水平外力などから計算する
- ④ キャップの寸法  
 キャップ厚: コンクリートブロックの場合は  $20 \sim 30$  cm  
 キャップ寸法: コンクリートブロックの大きさは  $2.0 \sim 2.5$  m 角, キャップ相互の間隔は  $4.0 \sim 6.0$  cm
- ⑤ 沈下量の計算

- (1) 不完全支持層 (下層に軟弱層を有する) の支持グイの場合  
 バイル先端の断面積, またはバイル群の外側を結んだ多角形面積を基準とし, バイルに作用する荷重を分布角  $\alpha$  (通常  $30^\circ$ ) で下層の軟弱層へ分布させ, 軟弱層の厚さの  $1/2$  の位置の増加応力に対する圧密沈下量を求める (図-IX-2 参照)

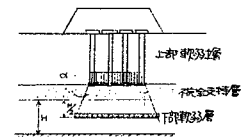


図-IX-2 不完全支持層の荷重分布

- (2) 摩擦グイの場合  
 バイル先端よりバイル長  $L$  の  $1/3$  の位置のバイル断面積, またはバイル群の外側を結んだ多角形面積を基準とし, 分布角  $\alpha$  ( $\approx 30^\circ$ ) で分布させ  $L/3$  の位置からの軟弱層の厚さの  $1/2$  における増加応力に対して圧密沈下量を求める (図-IX-3 参照)
- ⑥ 水平外力に対する計算  
 すべり破壊などの水平外力に対する計算は、水平外力より上部の軟弱土層の地盤反力を無視し、バイル頭部を自由として、前述の「設計指針」を参照のこと。
- ⑦ その他  
 (1) 地震の影響を考慮しない  
 (2) バイルキャップ施工後、盛土の転圧時に転圧機械によってキャップが破

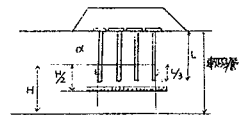


図-IX-3 摩擦グイの場合の荷重分布



損する恐れがあるので、注意を要する。  
 (付) キャップの設計は片持梁の計算により行う。

X バイルスラブ工法

低盛土で軟弱層が比較的深い  
 その下に十分な支持層 ( $N > 30$ )  
 がある場合は、本工法を採用する  
 ことにより、沈下とすべり破壊を  
 防止することができる。ただし、  
 工費が高価であり、他工法による  
 代替法がない場合に用いるべきで  
 ある。

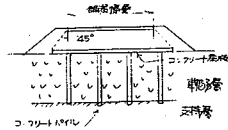


図-X バイルスラブ工法の概略図

パイルの設計は「道路橋下部構  
 造設計指針(くい基礎の設計編)」を参照し、良質支持層 ( $N > 30$  の砂、砂  
 レキ層)までパイルを打つものとする。コンクリート床版は、フラットスラブ、  
 多スパンラーメンの計算とする。またネガティブフリクションや地震の影響を  
 も考慮した検討を行うべきである。

XI 締切盛土工法

施工時や盛土後に周辺の地盤や建物に振動・変位等の悪影響を及ぼす心配の  
 ある場合には、シートパイルで締切する方法がある。また、本工法はスベリに対  
 する緊急対策工として採用することができる。この工法は沈下を抑えることは  
 できない。他工法との併用が多い。

設計法には不明な点があるが、通常は  
 シートパイルの下端をヒンジと考え、内  
 側から働らく盛土荷重による主働土圧に  
 対して、上部のタイロッドの引張力が均  
 釣合うように各寸法を決める。

シートパイルは十分な根入れが必要で  
 あるが、長くなる場合は、曲げによる破  
 壊の検討をする必要がある。

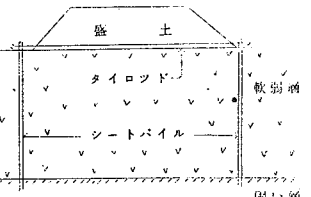


図-XI-1 締切盛土工法の概略図

XII 表層処理工法

施工機械のトラフ、カビリティーの確保や、軟弱層の圧密脱水の排水層、盛  
 土荷重の分散、不等沈下やすべり破壊の防止を目的としてサンドマット、ソダ、  
 シート、ネット、鋼板などを軟弱層の表面に布設する。通常は他工法と併用さ  
 れる。

設計法については、未だ実用的な方法が確立されておらず、現在検討中であ  
 る。

あ と が き

本調査研究の最終年度にあたり、一応、当初の目的を達成し、上記の成果を得たが、軟弱地盤対策  
 工に関する研究がこれで終了したわけではなく、技術革新の目覚ましい今日、今後とど日進月歩の調  
 査研究を重ねて行かねばならないであろう。とくに環境保全が社会的にクローズアップされてより、  
 沈下・破壊といった工學工學的問題とさることながら、施工中、施工後の地盤振動の対策と考慮しな  
 ければならないであろうし、単に施工的な問題からさらには構造物の維持管理まで考えた長期的展望  
 に立った対策工法と必要となるであろう。一方、またく原点に戻って、対策工の要・不要の判断基  
 準と未だ完全に確立されておらず、工學工學的問題、経済性の問題、社会的要求の程度などを総合  
 的に判断して、早急に解決しなければならぬものもある。

本調査研究の成果は、このように多くの問題を包含しており、これらの問題は、今後逐時解決し  
 て行きたいと考えているが、とりあえず、明日からの設計施工に一応役立つ資料になるものと考えて  
 いる。また、本調査研究の成果をとり入れて、近い将来に軟弱地盤対策の指針および設計基準を作成  
 したいと考えている。

最後に、本調査研究のまとめにあたり、アンケート調査等に御協力頂いた関係各位に心から謝意を  
 表す次第である。

昭和50年度(最終年度)パネルメンバー

本局	建設部道路建設課々長補佐	笠井 謙一
"	" 改良係長	丸山 博
"	" 河川工事課河川改修係長	小橋 正治
札幌開発建設部	札幌新道建設事務所工事課企画係長	真田 英夫
"	岩見沢道路事務所工事課計画係	坂本 稔
稚内開発建設部	道路課国道建設係長	古原 重一
網走開発建設部	道路第1課国道舗装主任	森谷 満
釧路開発建設部	道路第2課建設係長	船田 昭
石狩川開発建設部	工務第2課々長補佐	沢田 美智男
"	岩見沢河川事務所第2工務課工務係長	南波 幸吉
土木試験所	第2研究部基礎工研究室々長	野口 義教
"	第3研究部土質研究室主任研究員	能登 繁幸

アドバイザー

札幌開発建設部	札幌道路事務所々長	小林 策
土木試験所	第3研究部土質研究室々長	佐々木 晴美