

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3381号

土 木 研 究 所 資 料

東北地建における一日土研資料

平成7年11月8日(水)

建設省土木研究所

Copyright ©1995 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

東北地建における一日土研資料

企画部企画課

要 旨

東北地方建設局管内の現場技術者からの技術的問題点に関する質問に対する回答をまとめたものである。

キーワード

覆土工法
現位置攪拌混合固化工法
反力分散支承
炭素繊維シート
耐震設計
浮島
騒音予測
濁水処理
自歩道
凍結防止
建設汚泥
通廊
ラジアルゲート
NATM
排水性舗装

アスファルト
騒音
水質浄化
河道
小規模ダム
RCDダム
RI密度計
酸性水
区画線
付加車線
ロードヒーティング
地山空洞
薄層コンクリート
RCCP
凍結抑制

舗装
SHRP
補強土
軟弱地盤
建設発生土
発泡材
ひびわれ
リバウンド
ボックスカルバート
樋管
疲労亀裂
PC橋
クラック
中掘り杭
地下構造物

技術相談テーマ目次

	(質問者)	(回答者)
I. (河川・砂防)		
1. 覆土護岸工法における設計手法	福島工事事務所 伏黒出張所	河川研究室…………… 1
2. 現位置攪拌混合固化工法	福島工事事務所	砂防研究室…………… 7
II. (橋梁)		
1. 反力分散型支承を用いた場合の伸縮量と桁遊間	道路部道路工事課	橋梁研究室…………… 10 耐震研究室
2. 炭素繊維シートを用いた床版の補修補強工法	福島県	橋梁研究室…………… 12 化学研究室
III. (地震防災、積算)		
1. 構造物の耐震設計	道路部道路工事課	振動研究室…………… 13 耐震研究室
2. 仮設備の技術基準の検討	鹿島建設(株)・東北支店	積算技術研究センター…………… 15 システム課
IV. (環境)		
1. 植生による水質浄化効果	新庄工事事務所	河川環境研究室…………… 16
2. 騒音予測式	道路部交通対策課	交通環境研究室…………… 17
3. トンネル工事に伴う放流水質対策	北上川下流工事事務所	化学研究室…………… 18
V. (道路(1))		
1. 自歩道の構造	企画部技術管理課	交通安全研究室…………… 20
2. 事故発生メカニズム調査	東北地方建設局道路部	交通安全研究室…………… 21
3. 路面凍結防止対策	酒田工事事務所 月山国道維持出張所	道路研究室…………… 22 新潟試験所
VI. (材料施工)		
1. 建設汚泥の再利用	宮城県	施工研究室…………… 23
2. 擁壁底面の摩擦係数	福島県土木部	施工研究室…………… 30
3. 道路清掃泥の処理とその有効利用	(社)日本建設機械化協会 東北支部	施工研究室…………… 32 土質研究室
VII. (ダム)		
1. 地震時のダムの安定性	三春ダム工事事務所	ダム構造研究室…………… 36 フィルダム研究室

2. ダムの通廊のプレキャスト化	摺上川ダム工事事務所	ダム構造研究室…………… 38 フィルダム研究室
3. 放流管に設けられたラジアルゲートの開度	北上川ダム統合管理事務所	水工水資源研究室…………… 41

Ⅷ. (道路(2))

1. 不良地山におけるトンネル工事	山形工事事務所	トンネル研究室…………… 43
2. 排水性舗装	磐城国道工事事務所	舗装研究室…………… 45
3. アスファルト抽出試験用溶剤及び抽出試験にかわる管理方法	鹿島道路㈱東北支店	舗装研究室…………… 47

1. 覆土護岸工法における設計手法

(質問)

近年多自然型川づくりが推進されているなか、低・高水を含む各種の多自然型護岸工が全国の河川で施工されており、数多くの事例が報告されている。なかでも、従来のコンクリート護岸に覆土を実施し、芝等で緑化を図るという工法、いわゆる覆土工法が数多く報告されている。しかし、この設計手法が確立されていないために、各河川においては試行錯誤を繰り返しながら施工がなされているのが現状である。このようなことから、覆土護岸の設計における技術的なアドバイスと覆土の強度を把握するための実験手法についてご教示願いたい。

(福島工事事務所伏黒出張所)

(回答)

1. はじめに

覆土工法は、既設の護岸の上に土を覆うことによってコンクリート面を隠すとともに、その表面に植生が再生するのを期待したものである。施工が容易で安価であること、植生の再生が早いこと、自然景観を創出すること等から全国的に広く採用されている工法である。

覆土の役割や強度については施工予定地点の社会的・水理的環境によって様々な考え方が成立し得るようであり、統一的な見解を得るに至っていない。このため、覆土の設計法について考えるためには、覆土の設計思想を明確に分類しておかなければならない。そこで、本論ではまず覆土の設計思想について近年の施工事例等を反映しつつ分類し、次にそのパターンごとに設計のあり方について考えて見ることにする。

2. 覆土の設計法の分類

2-1 覆土の分類に際して必要な情報

覆土の施工事例や設計に関する最近の動向を調べてみると、覆土の設計思想には概ね2種類の考え方があるようである。その内容については2-2で述べるが、この分類を実施するにあたっては、以下に示す覆土の強度に関する情報を念頭に置いている。

①覆土の被災事例を見る限り、覆土の主たる被災形態は、洪水流による侵食・流出である。覆土の耐侵食性は用いた土の性質および表面の状態によって変化する。土木研究所で実施した堤防土の耐侵食実験結果によれば、一般的に粘着性土は非粘着性土に比べ耐侵食性がかなり高く、また裸地よりも表面に植生が繁茂していたほうが耐侵食性が高いといえる。表面の植生の種類によっても耐侵食性は変化し、特に根の密度が地表面近くで高い芝は、河川で通常見られるイネ科の植生よりも高い耐侵食性を発揮する。

②自然蛇行帯よりも下流の河川では、自然河岸土は洪水時に氾濫原に運搬された浮遊砂が

堆積し形成され、しかも長い年月を経て高い圧密状態に達している。覆土にはしばしば工事発生土が用いられるが、この場合、自然河岸土をほぐして利用することになるから、その土質的強度は自然河岸土のそれよりも低下する。

2-2 覆土の設計思想の分類

2-1で示した覆土の強度に関する情報を念頭におきつつ近年の覆土の施工事例を調べると、その設計思想は概ね次の2つに分類できるようである。

①環境復元優先型

覆土は護岸施工前後で生態系に及ぼすインパクトを最小限に留めるための工法であると位置づけるものである。この思想のもとでは覆土に再生する植物やそこに集まる動物は工事前のそれと同じでなければならないとされる。例えば流水時の耐侵食強度を増加する効果が期待できるとされる張芝は、その地点にとっては外来種の導入と解釈され否定される。したがって、このタイプの覆土の材料には護岸施工地点に繁茂していた植生の根や地中で生活する小動物を含んでいると考えられる工事発生土が用いられ、護岸の上にそれを盛土するだけで洪水流による侵食作用に対しては特別な対策はなされない。2-1で述べたとおり、工事発生土はほぐし土であるから自然河岸よりも強度的に劣るから、特に粘着性の乏しいセグメント2よりも上流の河川では、このタイプの覆土は比較的規模の小さな洪水でも流出することが多い。

②強度優先型

本来、その地点にはない植生を積極的に導入することによって、覆土に多少の耐力を持たせようとするものである。特に高い耐侵食性を誇るとされる芝が頻繁に用いられる。このタイプの覆土は、一般的に既設護岸の上に緩勾配で盛土し、その表面に張芝がなされるという形状をなす。ただし芝は浸水頻度が高いと繁茂できないため、多くの場合平水位より下については石張・ブロック張護岸がなされる。より高い耐侵食性を得ようとする場合にはのり枠工や吸い出し防止シート等による補強がなされることもある。また、植生ネットを用いて芝以外の植生を繁茂させようとするものもある。①の環境復元優先型に比べ異なる点は、耐侵食性の向上を期待していること、費用がかさむことが挙げられる。

3. 覆土の強度に関する調査

覆土の強度に関するいくつかの調査・研究が実施されており、覆土の設計法の検討に参考となるのでここに紹介する。

3-1 非粘着性覆土の強度に関する調査

環境復元優先型の覆土には、河床材料などの非粘着性土が用いられることが多い。このタイプの覆土では、洪水時の最大せん断力が覆土材料の限界掃流力よりも大きくなった場合に被災が発生するものと推定される。そこで、覆土材料に非粘着性土を用いた全国の施工事例を対象に、覆土材料の限界掃流力と洪水時最大せん断力との関係を調べることにした。限界掃流力については基本的には岩垣の式により求めるものとしたが、斜面上にある

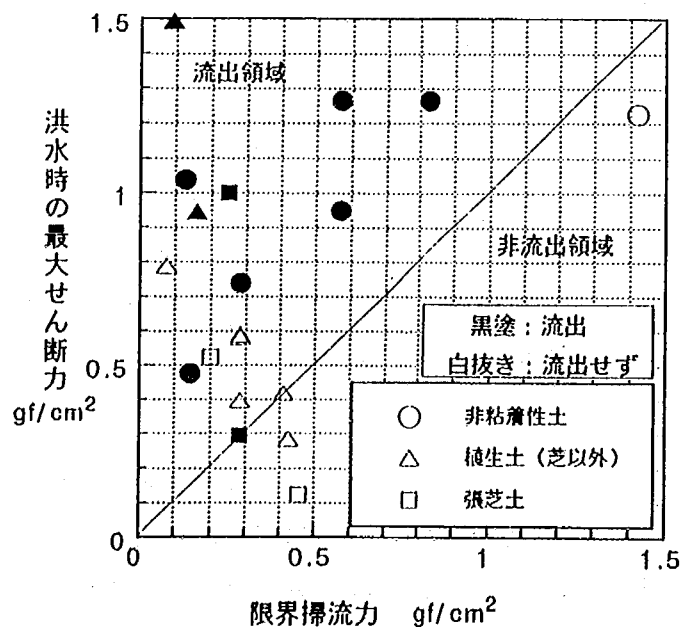
場合はlaneの補正係数 k をこれに乗じた。限界掃流力の算定に必要な覆土材料の粒径については平均粒径を基本的に用いた。ただし、非粘着性でかつ広い粒度分布を有する材料が用いられている場合は洪水時に表面がアーミングされると推定されるので、粒度分布を調べ、粒径集団C（河床材料の粒径加積曲線に注目した場合、通過率がおよそ100～80%となる粒径集団のことで、しばしば河床の表面を覆いアーマーコートを形成する。山本(1994)を参照のこと。）の平均粒径を求めてこれを限界掃流力算定のための代表粒径とした。なお、調査事例の中には覆土材料の粒径についての資料が不十分なものもしばしば見られたが、セグメント1の河川の工事発生土に限っては河床材料と粒度分布が等しいと仮定して図の作成に利用している。

洪水時の最大せん断力 τ_0 は式(1)により求めた。

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot h \cdot l \quad (1)$$

ここに、 ρ は水の密度、 g は重力加速度、 h は覆土ののり尻での水深、 l は水面（河床）勾配である。本来ならば、低水路側から法面に近づくに従い流速が小さくなるので、この速度勾配によるせん断力分を見込まなければならないが、ここで用いられた事例の多くはのり勾配が緩く、流速の横断勾配によるせん断力も比較的小さいと推定されるので無視した。

以上の手順で求めた洪水時最大せん断力 τ_0 と覆土材料の限界掃流力 τ_c との関係を図-1に示す。この図において、 $\tau_0 = \tau_c$ の斜線より上の領域が覆土の破壊領域を、下が非破壊領域をそれぞれ表している。また、黒塗りの点が被災ありの事例であることを、白抜きが被災なしの事例であることをそれぞれ表している。これによれば、非粘着性土でかつ表面に植生を有しない覆土は被災していない事例が1事例しかないという問題はあるものの、被災の有無は限界掃流力の概念でよく整理できることがわかる。このことは、限界掃流力の概念を用いれば、覆土材料粒径を水理的に決定可能であることを示唆している。また、表面に植生を有する覆土で被災なしの事例がいくつか破壊領域にあるが、これは表面の植生が覆土の耐侵食強度を増強していることを表している。なお、破壊領域において $\tau_0 = \tau_c$ の斜線からの距離が遠いほど覆土の安定性にとっては厳しいことを表しているが、今の



ところ資料数が少ないので植生の耐侵食強度の上限値に関する知見を得るには至っていない。

3-2 洪水規模と覆土の安定性に関する調査

この調査は、河床材料を覆土材料に利用した場合の安定性と洪水規模との関係について調べたものである。表面に植生を有さない非粘着性覆土の安定性については限界掃流力概念で評価可能であることが3-1の調査により明らかにされているので、調査方法としては覆土材料の粒径および施工した場合ののり勾配等から覆土の限界掃流力を求めるとともに、様々な規模での洪水による不等流計算を実施し河道縦断的なせん断力分布を求め、両者を比較するものである。なお、土木研究所で実施した土の侵食試験結果から粘着性土はおよそ流速2～3 m/sまで大きな侵食を受けずに耐える場合が多いことがわかっているので、これの安定性についてもあわせて検討した。この調査は全国5河川を対象に実施されたが、概ね同様の結果が得られているので代表的な1河川の結果のみ報告する。

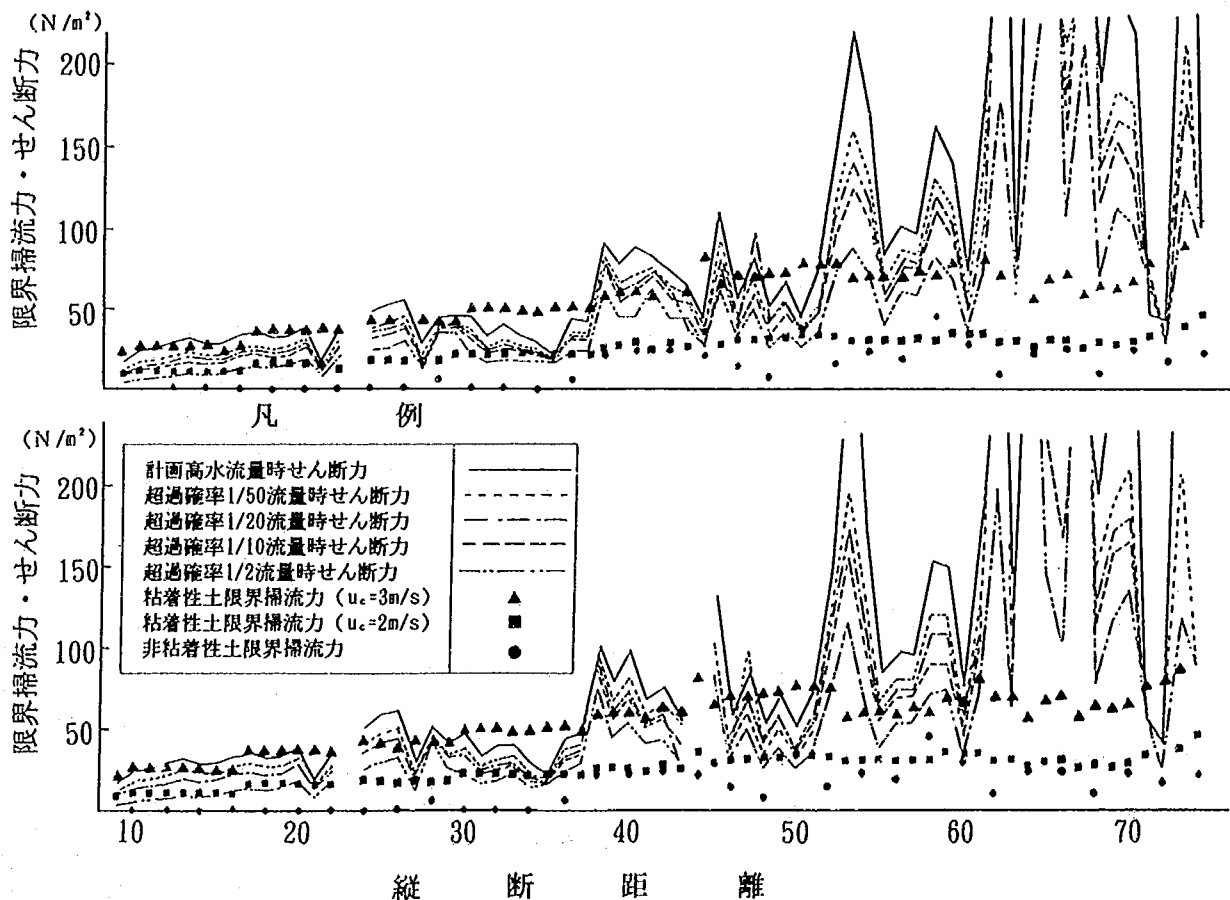


図-2 様々な洪水規模のもとでのせん断力と限界掃流力との関係

図-2は計算結果を整理したものである。河床材料を覆土に用いた場合については確率規模1/2という小規模な洪水に対しても河道全域に渡って安定性が得られないという結果が得られた。しかし、今回の検討では実施しなかったが、表面に植生が繁茂したとすれば3

－ 1 の検討からもわかるように耐侵食性の若干の向上が期待できるので、安定性が得られる箇所も生じた可能性はある。一方、流速 3 m/s に耐える粘着性を有する土を覆土材料に用いた場合、特に下流域についてはかなり大きな洪水に対しても安定性が確保されることがわかる。

4. 覆土の設計について

3 で述べた調査結果をもとに、覆土の設計のあり方について述べてみることにする。

①環境復元優先型覆土の場合

このタイプの覆土の場合、基本的には覆土材料に河岸土が用いられるが、3－1の調査結果からもわかるように河岸土が非粘着性でその粒径が河床材料と同程度（セグメント1）、もしくはそれ以下（セグメント2）の場合、小規模な出水でも流出してしまう。ただし、施工後数年が経過し表面に植生が繁茂すれば耐侵食性はある程度向上するので、環境復元優先型覆土の設計の中心課題はその期間如何に安価な手法で補強するかとなる。その方法としては、その性能や適用範囲が水理的検討により把握されてはいないが、施工実績等から推定すると吸い出し防止シートやネットを表面に設置するのが良いと考えられる。また、植生土嚢を用いるのも一つのアイディアである。植生土嚢は小粒径の材料を寄せ集めて一体化し、限界掃流力を大きくして洪水時の安定性を高める作用がある。なお、利用の際は袋が頑強すぎて植生が発芽できなかつたり、目が粗くて中に詰めた土砂が吸い出されたりしないよう留意する必要がある。

覆土工法はそもそもわずかな費用で施工可能なので、上記の考えと全く異なる設計思想も想定し得る。すなわち、ある期間洪水が偶然発生せず、植生が繁茂して強度を発揮するようになるまで、何度流出しても補修を繰り返すという考え方である。吸い出し防止シート等による補強に要する費用が覆土の施工自体よりも著しくかさむ場合に限り経済的合理性があるように見える考え方ではあるが、覆土の経済効果等を把握する手法がないので現状では正確な見解は導き出せない状況にあるといえる。

なお、セグメント1の河道については、そもそも多くの植生が繁茂する環境にないので、環境復元優先型の覆土は適さない。景観上等の要求からどうしても覆土を実施したい場合は河床材料よりも大きな材料を調達する必要があるが、その粒径は当該地点に発生し得る洪水時せん断力よりも大きな限界掃流力となるものを選べばよい。

②強度優先型

土木研究所等では表面に芝を有する堤防土に高流速を作用させ侵食の度合いを調べる実験を実施している。この実験によれば、繁茂状況が均一で継ぎ目やきずなどの弱点のない状態での試料は条件によっても変わるが概ね流速 8 m/s くらいまで侵食されずにもつようである。しかし、モグラ穴や雑草の混入を許したものでは強度がかなり低下し、流速 $2\sim 3\text{ m/s}$ 程度でも破壊することがある。現実問題として、雑草やモグラの進入を完全に防ぐのは極めて困難であるから、芝の侵食限界の目安となる流速は概ね 2 m/s 前後と認識しておくのが

よい（芝の侵食限界の指標としてはせん断力のほうが適切であること、芝の侵食に関する研究がまだ不十分であることなどから、厳密にいうと侵食限界流速を提示するのは時期尚早であるといえる。しかし、この場合は覆土が流出しても既設護岸が洪水の侵食作用に対抗するとの前提があること、具体的な流速が提示されたほうが芝の耐力と洪水外力との関係からして的外れな設計が行われるのを防ぐ効果があると考えられることから、あくまで目安の流速として提示することにした）。

芝は冠水頻度の高いところでは生育できないので、石積・捨石等により覆土の表面を保護する必要がある。冠水頻度の大きいところとしては平水位以下と定義する場合が多く、現場ではそれで特に問題は生じていないようである。石積・捨石に用いる石の粒径は限界掃流力の概念で決定すればよい。なお、石積・捨石の中に円管などを刺しておけば水生動物のすみかとなる。

当該河川に生育していない植生を持ち込むこのタイプの覆土の応用型として、植生ネットを用いる方法もある。植生ネットの耐侵食機能についても水理的には確かめられてはいないが、現場では効果を発揮している実績もあるようである。植生ネットの構造からして、耐侵食機能は繁茂した植生が覆土表面に作用するせん断力を低減させている形で発露されているものと推定される。とすれば、植生の種類としては背が高く、堅い草がよさそうである。参考までに、土木研究所が現場調査を実施している渦沼川では、ヨシがその効果を発揮していることが確認されている。

5. 将来の覆土のあり方について

現在、覆土は既設護岸を覆うための工法として位置づけられている。しかし、植生土の耐侵食機構が将来明確になれば、現在既設護岸にまかせている耐侵食機能を覆土にまかせることが可能となる。そのとき、覆土は背後に既設護岸を持たない、「植生護岸」へとグレードアップが可能となる。ただし、コンクリートブロック等による護岸は洪水外力に合わせて使用ブロック重量を変化させることによって様々な外力の地点への対応が可能となるが、植生護岸のほうは耐侵食力をコントロールできないので、場所を選ぶ工法となる。

<参考文献>

- 宇多高明・平林 桂(1995)：多自然型護岸の洪水に対する安定性確保の面で留意すべき点について、土木技術資料、vol. 37-6、pp. 14-15.
- 宇多高明・藤田光一・佐々木克也・服部 敦・平舘 治(1994)：河道特性による植物群落の分類、土木研究所資料、題3249号、110p.
- 佐々木克也・藤田光一・宇多高明・服部 敦(1984)：大型不攪乱供試体を用いた堤防・自然河岸の耐侵食強度評価実験、水工論文集、vol. 38、pp. 677-682.

(河川研究室)

2. 現位置攪拌混合固化工法

(質問)

砂防ダムや床固の施工箇所の河床材料は、大径の礫等が混在しており、河床面下での一連作業の安全性等の観点から省力化工法として、「現位置攪拌混合固化工法」が開発されているが、工法の適用にあたり設計上の考え方及び施工上の留意事項、施工管理の方法等について御教示願いたい。

(福島工事事務所)

(回答)

高さ15m未満の砂防ダム、床固工では砂礫を基礎地盤とする場合も多い。砂礫地盤においては砂防ダムの基礎根入れ深として通常2～3mが必要とされており、このような地盤では基礎根入れ部地盤を掘削し、型枠を組み立てて、コンクリートを打設するのが通常の施工方法である。このような施工法では基礎地盤を2～3m掘削した中に作業員が入ることから危険性もあり人手と多くのコンクリート用骨材が必要となる。このため、作業員の危険性を解消し、省人化施工を進め、さらに河床に存在する砂礫の有効活用を図るために現地に存在する砂礫にセメントミルクを混ぜて機械(ツインヘッド)により混合してコンクリートを作る工法(現位置攪拌混合固化工法)が北陸地方建設局を中心として開発されつつある^{1), 2)}。

(1) 工法の概要¹⁾

この工法は、軟岩掘削用機械(ツインヘッド)を用いて、河床砂礫を所定の深度まで原位置でかきほぐし、同時にセメントミルクを注入しながら攪拌混合固化する工法で、次のような地盤を対象としている。

①最大粒径は、概ね30cm以下

②シルト・粘土分の含有率は20%程度以下

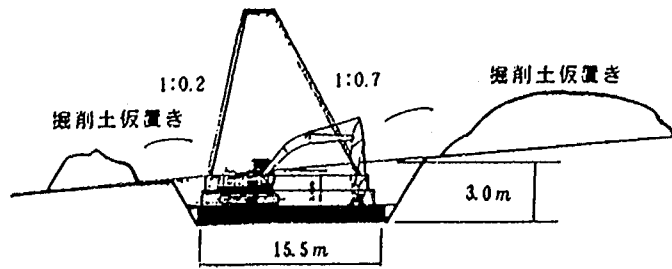
なお、ツインヘッドは、バックホウの先端にアタッチメントとして取付けられ、1時間程度の簡単な作業で取付け可能である。

施工手順は、図-1に示すように改良地盤深度を多層に分けて、攪拌混合、埋戻しを繰り返すものである。

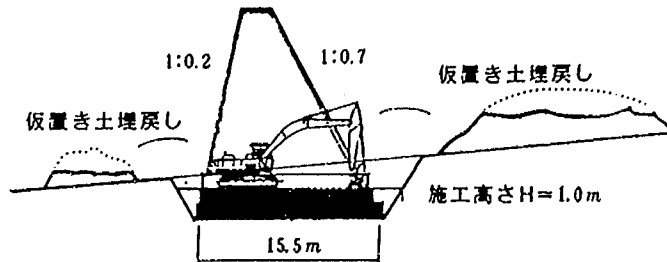
(2) コンクリートの強度¹⁾

現地における施工実験として一層の施工深さを75cmとして、水セメント比を40%と60%、セメント量を200kg/m³、300kg/m³、攪拌時間を2分、3分としてコンクリートを作成し、4週間後にボーリングコアを採取して一軸圧縮強度を測定した。その結果コンクリートの平均強度は175kg/cm²と十分な強度が得られたが、最大342kg/cm²(C=300kg/m³、W/C=40%)、最小95kg/cm²(C=300kg/m³、W/C=60%)とバラツキが大きい結果となった。一般にコンクリートの強度はセメント量を大きくする程、また水セメント比を小さくする程大きくなり、通常の砂防ダムに用いられている180～210kg/cm²の強度を得ることも可能と考えられる。なお、力学的な安定から見れば高さ15m未満の砂防ダムのコンクリートに必要な圧

① 表層部分の仮掘削、最下層部でのセメントミルクとの攪拌混合



② 第2層の土砂の埋め戻し、セメントミルクとの攪拌混合（以下繰り返し）



③ 施工完了

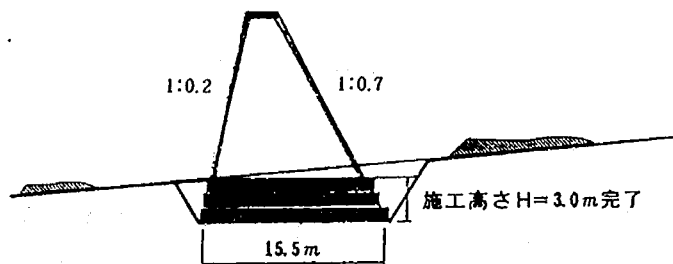


図-1 ツインヘッドによる施工手順¹⁾

縮強度は約 30kg/cm^2 であり、このような考え方をすればより容易に砂防ダム基礎部の施工が可能になる。このようなことより均質なコンクリートを施工するように配慮すれば本工法は砂防ダムや床固工（帯工）の基礎部として用いることは可能と考えられる。なお、これまで試験施工を行ってきているのは砂礫地盤の場所のみであり、砂質層やシルト、粘土層の箇所では試験施工を行っていないためにこのような地盤で得られる強度は不明であるがセメント量と水セメント比によってはかなり高い強度のコンクリートが得られると考えられる。しかしながら、砂質層、粘土層、シルト層の地盤に適した現位置攪拌混合工法はすでにいくつか開発されておりこれらの地盤に用いる場合には既存の工法との経済性、施工性の面での比較検討が必要である。

(3)施工上の留意事項

本工法はツインヘッドの大きさおよび回転トルクの制限等により一度に施工可能な層厚は現状では約75cmが最大であり深さ2～3mの砂防ダム基礎根入れ部の施工に当たっては、3～4層に分割して順次施工する必要がある。施工深が極端に大きくなるとその75cm上までは一旦土砂を掘削して付近に仮置する必要がある、掘削費用も大きくなるため経済性の検討が必要となる。また攪拌混合する地盤まで地下水位が上昇していると水セメント比の管理が困難になるので攪拌混合する地盤よりも下に地下水位を低下させる必要がある。何層かに分けて施行する場合には各層間の密着が確保できるようにすでに施工した層の表面をグリーンカットしてその上に約10～20cmの厚さのモルタルを敷均した上に仮置した砂礫を埋め戻して攪拌混合する等の工夫が必要である。なお、対象とする地盤の中に有機質のフミン酸が多く(約0.5%以上)含まれているとコンクリートの強度が十分に得られない場合があるので注意が必要である。

本工法は現在各地で現地試験施工が行われており、それぞれの地盤条件に合わせた改良が成されつつある。今後、省人化施工法、安全な施工法および資源を有効に活用できる施工法として広く利用されることが期待されている。

参考文献

- 1) 本田武：玉石混じりの河床礫層における現位置攪拌混合固化工法、現地材利用による砂防ダム床掘省力化工法の開発(中間報告)、北陸の建設技術、pp18-19, 1994
- 2) (財)先端建設技術センター、平成5年度砂防ダム基礎処理工法検討業務報告書、p103, 1994

(砂防研究室)

1. 反力分散型支承を用いた場合の伸縮量と桁遊間

(質問)

多径間連続けた橋の設計において、反力分散支承を用いた場合の伸縮量および遊間量の考え方について御教示願いたい。

(道路部道路工事課)

(回答)

最近、多径間連続けた橋が多く採用されるようになってきている。多径間連続けた橋の上部構造の地震時慣性力を橋脚に伝える形式としては、

- (1) 1 橋脚を固定支承とし、残りを可動支承とする形式
- (2) 各橋脚を固定支承とし、橋脚の剛性に応じて地震時の上部構造慣性力を各橋脚に分散する形式
- (3) 各橋脚に反力分散支承を採用して、支承の剛性に応じて上部構造慣性力を各橋脚に分散する形式

等が挙げられる。けた端部の設計伸縮量や遊間量の考え方は、各形式ごとに異なり、以下では(3)の反力分散支承を用いた場合について記述する。

一般に、中小規模の単純けた橋等の設計に用いるけた端部の設計伸縮量は、温度変化や乾燥収縮・クリープによる伸縮量に、活荷重による回転や施工誤差等を考慮した余裕量を加えた形で設定される。この場合には、地震力による生じる変位は考慮されておらず、構造形式等により必要に応じて考慮する必要がある。

多径間連続けた橋は伸縮けた長が大きいので、温度変化によるけた端部の伸縮量が大きくなると同時に、反力分散支承を用いた場合には、地震力によりけた端部に大きな変位を生じることになる。したがって、このような構造形式の場合には、地震時の変位についても考慮して設計伸縮量や遊間量を設定することが必要となる。

けた端部の遊間量については、一般に式(1)により算出される。

$$S_B = \begin{cases} u_B & \text{(けたと橋台間)} \\ \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2} & \text{(隣接するけた間)} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

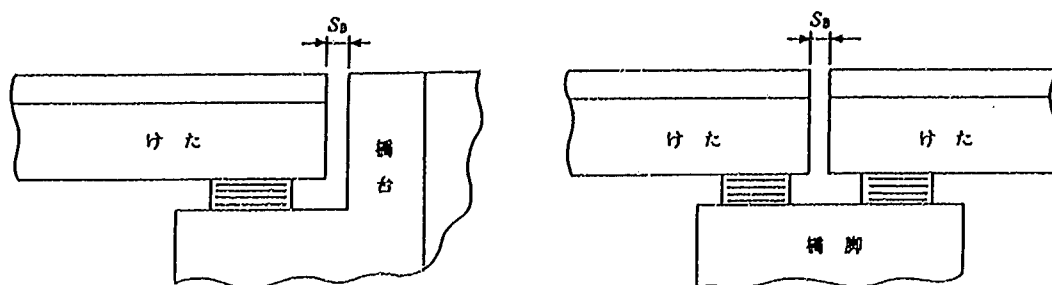
ここで、

S_B ; 図-1に示すけた端部の遊間量(cm)

u_B ; 橋台上における震度法によるけた端部の水平変位(cm)

u_{B1}, u_{B2} ; 隣接するけたにおける震度法によるけた端部の水平変位(cm)

ただし、温度変化等による設計伸縮量が式(1)の値より大きい場合は、その値を下回ってはならない。なお、橋脚上の掛け違い部で、一方のけたの重量が他方のけたの重量よりも著しく大きい場合には、地震時保有水平耐力レベルによる変位を考慮するなど、遊間量に余裕を持たせることが望ましい。



図－１ けた端部の遊間

伸縮装置の設計伸縮量については、一般に温度変化や乾燥収縮・クリープによる設計伸縮量と震度法による変位を比較して大きい方の値を採用する。温度変化による設計伸縮量には上述した余裕量を考慮するが、地震時の水平変位にはこの余裕量を考慮しなくても良い。

このように、反力分散支承を適用した場合の伸縮量および遊間量の算定にあたっては、温度変化等による設計伸縮量と地震時の変位を比較して大きい方の値を採用すればよく、一般には両者の組み合わせを考える必要はない。

以上に示した考え方は、反力分散支承を適用した場合の考え方であるが、「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」には、免震支承を適用した場合の伸縮量および遊間量の考え方が示されており、こうした考え方も参考となる。同マニュアル（案）では、地震時に生じる免震装置の設計変位を基本に、けた端部の遊間量を式（２）により提案している。

$$S_B = \begin{cases} 10 + u_B & \text{(けたと橋台間)} \\ 10 + \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2} & \text{(隣接するけた間)} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

S_B ; 図－１に示すけた端部の遊間量 (cm)

u_B ; 橋台上における震度法によるけた端部の水平変位 (cm)

u_{B1}, u_{B2} ; 隣接するけたにおける震度法によるけた端部の水平変位 (cm)

伸縮装置の設計伸縮量 L_E については、式（３）により算出するよう規定されている。

$$L_E = u_B + L_A \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、

L_E ; 地震に対する伸縮装置の設計伸縮量 (cm)

L_A ; 免震装置の設置誤差などを考慮した余裕量 (cm)

u_B ; 震度法による免震装置の設計変位 (cm)

免震装置の設置誤差などを考慮した余裕量としては、30mm (±15mm) が提案されている。

なお、これらの遊間量および設計伸縮量についても、反力分散支承を採用した場合と同様、温度変化等による設計伸縮量の方が大きい場合には、その値を下回らないことが必要である。
(橋梁研究室、耐震研究室)

2.炭素繊維シートを用いた床版の補修補強工法

(質問)

床版の補修・補強において炭素繊維シート接着工法を用いた場合の設計方法、炭素繊維シートの許容引張応力度および積層数の限界について御教示願いたい。

(福島県)

(回答)

床版の補修・補強は、従来より鋼板接着、縦げた増設、床版増厚等の工法が用いられてきた。近年、新材料、新素材の建設分野への適用が盛んとなり、炭素繊維をシート状にした製品が開発された。炭素繊維シートは、コンクリート部材に接着させることにより、部材を補強することが可能であり、軽量であること、施工が簡便であること、複雑な形状に対応できること、鋼板のような腐食対策が不要であること、などの理由により注目されている材料である。特に、床版の補修・補強にはこれらの特性を活かした施工事例が増しており、今後、有力な工法として位置付けられることが予想される。

同工法を扱う団体としては、平成6年7月に「炭素繊維補修・補強工法技術研究会（略称：炭補研）」が設立されており、床版補修・補強の設計・施工方法についても整理が行われている。近々、炭素繊維シート接着工法を用いた床版補修・補強の設計施工指針（案）が同研究会で出される予定もあり、設計手法についても統一的なガイドラインが整備されつつある。当面、これらが参考となろう。

土木研究所においては、炭素繊維シートを用いたけたの補強や材料の暴露に関する実験は開始しているが、床版に着目した炭素繊維シート接着工法の研究は平成8年以降になるため、現時点で土木研究所の研究成果を踏まえた指針案等は存在しない。しかし、地方建設局への技術指導等の機会を通して炭素繊維シート接着工法が床版の補修・補強に有効であると判断し、技術誌への報告もしており（「炭素繊維シートによる床版下面補強効果に関する研究」『橋梁と基礎』平成7年3月）、今後、研究を進め、指針等の整備を行う予定である。

しかしながら、床版補修、補強に対する炭素繊維シート接着工法は、床版の耐荷力向上や損傷度が軽い場合の補修には有効であるものの、押し抜きせん断や遊離石灰等による損傷が相当程度進んでいるような場合には、その効果が明らかではなく、床版の損傷度の調査を正しく行った上で、上述した工法を含めて工法の適否を判断することが必要であると考えられる。また、橋面からの浸透水がシートの接着効果を弱めることもあるため、橋面防水工などの措置を施すのが望ましい。

炭素繊維シートの許容引張応力度は、現在、引張強度の $1/3$ とするのが、最も一般的であり、これは十分安全率を見込んだ値と考えることができる。なお、圧縮及びせん断の許容応力度は0とする。

積層数に関しては、現在のところ特に限界とされるものはないが、床版補修・補強において相当量の炭素繊維断面積が必要で積層数が大きくなる場合には、設計時に想定した床版破壊状況と実際の破壊メカニズムとの違いの影響が無視できなくなることがあり（曲げ破壊と押し抜きせん断破壊など）、注意を要する。

炭素繊維シート接着工法は、水対策、耐久性等今後明らかにしなければならない点もあるが、B活荷重対策としての床版補強には最も有力な工法の一つといえることができ、施工事例の増加が予想される。

(橋梁研究室、化学研究室)

1. 構造物の耐震設計

(質問)

兵庫県南部地震の経験を踏まえて、今後の橋梁構造物の耐震設計における地震力の考え方について御教示願いたい。

(道路部道路工事課)

(回答)

道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に示されるように、従来、橋の耐震設計は、地震に対する道路交通の安全性の確保を目的とし、比較的生じる可能性の高い中規模程度の地震に対しては、構造物としての橋の健全性が損なわれず、大正12年の関東地震のような希に起こる大きな地震に対しても落橋などが生じないことを目標として行ってきた。

兵庫県南部地震で得られた合計46箇所の強震記録の分析結果を見てみると、水平成分の最大加速度が600galを超える地点が5箇所あり、広範囲で大きな最大加速度が観測されている。このうち、神戸海洋気象台では、818galという非常に大きな地震動が観測されている。また、構造物に及ぼす地震のエネルギーの1つの尺度である速度で見ても最大速度が90cm/sとなり、最大変位は50cmとなるところもある。このように今回の地震では、従来になく極めて大きな値が観測されており、従来の設計で目標としてきたレベルを大きく超える地震動と考えられる。

こうした経験を踏まえ、新しい基準ができるまでの当面の措置としては平成7年2月27日に関係機関に通知された「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様（以下、復旧仕様という）」に基づくものとし、ここでは今回の地震において地盤上で最大の加速度が観測された地点の地震動に対して、余裕をもって耐えられる構造であることについて動的解析（非線形の効果を考慮）により検討を行い、結果を設計に反映させることとしている。

さらに、平成7年6月の復旧仕様の準用に関する参考資料(案)では、復旧仕様に示される非線形動的解析の簡便法として式(1)で与えられる照査用震度 k_{hc} を用いて橋脚の地震時保有水平耐力の照査を行うことも示されている。

$$k_{hc} = c_z \cdot k_{hco} \quad (1)$$

ここで、

c_z : 道路橋示方書Ⅴ耐震設計編4.3に規定される地域別補正係数

k_{hco} : 地震時保有水平耐力の照査に用いた照査用震度で、橋の等価固有周期 T_{eq} に応じて表-1の値。

表-1に示した照査用震度で比較してみると、1種地盤では最大で2.0となり、固有周期

によっては、従来設計で考慮してきた地震時保有水平耐力の照査に用いる震度の2倍以上となることもある。

今回の地震では、上下方向振動についても大きな最大加速度が観測されている。しかしながら、今回の地震による橋の被害は、いずれの橋においても設計で想定していた以上の大きな水平方向の地震力を受けたことが根本的な原因と推定されているため、復旧仕様では、特に上下方向の地震動が構造系に大きな影響を及ぼすものについて動的解析により検討し、これを設計に反映させるのがよいとされている。

現段階では、以上のような措置が図られているが、地震動特性に関しては、今後、さらに各種の解析が行われ、設計上考慮すべき地震動が明らかにされていくものと考えられる。こうした成果を踏まえて、耐震設計基準の改訂に反映していきたいと考えている。

表-1 参考資料(案)の設計計算例に用いられた照査用震度 k_{hco}

地盤種別	等価固有周期 $T_{EQ}(s)$ に対する k_{hco} の値		
I 種	$T_{EQ} < 0.3$ $k_{hco} = 4.46 T_{EQ}^{2/3}$	$0.3 \leq T_{EQ} \leq 0.7$ $k_{hco} = 2.0$	$0.7 < T_{EQ}$ $k_{hco} = 1.24 T_{EQ}^{-4/3}$
II 種	$T_{EQ} < 0.4$ $k_{hco} = 3.22 T_{EQ}^{2/3}$	$0.4 \leq T_{EQ} \leq 1.2$ $k_{hco} = 1.75$	$1.2 < T_{EQ}$ $k_{hco} = 2.23 T_{EQ}^{-4/3}$
III 種	$T_{EQ} < 0.5$ $k_{hco} = 2.38 T_{EQ}^{2/3}$	$0.5 \leq T_{EQ} \leq 1.5$ $k_{hco} = 1.50$	$1.5 < T_{EQ}$ $k_{hco} = 2.57 T_{EQ}^{-4/3}$

(振動研究室、耐震研究室)

2. 仮設備の技術基準の検討

(質問)

最近の仮設備は、技術的な要素に加えて安全的な要素がより強く要求されている。安衛法その他で定める基準が必要最低条件と指導されるが、曖昧な点が多い。それらを解決するための公共工事における仮設備の技術基準の今後の動向について。

(鹿島建設(株)・東北支店)

(回答)

建設省では、従来より建設工事における施工の安全性確保については、最も重要な課題と認識し努力してきたところであるが、依然として重大災害等の建設労働災害が発生しており、官民をあげた工事の安全確保が一層求められているとして、工事発注における安全配慮の充実、建設業者の施工管理体制の充実、技術基準の整備及び技術開発の推進、事故防止のための体制強化等、工事関係者による自主的な安全対策の推進へ向けたインセンティブの強化を内容とする「建設省の工事安全対策」を平成4年3月にとりまとめ公表し、さらに、発注にあたっての安全施工への配慮、設計段階における安全施工への配慮、適正な積算の実施、適切な工期の設定、適正な仮設工及び施工方法の選定、設計図書における施工条件の明示、施工条件の変化への適切な対応、請負業者の施工体制及び作業員の安全訓練の充実への配慮、建設現場の作業環境の改善への配慮、建設現場における連絡体制の充実、工事の安全対策に向けた活動の実施を内容とする「公共工事の発注における工事安全対策要綱」を平成4年7月に制定し、工事の安全対策に取り組んできているところである。

さて、ご質問の主旨は次の2点に関わっているものと思われる。

①仮設備の安全的要素に係る技術基準はどのように整備がなされているのか。

②特別の定めがある場合を除き、仮設備は請負者の自由な裁量にゆだねられているため、発注者サイドとして安全的要素等も踏まえて適正な積算が行われるか。

上記2点についても先述した取り組むべき内容として包含されていることが理解されよう。

具体的には、技術基準については、仮設備だけを対象に整備されるものではないが、工事の施工に伴う事故の発生を防止する指針として「土木工事安全施工技術指針」を全面的に改訂(平成5年3月)されるとともに、第3者に対する災害を防止するための要綱についても「建設工事公衆災害防止対策要綱」を制定(旧要綱を全面改定するとともに建築工事を追加)されている。また、前記指針の内容をブレイクダウンし、現場の職長クラスの方が安全施工のチェックリストにも使えるような安全施工マニュアルの策定が橋梁やトンネル等で進められている(橋梁は出版準備中、トンネルは10月にも職長クラスの方に意見紹介を出す予定)。その他の基準、指針についても安全面からの必要な見直し等が進められつつある。

また、積算関連については、建設大臣の下に設置された公共工事積算手法評価委員会が平成5年12月に審議により得られた評価、検討の結果をとりまとめ、建設大臣へ提出した報告書の中でも「環境保全対策や安全対策などのように、広く国民の理解が得られている課題については、政策的に先導すべき課題として捉え、積算へ反映させるとともに、契約内容として明示する必要がある。また契約内容として明示された事項については、必ず履行されるように、現場において確実に実施させるとともに、確認、検査を厳正に行う必要がある。」と明言されており、前述の技術基準に基づく発注者サイドの安全対策等への考え方が積算上にも表現できないか研究を行うとともに、仮設に関し、その計画から工事費算出までの過程において指摘される様々な問題を解消しつつ積算者の業務を支援できるような仮設マニュアル作成の検討を進めている。

ところで、技術的側面から施工の安全確保を捉えた場合、技術基準の整備とその積算への反映の他に、技術開発を推進し安全型新工法等の積極的な導入・普及の促進も重要なテーマである。このため、平成5年度より総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」において、墜落、接触、転倒の建設工事における三大災害に対する防止・抑制技術の開発、事故を科学的、客観的に分析し安全対策の充実のための基礎データとして活用していこうとする事故データシステムの開発を緊急の課題として取り上げ研究を進めているところである。

(積算技術研究センター システム課)

1. 植生による水質浄化効果

(質問)

人工浮島を利用した植生（木本）による水質浄化効果の測定方法及び測定項目について御教示願いたい。

(新庄工事事務所)

(回答)

・考え方

浮島の水質浄化の測定方法として次の2つがある。

① (植物の生長量) = (水質浄化量) となる。よって植物の生長量から吸収した栄養塩類を試算する方法である。

② 栄養塩類（窒素やリン）を系から取り除かずとも生態系が変わり、結果として植物プランクトンの量が減少する。一般に閉鎖性水域の汚濁現象は植物プランクトンの増大に起因するため、生態系が変化することによって減少した植物プランクトン量を水質浄化と考える方法である。積極的に上位捕食者（魚類・鳥類）を増やすような対策も水質浄化と言える。具体的に言うと湖沼や池、河川の湛水域で主に問題となるのは、植物プランクトンの増殖である。浮島を設置すると浮遊性の藻類（植物プランクトン）の割合が減って付着性の藻類（主に根に付着する）が増える。また根の部分が動物プランクトンや魚類にとって良い生息場所となる。図-1は土浦の浮島調査の結果である。植物プランクトンの割合が減って付着藻類、魚類の割合が増えていることがよく分かる。

・測定方法

① ある期間の成長量を的確に図る必要がある。主な測定項目は植物の湿重、乾重、総炭素量、総窒素量、総リン量である。平方メートル当りの現存量も把握しておく必要がある。期間に関しては早春から秋を一つの期間と考える。木本で総炭素量、総窒素量、総リン量を測るときは粉碎し、硫酸等を用いて溶かしてから測定する。

② 生態系の変化を把握する。主な測定項目としては動物・植物プランクトンの定量調査、浮島上の植物の根の付着藻類調査、魚類現存量調査がある。これらの項目について浮島の影響範囲と影響範囲外の何点かで行う必要がある。また出来れば鳥類や底生動物の調査も行うとよい。この調査に基づき、生態ピラミッド、生態系構成比などを求め効果の推定を行う。

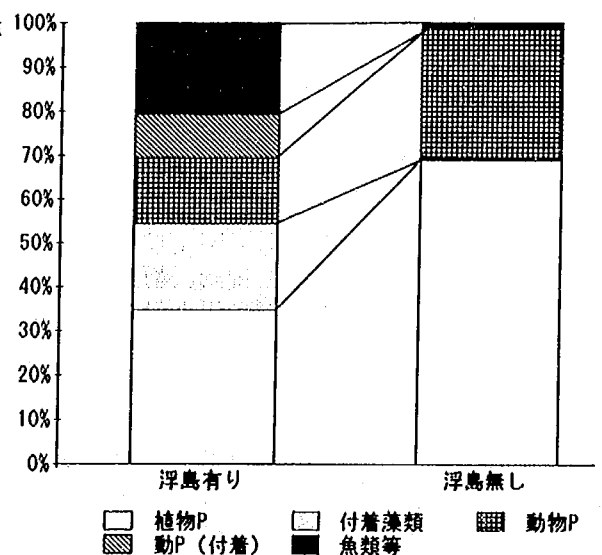


図-1 浮島の設置による生態系の変化

(河川環境研究室)

2.騒音予測式

(質問)

I C、J C T部の騒音予測については、「道路環境整備マニュアル」による「シミュレーション手法と技術指針に示す予測方法が考えられている。」とあり、基本的には、技術指針の予測手法を適用(合成騒音)することで良い、と解説しているが、最近ではシミュレーション手法も容易に出来(経済的にも)、メッシュ状の任意地点での合成騒音値を得られる等、メリットが多いと聞いている。

シミュレーション手法による騒音予測の事例や具体的な予測方法についてご教示願います。

(道路部交通対策課)

(回答)

インターチェンジ部周辺の騒音予測方法について、計算式を構成する各種要因の理論的根拠の検討、実測値との比較検証を行った結果によるとマニュアルに示す予測方法と点音源に基づく予測方法が適切であると考えられている¹⁾。なお、計算方法は予測結果の使用目的に応じて次の考え方で選定すればよい。

- ・数点ないし数断面の予測点を対象に計算する場合は、マニュアルに示す予測方法(簡便予測方法)を採用する。

- ・騒音分布図等を作成するために多点での予測計算値を必要とする場合は点音源に基づく予測方法を採用する。

ご質問のシミュレーション手法は後者の手法の範中に入り、具体的には次の通りである。

点音源とみなした1台の自動車が道路上を単独で走行したときの所定の予測点における騒音レベルの時間的变化(以下、ユニットパターンと略す)を求め、得られたユニットパターンを自動車の車頭間隔、車種、速度のばらつき、音響パワーのばらつきに応じて配置し、これを合成計算することによって変化する騒音レベルを時系列として算出するとともに、これを統計処理することによって騒音レベル中央値(L₅₀)を求める方法である。

(交通環境研究室)

3. トンネル工事に伴う放流水質対策

(質問)

トンネル内の金属鉱床による重金属等含有地下水の発生が懸念されるトンネルの掘削工事にあって、掘削に伴う濁水処理水の放流水質及び工事完了後の坑内湧排水の水質対策（重金属等を除去しての放流など）について、水質の監視例、対策等がございましたらご教示願いたい。

(北上川下流工事事務所)

(回答)

質問は、放流水質対策についてであるが、上記のような問題が懸念される場合、掘削に伴った発生土にも注意が必要である。

工事中に発生する湧排水の放流については、下流に集落地があるという環境条件では、「水質汚濁防止法」（基準を表－１に示す）に従って水質をチェックして放流する必要がある。なお、これに適合しない場合は、湧排水を処理してから放流する必要があると考えられる。ただし、都道府県条例によってこれより厳しい基準を設けてある場合もあるので、その場合は条例に従うことになる。また、発生土は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」により適正な処理を行わなくてはならない（埋立て処分基準の一部を表－２示す）。トンネル工事に伴う安全管理対策については、注入材を用いた場合についてではあるが「山岳トンネル工法におけるウレタン注入の安全管理に関するガイドライン（案）」¹⁾の中で説明されており、管理手法等参考になる部分が多いと思われる。

表－１ 人の健康の保護に関する環境基準

項 目	基準値 (mg/l)
カドミウム	0.01 以下
金	検出されないこと
鉛	0.01 以下
6価クロム	0.05 以下
ヒ素	0.01 以下
総水銀	0.0005 以下
7価水銀	検出されないこと
PCB	検出されないこと
ジクロロメタン	0.02 以下
四塩化炭素	0.002 以下
1,2-ジクロロエタン	0.004 以下
1,1-ジクロロエチレン	0.02 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 以下
1,1,1-トリクロロエタン	1 以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.006 以下
トリクロロエチレン	0.03 以下
テトラクロロエチレン	0.01 以下
1,3-ジクロロプロパン	0.002 以下
チウラム	0.006 以下
シマジン	0.003 以下
チオベンカルブ	0.02 以下
ベンゼン	0.01 以下
セレン	0.01 以下

表－２ 埋立て処分に関する産廃基準
(無機汚泥対象)

項 目	基準値 (mg/l)
7価水銀化合物	検出されないこと
水銀及び7価水銀	0.005 以下
その他の水銀化合物	
カドミウム及びその化合物	0.3 以下
鉛及びその化合物	3 以下
有機りん化合物	1 以下
6価クロム化合物	1.5 以下
ヒ素及びその化合物	1.5 以下
シアン化合物	1 以下
PCB	0.003 以下
トリクロロエチレン	0.3 以下
テトラクロロエチレン	0.1 以下

重金属を含む汚排水の処理方法については、重金属はイオン状態で水中に溶解しているので、この重金属イオンを処理することになる。重金属イオンは一般に中性あるいはアルカリ性において水酸化物を形成して沈殿する。しかし、水酸化物を析出するpH値は金属の種類によって異なるので、それぞれの金属によって検討しなくてはならない。ただし、6価クロムは水中で水酸化物を形成しないので、還元剤（ FeSO_4 、 NaHSO_3 等）で還元して3価クロムにしてから中和処理する必要がある。中和処理後に凝沈処理（凝集剤を添加して析出した重金属を吸着・沈殿させる処理）して水質が適正なら放流できる。6価クロムを処理する場合の一般的な工程を図-1に示す^{2) 3)}。

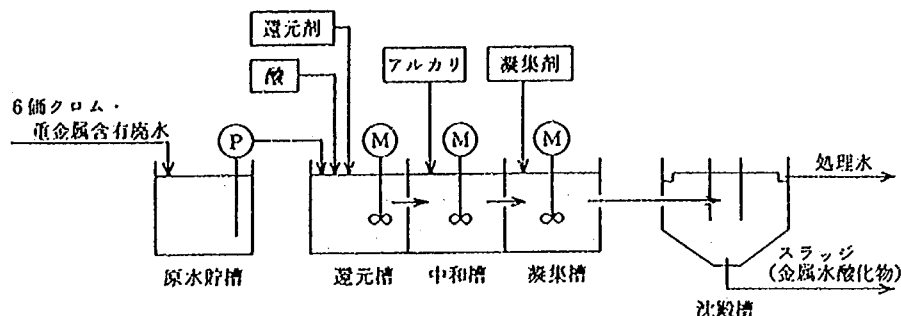


図-1 6価クロムの還元・中和・凝沈処理工程

しかし、中和処理だけでは重金属を十分に処理できない場合が多いことや、凝沈処理の際に大量の（重金属を含む）汚泥が発生するので、それらについてさらに対策をしないといけないという問題もある。中和凝沈処理だけでは規定の水質にならない場合は、金属捕集剤の添加やキレート樹脂による吸着除去や活性炭による吸着除去などを用いることによって対応しなければならない。6価クロムをキレート樹脂で吸着処理するときの工程を図-2に示す。なお、中和・凝沈処理で発生した汚泥は、「廃掃法」により適正に処理しなければならない。

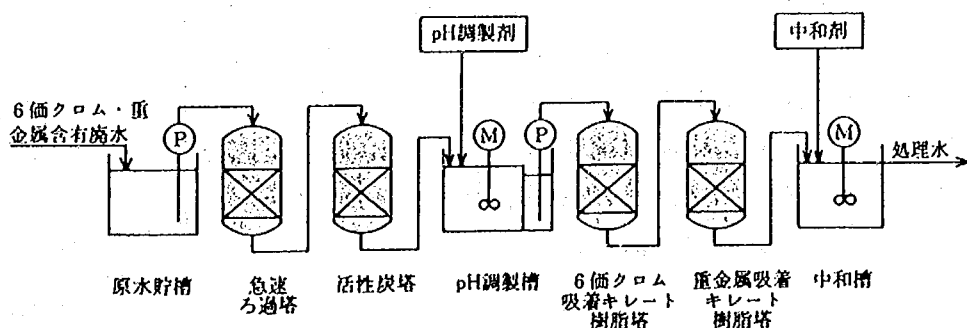


図-2 6価クロムのキレート樹脂吸着法処理工程

参考資料

- 1) (財)国土開発技術センター：山岳トンネル工法におけるウレタン注入の安全管理に関するガイドライン（案）、1992.10
- 2) 平田、今村：地盤環境汚染の現状とその対策、土と基礎42・12、1994.12
- 3) 環境庁：土壌汚染対策ハンドブック、公害研究対策センター、1992.11

（化学研究室）

1. 自歩道の構造

(質問)

自歩道については、道路構造令の解説でマウントアップ形式及びフラット形式の構造形式が提示されている。しかし、自転車、車椅子、及び今後の高齢化社会を考慮するとフラット形式とすることが望ましいと考えられるが、これらの形式の特性等に関して御教示願いたい。

(企画部技術管理課)

(回答)

1. 各形式の特性

1) マウントアップ形式 マウントアップ形式の歩道は、歩行者等に安心感を与えるものであるといわれており、このほかにも、排水時における有利性などから設置されることが多い。またこの形式は、道路路面の高さよりも隣接地の高さが高い場合に用いることが多い。一方、車両の出入口の設置に伴う切下げが断続する場合は通行に不便であるため、この形式は歩道の幅員が大きい場合に適している。

2) フラット形式 フラット形式の歩道では、車両の出入口のための切下げの処理は必要でなく（縁石の切り開きは必要）、このとき路面の平坦性が確保されるため通行に便利である。一方、車道部の排水に関しては、縁石をあけるなどして道路端で処理する方法が一般的であるが、この場合は歩道面を排水が流れることになり、多車線道路の場合には車道部の配水設備を別に設ける必要がある。

2. 歩道の横断勾配と高齢者の意識

歩道の平坦性に関連して、横断勾配と高齢者の意識に関して調査した結果によれば（図参照、これら調査結果は土木研究所資料としてとりまとめ中）、高齢者は横断勾配が大きくなるにつれて通行時の支障等を感じており、この傾向は歩行中、自転車乗用中とも同様である。したがって、車両出入口のための切下げに関連して、路面の横断勾配は小さく抑える必要があり（現行は8%以下）、この点からは、平坦性を確保しやすいフラット形式が有利である。

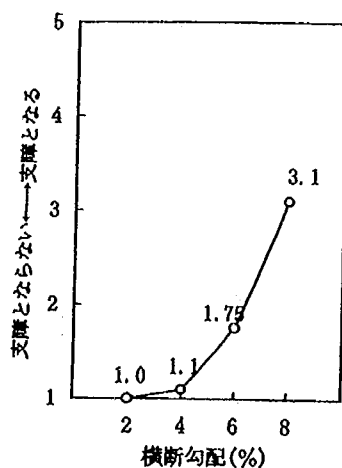


図 通行時の支障(自転車)

3. まとめ

以上のような両形式の優劣や地域の状況（例えば積雪寒冷地での管理等）を考慮して、形式を選定することが必要であるが、基本的には、歩道幅員が十分に広く平坦性の問題が少ない場合には、歩行者等の安心感からマウントアップ形式とし、幅員が狭い場合には平坦性の観点からフラット形式もやむを得ないものとする。また、平坦性の確保、排水上の有利点を踏まえて、切下げ部の縁石高さ（5 cm程度）だけマウントアップする形式（ハーフマウントあるいはセミフラット形式）の採用も検討すべきと考える。

(交通安全研究室)

2. 事故発生メカニズム調査

(質問)

現在事故発生(多発)箇所の抽出にあたって行われている手法は、警察署で作成した人身事故の事故原票をもとにした調査であるが、これでは潜在的な事故発生原因をつかむことができず根本的な問題(事故多発)の解決にはなっていない。

今後、交通安全事業を効率的に進めるためには、事故発生のメカニズムを確立できるような調査手法の研究が必要と思われる。

(東北地方建設局道路部)

(回答)

事故多発区間において、効果的な安全対策を実施するためには、事故発生要因を把握することが不可欠である。これまでは、事故発生要因の分析は過去の事故データを用いて行ってきたが、事故はそれ自体希な現象であり、しかもランダムに発生するため、統計的に意味のあるデータを得るためにはかなりの時間を要する。さらに交通量が経年的に変化したり、道路構造が変化するなど道路交通環境の変動が著しい状況では調査地点の事故発生要因が調査期間中一定であると言う保証はなく、従って事故データだけで危険性を評価することは困難である場合が少なくない。

このため、事故データによらない調査手法の確立が求められており、現地での事故調査、交通現象調査、人間の行動及び心理等を把握することによって、事故発生要因を把握する事ができると考えられている。このうち、交通現象調査による手法の一つである錯綜手法(Traffic Conflict Technique :TCT)を紹介する。錯綜手法とは、事故発生と関係が深く、しかも事故よりも発生頻度の高い交通現象に着目して各地点の危険度を評価する方法である。これまでの様々な研究の結果、この手法の有効性は確認されており、現在、建設省技術研究会指定課題「交通事故多発区間等の効率的な抽出手法等に関する研究」において、現場での道路診断への適用性を検討している。

錯綜指標の例としては、
①ブレーキ及び停止②ハンドル回避③カーブ区間での中央線はみ出し率などがあり、また、広い意味での錯綜現象として、走行速度変動など交通流の乱れを指標として利用することもある。

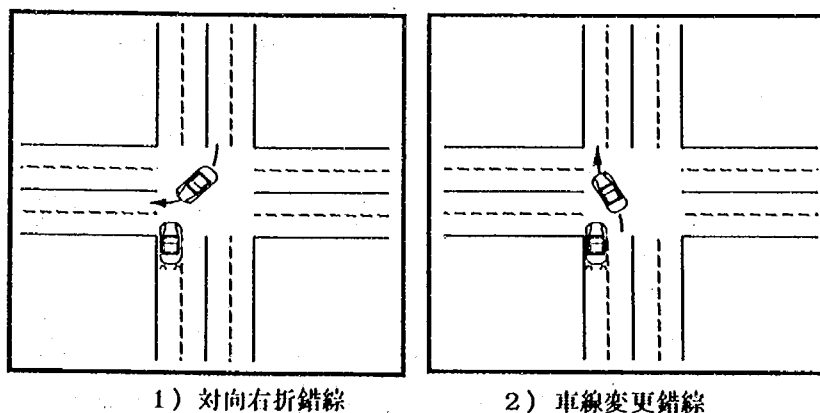


図1 錯綜現象の例

(交通安全研究室)

3.路面凍結防止対策

(質問)

路面凍結防止対策としては塩化ナトリウムが多く使われている。これは安価で簡便であるが、構造物や樹木に悪い影響を与えているともいわれている。また、今後更に路面凍結防止対策の要望が強まると考えられるが、ドライバーの意識改革はもちろんのこと、その対策として薬剤の改良や施設融雪等の開発状況と今後の見通しをご教示願いたい。

(酒田工事事務所 月山国道維持出張所)

(回答)

近年のスパイクタイヤの製造販売の中止以後、路面管理の重要性が増し、凍結防止剤の散布量が増加している。現在では凍結防止剤として主に塩化ナトリウムと塩化カルシウムが使用されている。しかし、これらの凍結防止剤は金属腐食や植物への影響が懸念されている。現在までに開発研究されている凍結防止剤として、上記のほかに尿素、CMA、KACがあり、それぞれに異なった性質がある。以下に、それぞれの凍結防止剤の特徴をまとめる。

凍結防止剤	特 徴	価 格
塩化ナトリウム	日本での使用量は最も多い 持続性はあるが即効性は低い	安価
塩化カルシウム	速効性がある 北海道では主流	安価 塩ナの約2倍
尿素	金属腐食が少ない 富栄養化等の原因となりうる	中程度 塩ナの約4倍
CMA(カルシウム、 マグネシウム アセート)	金属腐食や植物への影響が低い 速効性は低い	高価 塩ナの約10倍
KAC (酢酸カリウム)	金属腐食や植物への影響が低い 速効性はある	高価 塩ナの約20倍

また、凍結防止剤の散布方法としては乾式、溶液式、湿式があげられ、その特徴は以下のものであり、湿式は乾式と溶液式の短所を補う方法として注目されている。

項 目	乾 式	溶 液 式	湿 式
持続性	○	△	○
速効性	△	○	○
散布しやすさ	△	○	○
横断勾配の影響	○	△	○
風、交通の影響	△	○	○

土木研究所では平成7年度より3カ年で、湿式散布の効果や散布方法についての調査検討や非塩化系凍結防止剤の開発状況や効果に係わる調査を行い、凍結防止剤の散布効果の向上および散布量の適正化を図る技術の開発について研究を行うこととしている。

(道路研究室、新潟試験所)

1.建設汚泥の再利用

(質問) 1. 建設汚泥の再利用に関する活用工法や今後の技術的見通しについて御教示願いたい。

(宮城県)

(回答)

(1)建設汚泥とは

建設汚泥とは、建設工事に伴って副次的に発生する廃ベントナイト泥水や含水比の高い粒子の微細な泥状の掘削土等で、他工事の盛土等にそのまま流用できないようなものの総称である。

建設汚泥の具体的な性状は、車両に山積み状に積載できないもの、その上を人が歩けないようなもの、また、運搬途上で流動化するものとされている。

土質工学的指標ではその強度により一般の建設発生土と区別しており、コーン指数が概ね 2 kgf/cm^2 以下、または一軸圧縮強さが 0.5 kgf/cm^2 以下の土を建設汚泥としている。なお、建設汚泥と建設発生土の関係は図-1 に示すように整理される。

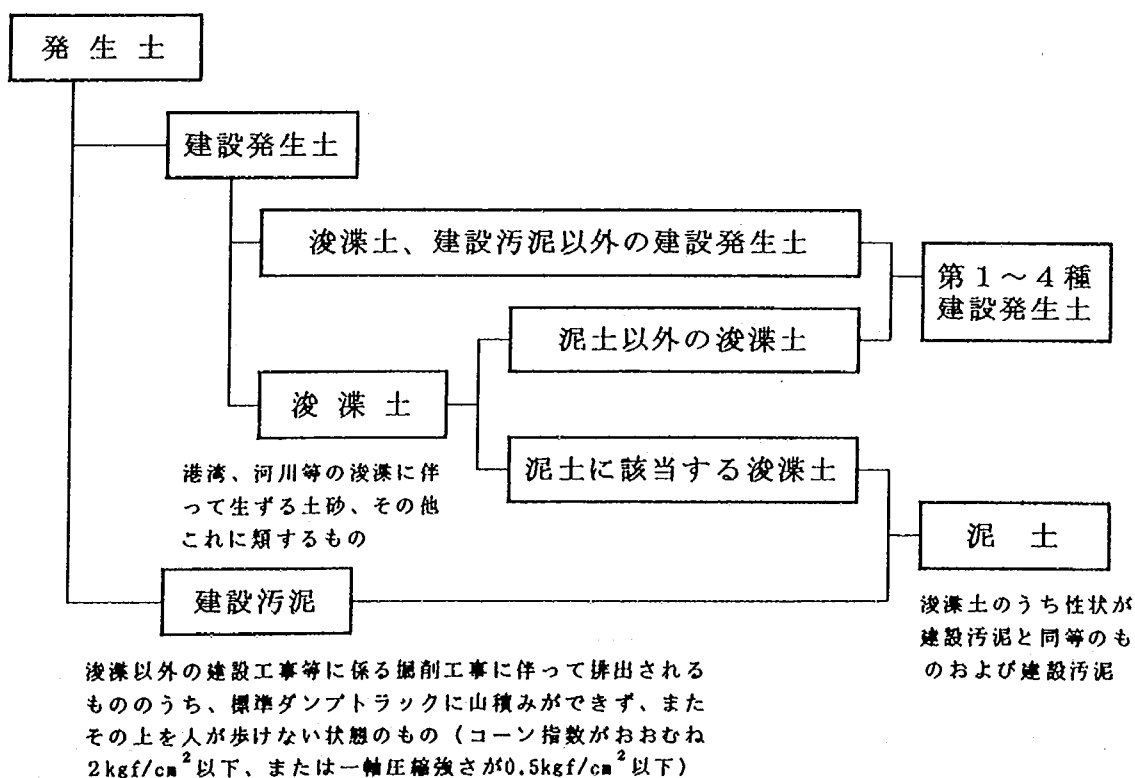


図-1 建設汚泥と建設発生土の関係¹⁾

なお、自治体によっては建設汚泥と建設発生土の区別について独自の判断基準²⁾を設けている場合もあるので注意されたい。

(2) 建設汚泥の発生・処理処分の現状と再生利用の将来目標

平成5年度の建設副産物実態調査によれば、我が国の建設汚泥の発生総量は約1,500万t/年と推計され、建設廃棄物全体の約20%を占めている（図-2参照）。建設汚泥の処理・処分状況を見ると、減量化が6%、再生利用が2%で、他はすべて処分されている（図-3参照）。減量化と再生利用を合わせた率はリサイクルの指標となるものであるが、両者を合わせてもわずか8%にすぎず、建設廃棄物の主要5品目のなかでも最も低く、リサイクルが遅れているのが現状である。

平成6年5月に公表された建設副産物対策行動計画（建設省建設経済局）では、地方別・副産物の種類別に西暦2,000年における具体的な目標値を設定し、建設副産物対策を総合的に推進することとしている。建設汚泥の減量化と再生利用を合わせた率の全国目標値は35%と設定されている（図-4参照）。

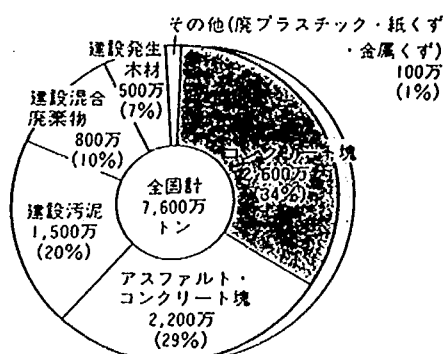


図-2 建設廃棄物の種類別排出量

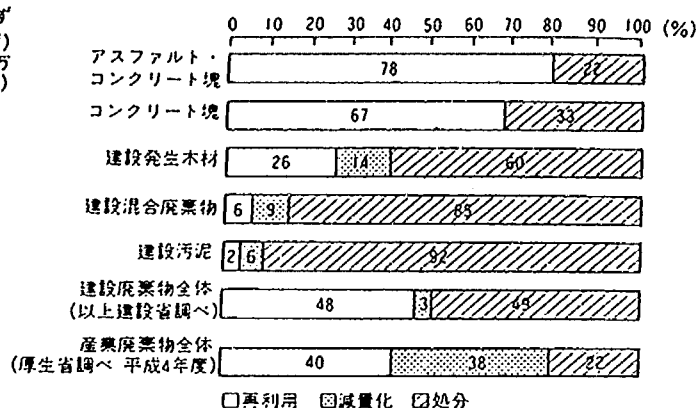


図-3 建設廃棄物の再生利用等の割合

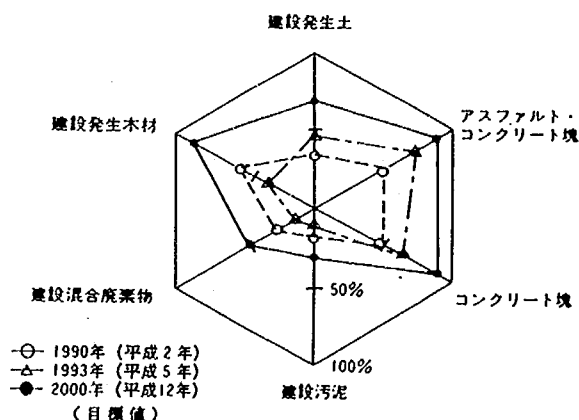


図-4 建設副産物の種類別再生利用等

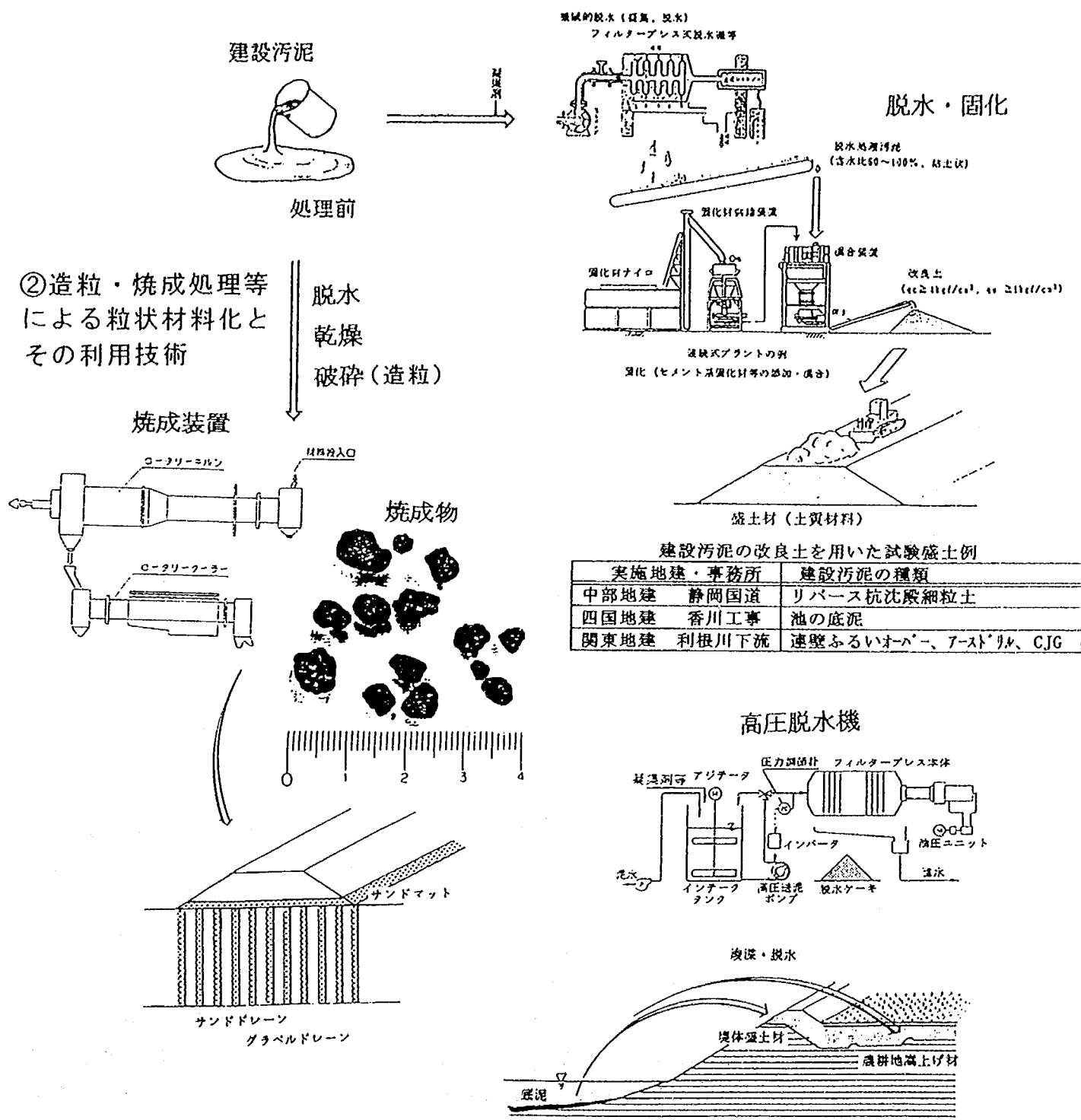
(3) 研究開発の実施状況

建設汚泥の再生利用については、建設省総合技術開発プロジェクト『建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発』（平成4年度から平成8年度）の一環として以下の3つのテーマについて技術開発等を行っている（図-5参照）。

- ① 脱水・改良処理による土質材料化とその利用技術
- ② 造粒・焼成処理等による粒状材料化とその利用(ドレン材等への利用)技術
- ③ 効率的で経済的な脱水技術

また、建設省直轄事業におけるリサイクルモデル工事においても建設汚泥を再生利用した試験盛土工事等を実施している。

①脱水・改良処理による土質材料化とその利用技術



③効率的で経済的な脱水技術

図-5 建設省総合技術開発プロジェクト
『建設副産物の発生抑制と再生利用技術の開発』
の建設汚泥関係テーマのイメージ

(4) 建設汚泥の再生利用技術

建設汚泥の再生利用技術は、以下の3つに分類できる。

①安定液や泥水が建設汚泥となったものは、その性状・機能を回復させ、従前と同じ用途（安定液や泥水）に再利用する。

②脱水や安定処理により土として再生利用する。

③付加価値を与えた製品または一定の品質を有する原材料として再生利用する。

それぞれ、各方面で研究開発が実施されており、①および③については、既に専用プラントを設けて事業化しているものもある。

(5) 建設汚泥の土としての再生利用

建設汚泥はもともとは自然界に存在する土を主成分とするものであり、ほとんどの場合無害であることから、上記(4)①のほか、②の盛土等の土質材料として再生利用することが最も有効な再生利用と考えられる。土としての再生利用については、総プロでの研究成果等を基に『建設汚泥再生利用技術マニュアル（仮称）』を作成中であり、当面は地下水の影響を受けない盛土等の用途に限定して、近日中に暫定マニュアルとして提案する予定である。

(6) 建設汚泥の土として再生利用する際の留意点

建設汚泥の再生利用にあたっては産業廃棄物の取り扱い上の問題もあるが、これについては文献^{3) 4) 5)}を参照していただくとして、ここでは、技術的な留意点について述べることにする。

1) 再生利用にあたって注意すべき建設汚泥

生活環境の保全を図るため、再生利用の対象となる建設汚泥は安全なものに限定すべきである。再生利用にあたって注意すべきと考えられるものについて以下に述べる。

① 汚染された地盤で発生した建設汚泥

有害物に汚染された地盤の掘削工事等で発生する建設汚泥は有害物に汚染されている可能性があり、盛土等に利用すると生活環境に悪影響を及ぼす恐れがある。このため、建設汚泥の再生利用にあたっては、有害な物質を含まないことを確認したもの、または安全な場所から発生した建設汚泥を利用する。

② 薬液注入地盤で発生した建設汚泥

「薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針」において、「薬液を注入した地盤から発生する掘削残土の処分にあたっては、地下水および公共用水域を汚染することのないように必要な措置を講じなければならない。」とされている。したがって、薬液注入地盤の掘削で発生する建設汚泥についても同様の取扱いとなり、これを再生利用する場合には十分な対策を講じるとともに必要に応じて環境監視を行う。

③ 添加材等の混入した建設汚泥

安定液や掘削泥水には、ベントナイト、CMC、分散剤、防腐剤、逸泥防止材、加

重材、pH調整剤等が添加される。また、その処理過程において各種の凝集剤や脱水助剤が用いられる。これらのうち、ベントナイトおよびCMCは主要な作泥材料であり、その安全性は確認されたものである。その他の添加材についても一般に安全性が確認されたものが使用されている。ただし、建設汚泥の再生利用にあたっては使用された添加材の安全性に関する資料や発生現場における添加材の使用状況が適正であることを確認する。

2) 環境対策

建設汚泥の改良土は改良材として添加したセメントや石灰に起因してアルカリ性を示す。このため、再生利用にあたっては溶出水対策とともに、植栽する場合には対策工が必要である。

① アルカリ性溶出水対策

改良土からのアルカリ性溶出水については、既に多くの文献に示されているように、自然の土が持つイオン交換による中和能力を利用することにより対策可能である。すなわち、天端やのり面に覆土を施し、地下水位が高く、かつ基礎地盤のアルカリ吸着能が小さい場合には、敷き土を施す。覆土の厚さはアルカリ吸着能の高い土質の場合には自然降雨等により容易に洗掘されない程度（例えば30cm）確保すれば十分であると考えられる。

② 植栽対策

締め固められた処理土は、強度、通気性・透水性、pH等の面から植栽基盤としては適さない場合が多いため、対策工が必要となる。

芝等の地被植物はアルカリ溶出水対策としての覆土が施されていれば特に対策工は必要ない。木本類では、植栽に適した土壌により客土や、排水工を設置することが対策工として有効であると考えられる。植栽対策の例を図-6に示す。

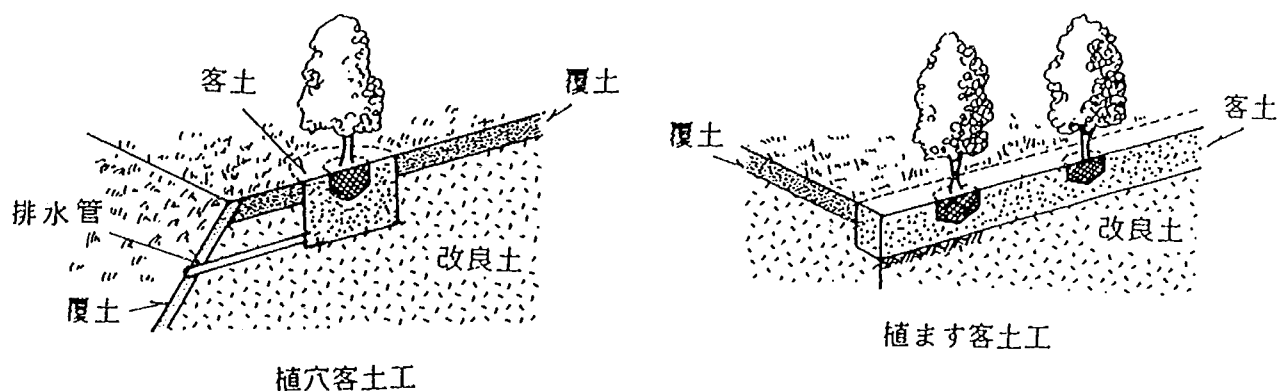


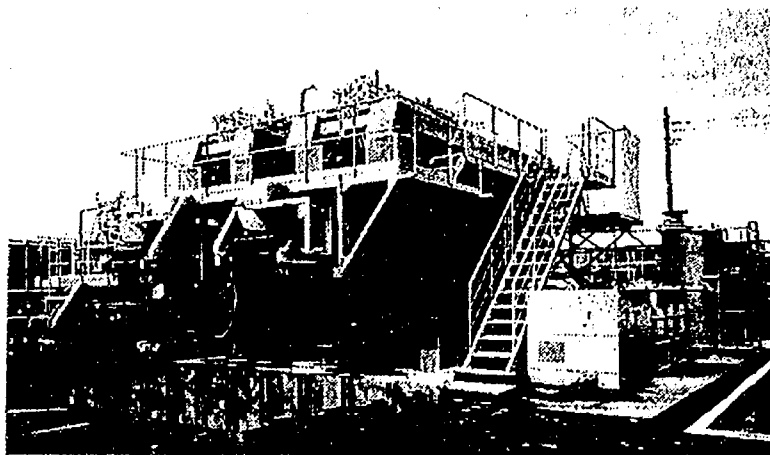
図-6 植栽対策の例

《参考文献》

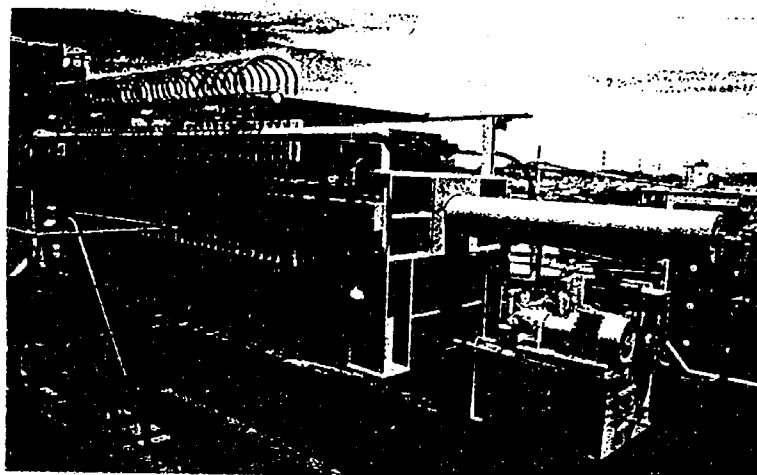
- 1) (財) 土木研究センター：建設発生土利用技術マニュアル，1994

- 2) 例えば、大阪府・大阪市・堺市・東大阪市：掘削工事に伴う汚泥と土砂の判断基準について、平成6年3月
- 3) (社)日本土木工業協会、(社)日本電力建設業協会、関東支部・環境委員会：個別指定制度の手引き、平成5年10月
- 4) 建設省：建設汚泥の再生利用に向けて－指定制度の活用－：平成5年10月
- 5) 根岸晴男：指定制度を利用した建設汚泥の再利用－東京都の取組み：建設月報、第48巻第5号、pp42～43、1995.5
- 6) 例えば、木次恭一：軟弱地盤改良技術と環境問題《地盤改良におけるpH対策》、セメント・コンクリート、No. 611、Sept. 1989
- 7) 建設副産物リサイクル広報会議：総合的建設副産物対策－現場での実効ある推進のために－、平成6年版

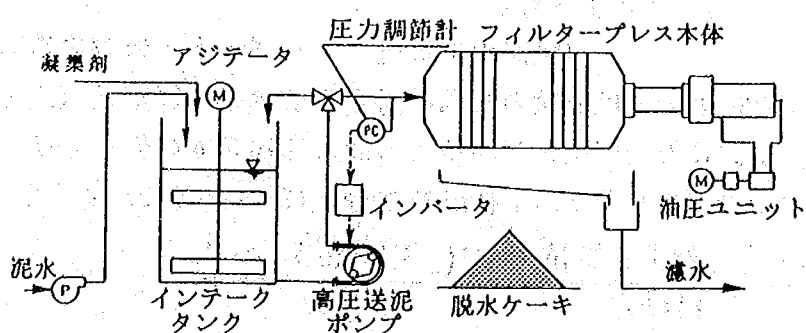
《参考資料》 新しいフィルタープレス



写真ー① 特殊ポンプにより脱水圧力を高圧化（最高40kgf/cm²）したフィルタープレス



写真ー② 濾布にパンチングメタルを用い、真空吸引と加圧を併用するフィルタープレス



図ー① 高圧スラリーポンプを圧力制御することにより適用したフィルタープレス
（総プロ開発技術）

（施工研究室）

2.擁壁底面の摩擦係数

(質問)

道路土工擁壁・カルバート・仮設構造物工指針では擁壁底版と基礎地盤の間の摩擦係数について、場所打ちコンクリートによる場合の推定値を示している。二次製品プレキャスト擁壁を用いる場合の擁壁底版と基礎地盤の間の摩擦係数の取り方について御教示願いたい。

(福島県土木部)

(回答)

現行の道路土工擁壁・カルバート・仮設構造物工指針（昭和62年5月。以下、土工指針）においては、場所打ちコンクリート擁壁底面の滑動安定計算に用いるすべり摩擦係数の値として基礎地盤の種類に応じた推定値を示している（表1）。

表1 基礎地盤の種類と設計定数

基礎地盤の種類		許容支持力度 (tf/m ²)	擁壁底面の滑動安定計算に用いるすべり摩擦係数 注)	備 考	
				q_u (kgf/cm ²)	N 値
岩盤	きれつの少ない均一な硬岩	100	0.7	100以上	—
	きれつの多い硬岩	60		100以上	—
	軟 岩・土 丹	30		10以上	—
礫層	密 な も の	60	0.6	—	—
	密 で な い も の	30		—	—
砂質地盤	密 な も の	30	0.6	—	30~50
	中 位 な も の	20		—	15~30
粘性土地盤	非常に堅いもの	20	0.5	2.0~4.0	15~30
	堅 い も の	10		1.0~2.0	8~15
	中 位 の も の	5		0.5~1.0	4~8

注) 場所打ちコンクリートによるもの

(道路土工擁壁・カルバート・仮設構造物工指針より)

一方、現行土工指針においては擁壁の滑動に対する安全率の算定式(式1)を示しており、この式を適用する際に擁壁底版と基礎地盤の間の摩擦角 δ の値を場所打ちについては ϕ 、場所打ちでない場合(プレキャスト擁壁を含む)については $2/3\phi$ としている。

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{(\sum V) \cdot \tan \delta + c \cdot B}{\sum H} \\
 &= \frac{(W + P_v) \cdot \tan \delta + c \cdot B}{P_H} \geq 1.5 \quad \dots \dots \text{式1}
 \end{aligned}$$

ここに ΣV : 底版下面における全鉛直荷重(tf/m)

ΣH : 底版下面における全水平荷重(tf/m)

W : 自重(tf/m)

P_v : 土圧合力の鉛直成分(tf/m)

P_H : 土圧合力の水平成分(tf/m)

$\tan \delta$: 擁壁底版と基礎地盤の間の摩擦係数

場所打ちコンクリートの場合は $\delta = \phi$ (基礎地盤の内部摩擦角)、
場所打ちでない場合は $\delta = 2/3 \phi$ とする。ただし、基礎地盤が土の
場合 $\tan \delta$ の値は 0.6 を超えないものとする。なお、通常の場合
簡便には表 1 を用いてよい。

c : 擁壁底版と基礎地盤の間の粘着力(tf/m)

ただし、摩擦係数 $\tan \delta$ を表 1 より求めた場合は $c = 0$ とする。

表 1 は従来の経験に基づいて定められた数値を記載したものである。プレキャスト擁壁の適用は近年でこそ増加しつつあるが、現行の土工指針が改訂された時点では十分な実績の積み重ねが無く、簡便な推定値を定めるには至っていなかった。従って上表の”現場打ちコンクリートの場合”という注記はプレキャスト擁壁については簡便な推定法はない、との意味である。

よってプレキャスト擁壁の滑動に関する安定検討に際しては、土質試験または基礎地盤の土質に応じた内部摩擦角 ϕ の推定法によって土質定数を決定もしくは推定し、式 1 に従って安全率の算定を行っていただきたい。

現在、プレキャスト擁壁の運用に関するマニュアルの検討作業が進んでおり、その中で基礎における摩擦係数の取り方に関する記述がされる予定である。また来年度改訂の道路土工擁壁工指針においても同マニュアルに合わせた運用を行う予定であり、同マニュアルの発行、土工指針の改定後はその記述に従っていただきたい。

(施工研究室)

3. 道路清掃泥の処理とその有効利用

(質問) 1. 道路清掃汚泥を処理・利用する際の留意点、袋式重力脱水工法等で使用する薬品(凝集剤、脱水剤など)が自然環境に与える影響について御教示願いたい。

((社) 日本建設機械化協会東北支部)

(回答)

道路清掃汚泥は、産業廃棄物に該当するものであり、その処理・利用にあたっては関連法令を遵守し、また必要な諸手続きを行わなければならない。

また、袋詰脱水処理工法では、薬品の利用の有無にかかわらず、袋から排出された余剰水を直接放流する場合には、余剰水の水質について事前に検討しておくことが必要である。余剰水の水質に影響を与える要因としては、汚泥の土質、凝集剤の影響が考えられるが、ここでは、それぞれについて説明を加え、さらに凝集剤を用いた袋詰脱水処理事例について示す。

(1) 再生利用の形態

先に述べたように、汚泥は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」における産業廃棄物であり、「再生資源の利用の促進に関する法律」における「指定副産物」からも除外されている。このため、汚泥の再生利用の形態は以下の3つに限定される。

- ① 資材等の有用物として有価で購入して利用する。
- ② 資材等の有用物として発生現場において発生者が自ら利用する。
- ③ 産業廃棄物として指定制度の活用により利用する。

道路清掃汚泥の再生利用においては、②または③の形態となるものと考えられる。どちらにおいても、その利用時には他人に有価で売却できるような性状に改良したものでなければならない。土としての再生利用では、「建設発生土利用技術マニュアル」を参照して、第1～第4種建設発生土(または第1～第4種改良土)のいずれかに該当する性状であることが必要である。

なお、③の指定制度とは、再生利用されることが確実な廃棄物を都道府県知事(保健所を設置する市にあっては市長)が指定し、廃棄物の再生利用を容易にするための制度ある。指定制度には「一般指定」と「個別指定」がある。現在のところ、汚泥については一般指定されていないため、事前に所定の申請を行って個別指定を受けたいうで再生利用することになる。

(2) 汚泥の土質について

清掃汚泥は、発生量が比較的少量で、発生箇所(清掃箇所)による性状の変化が大きく、いわゆる土砂のほか、ゴミ、油、薬品などの異物や有害物を含んでいる可能性が高い。このように有害物に汚染されている可能性のある発生土については、「土壌の汚染に係わる

環境基準」(平成6年2月21日環境庁)と照合して、検討することが必要である。これに適合する発生土は、基本的には特段の配慮をせずに袋詰脱水処理工法などで利用することが可能であるが、適合しない土壌については、「国有地に係る土壌汚染対策指針」(平成4年7月環境庁)に基づき、汚染土として適切に処理しなければならない。

(3) 凝集剤について

対象汚泥が汚染土でなければ、袋詰脱水処理工法により再利用が可能である。凝集剤は、水中に懸濁・分散している微細粒子を結合・集合させて粒径の大きいフロックを形成し、沈澱濃縮、脱水などの固液分離を容易にするために使用される薬品であり、無機系凝集剤と有機系高分子凝集剤とに大別される。無機系凝集剤としては硫酸アルミニウムとポリ塩化アルミニウムが広く用いられているが、これらは従来から浄水場において浄水処理に使用されてきており、その安全性は確認されている。

また、有機系高分子凝集剤は、そのイオン性からノニオン系、アニオン系、カチオン系の3種類に分類され、建設汚泥のような無機質汚泥の処理には主としてノニオン系およびアニオン系が使用される。これらの化学成分はほとんどの場合ポリアクリルアミドであり、その毒性はポリアクリルアミド中の残留モノマー(アクリルアミドモノマー)に由来する。建設汚泥の処理においては、ポリアクリルアミドは一般に数mg/lから数10mg/lの範囲で使用され、処理土中のアクリルアミドモノマーは極微量である。またアクリルアミドモノマーは、バクテリアにより生分解されやすい物質であり、処理土中に長期間残留することはない。したがってポリアクリルアミド凝集剤が混入した処理土の環境への影響はほとんどないといえる。

(4) 凝集剤を用いた袋詰脱水処理事例について

建設省では、総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」(平成4年～8年)において、袋詰脱水処理工法を用いた浚渫土の有効利用に取り組んでいるが、その一環として霞ヶ浦粘性土を対象とした袋詰脱水処理において凝集剤を用いて、ごく短時間で泥水を粘土と余剰水とに分離させることを目的として行った実験結果を報告する。

実験方法は、以下のとおりである。

- ①霞ヶ浦粘土(表-1)に加水して含水比2,000%に調整した泥水を作成し、その泥水を貯泥槽(約200l)に投入する。
- ②無機凝集剤(1g/l)と高分子凝集剤(0.03g/l)を貯泥槽内の泥水に添加する(図-1)。
- ③凝集剤を添加した泥水を、所定の注入速度で透水性の袋(幅45cm×長さ60cm)が満杯になるまで連続的に注入する。
- ④注入中および注入後は袋から排出される余剰水の水質特性を調査した。

表-2に袋からの排出された余剰水の水質分析結果を示す。凝集剤を添加すると懸濁物質濃度が64200mg/lから3mg/l、総リン(T-P)は2.83mg/lから0.03mg/l、総窒素(T-N)は233

mg/lから3.16mg/lと大きく減少することがわかる。

また、表-3に、霞ヶ浦水域の工場における排出基準との比較を示す。排出された余剰水の水質は基準を総て満足している。以上の結果より、凝集剤を用いて袋詰脱水処理した際に排出される余剰水は、霞ヶ浦に直接放流できる水質であることがわかった。

表-1 霞ヶ浦粘土の土質特性

土粒子密度 g/cm ³	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	液性限界 %	塑性限界 %	強熱減量 %
2.587	2.8	30.2	67.0	154.5	55.6	13.8

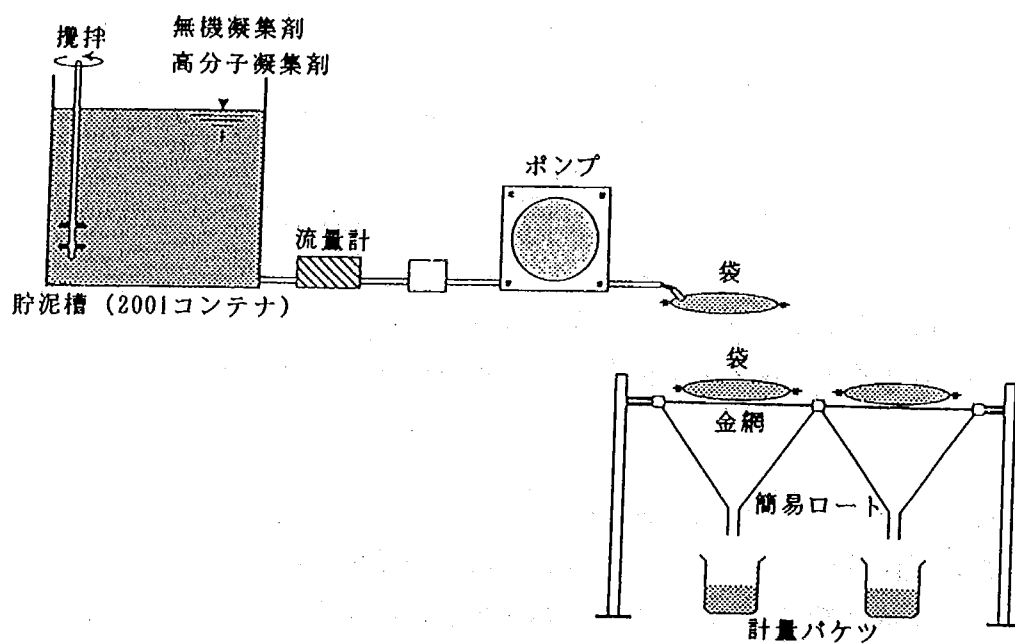


図-1 実験方法

(施工研究室・土質研究室)

表-2 余剰水の水質分析結果

項 目	泥水	泥水+凝集剤	項 目	泥水+凝集剤	項 目	泥水	泥水+凝集剤
pH	6.8 (18℃)	7.3 (18℃)	フェノール	<0.01	T-P	2.83	0.030
BOD	123	2.08	Cu	<0.01	Po4-P	0.016	0.003
COD	2490	2.4	Zn (亜鉛)	<0.02	T-N	233	3.16
SS	64200	3	Fe	0.16	NH4-N	1.17	1.51
DO	2.4	10.6	有機リン	不検出	No3-N	0.08	0.90
Mn (マンガン)		0.57	Pb (鉛)	<0.05	No2-N	<0.002	0.006
T-Cr (クロム)		<0.02	Cr6+ (6価クロム)	<0.02	TOC	18.1	6.1
フッ素		<0.1	As (砒素)	<0.01	注) 単位 : mg/l 大腸菌単位 : MPN/100ml		
大腸菌	2.5×10^4	3.3×10^4	T-Hg	<0.0005			
Cd (カドミウム)		<0.005	R-Hg (有機水銀)	不検出			
CN (シアン)		不検出	PCB	不検出			
n-ヘキサン (鉱油)		<1	トリクロロ エチレン	<0.003			
n-ヘキサン (鉱油)		<1	テトラクロロ エチレン	<0.001			

表-3 霞ヶ浦水域の排出基準との比較

項 目	排出基準	泥水+凝集剤	判定	項 目	排出基準	泥水+凝集剤	判定
pH	5.8~8.6	7.3 (18℃)	OK	Cu	1	<0.01	OK
BOD	15 (10)	2.08	OK	Zn	1	<0.02	OK
COD	15 (10)	2.4	OK	Fe	1	0.16	OK
SS	20 (15)	3	OK	有機リン	不検出	不検出	OK
Mn	1	0.57	OK	Pb	0.1	<0.05	OK
T-Cr	0.1	<0.02	OK	Cr6+	0.05	<0.02	OK
フッ素	0.8	<0.1	OK	As	0.05	<0.01	OK
大腸菌	(1000)	33	OK	T-Hg	0.0005	<0.0005	OK
Cd	0.01	<0.005	OK	R-Hg	不検出	不検出	OK
CN	不検出	不検出	OK	PCB	不検出	不検出	OK
n-ヘキサン (鉱油)	3	<1	OK	トリクロロ エチレン	0.3	<0.003	OK
n-ヘキサン (動植物油)	5	<1	OK	テトラクロロ エチレン	0.1	<0.001	OK
フェノール	0.1	<0.01	OK	注) 単位 : mg/l			

1.地震時のダムの安定性

(質問)

近年、大型の地震が多発しているが、ダムの耐震性および地震後のダムの臨時点検についてご教示願いたい。

(三春ダム工事事務所)

(回答)

現在、日本のダムの耐震設計は震度法に基づいて行われています。震度法に基づいて設計されたダムは過去の大きな地震において構造の安定性を損なうような被害を一切受けておらず、ダムの耐震設計法として震度法は高い信頼性を有しています。

震度法は、地震時にダム堤体に作用する動的な荷重をこれと等価な静的な地震荷重に置き換えて評価する方法です。この場合、地震動の影響は、単に最大加速度のみによって定まるのではなく、地震動の卓越周期や地震動の継続時間、またダムの振動特性によって定まります。したがって、ダムの耐震設計に用いる設計震度は地震の最大加速度と必ずしも一致するものではないことを理解しておく必要があります。

先日の1995年兵庫県南部地震においても、震度法で設計されたダムは、構造の安定性を損なうような被害を受けませんでした。地震に対するダムの安全性が高い理由としては、ダムは地質年代の古い堅固な岩盤上に建設されており、沖積層地盤に比較して地震動が小さいこと、また、ダムに作用する主たる荷重は水圧であり、ダムは本来大きな水平力に対して抵抗する構造形式であることなどが挙げられます。

しかし、ダムは大規模で重要な構造物であることから、その安全性についてはその計画、設計から管理段階に至るまで十分すぎるほどの配慮が必要です。すなわち、綿密な地質調査を行って最適なダムサイト、ダム軸を選定し、耐震性を含めて安全性に十分配慮した設計、施工を実施し、さらに試験湛水によりその安全性を十分に確認した上で管理に移行することが必要です。また、管理移行後は定期的に施設の点検を行うことはもとより、日頃から丁寧な計測、巡視を行ってダムの状態を把握しておくことが重要です。

また、地震時におけるダムの管理体制については、地震発生後、直ちに臨時点検を行い、異常の有無を確認することが義務づけられています。臨時点検の対象となるダムは、気象台で発表された震度階がIV以上となる地区に位置するダムおよびダムサイトに設置した地震計で観測された地震動の最大加速度が25gal以上のダムです。このような臨時点検で異常が発見された場合には、ダムの安全性を確保するために速やかに必要な措置を講ずることが必要です。

地震後の臨時点検では、漏水量、揚圧力、変形量などの計測値を地震前の値と比較することによってダムの挙動を確認するとともに、堤体(上下流面、天端、通廊など)、管理設備、貯水池周辺などを巡視し、その観察結果から異常の有無を判断する必要があります。

この場合、地震前のダム状況を十分に熟知しておくことが必要であり、日常の点検を通してダムの状態を把握しておくことが何にも増して重要となります。そこで、ダムの挙動計測結果は分かりやすい形に整理するとともに、定期的の実施している巡視の際に発見したひび割れや漏水などの異常はその時期、場所、状態を詳細に記録しておくことが大切です。

(ダム構造研究室、フィルダム研究室)

2. ダムの通廊のプレキャスト化

(質問)

現場熟練工の減少、施工工期の短縮などの観点から、コンクリートダムやフィルダムの通廊のプレキャスト化が今後盛んに行われていくものと思われますが、通廊のプレキャスト化を実施する上での留意事項について御教示願いたい。

(摺上川ダム工事事務所)

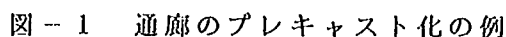
(回答)

コンクリートダムやフィルダムの通廊の施工は、型枠の設置、配筋、コンクリートの打込み、型枠の解体という一連の作業を狭い空間で実施しなければならないため、ほとんど人力に頼る施工となっています。このため、通廊断面をコンクリートの2次製品としてあらかじめ製作し、これを現場に搬入、設置することによって、施工の省力化と工期の短縮を図り、労働環境を改善する試みは、既にコンクリートダムの施工現場で数例実施されています。通廊のプレキャスト化による施工の省力化は時代の要請でもあり、今後積極的に推進していく必要があると思われますが、この場合、当然のことながら、構造の安全性についても十分に配慮しておかなければなりません。すなわち、通廊のプレキャスト化にあたっては、従来の現場打ちコンクリートと比較して構造の安全性が損なわれていないことをあらかじめ確認しておくことが基本原則となります。具体的には、通廊の設計思想の維持、ダムコンクリートとプレキャスト部材との一体化の2つの問題です。

まず、コンクリートダムの通廊のプレキャスト化について説明します。コンクリートダムの通廊をプレキャスト化する場合、プレキャスト部材とダムコンクリートとの一体化は構造設計によって保証されたものでなければなりません。例えば、ダム堤体内の通廊は鉄筋コンクリート構造として設計されますが、鉄筋が降伏する以前にプレキャスト通廊と周辺のダムコンクリートの一体化が損なわれ、ダム堤体コンクリートにクラックが進展して破壊に至るのであれば、鉄筋による補強が意味のないものとなり、プレキャスト化によって構造の安全性が低下してしまったこととなります。また、設計上必要な鉄筋をプレキャスト化の都合上切断し、その接統部が構造上の弱点となるのであれば、プレキャスト化によって構造の安全性を低下させてしまったこととなります。図-1に示す施工例(宇奈月ダム)では、④プレキャスト部材を通廊の設計断面では分割せず一体構造とすること。⑤設計上必要な鉄筋をプレキャスト部材内で繋ぐことにより、現場打ちコンクリートと同様な耐力を確保できることを実験によって確認しています。このためプレキャスト部材はやや大がかりなものとなり、壁厚は20cm程度、部材重量は9t程度のものとなっています。

次にダムコンクリートとプレキャスト部材の接触面の付着力も構造の安全性を確保する上で十分に検討しなければなりません。ダムコンクリートとプレキャスト部材の付着力を

图 1-1-10 100 型离心泵轴封装置 (a) 剖视图 (b) 轴封盖零件图



一方、フィルダムの底設通廊をプレキャスト化した事例は今のところありませんが、フィルダムの通廊をプレキャスト化する場合もコンクリートダムの通廊の場合と同様な配慮が必要です。しかし、フィルダムの通廊のプレキャスト化にあたっては、さらに通廊の軸方向（ダム軸方向）に対してプレキャスト部材の接続を検討しておかなければなりません。すなわち、フィルダムの通廊は変形性のある地盤内に設置されるため、ダム堤体の自重によって通廊がある程度沈下することが避けられません。このとき、従来の底設通廊と同等の安全性を有する構造とするためには、このような沈下に対する構造上の検討が必要です。すなわち、沈下に対してプレキャスト部材が完全に一体化していなければ、プレキャスト部材間に相対的な変位が生じ、その間隙が水みちとなってフィルダムの安全性を脅かすことになります。このような事態を防ぐためには、①基礎地盤の変形に耐えられるようなプレキャスト部材の接合方法を検討すること、または、②水みちが形成されないようにプレキャスト部材間に止水板を配置することが必要となります。しかし、①については構造設計上の対応がかなり難しく、②については、止水板の設置、接続がプレキャスト部材毎に必要となることから、その作業がかなり煩雑になるものと考えられます。また、フィルダムの底設通廊は図-2に示すような断面形状を有し、通廊全体をプレキャスト化するとかなりの重量（40～50t/m）となること、また、通廊の一部をプレキャスト化しても十分な合理化が達成されないことなど、構造部材としてのプレキャスト化には色々と検討すべき課題が多いように思われます。

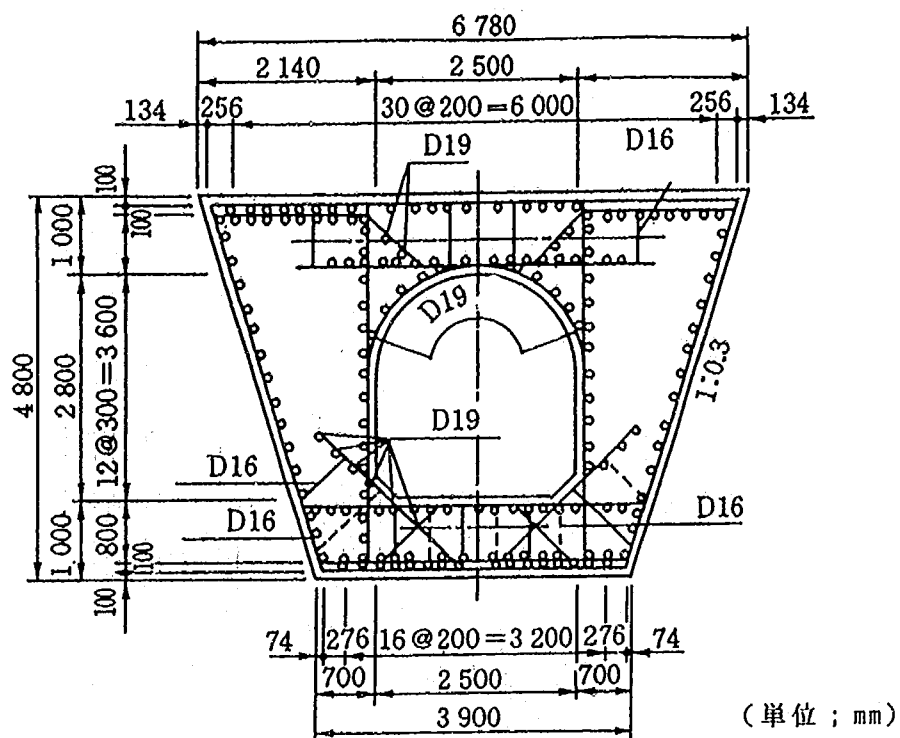


図 - 2 フィルダム底設通廊の配筋例

そこでフィルダムの通廊のプレキャスト化にあたっては、プレキャスト部材を構造の一部とするのではなく、埋殺し型枠として利用する方法が現実的であると思われます。

(ダム構造研究室・フィルダム研究室)

3.放流管に設けられたラジアルゲートの開度

(質問)

洪水吐きとして設けられているゲート付き放流管からの放流量は、一般に貯水位とゲート開度の関係から求められていると思われるが、ゲート開度の定義を検討する上での留意事項及び用いられているゲートがラジアルゲートで、放流管の下面が傾斜し全開時の管出口断面より下流側の低い位置に水密線（ゲート低部戸当たり）がある場合のゲート開度の求め方についてご教示願いたい。

(北上川ダム統合管理事務所)

(回答)

大断面で、摩擦損失の影響を無視できる程度に管長が短い放流管では、通常、貯水位とゲート開度の関係により放流量が求められる。つまり、ゲート開度は貯水池の流水制御を行うための極めて重要な基本情報である。

放流量を求めるためには、当然のことながらゲート開度とゲート位置が1対1で対応していなければならない。これが最低限の条件となる。その上で、「分かり易い」というのが重要と考えられる。「分かり易い」というのは、ゲート開度の情報により、ゲートの位置や放流量を直ちに把握することができることを意味している。誤操作の防止、故障時の適切な対応等のため必要な事項であり、実際に操作する管理者に対しては勿論、故障時の対応等を考慮すれば、常時はゲートに接していない外部の人間に対しても「分かり易い」ものとする必要がある。また、ゲート開度の定義と放流特性との関係についても一応頭に入れておく必要があるものと思われる。

上記事項を念頭に入れた上で、質問のラジアルゲートで放流管下面が傾斜している場合を考えてみよう。ゲート開度とゲート位置が1対1で対応するという条件のみであれば、様々な定義方法が考えられるが、「分かり易さ」等を考慮すると、例えば図-1に示すような3ケースが考えられる。これらは、それぞれ

G_1 ; ゲート下端標高とゲート全開時の管出口断面における放流管下面標高との標高差

G_2 ; ゲート下端標高とゲート全閉時の底部水密標高との標高差

G_3 ; ゲート下端と放流管下面の距離

として定義したものであり、図中のDは G_1 及び G_3 の全開時の開度、 G_0 は G_2 の全開時の開度を示している。なお、図ではゲート上流側の管路底面の縦断形状を直線、下流を放物線等の曲線としているが、これは部分管路型の高圧放流管を念頭に置いたものである。

さて、放流管が水平であれば G_1 、 G_2 、 G_3 は一致し、どのように定義しても結果は同じである。これに対し、下流への導流の関係等により放流管が傾斜する場合にはこれらは全て異なることになる。まず、 G_1 であるが、 G_1 はゲート全閉のとき開度がゼロとならずマイナスになる。これは、「分かりにくい」というべきであろう。また G_3 は、固定位置からの距離として開度が定義されていないため、開度に変化、つまりゲート下端位置が移動すると、対応する放流管下面上の位置も移動するという問題がある。即ち、どれだけ開口部があるかという意味では直ちに分かるが、例えば開度を検出するゲートの回転角度等の移動量との関係を求める場合の計算が複雑になる等具体的なゲートの位置を算出する手間がかかり、その意味でやや「分かりにくい」。 G_2 は最も「分かり易い」といって

いいであろう。即ち、ゲート全閉に開度のゼロが対応するとともに、開度の基準となる位置が移動せず、かつ標高差という非常に分かり易い座標軸により開度設定がなされている。従って、「分かり易さ」という意味で G_2 を用いるのが妥当であろうと考えられる。

ところで、 G_3 はやや「分かりにくい」としたが、 G_3 はそれなりに意味を持つものである。即ち、放流管の放流能力を検討する際の対象断面は全開時の出口断面であり、洪水吐き配置の検討や水理設計において意味を持つのは D であって G_0 ではない。また、放流管やゲート規模を比較する上でも意味をもつのは D であり、ダム・堰施設技術基準（案）の解説では高圧ラジアルゲート等のゲートの揚程として G_3 と同様の距離の取り方が定義されている。そういう意味では G_3 の考え方も比較的馴染みのあるものと思われるが、質間のゲート開度はあくまで管理段階に関して検討すべきものであり、水理設計等での扱いにこだわる必要は無いものと思われる。一般的にはやはり G_2 が「分かり易い」というべきであろう。ただし、 G_2 を用いることにより、ゲート開度と放流量の関係に問題が生じることは避ける必要がある。図-2はゲート開度と放流量変化の関係例を示したものであり、縦軸はゲート半開時放流量（ Q_s ）と全開時放流量（ Q_0 ）の比、横軸はゲート開度（ G_2 又は G_3 ）の全開（ G_0 又は D ）に対する割合（%）を表している。部分管路型の放流管の傾斜角度は大きくても10度前後であり、図は12度の例を示したが、この程度の傾斜では G_2 と G_3 の定義の差による放流特性の差はほとんど無いと考えてよいものと思われる。なお、図より分かるように、ゲート開度変化に対する放流量変化は、全開に対する割合が80%程度までは比例的に増加するが、全開に近づくにつれて増加量が大きくなる傾向がある。この傾向は G_2 で傾斜が大きい程顕著になるので、傾斜が大きい場合の放流特性には注意が必要である。

以上、高圧放流管を対象例に説明したが、オリフィスの場合にも、考え方は基本的には同様である。特に、オリフィスではゲート上流において底面の縦断形状が曲線となる場合があり、この場合には G_3 は極めて分かりにくいものになる。

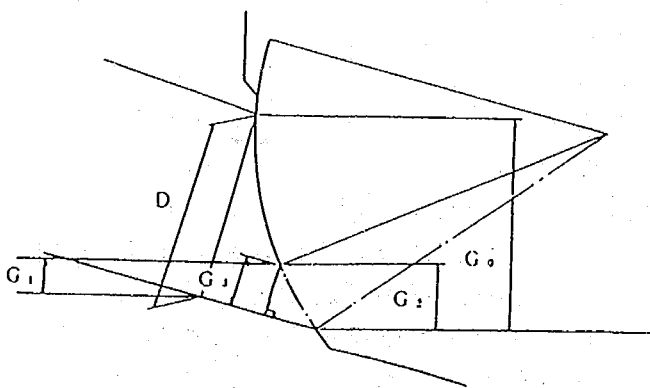


図-1 ゲート開度説明図

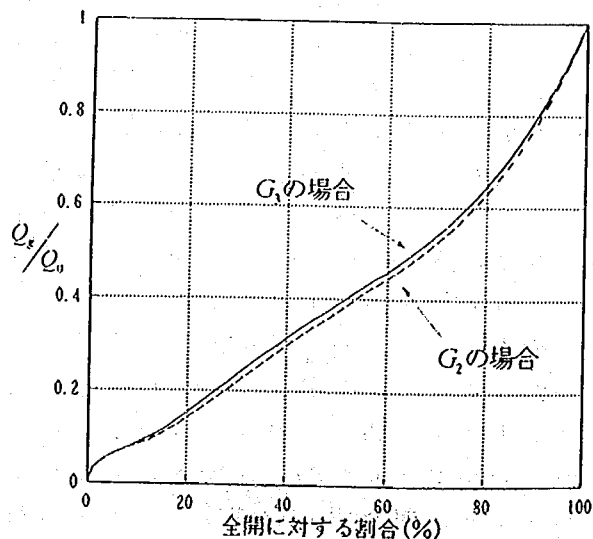


図-2 ゲート開度と放流量の関係
(水工水資源研究室)

1.不良地山におけるトンネル工事

(質問)

- (1) B計測結果よりロックボルト長、支保サイズを決定する方法及び
- (2) NATM工法の掘削時の最終変位の予測と、変位時の二次覆工巻き厚管理の対処について御教示願いたい。

(山形工事事務所)

(回答)

(1) トンネルの観察・計測結果の利用方法としては、①計測断面で得られた現場計測データによる安定性判断②自トンネルの既往データ等の分析に基づく支保の適正検討が考えられるが、B計測結果を基本とする利用方法としては、ロックボルト軸力、吹付コンクリート応力、鋼アーチ支保工応力等の支保部材に発生する応力を測定することにより、使用支保部材が妥当であるかを判断することが主となる。質問にあるような支保サイズをB計測結果だけから決定することは不可能であるが、B計測を含む各種の既往データを切羽観察結果と対比させながら分析し、切羽観察結果から適正な支保サイズを決定する方法については、現在、各研究機関で検討している段階にある。

(2) NATMによりトンネルを掘削する場合には、地山が有する支保能力を最大限活用するために、トンネル掘削時に大なり小なりの変形を許すことになる。

地山の一軸圧縮強度 q_0 と地山の初期応力 p_0 の比で定義される地山強度比($=q_0/p_0$)が比較的大きい場合には、変形量は直径が10m程度のトンネルであれば数cmで収まる場合が多いが、鋼製支保工の半径は通常は施工誤差を考慮して内空断面から決まる大きさよりも5cm程度の余裕をとっているため、数cmの変形量であればこの余裕量の中で十分吸収することができる。

地山強度比が小さく、特に、地山強度比が2以下の場合にはトンネル周辺の地山が塑性領域となって大変位が発生する可能性が高いため、施工前に発生変位量を予測し、鋼製支保工の半径に変形余裕量を考慮することが必要となる。施工前に発生変位量を予測する手法としては、有限要素法等の数値解析手法や厚肉円筒理論等の理論解析解の適用が考えられるが、何れも地山物性値の評価方法が課題となる。地山物性値の評価方法としては、ボーリングコアを用いた要素試験あるいは孔内水平載荷試験等による原位置試験が考えられるが、一般にコアを用いた要素試験から求まる強度、変形係数は実地盤よりも大きく評価される傾向があるため、できる限り原位置試験により地山物性値を求めることが望まれる。特に、時間とともに変形量が増大するような膨張性地山の場合には地山特性として時間依存性まで考慮した予測を行う必要が生ずるが、膨張性地山の変位量予測についてはボーリング孔での計測データを活用した予測手法の開発を土木研究所で行っているため参考にされたい。

なお、施工前の予測を越えた変形が発生して所要の内空断面が確保できなくなった場合

には、縫返しを行って所定の二次巻き厚を確保することを原則とするが、縫返し量がわずかな場合には二次巻き厚の量を減らすことにより内空断面を確保する場合もある。ただし、この場合においては、減らした二次巻き厚量に見合うだけの鉄筋等の補強を行い、当初設計厚の二次巻きと同等の強度を確保する必要がある。

(トンネル研究室)

2.排水性舗装

(質問)

排水性舗装は多機能舗装としての位置づけがされ、全国での施工実績も相当あると思う。空隙詰まり・空隙つぶれ等メンテナンスおよび単価について問題はあるものの、将来舗装の基幹をなすものである。これら排水性舗装における現在の知見を御教示願いたい。

(磐城国道工事事務所)

(回答)

排水性舗装を積雪寒冷地に適用する場合、舗装体内もしくは舗装路面上の雪や氷による影響が懸念される。水が浸入するのは連続空隙内であるため、浸入した水が凍結しても体積膨張分の水分が密閉されないため、舗装体の破壊にはつながらないと考えられる。なお、排水性舗装体内に進入した水は速やかに路肩等の排水施設に排水することが原則である。排水性舗装上の融雪については、第48回建設省技術研究会道路部門指定課題「排水性舗装の車道への適用に関する調査研究」の中で北海道開発局管内での路面露出率の調査結果でも示されているとおり、排水性舗装の方が融雪しにくく路面露出率も低い。路面に水が溜まらないために路面凍結防止には有効であると思われるが、やはり融雪には不利なため、最終的には凍結防止剤に頼らざるを得ない。この際、空隙内に凍結防止剤が進入するため、通常の倍以上の散布量が必要となるが、その分機能が長持ちするとの報告もある。

片側3車線以上の多車線道路に適用する場合、追い越し車線側から集まってきた水が路肩側車線で溢れ出すなどの懸念がある。これについては図-1に示すような対策も考えられるが、通常のアスファルト舗装の場合よりは間違いなく生じる水膜の厚さは薄くなるのだから問題ないのではないかと意見もある。多車線道路からの排水対策としては、排水性舗装そのものによる対策よりも路肩等の排水施設の排水能力の向上などが必要となると思われる。

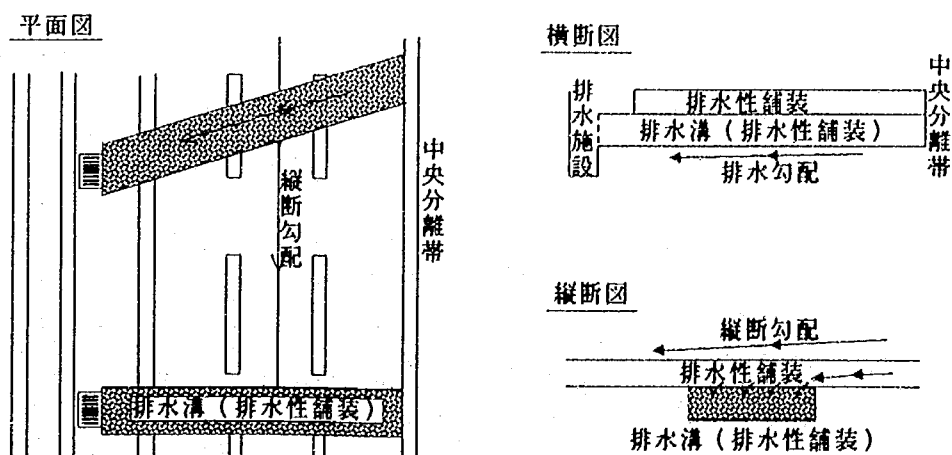


図-1 排水性舗装の横断排水処理例

排水性舗装に求められる骨材の性状としては、機能性を向上させるためには単粒かつ扁平でない粗骨材が望ましいことが第48回建設省技術研究会において報告されている。ただし、機能性と舗装体としての耐久性はほぼ相反する傾向にあるためこうした骨材を用いると混合物強度（建設省技術研究会では圧裂強度）が低下する傾向にある。建設省直轄国道で実施している試験舗装から現在得られている知見としては、排水性舗装の舗装体としての耐久性は使用アスファルトに大きく依存し、機能性向上の観点から単粒化した扁平でない粗骨材を用いることが望ましい。

現在の高粘度改質アスファルトを上回る機能を得るためにエポキシ樹脂を添加したアスファルトの使用などが試みられているが、現時点では試験的なものであり、その効果も定かではない。また、その再生利用についても課題が残されており、あくまでも実験的な意味合いが強い。現時点では重交通道路に対しても高粘度改質アスファルトで十分と判断されており、逆に軽交通道路での改質アスファルトⅠ型およびⅡ型、ストレートアスファルトの使用が検討されている。

なお、平成6～7年度の建設技術評価制度の課題として「排水性舗装の機能回復機器の開発」が挙げられており、高圧水による洗浄と吸引を組み合わせた機能回復機器が民間各社において開発されているところである。

（舗装研究室）

3. アスファルト抽出試験用溶剤及び抽出試験にかわる管理方法

(質問)

現在、使用中の抽出溶剤は、今後も使用できるのか。あるいは、代替抽出溶剤の指定がされたり、R I、自記記録等が品質管理の手段として採用されていくのか御教示願いたい。

(鹿島道路(株)東北支店)

(回答)

自記記録の品質管理への利用については平成4年度に刊行された「アスファルト舗装要綱」にすでに記述されている。また、この刊行作業においてR Iの利用についても検討されたが、良好な結果は得られず、要綱には採用されなかった。R Iの活用については、現在、再生骨材の旧アスファルト量の推定を中心に土木研究所で再検討を行っているところであり、平成6年度の成果では相関係数0.8~0.9の非常に良好な結果を得ている。

現在使用されている三塩化エタンについてはオゾン層保護のために1995年末で製造禁止となるが、使用については禁止されていない。ただし、その作業の安全性の確保の点からも塩素系以外の溶剤の検討がなされており、平成7年度中に刊行が予定されている「舗装試験法便覧別冊」の中で代替溶剤および代替試験法が取り上げられることとなっている。詳細については省略するが、代替溶剤および代替試験法の組み合わせは以下のとおりである。

減圧ソックスレー抽出法 : d-リモネン、テトラリン

自動遠心分離抽出法 : アルキルブロマイド

常圧ソックスレー抽出法 : トルエン、アルキルブロマイド

(従来のソックスレー抽出試験方法に安全対策を加えたもの)

強制循環式自動抽出試験方法 : ナフテン系炭化水素

(茨城県で提案されている方法)

制度面での対応としては、関東地方建設局管内等で試行されているアスファルト混合所の事前審査制度がある。これは年1回程度の頻度でアスファルト混合所の審査を行い、この審査に合格した混合所であれば、各工事単位での抽出試験が省略されるため、試験回数は大幅に縮減されることとなる。

(舗装研究室)

環 境 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)
1. 環境騒音	山形工事事務所	交通環境研究室…………… 49
2. ダム湖における総合的な水質浄化対策	青森工事事務所	環境計画研究室…………… 50
3. ダム貯水池における水質対策	三春ダム工事事務所	環境計画研究室…………… 53

1.環境騒音

（質問）

騒音の予測については現在日本音響学会予測式を用いており、環境騒音との合成はしていないのが現状である。そのため次のような問題が生じるケースがある。

- ①将来交通量が低い地域においては、現況騒音より将来予測値が低くなる。
- ②幹線道路との交差部分における合成した予測値を環境影響評価に記載することを求められる。

予測式の妥当性、合成した場合の環境影響評価への取り扱い、関係住民に対する対応についてお尋ね願いたい。

（山形工事事務所）

（回答）

環境影響評価の道路交通騒音の予測値とその他の環境騒音との合成に関する具体的に指摘された2例の質問に対して回答する。

①将来交通量が低い場合

現行予測式の交通量の適用範囲は、一般道路では約400台/時以上、自動車専用道路では1,000台/時以上である。交通量が少ない場合、予測値は暗騒音と同程度以下になることが多く、騒音環境に対する道路交通騒音の影響は小さくなる。したがって、将来交通量が小さい場合には、ご指摘のように現況騒音（暗騒音）が将来予測値よりも大きく支配的となる可能性もある。

しかし、暗騒音の主要な音源には、周辺道路からの自動車音、工場音、自然音等があるが、それらの分布状況により暗騒音の大きさは場所により変化する。また、社会活動に伴う騒音は時刻、曜日による時間的変動があり、自然音は動物の鳴き声や河川の流水の音などのように時刻、季節や気象等による変動が大きい。このように、暗騒音は場所的、時間的に変化が大きく、信頼性のある設定が困難である。したがって、交通量が少ない場合においても予測値と暗騒音との合成は行わず、予測値単独の表示がやむを得ないと考えられる。

②交差道路や併設道路がある場合

既存の交差道路あるいは併設道路からの騒音については原則として考慮するが、将来交通量の配分ネットに含まれないような規格の低い道路、あるいは交通量が非常に少なく（計画路線の交通量の1/10程度以下）、その道路交通騒音が計画路線に比べて無視できる程度に小さい道路は考慮する必要はない。

計画路線、交差道路あるいは併設道路からの騒音は、各道路からの騒音レベル（ L_{eq} ）を独立に予測し、それらをエネルギー合成して求める。

（交通環境研究室）

2. ダム湖における総合的な水質浄化対策

(質問)

下水道整備を中心とする貯水池、湖沼の流域対策が多大な困難を伴うことから緊急の課題として、ダムの浄化を推進するため最近ダム湖の総合的な水質浄化対策が提案されているところであるが流域及び貯水池水理上からみた具体的な適用方策を御示願いたい。

(青森工事事務所)

(回答)

ダム湖の水質を悪化させる主な要因として藍藻類などの異常増殖が上げられ、これらは種々の要因により発生することが判明していますが、その中でも特に流域内で発生したリンや窒素などの栄養塩が過剰に河川よりダム湖に流入することが最も大きな要因と考えられます。

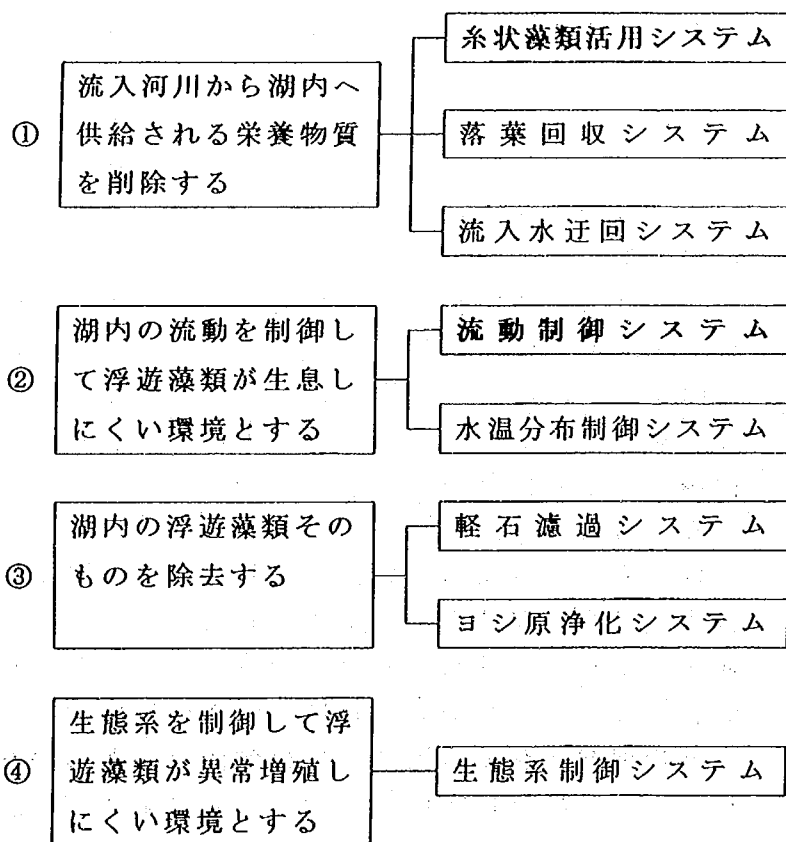
そこで、水質浄化対策として図－1に代表的な富栄養化対策手法を示します。

これらの対策手法の中で特に代表的な糸状藻類活用システム、流動制御システムについて説明します。

糸状藻類活用システムは、流入河川からダム湖などへ流入して来るリンや窒素の栄養物質を湖内に入る直前で削除する対策手法で、河川に生息している糸状藻類が栄養塩を吸収して増殖することを利用して、人為的に安定的に増殖できる環境を作り藻類を増殖・回収して栄養塩の除去を行うものです。

このシステムの適用方策として、現地の状況に合わせて浄化装置が選択でき（図－2参照）溪流の様な流れの速い地形からほとんど流速のない水平な所まで適用出来ます。

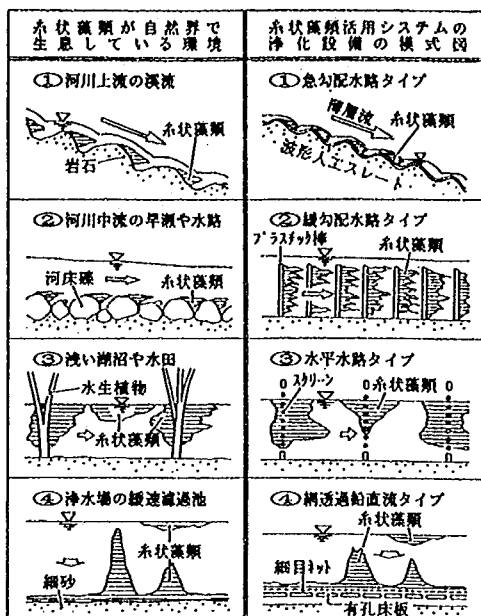
しかし、糸状藻類は濁質に弱いため濁質の多い河川や洪水時の高濁質の水は軽石濾過等による前処理が必要となります。



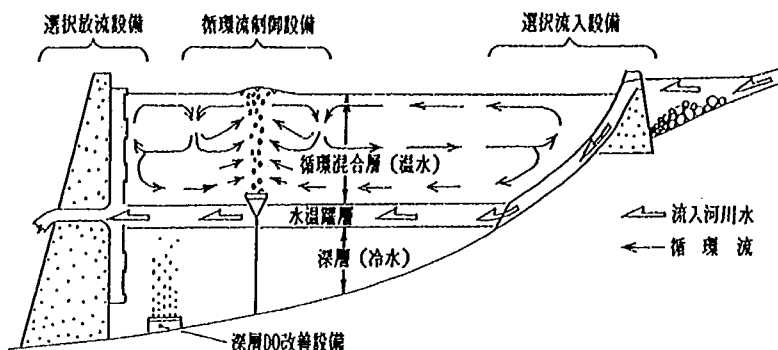
図－1 富栄養化対策手法

流動制御システムは、ダム湖内の流動を制御して藍藻類や鞭毛藻類が表層で安定した増殖をしにくい環境にする対策手法で、流動の制御手法として散気方式の曝気を行いダム湖の表層に温水でしかも水温分布が均一である循環混合層を水深15m～20mまで形成させ、表層に生息する藍藻類や鞭毛藻類への栄養物質と光を抑制します。（図－3参照）また、貯水池内で特に藻類が異常増殖しやすい環境にある入江水域には入江浄化システムを用いて曝気による入江水域の水の入れ替えを行うものである。

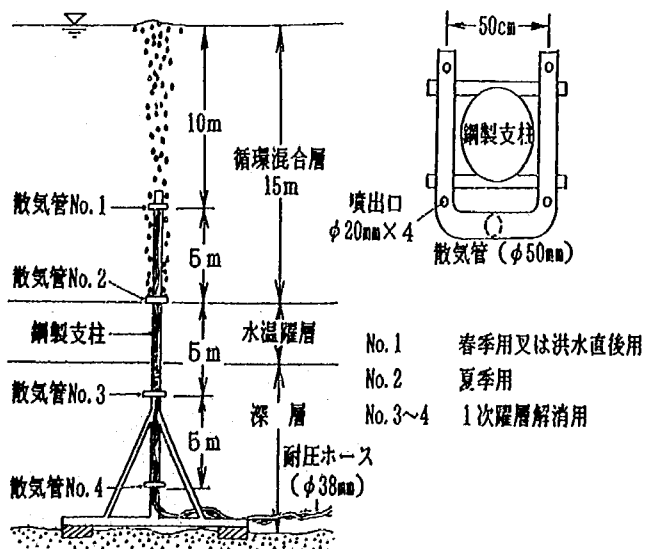
このシステムの適用方策として湛水面積1km² 当たり概ね3700ℓ/minの空気量による曝気が必要であり、曝気装置は湛水後のダムの湖底を考慮して2種類の装置を選択できます。



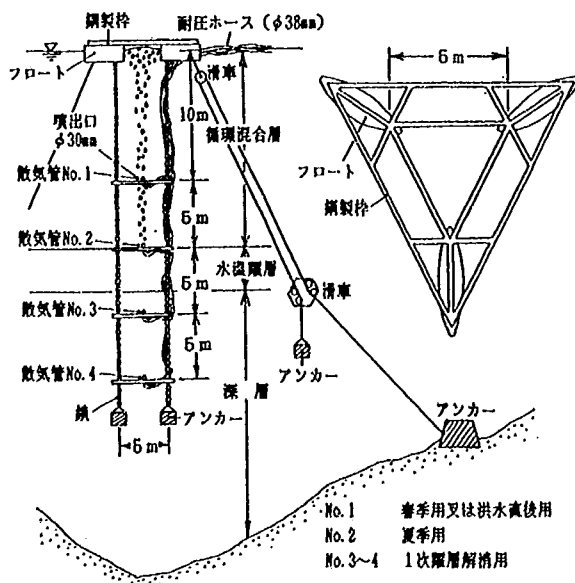
図－2 糸状藻類活用システム模式図



図－3 流動制御システムの模式図



図－4 循環流制御設備（湖底設置型）



図－5 循環流制御設備（水面設置型）

九州地建の耶馬溪ダム（湛水面積1.1km²）で曝気装置を実際に施工しており、水面設置型が完成しています。また、湖底設置型の設置も予定しており両方ともに3700ℓ/minの空気吐出量のコンプレッサーを使用しダムサイト近傍で曝気を行っています。2基の曝気装置を使用する理由として気象条件や貯水池内鉛直方向の水温差により流動能力に影響を及ぼすため1基分程度の余裕を必要であり、維持管理の面からも同規模の装置を施工する必要がある。入江浄化装置については同ダムで空気量1000ℓ/minの装置を使用し運用手法の検討を行っています。

総合的な水質浄化対策を行うには対策手法を組み合わせる必要がありますが、その最適な適用方策については適用するダムの状況により異なり使用できる用地の大きさや、貯水池の形状、流入する河川の水質等を考慮して行う必要があるため、今回の耶馬溪ダムの事例などは一般的な場合おける物です。

（環境計画研究室）

3. ダム貯水池における水質対策

(質問)

洪水時における多量の栄養塩負荷の流入に伴うダム湖内の栄養塩負荷の蓄積に起因する植物プランクトンの異常増殖の抑制について。

(三春ダム工事事務所)

(回答)

洪水時初期に流入する河川水には通常時より大量の栄養塩が流入している。そこで、頻繁に起こる中小洪水時における初期の河川水を出来るだけ貯水池内にとどめず放流することにより洪水時に流入する栄養塩負荷を低減することが可能となる。

具体的な手法として流動制御システムがあり、この手法は散気方式の曝気を行いダム湖の流動を制御して表層に温水でしかも水温分布が均一である循環混合層を水深15m～20mまで常に形成させ、中小洪水時における栄養負荷の高い冷水を水温躍層を使い放流口まで導き放流する手法である。(図-1 参照)

流動制御システムは、循環流制御設備、選択流入設備、選択放流設備等から構成される。

それぞれの設備の効果として循環流制御設備は、先に述べたように貯水池内の流動を制御して水温躍層を作り

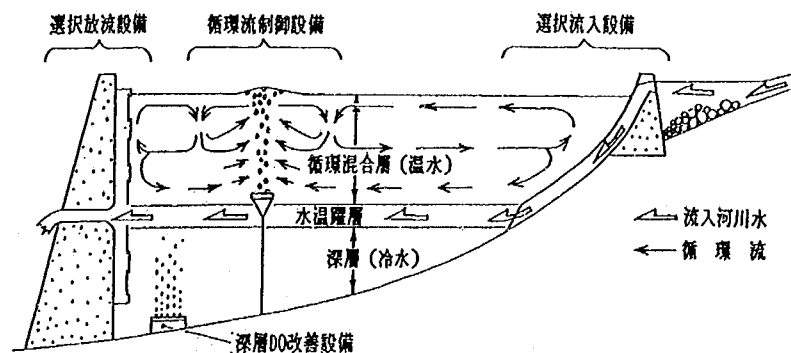


図-1 流動制御システムの模式図

藍藻類等の増殖抑制や栄養塩の早期放流を行う施設であり、選択流入設備は流入河川を極力循環混合層と混合させることなく水温躍層に導くための施設であり、選択放流施設は放流口を水温躍層の高さに合わせることで水温躍層を導かれた栄養塩類の多く含んだ水を効果的に放流するための施設である。

これらの施設を組み合わせることにより流動制御システムは効果的に洪水時の栄養塩を貯水池内から放流することが可能となる。しかし、流入端の地形などにより選択流入施設が設置出来ない場合や、選択放流設備による効果的な放流がダムの運用手法や下流へ冷水を流せない等の条件により効果が最大に発揮出来ない場合が考えられる。また、運用手法として洪水時の濁質を多く含んだ流入水の場合には曝気を停止し濁質の巻き上げを防止します。洪水後に濁質が沈降するのを確認し曝気の再開を行う操作が必要となります。

(環境計画研究室)

河 川 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)
1. 河道の安定化	河川部河川計画課	河川研究室…………… 55

1. 河道の安定化

(質問)

河道計画を検討する場合、河道の安定性を考慮する必要があると言われています。この「安定化」の定義はどのようなものか？ また、何をもって「安定化」と判断すればよいのか？ この2点につき御教示願いたい。

(河川部河川計画課)

(回答)

文字どおりの安定河道は實際上存在せず、河道はどのような場合にも変化すると考えておいた方がよい

日本の河川のほとんどは沖積河川である。山地で生産された土砂が浅い内湾を埋め立てながらできたのが沖積平野で、沖積河川が山地の生産土砂をばらまきながら沖積平野を造ったのである。このような「沖積作用」、すなわち沖積河川による土地・地形づくりは、今も続いている。したがって、このような沖積河川を扱う限り、程度の差こそあれ、河道の形は本質的に変化し続けると考えるのが妥当である。

このことを、図-1の代表的な河道縦断形で考えてみる。この河道は、上流から順に、勾配の急な砂利河道区間と、勾配の緩い砂河道区間、勾配のほぼ平らな細砂河道区間から成っている。河道セグメント分類で言えば¹⁾、上流から順に、セグメント1（または2-1）、セグメント2-2、セグメント3となる。さて、上流からの供給土砂量が安定して

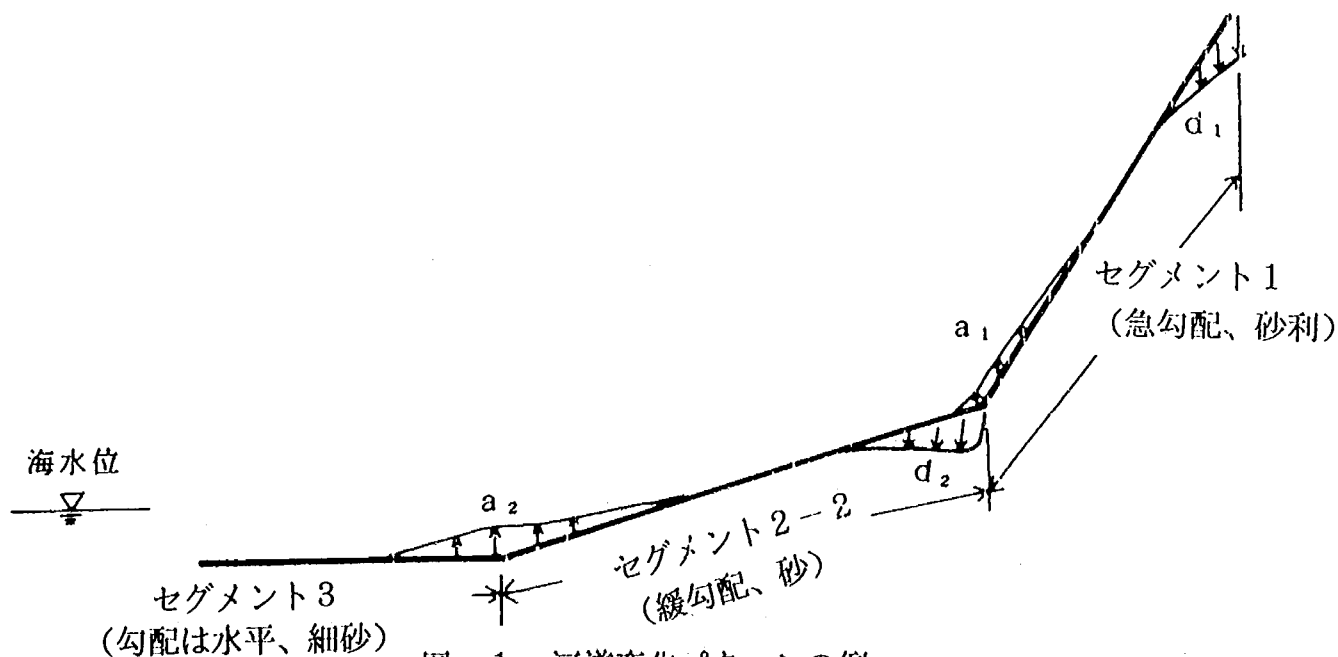


図-1 河道変化パターンの例

いる条件でも、この河道の中で各セグメントの境目では、どうしても河床上昇が生じてしまい、その影響が上流に波及する。たとえば、セグメント3と2-2の境界付近では、海水位と勾配減少の影響を受けて、セグメント2-2からの砂が堆積し、河床上昇が起こる（図-1中のパターンa1）。セグメント1（あるいは2-1）と2-2との境目では、砂利が緩勾配のセグメント2-2にほとんど行けないため、河床上昇が起こる（図-1中のパターンa2）。これらは、まさに沖積作用の一環であり、沖積河川本来の性質上避けられないものである。上流からの供給土砂量が減少したりすれば、さらにd1、d2のような河床低下が起こりうる。

ほとんど変化しないように見える高水敷高も、洪水による冠水の度に細砂やシルトなどが堆積し、着実に高くなる。300年で数mに及ぶという記録が残されている場所もある。

低水路の川幅は、いわゆる「安定」の概念に最も近い特性を持ち、特にセグメント2-1、2-2では、自然状態の川幅からずれた川幅にすると、比較的早く侵食や河岸・高水敷形成が起こり、元の川幅に戻ることが知られている²⁾。ただ、これについても、ある時に川幅が安定であっても、長い間には、河床縦断形や高水敷高の変化と共に川幅変化が起こることも考えられる。また、川幅が安定でも護岸がなければ河岸侵食に伴う蛇行は当然起こりうる。

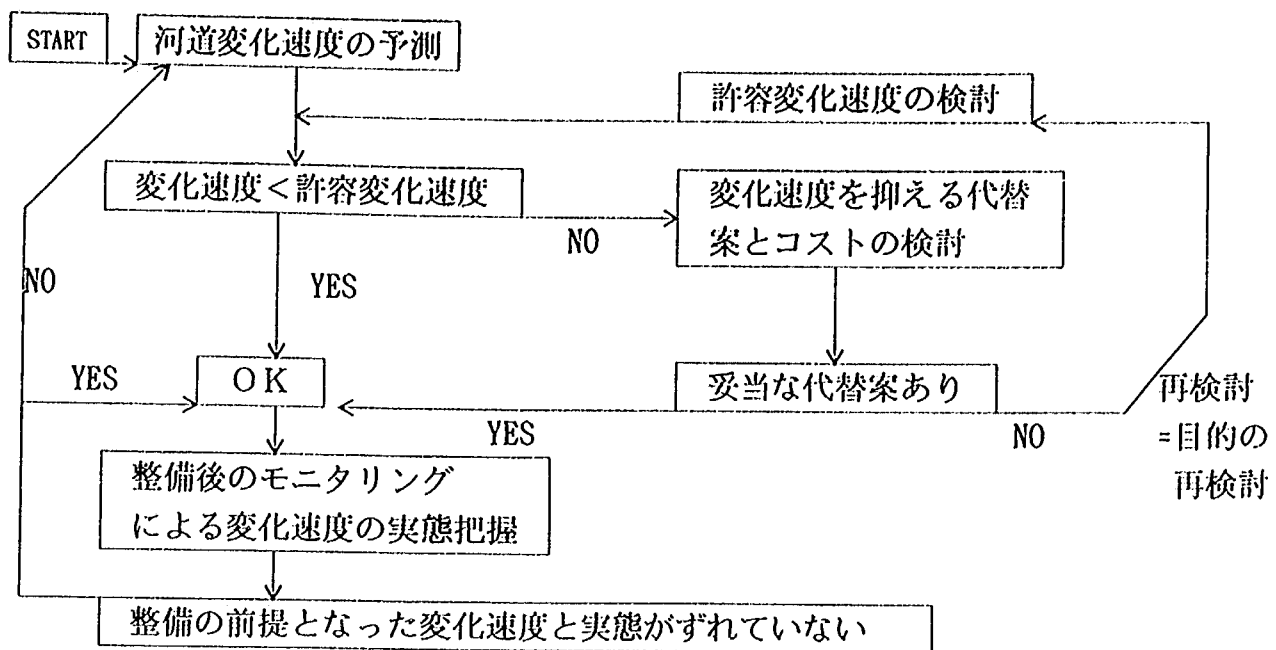
以上から、沖積河川の場合、低水路川幅を除いて、「ある河道諸元にすれば安定な河道形状となる」という「安定～～」的な考え方はとらない方が無難である。その代わり、「ある河道がどのような速度で変化するか」という**変化の度合い**という視点で河道安定問題をとらえた方がよい。

変化速度の非常に小さい河道をつくるのは、そう簡単ではない

「変化の度合い」という尺度で河道安定問題を検討する場合、変化速度が非常に小さな河道が事実上安定な河道であり、そのような河道を河道改修の目標にすべきとの考えが出てくるかもしれない。しかし、今まで述べてきたように、沖積河川は本質的に変化する性質を持っており、その変化速度が0に近いような河道をつくるのは一般的に非常に難しい。また、低水路川幅のように、短期的には安定川幅を設定できる場合でも、社会的条件等から、そのような川幅が実現するのが困難な場所もありうる。このような状況で、自然的特性だけが根拠の「安定川幅」を無理に主張することは必ずしも妥当とは言えない。したがって、河道安定を検討する場合、「予想される河道変化速度が種々の観点から見て妥当な範囲内にあるか？」を総合的に吟味することが非常に重要になってくる。

安定の定義は柔軟かつ相対的にとらえたほうがよい

すなわち、一般的には、図-2に示すような考え方で、それぞれの河道諸元の妥当性を判断することが考えられる。まず、対象とする河道の変化速度を予測する。また、許容変化速度を検討する。得られた変化速度が許容変化速度以下ならOKとなる。許容変化速度以上の場合には、変化速度を許容範囲内におさめるための代替案と、その代替案を実施す



図－２ 河道変化速度に基づく河道設計の考え方

るための付加的成本を算定する。代替案の特徴とコストを勘案して最終判断を行う。ここで、妥当な代替案が無い場合には、許容変化速度自体を検討し直す。これは、河道計画の目的自体を再検討することを意味する。

以上を、少し具体例をあげながら見ていこう。河道変化速度の予測には、通常、工学的な方法（河床変動計算や過去の変化傾向の分析など）を用いる。許容変化速度は状況に応じて適切に定めなければならない。たとえば、一定以上の疎通能力があればよく、当該区間に構造物が少なく河床が下がる分には大きな問題が起きないのであれば、許容変化速度は、河床上昇速度が0かマイナスであれば良いことになる。当該区間に構造物があり、河床低下により、その維持が困難になる場合には、構造物の河床低下に対する脆弱性や、その補修の実現性、実現可能な補修のテンポなどから、河床低下速度が一定値以下ということも、許容速度の項目に入ってくる。さらに、自然分流や調節地区間などのように、H～Q関係がほとんどずれてはならない河道区間については、河床上昇・低下速度とも極めて限られた範囲でしか許容できなくなる。このように、当該区間の河道をとりまく状況や役割に応じて適切に許容変化速度を定めることが非常に大切であり、河道安定化の年次の概念も、この検討の中で必要に応じ自動的に入ってくることになる。

変化速度を抑える代替案としては、たとえば、河床上昇を問題にする場合には、河道の掘削・浚渫がまず考えられ、また、土砂が貯まりにくくするための上流からの供給土砂の制御や河道形状の変更があるかもしれない。河床低下が問題になる場合には、床止めなどによる直接的な工法他、河床低下自体を抑えるための河道形状の変更や、上流からの供給土砂の適度な増大策がありえる。いずれにしても、対症療法的な方策だけでなく、また

構造物だけに拘泥せず、変化の原因にまで遡った幅広い代替案を検討することが肝要である。これらの代替案のコストについては、経済面でのコスト、環境面でのコストをカウントする。特に、河床掘削などは、河床上昇の原因が無くならない限り半永久的に掛かるコストであり、こうした経費の時間的な特徴も考慮してコスト比較を行うことを忘れてはならない。

代替案の選定においては、河道変化速度を許容値以内におさめるためのコストが、改修等河道整備の目的とその効果から見て、十分カバーされるものであるかどうかをよく吟味しなければならない。

妥当な案が選択できなかった場合には、許容速度自体を再検討することになる。これは、前にあげた許容速度検討の例からわかるように、河道整備の目的も含めた見直しを行うことに他ならない。

予測は大なり小なり不確実な部分を残すので、モニタリングをしっかりと行う

河道変化速度の予測は、必ずしも十分な精度を持たない場合も多いので、河道整備実施後、河道状況のモニタリングを継続して行い、河道整備の代替案選定の前提となった河道変化予測と実態とのずれを監視し、必要に応じて、下した判断の再点検を行う（図-2参照）。

以上に示したように、河道安定については統一された概念があるわけではなく、個々の懸案について、上に示した検討を通して定まってくる性質のものである。その際には、河道自体の自然的特性だけでなく、河道整備の目的、効果や制約条件、河道をとりまく社会・経済を含む諸条件などが、勘案されなくてはならない。

なお、河道縦断形の変化についての種々の検討の具体的方法については、文献3)に示されているので参照されたい。

参考文献

- 1)山本晃一：沖積河川学、山海堂、第1章、1994.
- 2)山本晃一・藤田光一・佐々木克也：河岸形成における水と植生の役割、土木技術資料、35-8、1993.
- 3)山本晃一・藤田光一ほか：沖積河道縦断形の形成機構に関する研究、土木研究所資料、第3164号、第6章、1993.

(河川研究室)

ダム部門目次

	(質問者)	(回答者)
1. 小規模ダムにおけるレディー・ミクストコンクリートの使用	(株)奥村組仙台支社	ダム構造研究室…………… 59
2. ダムコンクリートの剪断強度	西松建設(株)月山ダム出張所	ダム構造研究室…………… 61
3. RCD ダムの骨材寸法	鹿島建設(株)東北支店	ダム構造研究室…………… 63
4. フィルダム堤体断面外の盛土	摺上川ダム工事事務所	フィルダム研究室…………… 65
5. フィルダム盛立に伴う RI 密度計による品質管理の可能性	(株)大林組 摺上川ダム JV 工事事務所	フィルダム研究室…………… 68

1. 小規模ダムにおけるレディーミクストコンクリートの使用

(質問)

小規模生活ダムの堤体コンクリートにレディーミクストコンクリートを用いることの適否について御教示願いたい。

((株) 奥村組仙台支社)

(回答)

山間部、半島部、島しょ部には、治水、利水に対する安全度が低く早急な対策が望まれている地域が多くあります。小規模生活ダムはこのような地域の治水、利水を目的として造られるダムです。小規模生活ダムは、小規模とはいえ、流水を貯留または放流する施設である点において通常のダムと変わるところはありません。したがって、その構造物としての機能および安全性は通常のダムと同等のものを有していなくてはならず、小規模生活ダムの計画、調査、設計、施工、管理は、河川管理施設等構造令、河川管理施設等構造令施行規則、河川砂防技術基準（案）に準拠して行う必要があります。この原則は小規模生活ダム技術指針（案）に詳しく述べられています。

さて、小規模生活ダムの堤体コンクリートにレディーミクストコンクリートを使用することの適否ですが、小規模生活ダム技術指針（案）では、レディーミクストコンクリートを使用せずに、現場に設けたバッチャープラントでコンクリートを製造することを基本としています。これは、小規模なダムといっても、その堤体積は10,000～20,000m³以上あり、他の構造物に比較して大量なコンクリートを必要とすることから、品質の一定したコンクリートを安定して得るには現場のバッチャープラントでコンクリートを製造することが有利と考えているためです。この点について詳述すると以下のとおりです。

- ①温度ひび割れを防止し、所要の水密性と耐久性を確保するため、ダムコンクリートは堤体各部がもつ機能と目的に応じて外部コンクリート、内部コンクリート、構造物周辺コンクリートなどに区分することを基本としていますが、遠方よりコンクリートを運搬する場合、必要な時間に所要の配合のコンクリートを打ち込むことが一般に容易でないと考えられること。
- ②単位セメント量の少ない配合で所要の品質を得るため、外部コンクリートや内部コンクリートは硬練りのコンクリートとすることを基本としていますが、遠方よりコンクリートを運搬する場合、打込み箇所で所要のコンシステンシーのコンクリートを得ることが一般に容易でないと考えられること。また、運搬中にコンクリート温度が上昇した場合、温度応力上も不利となること。
- ③小規模なダムといえども通常の構造物に比べて大量のコンクリートを打設することから、コンクリートプラントを占有して使用することが必要となり、レディミクストコンクリートを使用した場合、その地域のコンクリートの供給体制に影響を及ぼす可能性があること。

なお、以上の課題が解決されれば、小規模生活ダムにレディーミクストコンクリートを使用することも可能と考えられますが、このようなケースは、ダムの規模が $10,000\text{m}^3$ 程度と小さく、かつ、ダムサイト近傍に粗骨材の最大寸法が 60mm 以上のダムコンクリートを安定して供給できるレディーミクストコンクリート製造工場がある場合など、極めて特殊な場合に限定されると思われます。

一方、堤体積が小さいコンクリートダムにおいては、①コンクリート標準示方書に示すダムコンクリート用骨材としての品質を満足すること、②最大粒径 60mm 以上の粗骨材を生産できること、③堤体コンクリートの打設開始から終了まで同一の原石山で骨材生産が行えること、④堤体コンクリートの打設開始から終了まで所定の品質の骨材を安定して供給できることの4点を満たすことを条件に、購入骨材を使用することが可能です。このため、小規模生活ダムでは、原石山を設けず、購入骨材を使用する場合があります。

(ダム構造研究室)

2. ダムコンクリートの剪断強度

(質問)

RCD工法では、RCD用コンクリートの打継目のせん断強度を確認するため、ボーリングコアを用いたせん断試験が行われることがありますが、コンクリートダムの打継目に必要なせん断強度についてご教示願いたい。

(西松建設(株)月山ダム出張所)

(回答)

コンクリートダムの構造の安定性を確保するためには、次の3つの要件を満足することが必要です。

- ① 堤体の転倒に対して安全であること
- ② 堤体の滑動に対して安全であること
- ③ 堤体内に生じる応力が許容応力を上回らないこと

このうち、①と②はダム堤体の全体としての安定性を示したものの、③はダム堤体の局所的な安定性を示したものと考えられます。①、②は本来ダム堤体の底面において検討されるべきものですが、ダム堤体の内部に弱面がある場合には、その面についても同様に検討する必要があります。このような弱面として、コンクリートの打継目があげられます。打継目のせん断強度に関する本質問は上記3つの要件のうち②に関わるものですから、以下、②の要件について詳しく説明します。

堤体の滑動に対する安定性について、「河川施設等構造令施行規則」ではせん断摩擦安全率が4以上あることを要求しています。ここで、せん断摩擦安全率は次式で求められます。

$$N = \frac{\tau_0 l + f V}{H} \quad (1)$$

ここに、 τ_0 : せん断を考える面のせん断強度

f : せん断を考える面の内部摩擦係数

l : せん断を考える面の長さ

V : せん断を考える面に作用する単位幅あたりの垂直力

H : せん断を考える面に作用する単位幅あたりのせん断力

したがって、打継目についても、(1)式で求められるせん断摩擦安全率が4以上あることを確認する必要があります。

ここで、コンクリートの圧縮強度とせん断強度の関係について説明しておきましょう。一軸圧縮試験におけるコンクリートの破壊形態を見ると、供試体に斜め方向のひび割れが生じ、せん断破壊が生じていることがわかります。したがって、圧縮強度とせん断強度の間にある関係が成立することが理解できると思います。理論的にその関係を求めると次の

ようになります。

$$\tau_o = \frac{f_c}{2} (\sqrt{1+f^2} - f) \quad (2)$$

ここに、 f_c : 圧縮強度

コンクリートの内部摩擦係数はおよそ 1 と考えられますから、ここで $f = 1$ と仮定すると (2) 式より

$$\tau_o \approx 0.2 f_c \quad (3)$$

が得られます。十分に処理を行った打継目のせん断強度はコンクリートのせん断強度とほぼ等しいせん断強度をもつことがわかっていますから、一般的には、内部摩擦係数を 1、せん断強度をコンクリートの圧縮強度の $1/5$ として打継目のせん断摩擦安全率を検討すればよいことになります。

なお、転倒に対する安定性①を満足する重力式コンクリートダムにおいて、滑動に対する安定性②を満足するために必要なせん断強度 τ_o は、堤高を h 、水の単位体積重量を γ_w として、およそ

$$\tau_o = 2.2 \gamma_w h \quad (4)$$

で与えられます。一方、許容応力の条件③から必要になるコンクリートの圧縮強度 f_c はおよそ

$$f_c = 13 \gamma_w h \quad (5)$$

で与えられ、これに対応するせん断強度は、(2) 式より

$$\tau_o = 2.6 \gamma_w h \quad (6)$$

となります。したがって、適切な打継目処理が行われている限り、一般に打継目のせん断強度が問題となることはありません。

なお、従来、打継目の内部摩擦係数を $0.65 \sim 0.8$ 、せん断強度をコンクリートの圧縮強度の $1/7 \sim 1/10$ とするような設計が行われていましたが、これは、処理が不十分な打継目が存在することを想定したものと考えられます。しかし、このような設計を行うよりも、確実な打継目処理を行って、構造上の弱点となるような打継目を造らないことがより重要であると考えます。

(ダム構造研究室)

3.RCDダムの骨材寸法

(質問)

RCD用コンクリートでは、粗骨材の最大寸法を150mmにする事例と80mmにする事例がありますが、RCD用コンクリートの粗骨材の最大寸法の選定にあたって留意すべき点について御教示願いたい。

(鹿島建設(株) 東北支店)

(回答)

RCD工法は、ブルドーザーで撒き出したコンクリートを振動ローラーで締め固めてコンクリートダムを築造する工法で、縦継目を省略した全面レヤ打設を基本としています。このため、RCD工法に用いるコンクリート(RCD用コンクリート)は、温度ひび割れの発生を防止するため、単位結合材量をできるだけ減じた貧配合コンクリートとすると同時に、振動ローラーで確実な締固めが行えるように材料分離を生じにくい配合とすることが必要です。

さて、コンクリートの単位結合材量は、水セメント比を一定とした場合、骨材の実積率に大きく影響されます。ここに、骨材の実積率とは、骨材の単位容積質量試験において容器に満たした骨材の絶対容積と容器の容積の比の百分率を表し、骨材の実積率が大きいほど骨材間の空隙は小さくなります。一般に、骨材粒度を連続粒度としたとき、粗骨材の最大寸法が小さい場合に比べて粗骨材の最大寸法が大きい方が骨材の実積率は大きくなります。したがって、粗骨材の最大寸法を大きくすることによって骨材の空隙を充填するために必要な単位ペースト量を少なく抑えることができます。また、粗骨材の最大寸法を大きくすると、骨材の表面積が小さくなります。したがって、粗骨材の最大寸法を大きくすると、所要のコンシステンシーを得るために必要な単位ペースト量を少なくすることができます。このようなことから、従来より、ダムコンクリートでは、粗骨材の最大寸法を150mmとして単位結合材量をできるだけ抑えるという配合設計方法がとられてきました。

しかし、RCD用コンクリートの場合には、骨材どうしを完全に結合するため、少なくとも 120kg/m^3 程度の単位結合材量が必要と考えられます。一方、いままでのRCD用コンクリートの配合設計事例を見ると、粗骨材の最大寸法を80mmとしても、 120kg/m^3 の単位結合材量で所要の強度とコンシステンシーが得られることがわかっています。したがって、RCD用コンクリートでは、堤高の高いダムで高い強度を必要とする場合を除き、粗骨材の最大寸法を150mmとしても必ずしも単位結合材量の低減には結びつきません。

次に、RCD用コンクリートは貧配合コンクリートのため、材料の分離について十分な注意が必要です。RCD用コンクリートは、一般に75cm~100cmのリフト厚で締め固められますが、このとき、1層27cmの薄層に分けて撒き出し、また、ブルドーザーで十分にか

きまぜて材料分離の発生を防止しています。一般に、コンクリートの材料分離は打設箇所へコンクリートを荷下ろしするときに生じやすく、また、粗骨材の最大寸法が大きいほど材料分離が生じやすくなります。したがって、材料分離を抑えて均質なコンクリートを得るためには、粗骨材の最大寸法を小さくすることが有利となります。

ところで、ダムコンクリート用の骨材は一般に原石山から採取した原石を破碎して製造しています。したがって、粗骨材の最大寸法を小さくした場合には、骨材を小割するために骨材製造設備の運転経費が若干増加することが予想されます。しかし、骨材のふるい分け、貯蔵設備についてみると、粗骨材の最大寸法が150mmの場合には4分級であるのに対して、粗骨材の最大寸法が80mmの場合には3分級で済み、一系列分のふるい分け設備や貯蔵設備を省略することができます。また、バッチャープラントの受材槽の数も少なくすることができます。

以上、RCD用コンクリートの粗骨材の最大寸法を150mmにする場合と80mmにする場合の得失について、RCD用コンクリートの配合と施工時の材料分離および骨材製造設備に関して整理しました。これらの点を総合的に評価すると、特別な要件がない限り、一般に、RCD用コンクリートの粗骨材の最大寸法は80mmとすることが望ましいと考えられます。

(ダム構造研究室)

4. フィルダム堤体断面外の盛土

(質問)

摺上川ダムでは材料の有効利用および周辺環境整備の一環として、フィルダム堤体下流面の上に廃棄岩の盛土を計画し、その上を一般市民に開放する予定である。排水等設計上、検討、考慮すべき課題をご教示願いたい。(摺上川ダム工事事務所)

(回答)

1. フィルダム堤体上に廃棄岩等の盛土を行う場合、堤体と盛土部の境界部の接続構造、盛土が堤体に与える影響、盛土部の構造、設計・施工・維持管理について検討する必要がある。

まず、堤体と盛土部は、使用する材料、設計、施工法が異なるため、その境界部に縁切り構造を配置する必要がある。特に、廃棄岩等でロック材に比して細粒分を多く含むことが予想される場合、これが堤体ロック部に移動し、その排水性を損なうことのない構造とする必要がある。また、盛土部から堤体下流部への水の浸透を防止するため、境界部にフィルタードレイン構造を配置することが適切と考えられる。

また、将来の維持管理における管理区分を明確にするため、盛土表面において、堤敷きとそれ以外の部分で境界線を設定しておくことも重要と考えられる。

堤体下流部の上に盛土した事例は、堤高の高いダムではないと思われるが、堤高の低いダムでの事例を図-1～3に示す。これらの事例によると縁切り部の厚さは、2 m程度までとなっているが、機能設計のみならず施工性も考慮する必要がある。

2. 次に、堤体に与える影響を考える。

①堤体の安定性については、盛土部の自重が堤体のすべりに対する押さえとして働くことから、安全側にある。ただし、堤体の安定計算で盛土部の自重を設計上カウントする場合には、盛土部についても適切な設計値、施工法を定め、品質管理する必要がある。

②堤体下流の排水性確保について、廃棄岩等の盛土材は、細粒分が多く透水係数がロック材よりも小さくて、排水性が劣ることが予想されるため構造的な検討が必要である。堤体の安定計算においては、下流側水位は下流側河川水位に等しいものとして行っているのが一般的であり、盛土の配置にあたってはこの前提条件が満たされるように盛土表面および内部の排水構造について検討を行う必要がある。また、必要に応じて、下流側に水位観測孔を配置して堤体設計条件の確認・監視を行う。

③堤体の安全管理のための計測設備について検討する必要がある。フィルダムの安全管理では、外部および内部変形測定、浸透量の測定が基本的に重要であるが、高い盛土を行った場合、これらの計測が困難になることが考えられる。したがって、

図-1 竜門ダム脇ダムの土捨場配置図

図-2 白川ダム断面図

必要に応じて層別沈下計などの埋設計器を代替施設として設置するとともに、浸透流（漏水）観測施設の配置、分離計測のゾーニング、構造など計測精度を確保するための施設設計に十分留意する必要がある

3. 続いて、盛土部の設計・施工、維持管理等について述べる。

①盛土の使用材料としては、廃棄岩であればあまり問題はないと思われるが、適当に排水性・強度があり、変形・沈下量のあまり大きくない材料が望ましい。透水性が低くて過剰間隙水圧の発生しやすいもの、液状化の可能性のあるもの、軟質な土や有機物を含むような材料は基本的に好ましくないと考える。

盛土高がある程度高い場合には、沈下・変形、地震時を含む盛土下流面のすべりに対する安定性の検討が必要となる。このため、必要に応じて盛土材の土質試験、材料試験（締固め密度、強度、透水試験）などを行う。

②盛土面の高さについて、堤高の高いダムでは天端近くの高標高部の地震時応答が大きいので、強度の小さな盛土部の安定性が問題となる。堤高の高さにもよるが、堤高の高いダムで1/2を超えるような高盛土では、地震時応答を含む詳細検討が必要と思われる。

③盛土部の排水性確保については、2. で述べたように堤体に与える影響が予想されるので、雨水や沢水などの地表水の廃水処理、内部の浸透水が速やかに排除出来るように必要に応じて水平ドレーンを配置するなどの構造的検討が必要である。図-3の白川ダムの事例では、盛土高さ5 m毎に水平ドレーンを配置している。

④盛土部の施工について、ダム堤体のように十分な転圧や厳格な品質管理は、必ずしも必要ないが、大きな変形・沈下を生じることのないよう最小限度の転圧は必要と考えられる。また、盛土法面部は、雨水による浸食を防止するためリップラップや張芝等の保護工を配置する必要がある。

⑤盛土部への植栽については、堤敷き断面以外での低木の植栽はあまり問題がないと思われるが、高木の植栽については、樹根の堤体への侵入防止など、堤体に与える影響と対策や維持管理主体、方法などについて十分慎重な検討を必要と思われる。

（フィルダム研究室）

5. フィルダム盛立に伴うR I 密度計による品質管理の可能性

(質問)

フィルダム盛立材料の現場密度試験方法としてR I 密度計が一部で用いられているが、その現況と品質管理における適用可能性、今後の展望についてご教示願いたい。

(備大林組 摺上川ダム J V 工事事務所)

(回答)

1. R I 密度計の概要

R I 密度計には、散乱型と透過型の2つの方式があるが、フィルダムの分野では、従来、透過型が用いられている。透過型R I 密度計は、R I (ラジオアイソトープ) のガンマ線密度計(透過型)を用いて土の密度(湿潤密度)を測定するものである。図-1に透過型の代表的なものとして表面型R I 密度計の概念図を示す。R I 法は、砂置換法などに比べて測定時間が短く、測定に特別な技巧や熟練度を必要としないなどの利点があり、土の性状が均質なものについては測定精度は砂置換法と同等以上とされている。また非破壊試験であるため同一

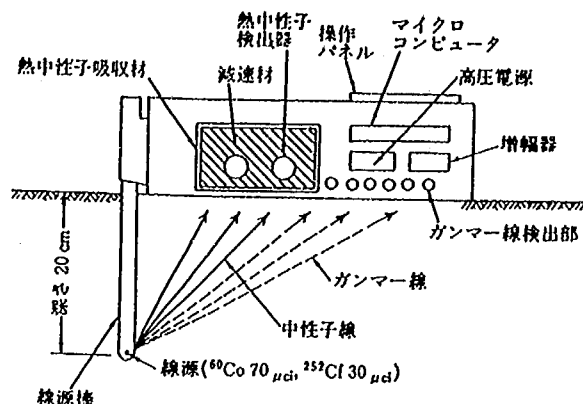


図-1 表面型R I 密度計の概念図

R I 計器の概略
計器の寸法 約 W320×D360×H130 mm
計器の重量 約 10～15 kgf
湿潤密度測定範囲 1～2.5(g/cm³)
水分量測定範囲 0～1.5(g/cm³)

地点において繰り返し測定が可能であるとともに、置換法のような試験孔の埋め戻し作業が不要といった利点もある。ただし、粗粒土や礫含有率が高い材料の場合にはまだ改善すべき点もあるが、締固めの均一性や相対的な締固め状況の迅速な把握には利点が多く、フィルダムの盛立管理においてもコア材を対象に置換法と併用¹⁾されることが多くなってきている。

フィルダムの分野では、高瀬ダムにおいて最初にR I 密度計を利用したとされている²⁾。同ダムでは、粗粒土まで適用できるように大型の表面型R I 密度計を開発し、R I 法と置換法の試験精度の比較、測定方向、測定時間等の検討、校正曲線の作成を行い、コア、フィルター、品質管理試験に砂置換法と併用して用いた。このときのR I 密度計は透過型、線源深さ30cm、線源の強さは1mmキューリーであった。

奈良俣ダムにおいては、コアの現場密度管理合理化の一手法としてR I 密度計が位置づけられた。R I 密度計の種類は表面透過型(線源深さ20cm)であった³⁾。

その後、水資源開発公団では、粗粒材を対象にまき出し層内の密度分布を測定するため、フレーム型R I 密度計を開発した⁴⁾。土木研究所においては、フレーム型R I 密度計の計測部を改良・自動化し、表面型とフレーム型R I 密度計を組み合わせることで実ダムのコア、フィルター、ロック材料の盛立試験を行い、盛立試験における材料の合理的な締固め度の評

価手法を提案している⁶⁾。

2. 粗粒材を対象とした置換法における密度測定の問題点⁶⁾

置換法における現場密度測定は置換孔の体積と掘削重量から求めるという点では非常にわかりやすい方法であり、この置換孔を利用して透水試験を行うことができるという利点を持っており、品質管理試験において一般的に利用されている。

ロック材料の最大粒径は数10cmから1m以上に及んでおり、転圧層の厚さは最大粒径以上に設定されることになる。現場密度試験を行う容積は、最大粒径の岩塊に比べて十分大きくななければならないが、このような大容量の密度試験が可能なのは現状でも「大型置換法」しかなく透水ゾーンでは置換材として水が用いられることが多い。

粗粒材を対象とした置換法による密度試験における問題点をまとめると次のようである。

- ① 破壊試験であるため繰返し測定が不可能
- ② 置換孔の大きさにもよるが一般に多くの労力と時間がかかる。このため、試験点数を多くできない。
- ③ 置換孔径と材料の最大粒径との関係が単純に設定できない。
- ④ 転圧層内で深さ方向に密度が一樣でない場合、平均密度に偏りを生じる。
- ⑤ 孔壁のゆるみや透水シート（水置換法の場合）の密度性などが試験誤差となる。

これらの問題点を補完する方法としてR I密度計が位置づけられる。

3. 現場密度管理試験におけるR I密度計の利用可能性

1. で述べたように最大粒径が比較的小さく、均質性の高いコア材については、置換法と併用する形で表面透過型のR I密度計が使用されている。しかしながら、最大粒径の大きな粗粒材（ロック材）については、線源の放射線量に規制があること、ロック材の盛立厚さに対応した線源挿入孔の削孔が困難なことなどから施工管理における使用実績はなく、土木研究所によるいくつかのフィルダムの盛立て試験に適用されているのみである。

大小の粒径が混合しているフィルダム材料では、粒度分布に幅があるため、多点数の測定を行い試験および粒度のばらつきを考慮した形で締固め度を評価することがより合理的と考えられる。この点でR I密度計は、従来の置換法に比べて迅速および簡便で多点数の測定が可能な装置であり、今後、粗粒材を含む現場密度管理の合理化、省力化を進めるため実証試験を増やして、その現地適用性を明らかにしていくことが重要であろう。このため、R I密度計の測定精度を向上させ、さらに、より簡便で測定時間を短縮するための装置の改善が必要であると考えている。

4. 盛立試験におけるR I密度計の使用例^{7), 8)}

ここでは、ロック材の盛立て試験において、表面型およびフレーム型R I密度計を組合せて締固め密度を測定し、転圧効果を検討した事例を紹介する。フレーム型R I密度計は盛立層内の密度分布を計測するために用いる。概念図を図-2に示すとともに、両密度計

表－１ 大型表面型 R I 密度計の諸元

線 源	コバルト 60 (^{60}Co) 3.7 メガベクレル (3.7 MBq) (100 マイクロキュリー (μCi))
検 出 器	NaI (TI) シンチレーション検出器
測定深さ	30 cm : 標準 (最大 50 cm)
測定時間	3 分/1 点
使用温度	0~50℃
本体寸法	縦 200 mm×横 450 mm×高さ 180 mm (BOX 部)

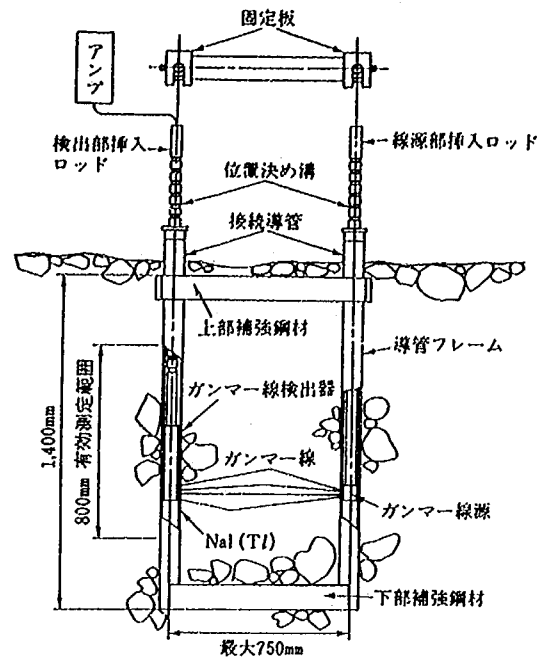
表－２ フレーム型 R I 密度計の諸元

線 源	^{60}Co 3.7 MBq (100 μCi)
検 出 器	NaI (TI) シンチレーション検出器
測定深さ	測定深さ任意 5 cm, 10 cm ピッチで測定 透過距離 75 cm (max)
測定時間	3 分~6 分/1 点
使用温度	0~50℃
導 管	導管寸法 $\phi 83 \times 1000 \times 1400$ mm 材質規格 STM 83-C 55

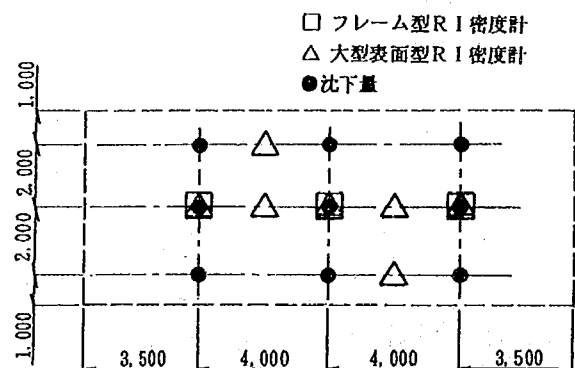
の諸元を表－１、表－２に示す。フレーム型 R I 密度計による測定では、２本の導管を平行に維持固定するための H 鋼梁がフレームの上下端にあるため、この梁の近傍では誤差が生じる。従って盛立面の底面から上方 20 cm の区間と地表面から下方 30 cm の区間は欠測となる。表層部の欠測を補うため大型表面型 R I 密度計の計測を行い、その値は測定深さの半分として地表面から 15 cm の値として取り扱う。

① 試験ヤードの計測位置を図－３に示すが、置換法の場合と異なり同一試験ヤードで各転圧回数における密度が測定できる点に特色がある。

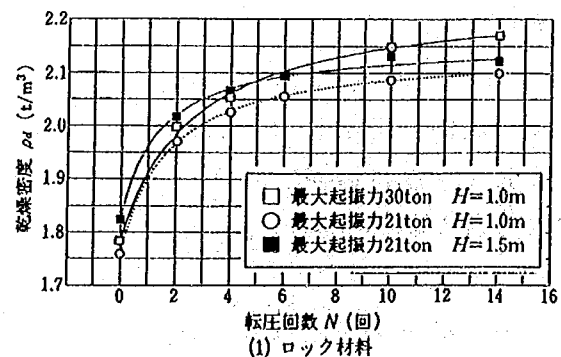
② 図－４にロック材料で測定された転圧回数と密度の関係の例を示す。これは表面型 R I 密度計によって得られたまき出し表層部の密度と転圧回数の関係を示したものである（７測点×４方向の平均値）。乾燥密度 ρ_d はいずれのゾーンでも転圧回数が増すごとに滑らかに上昇しており、ある転圧回数でほぼ収束状態に達することがわかる。図中の曲線は、



図－２ フレーム型 R I 密度計の概念図



図－３ 試験ヤードの計測位置



図－４ 転圧回数と乾燥密度

双曲線回帰式により近似される。このような近似式を用いることにより密度の上限値を推定することが可能であり、転圧効果・効率についても合理的な判断ができる。

③ 図-5は、フレイム型R I密度計によって求められた盛立層内部の密度分布状況を各転圧回数ごとに示したものの一例である。転圧回数とともにまき出し層内の密度が上昇していく様子がわかる。

④ 図-6にR I密度と水置換法密度を比較した一例⁶⁾を示す。黒塗りで示したデータは②、③で計測されたR I密度を置換孔の形状測定結果に基づいて断面補正している。この補正はR I法による実測値から置換孔内の平均密度を求めたことに相当する。図-6の例では置換法密度とR I密度の差は $\pm 0.1 \text{ t/m}^3$ の範囲におさまっている。

参考文献

1) 土質工学会編：土の締固めと管理、1991.8

2) 東京電力株式会社高瀬川水力建設所：高瀬川電力開発工事報告、1981.10

3) 水資源開発公団奈良俣ダム建設所：奈良俣ダム工事誌、1991.3

4) 瀬古育二、大本家正、柏木順、青木美樹

：ロックフィルダムの粗粒材料の盛立て密度測定法、土と基礎、1989.7

5) 土質工学会：粗粒材料の現場締固め、1990.12

6) ダム技術 No.73、1995、pp.24~35

7) 中村昭、豊田光雄、山本裕之：フィルダム材料の現場締固め特性、土木研究所資料第3338号、1995.1

8) ダム技術 No.100、1995、pp.176~179

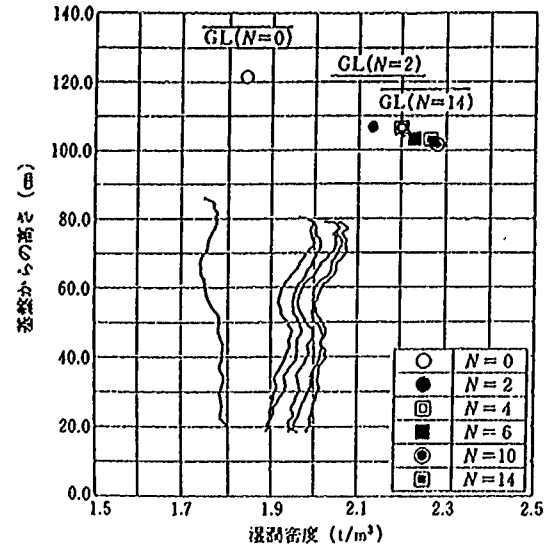


図-5 深さ方向の密度分布

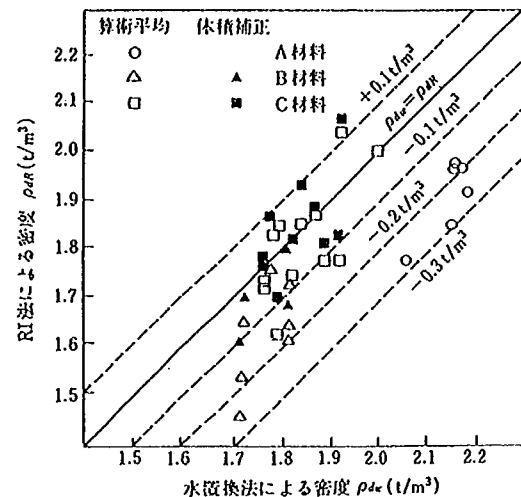


図-6 R I密度と置換法密度の関係

(フィルダム研究室)

砂 防 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)
1. 砂防施設における酸性水対策	岩手工事事務所	砂防研究室…………… 73
2. 砂防施設における濁水処理対策	新庄工事事務所	砂防研究室…………… 78

1. 砂防施設における酸性水対策

(質問)

砂防設備を計画する地点は一般的に火山地帯のところが多いことから、強酸性の溪流が多々ある。ほとんどの砂防設備はコンクリートを用いていることから、劣化等の問題を避けることはできない。このことから、砂防ダムの機能を考慮した耐酸性水対策についてご教示願いたい。

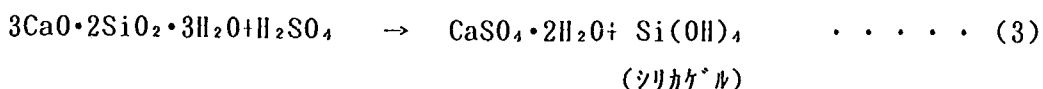
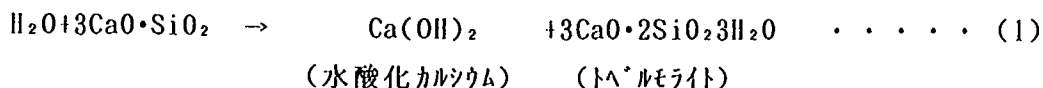
(岩手工事事務所)

(回答)

火山地帯の中には酸性の強い水が流下する溪流や河川があり、このような溪流や河川に設置されたコンクリート構造物が腐食等の被害を受ける場合がある。ここでは主として火山地域の酸性河川における砂防ダムなどのコンクリート構造物の耐酸工法について述べる。

(1) 酸性水(塩酸水、硫酸水等)がコンクリートに与える影響

酸による腐食は同じ溪流であれば硫酸よりも塩酸の方が著しい¹⁾。しかしながら日本道路公団等の調査結果^{2)~5)}では温泉によるコンクリート腐食の主たる原因は温泉に含まれる硫酸成分によるものであるとされている。硫酸によるコンクリート腐食の化学反応⁶⁾は以下で示される。



すなわち、コンクリートは、まず水和反応(1)でトベルモライトと水酸化カルシウムを生成し、ついで、これらの水和生成物が温泉中の硫酸と接触して、反応式(2)で石こう、反応式(3)でシリカゲルが出来ることになる。石こうは、コンクリートを腐食させ、シリカゲルのほうは、きわめて脆弱なため、セメント水和物のバインダー機能を低下させ、モルタル劣化、剥落をひき起こし、コンクリートの腐食が生じる。

コンクリートの腐食は、酸性度(pH)にほぼ比例して進行する。また、非常に厳しい腐食環境下(pH2~3, 温度70~80℃, 流速0.5~1cm/minで流れのある温泉水に浸漬した場合)では、配合(セメントの種類、量、W/Cなどを変えた)にかかわらず、腐食が浸漬期間にほぼ比例して大きく進行する。

コンクリートの腐食は化学反応であり、その進行速度は温度に大きく影響される。室内腐食試験結果によれば、コンクリートの腐食は腐食液(硫酸1%溶液)の温度にほぼ比例して進行している。20℃の場合の腐食深さを基準にすると、40℃の場合で約1.5倍、60℃の場

合で約2倍となっている。

また、種々の研究結果によれば硫酸イオン(SO_4^{2-})濃度は、コンクリートの長期的耐久性に大きく影響すると報告されている。

(2) 計画段階における調査、試験方法

酸性水、酸性土、酸性ガス等によるコンクリートの腐食の程度を推定するための基礎調査である腐食環境調査は適切な酸性対策を検討する上で重要である。

腐食環境調査に当たってはまず対象とする流域の地形、地質に応じて、広い範囲で行う。特に溪流や河川を流れる流水や溪流、河川沿いの地盤の酸性度(pH)および硫酸イオン(SO_4^{2-})濃度の平面分布や地中の縦断分布を把握する。さらに温度、硫化水素ガス等も腐食の進行速度に影響するためこれらについても調査する。なお、地盤中の土壌や地下水の調査にはボーリングを用いるのが普通であり、これは砂防ダム等の基礎地盤調査と併せて行うと効率的である。また季節により酸性度(pH)、硫酸イオン(SO_4^{2-})濃度、温度(水温、地温)が変化する場合もあるので季節ごとに行うことも必要である。

腐食環境調査の結果にもとづき、調査地点の腐食環境を判定する。

腐食環境区分は、表-1に示すように酸性度(pH)及び硫酸イオン(SO_4^{2-})濃度により原則としてAランク(非常に厳しい)、Bランク(厳しい)、Cランク(穏やか)およびDランク(通常)の4区分とするものとする。

ただし、コンクリートの腐食進行速度は、温度および硫化水素ガスの影響等によっても影響するため、腐食環境区分は、表-1のほかに、温度および硫化水素ガスの影響も考慮して総合的に判断すべきである。

現地での土壌暴露試験結果によれば、地盤表面部での腐食は他の部位(地中、地上)に比較していちじるしく大きい。これは、酸および硫酸イオンが凝集しやすく、また、乾湿の繰返し等による物理的作用も受けるためと考えられる。このため、必要に応じてコンクリート等の現地暴露試験を行い腐食の度合や用いるべき耐酸工法を判定する。

表-1 腐食環境区分⁷⁾

腐食環境区分			Aランク(非常に厳しい)	Bランク(厳しい)	Cランク(穏やか)	Dランク(通常)
コンクリート腐食程度			非常に大きい	大きい	小さい	ない
腐食要因	酸性度(pH)		4以下	4～5	5～6	6以上
	硫酸イオン(SO_4^{2-})濃度	土中	0.5%以上	0.5～0.25	0.25～0.05	0.05%以上
		水中	2000ppm以上	2000～1000	1000～200	200ppm以下

(3) コンクリートの腐食対策

酸性水等によるコンクリートの腐食対策は想定される腐食の程度により異なる。腐食が比較的軽度であると想定される場合にはセメントコンクリートの改質により防食効果を促すことが可能であるが重度の場合にはセメントコンクリートの改質では対応するのは困難でありコンクリートの増厚工法や防食材の被覆により対応するのが一般的である。なお関東地建、利根川水系砂防工事事務所では利根川支川吾妻川のPH4以下の酸性河川において

耐酸処理を実施している。

(a)コンクリートの品質面からの対応

腐食を防止・軽減するためには基本的には酸および硫酸イオン(SO_4^{2-})等のコンクリート内部への進入を防止することが効果的であるから密実で耐久性に優れたコンクリートを作る必要がある。このためコンクリートの材料、配合等を改良する。具体的には骨材としては酸に可溶性である石炭系骨材あるいは長石を多く含む岩石の骨材は用いないものとする。コンクリートの配合では高性能AE減水剤などを用いて作業性を確保して水セメント比を低下させることや高炉スラグ微粉末やポゾラン物質のフライアッシュやシリカフォームを用いる場合もある。またコンクリートの施工に当たっては締固めを十分に行い、豆板、コールドジョイント等の不良部分を生じさせないようにする。

(b)コンクリートの増厚工法

コンクリートによる増厚工法とは、有効コンクリート断面の外側に、腐食から防護するための防食コンクリートを一体打設する方法をいう。

本工法では、構造部材として必要な有効コンクリート断面の外側に、さらに防食コンクリートを一体打設し、腐食が有効断面まで到達しないことを期待する。

防食コンクリート厚の目安は、式(4)⁷⁾による。

$$\delta = \kappa (7 - \text{pH}) t \quad \dots \dots (4)$$

ここに、 δ ：防食コンクリート厚(mm)、 κ ：構造部位に応じた係数、pH：酸性度、 t ：コンクリートの腐食が有効コンクリート断面まで到達しないことを期待する使用年数。

利根川支川の吾妻川上流に設置された砂防ダムでは酸性水対策として通常の安定計算による必要断面の下流側へ25cm厚さでコンクリートの増厚を行っている⁸⁾。この際、景観も考慮して表面には雑割石(間知石)を張っている。

(c)防食剤による被覆工法

防食剤による被覆工法とは、各種防食剤を用いてコンクリート表面にコーティング、ライニング、あるいはシート等の張付けを行い、コンクリート表面を腐食から防護する方法をいい、性能、施工性、および経済性等を検討のうえ選定するものとする。

コーティングとはエポキシ、ポリエステルおよびアスファルト等の防食剤をガラスクロス1～2層をはさんで2～3層塗布し、1～2mm厚に仕上げる方法をいう。

ライニングとは、エポキシ、ポリエステル等の樹脂モルタルまたはポリマーセメントモルタル等の防食剤を数回塗布し、10mm程度の厚さに仕上げる方法をいう。

コンクリート表面に張り付ける防食剤としては、ブチルゴム(IIR)、エチレンプロピレンゴム(EPDM)等を用いた合成ゴムシート、ポリプロピレン等を用いた合成樹脂シートあるいはタイルがある。この工法では断目部分の位置および構造によっては、往々にして酸性水の侵入をまねく等により劣化を促進させることとなるので、その旨、十分留意のうえ施工する必要がある。前述した利根川支川吾妻川上流に設定された砂防ダムでは水通し天端、砂防ダム下流のり面、水叩部を除いて耐酸剤のライニング施工を行っている。なお、砂防ダムの水通し天端、砂防ダム下流のり面、水叩部はコンクリートの増厚を行っており、表

面には雑割石（間知石）を張っている。

(4) 構造面での留意点について

砂防設備特有の構造に基づく耐酸工法の計画、設計、施工上の留意点を述べる^{8)・9)}。

(a) 流水や土砂の流下、落下、衝突への対応

砂防ダムの下流のり面、水叩工表面、水通し部は出水時には砂礫を含んだ流水や土石流が衝突、流下する可能性が高い。このような部位ではコンクリートそのものが磨耗したり、被覆に用いられた防食材が侵食、磨耗、剥離する可能性が高くなる。このため、砂礫を含んだ流水や土石流の衝突や流下による磨耗や侵食を防止、軽減するためにコンクリート増厚の表面部を間知石等で張る方法等が用いられている⁸⁾。この場合弱点となる目地部には耐酸性の樹脂モルタルを使用し、さらに目地表面には遮水性を高めるために耐酸性樹脂材の塗布を行っている。また、防食材の被覆工法でも、同様に被覆の厚さや強度を増すことで対応している。

(b) 基礎部の対応

(2)で述べたように基礎部(土中部)においては浸透水(地下水)および土壌の酸性度に応じて腐食対策をとる必要がある。特に地盤の表面付近(地表部)では地中部に比べて腐食の度合いが強くなる場合が一般的であるのでこの部分にはより強力な腐食対策を行う必要がある場合が多い。これらの対策の検討に際しては必要に応じて現地暴露試験等を行って腐食の程度や適切な対策手法を検討する。

(c) ジョイント部、止水板部

コンクリート打継目部や止水板の挿入部は一般的に酸性水がコンクリート内部に侵入し易いため腐食の害を受ける危険性が高い部分といえる。このためコンクリートの打継目の施工に当たっては特に入念に行って打継目での密着を確実にする必要がある。さらに止水板を入れる伸縮目地部では提体内への酸性水の侵入を防止、軽減するために、特に水通し部断面では上流面、水通し天端面、下流面へ連続して止水板を設置する等の対策がなされている。

参考文献

- 1) 坂井悦郎：コンクリート構造物の耐久性上の問題点とその対策(化学的腐食)：コンクリート工学、Vol. 33, No2, pp66-72, 1995
- 2) 内外コンサルタント(株)：九州横断自動車道(湯布院～大分)コンクリートの温泉腐食試験報告、1977.6
- 3) 小野田エンジニアリング(株)：九州横断自動車道(湯布院～大分)コンクリートの温泉腐食試験(第2,3,4次)報告書、1978.7, 1979.6, 1980.7
- 4) 国土開発技術センター：九州横断自動車道湯布院～大分間コンクリート構造物の温泉腐食対策調査報告書(昭和58年度), 1984.3
- 5) 同上(昭和61年度), 1987.3
- 6) 徳光・松下・市原・天野・飯岡・七沢：別府温泉におけるコンクリートの腐食試験、コ

ンクリート工学、Vol. 16, No. 11, 1978. 11

7) 渡辺明：各種構造物の耐久性設計事例(道路橋の温泉腐食対策)、コンクリート工学、Vol. 26, No. 11, pp57-63, 1988

8) 笠原治夫：酸性河川における砂防ダムの耐酸工法について、新砂防Vol. 39, No. 4, pp27-31, 1986

9) 関東地方建設局、利根川水系砂防工事事務所：吾妻川流域の砂防(耐酸工法)について、ハツフレット、p6. 1990

(砂防研究室)

2. 砂防施設における濁水処理対策

(質問)

上流域が重荒廃地域である場合など、洪水時および洪水後の長期間にわたり濁水が発生することがある。砂防設備において濁水処理効果を持たせるための既往の研究、対策事例等があればご教示願いたい。

(新庄工事事務所)

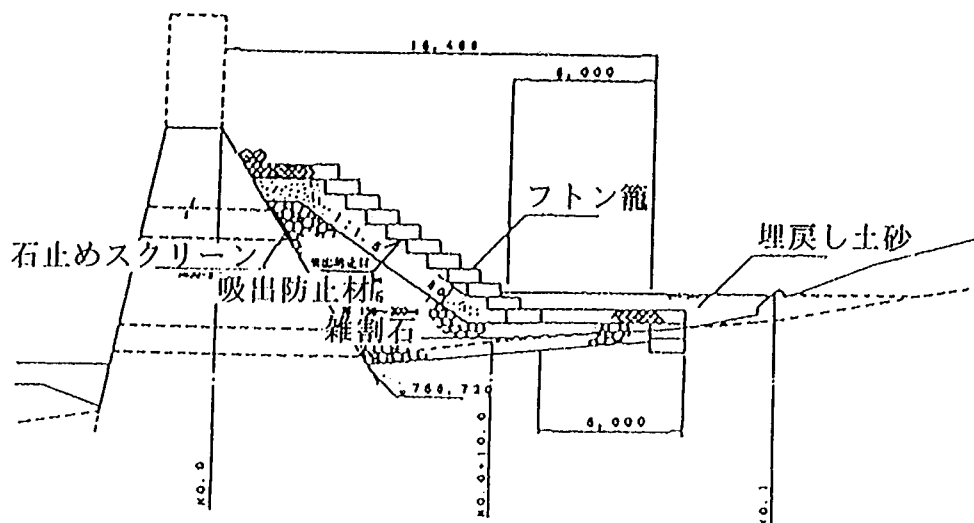
(回答)

濁水対策の研究としては、これまで大規模なダム建設に伴う汚濁水の処理という形で進んできた。それらの対象としては、骨材プラントにおける骨材洗浄水とダムサイトにおける諸作業に起因する汚濁水に大別されるが、いずれにしても濁質の発生・流出がダムの建設工事という一定の期間に限られるという特徴を持つ。そのため、濁質の沈降分離の一般的な方式である①自然沈降分離方式、②凝集沈降分離方式、③機械式凝集沈降分離方式、のいずれもが集約的な仮設を用い、メンテナンスを行うという前提条件を満たすことで高い効果を得ている。

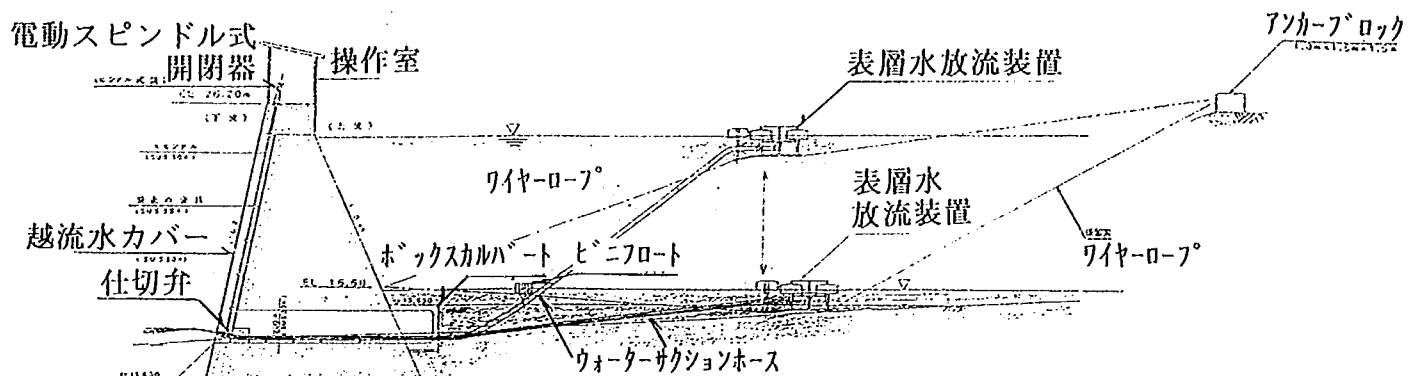
しかしながら、荒廃地から濁質の供給がある溪流や河川では、一般に半永久的に多量の濁質が供給され続ける可能性があるので、上記のような施設による完全な対応は困難と考えられる。

砂防設備において濁水の原因である微細粒土砂を捕捉するためには、自然沈降分離方式を基本とするのが現実的であるが、除去率は一般には水面積負荷（単位は例えば $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ ）の関数となることを考えると、溪流空間という場の条件の下ではそれほど大きな効果を期待することはできない。そのため、施設による捕捉効果を高める手法としてはろ過材への吸着を併用し、かつ砂防ダム等の湛水容量を最大限に活用することが必要であり、発生源の自然な消滅が期待できない場合には、中・長期的な対策としての緑化工（山腹工）を行わざるを得ない。

これまでの、砂防設備を利用した濁水対策の試験事例としては、手取川水系別当谷、吉野川水系儀生谷および桑瀬川、沖縄県本島北部（国頭マージ地域）などがある。基本的な考え方は、雑割石、砂礫等をフィルター材として砂防ダム上流側に設置し、流入水を通過させて水抜穴から流下させるというものである（図-1）。この場合、フィルター材の微細粒土砂吸着能力が限界に達するか、目詰まりを起こした時点でろ過効果は失われることになる。しかしながら、実際には未満砂の砂防ダムにおいては流入水の濁質の数十％は捕捉されていることは、湛水容量が大きければ比較的粒径の大きなものは自然沈降によりある程度捕捉できることを示している。したがって、対象とする規模の1洪水において湛水時間をなるべく大きくとれるような構造にすることが有利であることになる。その端的な対策工法が沖縄県で実施している表層水放流施設（図-2）である。ただし、これは機械



図－1 長又堰堤濁水対策施設縦断図



図－2 表層水放流施設側面図

的な操作を伴う対策であり、設備に要する費用と維持管理に要する費用が共に大きくなり、一般的に普及させることは経済的な面から困難と考えられる。

土木研究所砂防研究室においては、単純な構造で、湛水した濁水を徐々に流下させる際にろ過効果が発揮されるように、水通しの一部を切り込んで、そのスリット部にろ過材を充填するという手法の模型実験を行っている。使用するろ過材の条件として、目詰まりした場合の交換等のメンテナンスを前提として、入手しやすく、軽量で取り扱いが容易であることを考慮して、砂礫、廃材（チップ）、植物の繊維（サトウキビの搾りかす）等を比較した。その結果、平均粒径 5 mm の砂礫と植物の繊維が比較的良好な捕捉率を示した。

また、庄内川水系大洞川においては礫間接触による濁質捕捉施設を計画しているが、これも空気曝気によって排泥するという維持管理手法を想定している。このように、限られた空間において高い濁質の捕捉効果を維持するためにはある程度の維持管理を行うことが必要になることを認識することが重要である。

（砂防研究室）

道 路 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 区画線の夜間の視認性の維持	道路部交通対策課	交通安全研究室	81
2. 都市部における視線（線形）誘導方法	仙台工事事務所	交通安全研究室	83
3. 付加車線の交通運用の統一	東北地建道路部	道路研究室	84
4. 道路の融雪対策として、ロードヒーティング等の導入	高弥建設(株)	新潟試験所	85
5. 空洞によるトンネル掘削時の地山の応力解放に対処する施工方法	仙台工事事務所	トンネル研究室	86
6. 切羽における地山分類の適性化のための調査	(株)土工協東北支部	トンネル研究室	87
7. トンネル天井部の地山空洞対策	福島工事事務所	トンネル研究室	88
8. トンネル坑門（面壁型）の設計	道路工事課	トンネル研究室	89
9. 産業廃棄物最終処分場のトンネル掘削の施工の可能性	青森工事事務所	トンネル研究室	90
10. 路盤材料のPIの規定	三好建設	舗装研究室	91
11. 改質アスファルト混合物中に含まれる改質材の定量試験	住建道路(株)東北支店 仙台出張所	化学研究室	92
12. 薄層コンクリートオーバーレイ	日本道路(株)東北支店	舗装研究室	93
13. 寒冷地におけるRCCPの適用	日本舗道(株)東北支店	舗装研究室	94
14. 凍結抑制舗装（その1）	湯沢工事事務所	舗装研究室	95
15. 凍結抑制舗装（その2）	(株)道建協東北支部	舗装研究室	97
16. プレキャストRC版舗装	仙台工事事務所	舗装研究室	98
17. 車両大型化による舗装配合の見直しと舗装診断方法	道路部道路管理課	舗装研究室	99
18. アメリカのSHRP計画	日本道路(株)東北支店	舗装研究室	100

1.区画線の夜間の視認性の維持

(質問)

区画線については年1回施行し、視認性を確保しているが、冬期間のうちに下がる視認性を維持する方策についてないか、また、横断歩道の位置が積雪路面でもわかり、滑りにくくする区画線材料はないか御教示願いたい。

(道路部交通対策課)

(回答)

(1) 区画線の視認性

区画線は、主として溶融式とペイント式に分類することができる。

これら区画線の夜間視認性についてみると、溶融式は1～2mm程度の厚さを有し、表面に散布したガラスビーズ(以下では散布ビーズという)によって施工初期の視認性を確保するとともに、通過交通等により表面が摩耗し散布ビーズが散失した後は、塗膜内に混入したガラスビーズ(以下では混入ビーズという)が露出することによって、夜間視認性を維持している。

ペイント式は0.5mm程度以内の塗膜が薄い区画線であり、ガラスビーズの混入が難しく、散布ビーズによって夜間の視認性を確保しているが、溶融式に比べて塗膜の摩耗が早い。

散布ビーズの夜間視認性に対する効果は、通常数ヶ月～1年程度以内である。車両に踏まれる回数の多い箇所に設置された場合は、1ヶ月以内に視認性が低下する場合もある。混入ビーズの効果は、施行後半年程度から現れ始め、塗膜が摩耗によって消去されるまで数年間継続する。

以上のような特性を有する区画線を積雪道路等に用いる場合、ペイント式では1年以上にわたっての夜間視認性を満足させることは、基本的に難しいといえる。特に散布ビーズは、比較的容易に塗膜から脱落するため、区画線上で機械除雪等が行なわれると、ビーズの散失を防ぐことは困難である。一方溶融式は、区画線上を車両の通過等が見込める場合は、散布ビーズが散失した後も、比較的早く混入ビーズの効果が現れるため、数年間程度の視認性確保は期待できる。

ただし積雪地では、機械除雪の結果、区画線の塗膜全体を削り取ってしまう場合も見うけられ、このような場合は、再度区画線を施工することが必要となる。

散布ビーズと塗膜の密着性については、過去に土木研究所でも研究を行ってきたが、密着性を良くすると視認性が低下する(ビーズの表面を塗膜が覆ってしまう)性質があり、またビーズの表面処理費用が高くなること等から、実用品を開発するまでには至っていない。近年民間によって、区画線に用いる有機溶剤の毒性に関する問題等から、水溶性ペイントの開発が行われているが、このペイントでは従来の製品に比べて夜間の視認性や耐久性に優れるという副次的効果も現れているようである。冬期後の夜間視認性を保持するために、これら開発品を用いることも考えられる。

一方、除雪作業によって塗膜が舗装表面から削り取られてしまう場合、夜間のみならず昼間においても区画線の機能を期待することはできない。そのため、除雪等による塗膜の切削を想定して、舗装内に深さ数cmの円形の穴を穿ち、これに白色の固形物を埋め込むか、あるいはペイント等を注入して区画線の代用とする方法がある。この方法は、埋め込まれた材料と舗装との耐摩耗性が異なるので、区画線と舗装に凹凸等が生じる可能性があること、面積が小さく、また固形物の場合ガラスビーズの散布や混入ができないことから夜間視認性が確保できないなどの問題があり、冬期後の区画線施工時の目印として利用されている場合が多いようである。また、欧州等では、舗装面に溝を掘り、その中にトラフィックペイント等を注入している例もあるが、施工に手間がかかり費用が高くなる点や、舗装のオーバーレイ等の補修に対して障害になる点から見てこの方法を用いるメリットはあまり考えられない。

(2) 横断歩道の視認性確保とすべり対策

横断歩道に用いられる区画線材料は、溶融式が最も多い。これは、車両が必ず横断する箇所に設置される区画線であることから、比較的摩耗しにくい材料として溶融式が用いられるものである。

ただし、区画線の塗膜厚は最大2mm程度であり、積雪表面より塗膜表面が突出することはほとんどなく、雪に埋もれた横断歩道の区画線を、積雪を通して歩行者や運転者に視認させることは現在の技術では不可能である。

横断歩道を視認させるためには、基本的には、横断歩道上の雪を取り除く対策が必要であり、機械除雪や、電熱、散水、地下熱等による融雪、凍結防止剤散布等の方法を行う。これらの方法を行えば、路面上の雪が取り除かれることから、歩行者に対するすべり抵抗力も確保できる。

ただし、機械除雪の場合は、気温が低い場合などに路面上に薄い氷盤が残る場合がある。この氷盤はすべりやすく、歩行者にとって危険な路面状態であるといえる。このような氷盤に対しては、ゴムなどを混入したたわみ性舗装を行ったりゴムマットを舗装に埋め込む対策がある。これらの方法は、車両通過の振動や車両の重みで路面がたわみ、路面上の氷盤を破碎、除去するものである。

除雪や融雪を行わず横断歩道を運転者に認識させる方法としては、横断歩道を示す指示標識を設置することが一般的であり、夜間の視認性を高めるのであれば、内照式の標識とするのも効果的である。また、横断歩行者の視認性を高めるには、道路照明を行うことも考えられる。いずれも対策としては通常行われている方法であり、現段階でこれらの対策を超える有効な手段はない。

路面上に積雪等がある状態で横断位置を示す新技術としては、レーザー光を用い積雪上に横断線として照射する方法が研究されているが、歩行者などへの影響がない技術として実用化されるまでには、さらに期間を要するものと思われる。

(交通安全研究室)

2.都市部における視線（線形）誘導方法

（質問）

都市部の線形不良箇所における視線（線形）誘導は、夜間でもその環境照度が明るいことから、デリニエーター、反射式線形誘導標等の方法は効果的とは言えない現状にある。

また、反射式大型線形誘導標等の乱立は、都市景観上も好ましくない。

そこで、都市部における線形不良箇所の事故対策として、事例収集も含め効果的な視線誘導方法についてご教示願いたい。

（仙台工事事務所）

（回答）

都市部においてデリニエーター、反射式線形誘導標等の視認性が落ちる場合が存在するのは、まわりの照度が高すぎるというより、他の光が錯綜してデリニエーター等の反射光が目立たなくなるためと考えられる。このような都市部の線形不良区間等の視線誘導を効果的に行うためには、まわりの光にあまり左右されず高い視認性を確保できるため、自発光方式の視線誘導灯、デリニエーター、視線誘導鋲あるいは高視認性の区画線等を用いるのが効果的だと思われる。

これらの設置に関して、効果的に設置する方法が統一的に得られているわけではなく、関係者が適宜現場状況を判断しながら施工しているのが現状である。

このような個々の設置事例については、技術管理業務の全国テーマである「雨天時における運転者誘導に関する調査」（平成5年～7年）（都市部交差点、カーブ区間等が含まれている）の中で与えられており、この中で夜間の都市部での効果的な視線誘導方法についても検討をしていきたいと考えている。

（交通安全研究室）

3. 付加車線の交通運用の統一

(質問)

付加車線には「ゆすり方式」と「追越方式」があるが、近年の車輛の高性能化、人間の心理的行動特性等から、「追越方式」に統一することが望ましいと思われるが如何。

(東北地建道路部)

(回答)

付加車線の設置方式には、「ゆすり方式」と「追越方式」がある。2つの方式を比較すると表-1のようになる。

表-1 「ゆすり方式」と「追越方式」との比較

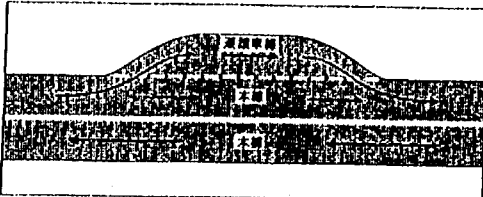
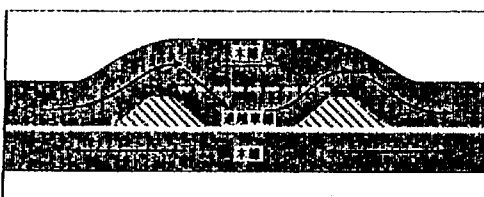
	項 目	ゆ す り 方 式	追 越 方 式
道 路 構 造 面	概 念 図	・ 本線外側に付加する方式。 	・ 本線内側に付加する方式。 
	設置延長	・ 追越方式に比べ、設置延長が短い。	・ 本線のシフトも必要なため、設置延長が相対的に長い。
	本線の連続性	・ 避讓車線と本線の位置づけが明確であり、本線の連続性が保てる。	・ 本線をシフトさせる区間が必要である。
交 通 運 用 面	運転者の習慣	・ 登坂車線と同じ運用方法であるため、運転者になじみがある。	・ 2車線道路ではなじみが少ないが、4車線道路での通行方法と基本的に同じである。
	合流時挙動	・ 低速車が高速車に合流することになるため、合流点での円滑な運用に対して配慮が必要になる。	・ 追越挙動と同じであるため、比較的円滑な運用が期待できる。
	追い越しの効率性	・ 低速車が避讓しなければ効果が期待できない。その結果として、高速車が左側からの追越を行う可能性がある。	・ 高速車が主導的に追越しができる。 ・ 追越しをしようとする車両のみが追越車線を利用する。

表-1より、それぞれの方式にメリット、デメリットがあり、どちらか一つの方式に、統一しなければならないとは、言い難いものと考えられる。

このため、設置箇所の地形、線形、交通量、交通の質等を総合的に勘案して、設置方式を決定することが望ましい。

(道路研究室)

4. 道路の融雪対策として、ロードヒーティング等の導入

(質問)

安全で円滑な冬期間道路交通を確保するには、ロードヒーティング等の消融雪施設設置が考えられるが、それらの現状と今後の方針について御教示願いたい。

(高弥建設(株))

(回答)

積雪寒冷地域における冬期道路の機能確保は、道路の重要度、気象、地形等によって若干の違いはあるが表-1に示す方法で行われている。こうした中で機械除雪による機能の確保が困難な箇所では、様々な消融雪施設が試行され、実用化されてきている。しかし、地下水の直接散水では、過剰な汲み上げによる地盤沈下、地下水の枯渇等の社会問題が発生している。このような背景を受け、資源エネルギー有効利用の観点から地球環境に優しい自然エネルギーを利用した新しい道路融雪技術の開発が求められている。

土木研究所では、自然エネルギーの有効利用に関する熱交換、集熱、蓄熱、増熱技術の基礎的開発を行い、以下に示す項目について検討を加え実用化を目指している。

- ①地下水熱エネルギーの有効利用の検討
- ②太陽熱等エネルギーの有効利用の検討
- ③技術開発施設と既存施設との経済性の検討
- ④技術開発による試験導入と現地実験

最終的には、人、地球環境に優しい「無散水消融雪施設設計要領」として取りまとめた。

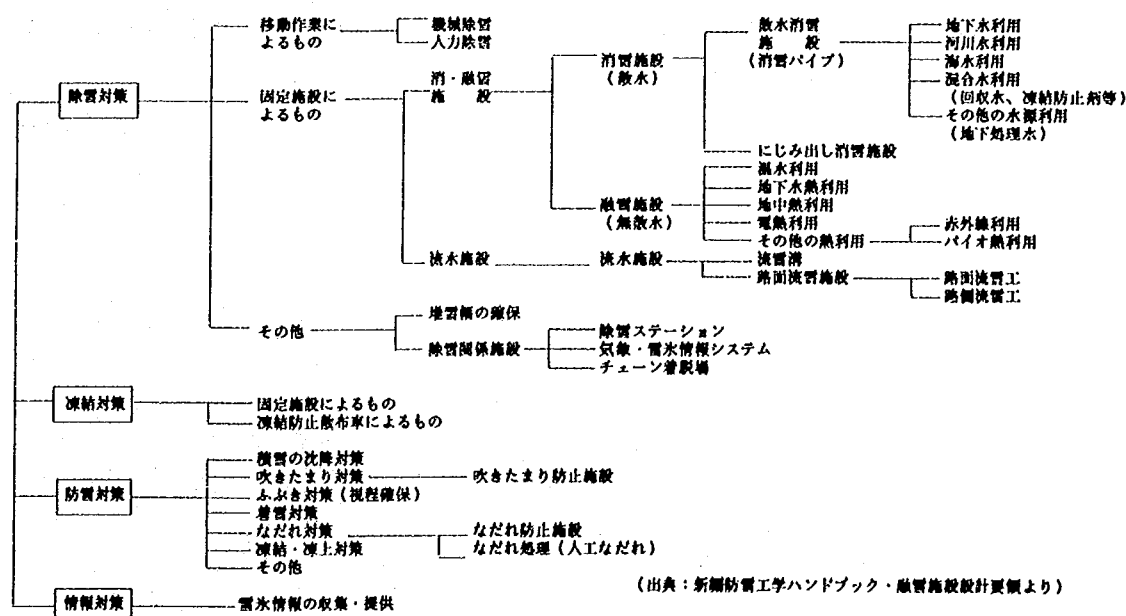


表-1 道路雪氷対策方法

(新潟試験所)

5. 空洞によるトンネル掘削時の地山の応力解放に対処する施工方法

(質問)

仙人第2トンネル($L=4,473\text{m}$)計画箇所は、鉱道跡や石炭岩による溶食洞が出現する可能性がある。これらの空洞は掘削時の地山の応力解放につながる恐れがあり、空洞による応力解放に対処するための施工方法をご教示願いたい。

(仙台工事事務所)

(回答)

トンネル周辺に位置する空洞がトンネル掘削に及ぼす影響は、地山の特性、空洞の規模、トンネルに対する空洞の位置によって異なる。

地山の強度が大きい場合には、トンネル掘削時に応力解放されても空洞自体が自立するため、問題はないものと考えられる。

地山の強度が弱い場合や質問内容にあるような亀裂が多い地山の場合で、トンネル断面内に空洞が現れる場合には、応力解放時に空洞からの崩壊が発生する可能性が高いため、事前にトンネル内から、あるいは土被りが浅い場合には地表面からセメント系の材料を用いた注入を行って極力空洞の充填を行うことが望まれる。また、トンネルの直下に空洞がある場合も空洞が崩壊した場合にはトンネル全体の崩壊につながる可能性が高いため、空洞を充填することが必要となる。

トンネル周辺に存在する空洞の位置を把握する探査方法としては、弾性波探査、重力探査、電気探査(地下レーダー)等の物理探査を地表面から実施して空洞の概略の位置を把握した後、トンネル坑内からボーリングを実施して空洞の正確な位置を確認する方法が効果的であるものと考えられる。また、質問内容にあるように空洞から湧水が突出するおそれがある場合には、トンネル切羽から前方に実施されたボーリングに水抜き効果を期待することもできるものと考えられる。

(トンネル研究室)

6.切羽における地山分類の適性化のための調査

(質問)

トンネルの事前調査は、地下構造物・線状構造物という特殊性から十分目的を果たしているとは言い難い。そのため、切羽の進捗にあわせた観察により地山分類を行っているところであるが、感応判断が主体のため、その決定に問題が発生することが多い。これらを解決するための

(1) 事前調査の技術開発の方向

(2) 切羽前方予知の技術開発の方向

について御教示願いたい。

((社) 土工協東北支部)

(回答)

(1) 従来、トンネルの事前調査として地表調査だけでは知り得ない内部の地質構造を明らかにするため、弾性波探査が主として行われてきたが、弾性波探査では地下水の状況、上位に速度の速い層がある場合の下位層の状況等が把握できないという欠点がある。このため、弾性波探査を補完する方法として電気探査の研究開発が各研究機関で進められている状況にある。電気探査には、自然電位法、比抵抗法、電磁法などがあるが、土木地質調査では比抵抗法が用いられることが多い。比抵抗法は、地山に人工的に電流を流したときの地山の比抵抗を求めるものであり、弾性波探査と比較して地層の傾斜が解析できること、軟弱な地層が下位にあってもある程度解明できること、地下水についても考慮できることなどの長所を有している。

(2) 切羽前方予知手法として現在進められている技術開発は、切羽前方150m程度までの比較的長距離を対象にしたものと、切羽前方数mの短距離を対象にしたものの2つに分類される。

前者は、切羽前方にある断層破碎帯や地層境界などの弱層部を事前に把握することを主な目的とするもので、弾性波探査を利用したHSPまたはTSPなどが代表的なものであり、これまで比較的多くの現場への適用事例が報告されている。

後者は、切羽前方の地質を予測し、支保パターンの決定にこれらの予測結果を反映させることを目的とし、切羽面における簡易弾性波探査手法に代表されるような原位置試験を行うものや切羽の観察表から得られる亀裂等のデータから解析手法により切羽前方の地質を予測するものなど幾つかの試みが行われているが、現場への適用事例はまだ少なく、これからの技術開発が期待されている段階にある。

(トンネル研究室)

7. トンネル天井部の地山空洞対策

(質問)

従来工法(矢板工法)により施工されたトンネル天井部の地山空洞の対策の必要性について御教示願いたい。

(福島工事事務所)

(回答)

トンネル覆工背面にある空洞は、地山を緩め、土圧を増加させる原因となるばかりでなく、受働土圧の発生を阻害して、覆工の構造的な強度低下の原因となるため、覆工背面の空洞の充填を図ることが外力による変状に対して重要となる。ただし、本トンネルの場合は現在のところ変状が認められていないとのことであるから、後述する突発性の崩壊が発生する可能性がなければ、直ちに地山空洞を充填しなければならないものではないものと考えられる。

突発性の崩壊とは、トンネル覆工背面にある空洞の上部の岩塊が何らかの理由で地山と分離し突然落下し、覆工の強度が十分でなければ覆工を破壊し岩塊もろともにトンネル内へ落下する現象をいい、あまり変状が発展していない状況で発生するのが特徴となっている。発生機構はこれまでのところ十分には解明されていないが、アーチ部の背面覆工に30cm程度以上の空洞があり、有効な覆工厚が30cm以下で、背面の地山が岩塊となって崩落する可能性のある場合に発生している事例が見られることから、これらと同等の条件が確認された場合には空洞を充填する必要があるものと考えられる。特に、トンネル建設時に何らかのトラブルが発生している場合や、漏水が多く層理面に沿って地山が分離しやすい地層構造の場合などは、十分注意を要する。

(トンネル研究室)

8.トンネル坑門（面壁型）の設計

（質問）

面壁型坑門のウィングの設計に用いる土圧の考え方についてご教示願いたい。

（道路工事課）

（回答）

面壁型坑門のウィングの設計は、基本的にはトンネル本体に剛結された版構造物としてボックスカルバートのウィングの設計の考え方に従って実施する。ボックスカルバートのウィングの設計においては、一般に静止土圧係数を用いて算定した土圧を用いており、静止土圧係数は土質や締め固め方法によって異なり0.4～0.7程度であるといわれているが、通常の砂質土や粘性土に対しては $k=0.5$ が用いられている。したがって、面壁型坑門のウィングの設計においても静止土圧係数として $k=0.5$ を用いた土圧を考慮すればよいものと考えられる。

（トンネル研究室）

9.産業廃棄物最終処分場のトンネル掘削の施工の可能性

(質問)

バイパスの予定路線所箇所に、産業廃棄物最終処分場があり、現在廃棄物（廃材品目：プラスチック、ゴム、、ガラス、建設廃材(Conc、As等)）は高さが約15～20m程度、延長が約80m程度で捨てられている。廃材の中をトンネル掘削が可能かどうか御教示願いたい。

(青森工事事務所)

(回答)

トンネルの掘削が可能な地山の条件は、山岳工法、シールド工法、開削工法によって異なるが、質問対象となっているトンネル地山の周辺状況から採用の可能性が考えられる山岳工法に限れば、掘削を行った後、支保構造部材を施工するまでの間に掘削面が自立していることがトンネル掘削を可能とするための条件となる。掘削面が自立するかどうかは、地山の特性、掘削面の大きさが大きく影響するが、特に本トンネルの場合は、産業廃棄物最終処分場の地山特性が問題となる。すなわち、廃棄物から構成される地山の状態が固結してある程度の強度（特に粘着力）を持っていればトンネルの掘削は可能となるが、未固結状態で強度がほとんどない状態であればトンネルを掘削しても掘削面はすぐに崩壊し、トンネルの掘削は不可能となる。質問にある廃棄物の内容には土砂等が含まれていないため、地山の強度がほとんどない未固結状態にあるものと推察されるが、何れにしても産業廃棄物最終処分場の地山特性について詳細に調査を行う必要があるものと考えられる。

なお、処分場の地山特性として強度が全くない場合においても、トンネル断面に占める廃棄物の割合が少なく、例えば廃棄物が現れるのはトンネル天端の一部でトンネルの大部分は堅硬な岩盤を掘削するといった場合には、トンネル断面およびその周辺の廃棄物に対して事前に地盤改良を行って強度を持たせることにより、トンネル掘削を行うことは可能になるものと考えられる。この場合の廃棄物埋立地盤の地盤改良工法としては、重錘の落下によって締め固める方法やアスファルト等の注入工法などの適用が考えられる。

(トンネル研究室)

10. 路盤材料のPIの規定

(質問)

路盤材料のPIの規定および凍上や支持力との関係について御教示願いたい。

(三好建設)

(回答)

密度の大きい安定した路盤をつくるには、路盤材料は適正な粒度範囲内にあることが大切である。路盤材料は、0.074mm以下の細かい粒子をある程度含んでいる方が締め固め効果を上げることができるが、この細かい粒子が塑性のある粘土分であると、水を多く含むと潤滑剤となって粗い粒子間に摩擦力を減らす作用を及ぼし、路盤全体が不安定になってくる。したがって、路盤材料中に含まれている細かい粒子の塑性の有無を調べなければならない。

PI (塑性指数) とは、路盤材料の中の粒径が $420\mu\text{m}$ 以下の粒子の塑性状態にある含水量の範囲を示した数値であり、次式から求められる。

$$PI (\text{塑性指数}) = LL (\text{液性限界}) - PL (\text{塑性限界}) \quad (\%)$$

PIの値が大きな材料は、塑性的な領域が広く、一般に粘土分が多い。PIの大きな材料を路盤材に用いれば、施工時の粉碎、混合等が困難であるとともに、舗設後に水の影響を受けやすく、凍上災害にあいやすくなったり、支持力が低下したりする。

このようなことから、「アスファルト舗装要綱」((社) 日本道路協会) では、路盤材料についてPIの規定を設けており、上層路盤の粒度調整工法では $PI \leq 4$ 、下層路盤の粒状路盤工法では $PI \leq 6$ となっている。

(舗装研究室)

1 1 .改質アスファルト混合物中に含まれる改質材の定量試験

(質問)

改質アスファルト混合物中に含まれる改質材、特にプラントミックスタイプの添加量を
確認する試験方法について御教示願いたい。

(住建道路株式会社東北支店仙台出張所)

(回答)

改質アスファルトに使用されている改質材(ゴムや熱可塑性エラストマー)は多種多用
であり、単体だけではなく複数併用している場合が多い。

アスファルト混合物中もしくは、アスファルト中に含まれる改質材の分析方法として規
格化されている試験方法は、「舗装試験法便覧」¹⁾に示されている「ゴム入りアスファル
ト中に含まれるSBRの定量試験方法」だけである。この方法は、赤外線分光光度計(I
R)を用いて、ゴム入りアスファルト及びゴム入りアスファルト混合物中のSBRの定量
を行う方法である。

SBR以外の現在使われている各種の改質材定量の検討例については、東京都土木技術
研究所において1993年に「改質アスファルト混合物中の改質材の検出方法に関する調査」
を行っている。この調査では、現在一般に用いられているゴムまたは熱可塑性エラストマ
ー6種(SBS, SIS, EVA, EEA, SBR, SBR(ゲルタイプ))について改質
アスファルト及び混合物を作製し、改質材の検出方法として機器分析であるPGC(熱分
解ガスクロマトグラフ)とFTIR(フーリエ変換赤外線分光光度計)による方法を検討
している。この調査の結果では、表-1に示すようにPGCとFTIRの両方で分析可能
な改質材はSBR、SBSであり、他の改質材はどちらかで分析可能である。またEVA
及びEEAは定量分析は難しい改質材であることが認められたと報告されている²⁾。

なお、改質アスファルト中における事後の改質材の定量試験は手間がかかるとともに、
試験誤差もあるため、事前にプラントでの改質材の添加量をチェックすることが重要であ
る。

表-1 分析試験結果

分析方法 改質材	PGC		FTIR	
	定 性	定 量	定 性	定 量
SBS	○	○	○	△
SIS	○	○	×	×
EVA	△	×	△	△
EEA	×	×	△	△
SBR	○	○	○	○
SBR(ゲル)	○	○	○	△

凡例 可能:○ やや可能:△ 困難または不可:×

参考文献

- 1) 舗装試験法便覧: (社)日本道路協会、
昭和63年11月
- 2) 改質アスファルト混合物中の改質材の検
出方法に関する研究: 改質アスファルト、
第2号、平成6年2月

(化学研究室)

12. 薄層コンクリートオーバーレイ

(質問)

薄層コンクリートのオーバーレイについて、その事前調査、施工方法、鋼繊維補強コンクリートの使用などの見解について御教示願いたい。

(日本道路㈱東北支店)

(回答)

既設コンクリート版の構造的破損は一般にひび割れ度で判断され、その値が 20cm/m^2 を超える場合は構造的破損と判断し、薄層コンクリートによるオーバーレイは適用しないこととなっている。また、ひび割れ度が 10cm/m^2 以上 20cm/m^2 未満の場合は既設コンクリート舗装を部分的に打ち換えるなどして適用する必要がある。構造的破損のさらに確実な判断のためにはFWDを用いたたわみ量測定によって判断する方法がある。

既設コンクリート版との付着対策としてはショットブラスト工法がもっとも信頼性の高い方法とされており、その付着の確実性を管理する方法は特に提案されていない。また、本工法はコンクリート舗装の修繕に用いられるため、早期交通開放のために早強セメントや超早強セメントを使用することが多い。こうしたセメントを使用する場合、ヘアクラックなどの初期ひび割れが懸念されるが、これに対しては通常のコンクリート舗装の場合と同様、セメント量や単位水量をできるだけ抑えるなどの対策が考えられる。

(舗装研究室)

13.寒冷地におけるRCCPの適用

(質問)

耐久性からみた積雪寒冷地でのRCCPのあり方について御教示願いたい。

(日本舗道㈱東北支店)

(回答)

積雪寒冷地ではタイヤチェーンによる摩耗作用に対する対策が必要となる。一般的にはロサンゼルスすりへり減量ができるだけ小さい粗骨材を使用している。

平成5年度に(社)日本道路協会が実施した転圧コンクリート舗装追跡調査では、粗骨材の硬さと横断凹凸量の間に有意な関係はみられなかった。同時に行われた視察調査においても粗骨材の摩耗がみられたものは全体の5%と少なかったが、これは経過年数が最大でも3年5ヶ月と短かったためと考えられ、今後さらに追跡調査を継続してRCCPの供用性を確認する必要がある。

この調査で粗骨材の剥脱がみられる箇所では、施工時の材料分離や冬期における早期の交通開放等が原因と考えられる箇所が多かった。したがって、積雪寒冷地で冬期にRCCPを施工する場合は、硬化前にコンクリートを凍結させないこと、初期材令におけるコンクリート版の養生に十分注意を払う必要がある。

(舗装研究室)

14.凍結抑制舗装（その1）

（質問）

最近の凍結抑制舗装の状況とゴム系（物理系）と塩化物系（化学系）の特性並びに各種舗装のコストパフォーマンスについて御教示願いたい。

（湯沢工事事務所）

（回答）

1. ゴム系と塩化物系の特性

ゴム系凍結抑制舗装と塩化物系凍結抑制舗装の長短を表－1に示す。

ゴム系舗装は、走行車両の荷重により、ゴムがたわみ、それにより氷結層を破壊するため、交通量が多いところでは凍結抑制効果が大きい、交通量が少ないと凍結抑制効果は認められなくなる。温度については－4℃未満のとき一般工区を上回る傾向にある。

塩化物系舗装は、氷点降下を利用している。そのため、確かな効果が得られる舗装表面温度は－3～5℃であり、－3℃以下については路温が気温より低くなる傾向にある。

表－1 ゴム系と塩化物系の長短

	長 所	短 所
ゴ ム 系	* 走行車両の荷重によって氷結層を破壊するため、交通量の多いところでは凍結抑制効果が大きい。 * ゴム粒子が突出することによりすべり抵抗性が向上。 * 0℃以下で路温が一般舗装の路温より高くなる傾向がある。 * 廃タイヤの再利用。 * 騒音低減効果を有する。	* 交通量の比較的少ないところでは凍結抑制効果は認められない。 * ゴム粒子が混入されているため、十分な密度が得られにくい。 * 混合物のゴムチップが1箇所破損するとそこから剥がれが拡大し、ひび割れが大きくなる
塩 化 物 系	* 舗装自体に凍結抑制効果があるので交通量によらない * 凍結、圧雪状態においても雪氷と路面との間に水膜ができ効果的な除雪ができる。 * 薬剤散布と比較し塩害がほとんどない。	* －3℃以下では路温が気温より低くなる傾向がある。 * 持続性に限界がある。 * 量のコントロールに難点がある。 * コストが割高

2. 各種舗装のコストパフォーマンス

凍結抑制舗装は、道路技術五箇年計画に取り上げられており、凍結抑制効果およびその採算性について調査中であり、現時点では明確ではない。コストパフォーマンスについては今後の検討課題の一つである。現時点におけるイニシャルコストを表-2に示す。

表-2 凍結抑制舗装コスト比較

	合材単価	材料費+施工費
塩化物系	2.2~3.2	1.9~2.7
ゴム系	1.5~1.8	1.3~1.7
通常	1.0	1.0

(舗装研究室)

15.凍結抑制舗装（その2）

（質問）

脱スパイク後の凍結路面の安全対策として凍結抑制舗装をどう考えられているか御教示願いたい。

（（株）道建協 東北支部）

（回答）

雪と寒さを体験する北国にとって、安全を確保しコストが低廉でしかも環境に影響を与えない冬の道路管理を行うことは容易ではない。10年以上の歳月をかけ、スパイクタイヤによる車粉問題を解決したかに見えた札幌市で、平成4年度の冬に発生した「つるつる路面」は、道路管理者に新たな課題をもたらしたのをはじめ、各地域で同じような問題が生じ、「凍結路面对策」が冬季における新たな緊急課題となった。

このため各地域では、ロードヒーティングの整備、凍結防止剤の散布、機械除雪の強化など様々な対策を実施しながら、それぞれに相応した方策を見いだそうとしている。

一方、これまで舗装の分野では、摩耗性が低く走行性の良い舗装についての調査研究が重点的になされてきた。しかし、「つるつる路面」問題が生じてから、舗装自体の構造や材料により凍結路面の改善に寄与する方策について各地域で検討されている。言うまでもなく舗装道路は、都市基盤施設として根本的な存在であり、雪や寒さの中でも交通機能を常に確保するための重要な役割を担っている。そうした意味からも北国にふさわしい舗装道路についての技術開発が求められている。

各地域で行われている凍結抑制の試験舗装は、凍結路面問題に対し多角的な視点からアプローチするとともに、道路管理者にとって最も基本となる舗装という分野からの技術開発を行おうとするものである。勿論、ロードヒーティングや凍結防止剤のように凍結路面問題に全面的な回答を与える役割は持ち合わせていない。また、舗装路面を改良する方法は、完成された技術ではなく実用化へ向けての課題は多い。しかし、建設コストや環境を考えた場合、長期的には十分に対策としての選択肢になる可能性を秘めている。具体的には、塩化物系、ゴム系の凍結抑制舗装の施工が実施されており、これ以外の凍結抑制舗装の開発も進められている。また、札幌市等では新しいタイプの凍結抑制舗装が試みられている。

（舗装研究室）

16.プレキャストRC版舗装

(質問)

重交通の交差点のアスファルト舗装補修において、わだち掘れ防止等から、プレキャストRC版工法により施工したが、目地部から発生する騒音による苦情がでてきている。

プレキャスト版工法による、目地部からの騒音防止対策方法について、何か良い方法があったら御教示願いたい。

(仙台工事事務所)

(回答)

プレキャストコンクリート版舗装は、トンネル内コンクリート舗装の打換え工事あるいは交通量の多い交差点などのわだち掘れ対策としてアスファルト舗装の打換え工法等に適用される場合が多い。その施工に際しては、その敷設精度が平坦性に及ぼす影響が大きいため、十分な施工管理が必要である。プレキャスト版の高さ調整の際の版相互の段差は一般に5mm以下が目標とされている。したがって、まずはこの目標値の範囲内に段差を抑えるように施工することが重要となるが、これを満足した上でなおも段差による騒音が問題になる場合についてはアスファルト舗装のオーバーレイによる対策が考えられる。この際、わだち掘れの再発生が懸念されるため、改質アスファルトⅠもしくはⅡ型や排水性舗装用に用いられる高粘度改質アスファルトの使用が望ましい。また、目地部のリフレクションクラックを防止するために、目地の直上にプレキャスト版の目地幅と同じ幅で表層全層に目地溝を設け、目地注入材を充填するなどの対策を行うとよい。

(舗装研究室)

17. 車輛大型化による舗装配合の見直しと舗装診断方法

(質問)

道路橋示方書のB活荷重が20tから25tに変更され、今後、総重量20t以上の車両が自由に走行するようになった場合、軸重の規定は変更されてはいないとはいえ、大型車の繰返し荷重がかかることになる。そこで、舗装材料の見直しや舗装診断方法の確立について、御教示願いたい。

(道路部道路管理課)

(回答)

車両の大型化に伴い、総重量の規定は緩和されたが、輪荷重の規定は5tのままで変更されなかった。舗装の設計における荷重条件は総重量ではなく輪荷重であるので、この規制緩和が舗装の耐久性に直接大きな影響を与えるとは考えられない。しかし、大型車の輪荷重分布が大きい方にシフトすることは考えられるので、輪荷重調査を今後とも継続していくことが必要である。

ところで、舗装のストックの増大に伴い、補修の比率が高まり、特に流動によるわだち掘れが大きな問題点になっている。このため、流動わだちがでにくい舗装材料が求められるようになっているが、代表的なものとしては以下のようなものがある。

①改質アスファルト

改質アスファルトⅡ型、セミブローンアスファルト等を使用し、アスファルト混合物層の動的安定度を高めるもので、最も一般的な耐流動対策である。

②大粒径混合物

最大粒径40mm程度の大粒径骨材を用いたアスファルト混合物は、骨材の噛み合わせによる安定性が高く、耐流動性が高い。現在は主として上層路盤、基層として使用されているが、表層に使用するための検討も行われている。

③半たわみ性舗装

半たわみ性舗装は、空隙率の大きな開粒度タイプの半たわみ性舗装用アスファルト混合物に、浸透用セメントミルクを浸透させたものである。セメントミルクの剛性により耐流動性が高く、交差点部、バスターミナル、料金所等によく使われている。

④コンポジット舗装

コンポジット舗装は、表層のアスファルト混合物層の下にセメント系の版を用いた舗装である。粒状路盤と違い、下層からのわだち掘れが生じないので、わだち掘れ対策に効果があると考えられる。

舗装診断方法については、従来の路面性状調査に加えて、FWDを用いたたわみ測定により、舗装の支持力、舗装構造の健全度の評価を行うことが検討されている。表面からはわからない舗装内部の評価を行うための手法として、注目されている。

(舗装研究室)

18. アメリカのSHRP計画

(質問)

SHRP計画がほぼ終了し、その報告書も出ていると思われるが、その日本での適用について御教示願いたい。

(日本道路㈱東北支店)

(回答)

SHRP計画には①アスファルト、②道路の管理、③コンクリート構造物、④舗装の長期供用性の4テーマがあり、特に土木研究所が関心を持っているのはアスファルトと舗装の長期供用性である。このうち、舗装の長期供用性では日本国内でも28カ所の試験舗装が施工されており、追跡調査が行われている。この調査は約20年継続され、世界各国から集められるデータをもとに新しい舗装の構造設計法の構築が図られる予定である。アスファルトでは、その最も大きな成果としてSUPERPAVE(供用性に基づく新しいアスファルトおよびアスファルト混合物の仕様)があり、土木研究所では平成5年度にはアスファルトに関する試験機一式を、平成6～7年度にかけてはSST(SHRP Shear Tester)ならびにジャイレトリーコンパクターを購入している。現在、特にアスファルト試験機について日本への適用性の検討が進められているが、混合物試験機についても試験機が揃い次第、同様の検討を開始する予定である。将来の展望としては従来の針入度等の品質規格項目に代わる項目として期待されているが、アメリカ本国においても本格的な導入についてはかなり先の話になると思われる。なお、アスファルト試験機一式を用いたアメリカ合衆国の仕様をそのまま日本に当てはめると、日本のストレートアスファルトの分類は2種類程度となるため、より詳細な仕様作成のために日本独自でアレンジした仕様を改めて検討する必要があると思われる。

(舗装研究室)

材料施工部門目次

	(質問者)	(回答者)
1. 軟岩の判定基準	前田建設工業(株) 東北支店	施工研究室…………… 101
2. 切土のり面の補強土工法	東北地方建設局 三陸国道工事事務所	急傾斜地崩壊研究室…………… 104
3. 切盛り境の施工法	日本道路(株) 須賀川出張所	土質研究室…………… 105
4. 軟弱地盤における沈下および周辺地盤の変状に対する対策工法	(社)青森県建設業協会 北五支部	土質研究室…………… 107
5. 建設発生土を用いた土工盛土の施工方法	匱賜建設株式会社	土質研究室…………… 110
6. 建設発生土をリサイクルした場合の提体材料の在り方	岩手工事事務所	土質研究室…………… 116
7. 発泡材を混合した軽量盛土材の物性	五洋建設東北支店	土質研究室…………… 121
8. 高流動コンクリートの流動性評価	飛島建設(株)東北支店	コンクリート研究室…………… 124
9. 構造物コンクリートのひびわれ	(株)間組東北支部土木部	コンクリート研究室…………… 126
10. 軟弱地盤におけるプレロード撤去後のリバウンド	三陸国道工事事務所	土質研究室…………… 128
11. 道路横断方向に布設されるボックスカルバートの活荷重載荷方法	佐藤工業東北支店	土質研究室…………… 129
12. プラスチック製樋管の採用上の留意点	東北地建河川調査課	土質研究室…………… 131
13. コルゲートパイプの耐久性等の評価方法	磐城国道工事事務所	化学研究室…………… 132

1. 軟岩の判定基準

(質問)

明り掘削において軟岩を掘削する場合、設計図書に軟岩Ⅰあるいは軟岩Ⅱと明記されている。実施工において、軟岩Ⅰあるいは軟岩Ⅱの岩盤線が設計と異なる場合、その判定は、監督員の判断に頼っていますが、資料等にも明確な判定基準が見当りません。以上から、軟岩Ⅰあるいは軟岩Ⅱの判定基準について御教示願いたい。

(前田建設工業(株)東北支店)

(回答)

岩質の判定については、土木工事標準積算基準において、表－１に示すように軟岩～硬岩まで５段階に分類している。土工に関しては、その他の分類としては表－２に示すような道路公団による方法があり、また、ダム基礎岩盤、トンネル等構造物毎に評価方法が異なっている。これらの構造物に対する軟岩の評価に関しては、「軟岩の調査・試験の指針(案)」及び「軟岩評価－調査・設計・施工への適用」(土木学会)が詳しい。

「道路土工指針－土質調査指針」によると、道路土工では、施工機械の違い、オペレータの能力、岩質の違いなどによって境界は明確でないが、以下のように経験的かつ概略的に識別している。

- ・硬岩・・・主として爆破作業によるもの
- ・軟岩・・・主としてリッパ作業によるもの
- ・土砂・・・排土板作業が可能なもの

また、通常、土砂、軟岩の判定基準を21tf級ブルドーザの排土板による掘削作業の可否、軟岩・硬岩の判定基準を32tf級ブルドーザのリッパによる起砕作業の可否を目安とすると、以下の通り、ある程度弾性波速度と相関があるとされている。

- ・弾性波速度が500m/sec程度までは21tf級ブルドーザによる排土板作業が可能
- ・弾性波速度が2km/sec程度までは32tf級ブルドーザによるリッパ掘削が可能
- ・弾性波速度がそれ以上速くなるとリッパによる掘削作業は困難

さて、土木工事標準積算基準等における岩分類基準は、通常我が国にみられるすべての岩を対象としているので包括的な記載にならざるを得ないが、表－１に示すように軟岩Ⅰあるいは軟岩Ⅱの判定については、主として岩種、岩片の固結程度、風化の程度、き裂間隔等によって判断することとしており、特にき裂の程度が判定の主要素と考えられる。

実際の適用に当たっては、この基準により、さらに個々の現場の地質状況にあうかみ砕いた基準を作成しておき、工事担当者の判断基準の統一を図っておくことが判定の個人差を解消する方法と考えられる。

一方、定量的評価方法として、上記のように現状では弾性波速度による方法が最も適しているとされており、軟岩の弾性波速度の目安として700～2800 m/secとしている。また、道路公団の分類による弾性波速度は表一2に示すとおりである。

しかしながら、特に軟岩の場合、乾燥湿潤によって著しく劣化するものがあり、また同じ弾性波速度であっても岩盤中の割目の間隔、状態によって掘削作業性が著しく変化することもある。したがって地山の岩質の状態によって分類することを基本とし、弾性波速度による分類は参考程度とすべきであろう。

表 1 岩の分類表 (建設省)

岩 分 類				
名 称			説 明	
A	B	C		
岩	軟 軟	I	第三紀の岩石で固結の程度が弱いもの。 風化がはなはだしく極めてもろいもの。 指先で離しうる程度のものでクラック間隔は1～5cmくらいのも および第三紀の岩石で固結の程度が良好なもの。 風化が相当進み、多少変色を伴い軽い打撃で容易に割れるもの、離れ易 いもので、きれつ間隔は5～10cm程度のもの。	
		II	凝灰質でかたく固結しているもの、風化が目にとって相当進んでいるも の。 きれつ間隔が10～30cm程度で軽い打撃により離しうる程度。 異質のかたい互層をなすもので層面を楽に離しうるもの。	
	硬 硬	中 硬 岩	石灰石、多孔質安山岩のように、特に密でなくても相当のかたさを有 するもの、風化の程度があまり進んでいないもの、かたい岩石で間隔30 ～50cm程度の、きれつを有するもの。	
		I	花こう岩、結晶片岩などで全く変化していないもの、きれつ間隔が1m 内外で相当密着しているもの、かたい良好な石材を取り得るようなもの。	
	岩 岩	II	けい岩、角岩などの石英質に求む岩質で最もかたいもの、風化しておら ず新鮮な状態にあるもの、きれつ少なく、よく密着しているもの。	

表 2 岩の分類（日本道路公団）（昭和60年現在）

大分類	小分類	岩 種	岩質の程度（目安）	弾性波速度（参考）
軟 岩	軟岩A	石墨片岩、砂岩、 凝灰岩、蛇紋岩、 花こう岩、集塊岩、 片麻岩、緑泥片岩、 粘板岩、閃緑岩、 安山岩、かんらん 岩	風化が進み、多少の変色も伴い、 きれつが発達し（間隔10cm以下 程度）、ハンマでたたいて目 にそって割れるもの。	2.0 km/sec 程度以下
	軟岩B	土 丹		1.0～3.0km/sec 程度
	軟岩C	凝灰岩、花こう岩、 片岩、片麻岩、礫 岩などが風化した もの。	風化がはなばだしく、きれつが 発達し（間隔1～5cm程度）、 ハンマでたたいて容易に割れる 岩の掘削は、ハイドロリック リッパによる施工が有効である が、掘削後の状態がほとんど土 砂状（礫状とならない）になる もの。	1.0 km/sec 程度以下
	軟岩D	軽石が多く混入す る土砂	原則として軽石の混入率20%以 上の土砂	
硬 岩	硬岩A	集塊岩、片麻岩、 石灰岩、硬砂岩、 角岩、砂岩、礫岩、 安山岩、ひん岩、 粘板岩、角岩、玄 武岩、かんらん岩、 凝灰岩	凝灰質でかたく固結したもの。 岩自体変質せず大きいきれつ （10～50cm程度）のあるもので、 大ハンマで数回たたいてかろう じて割れる程度のもの。	2.0～3.5km/sec 程度
	硬岩B	花こう岩、千枚岩、 せん緑岩、ひん岩、 安山岩、玄武岩、 砂岩、角岩、硬砂 岩	新鮮堅岩、きれつが少なく密着 したもので岩質が最も堅いもの。 大ハンマーで数回たたいてかろ うじて割れるかまたは、はね返 って容易に割れないもの。	3.5～6km/sec 程度
	硬岩C	溶 岩		

（施工研究室）

2.切土のり面の補強土工法

(質問)

切土のり面勾配は、地山の地形や地質に応じた安定勾配で施工されるものであるが、種々の条件で適切な安定勾配を確保出来ない場合がある。このような場合、補強土工法等によって安定化を図れないものか。

(東北地方建設局 三陸国道工事事務所)

(回答)

種々の条件によって斜面が安定勾配を保てない場合、急傾斜地崩壊防止工事技術指針¹⁾や道路土工のり面工・斜面安定工指針²⁾等によると、擁壁工、くい工、アンカー工等を用い、斜面の安定化を図ることが一般的である。

また、道路土工のり面工・斜面安定工指針²⁾には、斜面の安定化の工法として、補強土工法も記述してあるが、「設計法や耐久性などの点で未解決な面があるので、使用にあたっては十分な検討が必要である。」とある。

しかしながら、現在、作業中である同指針の改訂では、より積極的に採用する方向の記述となり、施工の容易さを考えると、補強土工法(鉄筋挿入工法)が切土のり面の安定工法として用いられる機会は、今後、増加するものと考えられる。

なお、設計方法については、特に確立されていない現状ではあるが、切土のり面の補強土工法として用いられる鉄筋挿入工法については、下記の資料^{3)・4)・5)}等を参考にして頂きたい。

引用文献・参考文献

- 1) 斜面崩壊防止工事の設計と実例－急傾斜地崩壊防止工事技術指針－本編，全国治水砂防協会，昭和62年7月
- 2) 道路土工のり面工・斜面安定工指針－，日本道路協会，昭和61年11月
- 3) 土木技術資料 Vol. 34, No. 1：〈講座〉補強土工法の現場への適用－切土における補強土工法(鉄筋挿入工法)－，平成4年1月，(財)土木研究センター
- 4) 共同研究報告書 第54号：「帯状補強材による補強土工法の開発に関する共同研究報告書」，平成3年3月，建設省土木研究所
- 5) 補強土工法設計施工資料：昭和62年9月，日本道路公団

(急傾斜地崩壊研究室)

3.切盛り境の施工法

(質問)

図-1に示すような盛土カ所などにおいて、段切りをして盛土をまきだし30cmで施工し、10カ月後舗装をしたが、6カ月後舗装面にクラックが生じた。

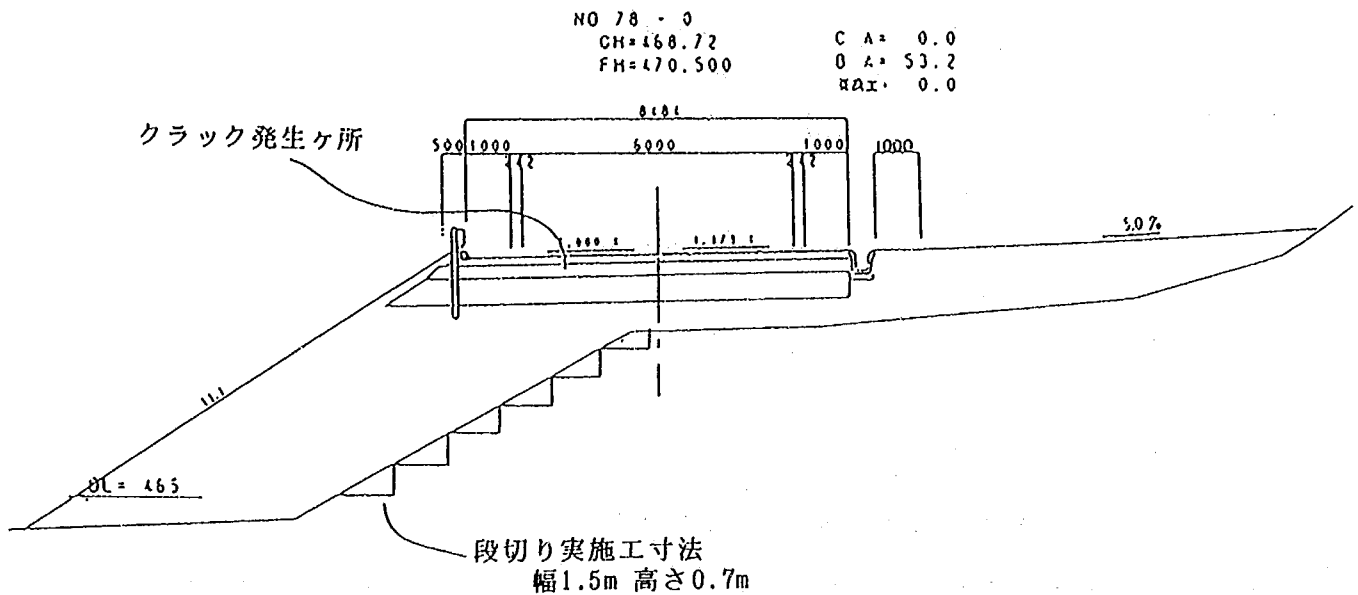


図-1 現場状況

当施工カ所は縦断方向の盛土であるためクラックの発生原因は段切りの寸法および盛土材の転圧の不足が考えられるが、このような片切り、片盛りの箇所における施工方法について御教示願いたい。

(日本道路KK須賀川出張所)

(回答)

現場は山間部における縦断方向の切盛り部で、クラック発生カ所は2カ所あり、1カ所は両切り部から片切り片盛り部へ移る部分であり、他の1カ所は片切り片盛り部である。両カ所とも切盛りの境目である。盛土材の土質は表-1に示すような高含水比の粘性土である。

この現場は盛土材が高含水比の粘性土のためせん断強さが極めて小さく、また、盛土内に間隙水圧が発生し、盛土安定度が著しく低下したのではないかと考えられる。

さらに、切盛りの境は地山からの湧水が盛土内に浸透し盛土のり面を不安定にすることが多い。

したがって、クラック発生の原因としては段切り高さの不足よりもせん断抵抗の低下による円弧すべりと考えられる。

表-1 盛土材の土質

自然含水比 w_n	86.8%
液性限界 w_L	57.4%
塑性指数 I_p	6.3
土質分類	MH

このような場合には盛土内の間隙水圧の発生を消散させ、排水の促進をはかることが重要である。その対策としては盛土の最下層に30cm程度のサンドマットを施工し盛土の中段に砂層を設置する（図-2）。また、透水性の高いジオテキスタイル（不織布）を盛土材のまき出しと交互に敷設することも有効である（図-3）。不織布には排水効果だけでなく、盛土のすべりに対する補強にも効果がある。設計・施工にあたっては「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル」を参考にするとよい。設計ではすべりに対する安定の検討が必要になる。まず、三軸圧縮試験により得られた c_u 、 ϕ_u により概略検討を行い、安全率 F_s が1.2以下であれば詳細な安定計算を行う。詳細な安定計算では圧密により次式のように増加した c_u で計算を行う。

$$c_u = c_{u0} + (\sigma_v - p_c) \cdot m \cdot U$$

c_{u0} : 三軸UU試験から得られた粘着力

σ_v : 土被り圧

p_c : 締固めによる先行荷重

m : 強度増加率

$$m = \frac{\Delta c_u}{\Delta p} = \frac{\sin \phi_{cu}}{1 - \sin \phi_{cu}}$$

U : 圧密度（通常90%を目安とする）

この詳細検討においても安全率 F_s が $F_s \geq 1.2$ とならない場合は、ジオテキスタイル工法以外の検討が必要になる。

なお、段切りの寸法は「道路土工のり面工・斜面安定工指針」では最小幅は1m、最小高さは0.5mとされている。

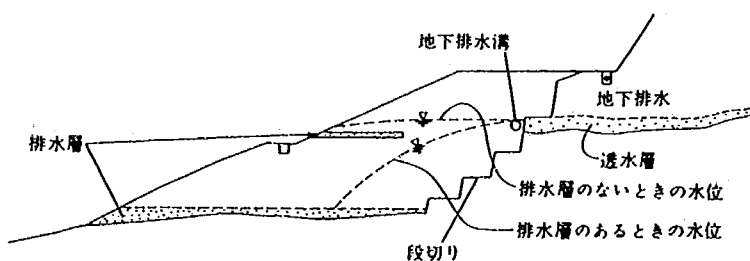


図-2 盛土の中段に砂層を設置した場合（道路土工のり面工・斜面安定工指針）

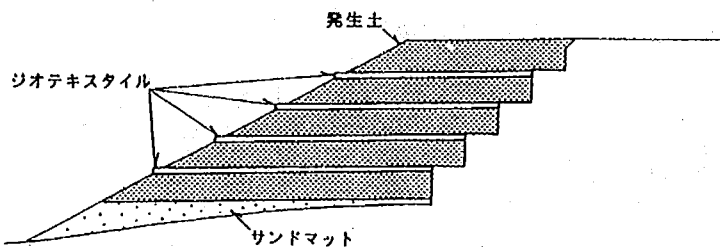


図-3 ジオテキスタイルを使用した場合

（土質研究室）

4. 軟弱地盤における沈下および周辺地盤の変状に対する対策工法

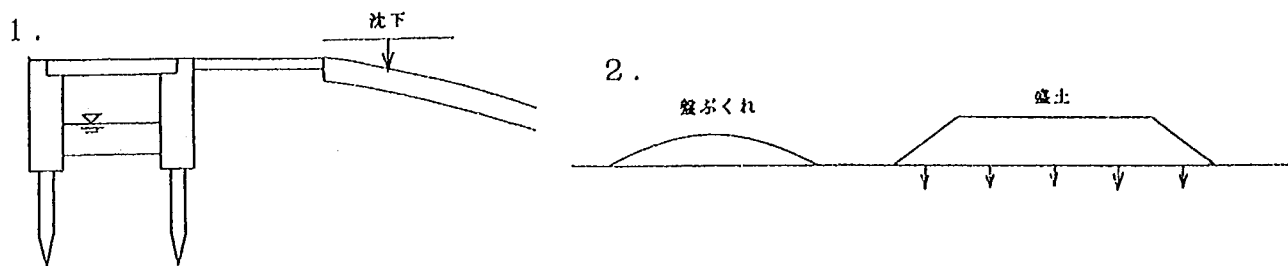
(質問)

青森県北津軽一帯の地域では軟弱地盤層が広く深く分布しており、工事を施工するにあたり以下のような周辺への影響が大きな課題となっている。

1. 橋梁工事等で基礎杭等の対応をしているが踏み掛け板と取付け部分の境が沈下し、補修をしても2～3年の間にまた沈下現象が見られる。また、補修することにより周辺での盤ぶくれ現象が起こることもある。
2. 道路または築堤等の盛土をした場合、周辺の地盤に盤ぶくれ現象が起き、場所によっては100m以上離れたところでも影響が現れたりする。

このような現象を防止する軟弱地盤対策工法についてご教示願いたい。

((社) 青森県建設業協会北五支部)



(回答)

1. 軟弱層が厚い場合、盛土の沈下が長期間にわたって継続することがある。沈下を抑える軟弱地盤対策工法とその効果を表-1に示す。

表-1 主な軟弱地盤対策工の種類と効果 (軟弱地盤対策工指針)

工 法	工法の効果
サーチャージ工法	圧密沈下の促進
サンドドレーン工法	圧密沈下の促進
サンドコンパクションパイル工法	(補助的に) 圧密沈下の促進 全沈下量の減少
深層混合処理工法	全沈下量の減少
荷重軽減工法	全沈下量の減少

今回のような橋台取付け部の沈下対策としては、サーチャージ工法によって圧密沈下を促進させ、盛土を施工すると工費が安価である。しかし、盛土高が高い場合、圧密に要する期間が非常に長くなるため、サンドドレーンを併用して圧密期間を短縮させるのがよいと考えられる。

ただし、盛土高が高くなると圧密による強度増加だけでは盛土の安定が保てなくなる場

合がある。このようなときは、ジオテキスタイルによる盛土補強工法を併用して盛土の安定を保つとよい。

工期をさらに短縮する必要がある場合は、深層混合処理工法やサンドコンパクションパイル工法によって沈下を低減する。しかし、施工費はサーチャージとサンドドレーン工法との併用よりも高価となる。

荷重軽減工法は上記の工法よりもさらに工期を短縮したい場合に適用される。荷重軽減工法にはEPS（発泡スチロール）工法、発泡ビーズ混合軽量土工法などがある。これらの工法は総沈下量が少ないため、極めて軟弱層厚が厚く、盛土高が高いような条件のきびしい箇所で適用性が高い。しかし、一般に施工費がかなり高価である。設計・施工にあたっては土木研究所資料「発泡スチロールを用いた軽量盛土の設計・施工マニュアル」、「発泡ビーズ混合軽量土の利用マニュアル（案）」を参照する。

上記の工法を現場の条件に応じて選定すればよい。

2. 軟弱地盤上に盛土を施工する場合、周辺地盤は地盤のせん断変形による側方流動と圧密による引込み沈下によって変形する。盤ぶくれ現象は前者の側方流動に起因するもので軟弱層厚が厚くなるに連れて影響範囲は大きくなる傾向にある。

盤ぶくれを抑える対策としては前述の側方流動を抑えることが重要で次のような工法が考えられる。

- 1) 圧密促進により地盤の強度増加を計りながら施工する工法
…サンドドレーン工法（図-1）、緩速載荷工法
- 2) 側方流動に対抗しうるように地盤改良を行う工法
…ブロック状深層混合処理工法（図-2）
- 3) 盛土荷重を杭などによって受持ち軟弱地盤に伝わる荷重を低減する工法
…深層混合処理（柱状改良、図-3）、杭工法など
- 4) 盛土の荷重を軽減する工法
…軽量盛土工法

一般には緩速載荷によって強度増加を計りながら施工するのが最も施工費が安価であると考えられる。しかし、残留沈下が許容値内におさまるまでの期間が長くなるためサンドドレーン工法を併用して工期を短縮することが多い。

盛土高が高くなると圧密による強度増加のみでは側方流動を抑えきれない可能性がある。そのような場合はブロック状深層混合処理工法や柱状深層混合処理工法を選定する。柱状の深層混合処理工法は低改良率の場合、改良部と未改良部の間に不等沈下を生じることもあるので適宜ジオテキスタイルなどによって不等沈下を低減する。設計には「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル」を参考にする。

施工期間を短縮する必要がある場合には軽量盛土工法が適当である。しかし、この工法は一般に施工費がかなり割高である。

以上の工法を経済比較と現場条件より対策工法を決定すればよいと考えられる。

<参考文献>

- 1) (社) 日本道路協会：道路土工－軟弱地盤対策工指針
- 2) 土木研究所資料「発泡スチロールを用いた軽量盛土の設計・施工マニュアル」
- 3) 土木研究所、(財) 土木研究センター、ハイグレードソイル研究会発泡ビーズ混合軽量土グループ：発泡ビーズ混合軽量土の利用マニュアル（案）
- 4) (財) 土木研究センター：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル
- 5) 土質工学会編：地盤の側方流動

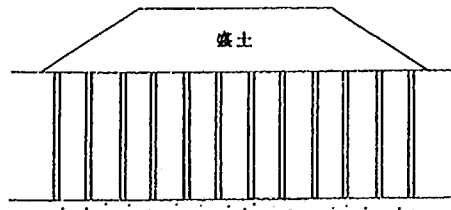


図-1 サンドドレーン工法

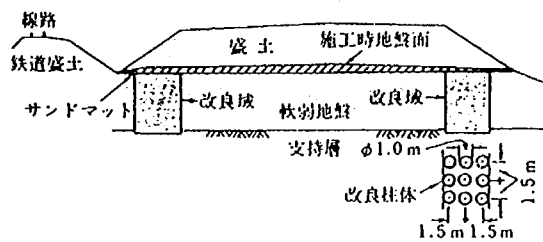


図-2 深層混合処理工法（ブロック状改良）
（地盤の側方流動～土質工学会編）

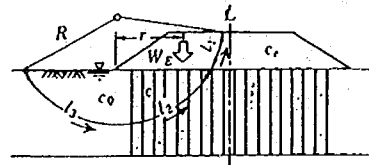


図-3 深層混合処理工法（柱状改良）
（地盤の側方流動～土質工学会編）

（土質研究室）

5.建設発生土を用いた土工盛土の施工方法

(質問)

堤防、路体盛土は、それぞれ機能は異なるが、資源の有効利用のため、建設発生土の有効利用が今後益々多くなると考えられる。そこで、建設発生土の土質は千差万別であるが、それらを有効利用するため、土質種別毎の施工方法（薬剤処理、強制脱水等を含めた）についての新しい方向を御教示願いたい。

(置賜建設株式会社)

(回答)

建設発生土を有効利用を推進していくには、土質区分基準や利用用途別の土の品質基準の確立が最重要課題の一つである。そこで、建設省では、平成4年度から総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」を開始し、その成果の1つとして「建設発生土利用技術マニュアル」をとりまとめた。

ここでは、マニュアルのうち土質区分基準、適用用途標準や道路路体用盛土、堤防への利用方法について記述する。

(1)土質区分基準

土質区分基準については、表-1に示すように、従来のコーン指数等に基づく建設省令の区分を基本とし、これに日本統一土質分類による区分を加えて、発生土の区分を15種類に細分している。この土質区分基準は、以下のことを考慮して作成された。

- ・掘削前のボーリングデータ等から概略の土質区分が行えるようにする
- ・より詳細な土質区分を用いることで発生側と利用側の土の認識のずれを極力少なくする
- ・安定処理等による改良後の性状を判定する際にも適用できるようにする

(2)適用用途標準

適用用途標準では、上記の細分化された土質区分基準に基き、堤防や路体盛土の他、工作物の埋戻し、公園・緑地造成等の各用途ごとに適否の目安を示している。これらのうち、堤防や路体盛土に関する部分を、表-2に示す。

なお、この適用用途標準は、既往の関係諸基準に基づいて定めたものであるが、あくまで一般的な目安を示すもので、構造物の重要度に応じて柔軟に対応することとしている。

(3)土質改良工法及び施工上の工夫

発生土の有効利用を図るためには、発生する土の性状と利用用途に応じて、発生側及び利用側双方で適切な土質改良工法を選定し、施工上の工夫を行う必要があり、これらを適宜組合わせることが重要である。表-3に、土質種別毎の路体盛土における土質改良工法や施工上の工夫を選定を示す。なお、堤防として利用する場合については、平成7年度東

北地方建設局一日土研質問事項「建設発生土をリサイクルした場合の堤体材料のあり方」(岩手工事事務所工務第3課)で解答しているので参照されたい。

路体に用いる土質は、第1種から第3種発生土までは、巨礫等を取り除けば、ほとんどの場合そのまま利用が可能である。その他の土質については、盛立てや締固めに対するトラフィカビリティが確保できない場合、以下に示す土質改良工法や施工上の工夫が必要である。

1) 土質改良工法

① 粒度分布の悪い発生土

粒径が均一で締固めに支障のある場合や液状化の恐れがある場合には細粒土を混合し、粒度組成を改善する。また、第4b種発生土のような細粒分が多く含水比の高い土には、含水比の低い砂質系の土を混合し、含水比を下げることにより締固め特性を改善することが出来る。しかし、泥土のような含水比が著しく高い土には、改良対象土より多量の良質土が必要となるので良質混合土には適用しにくい。

② 強度の不足する発生土

掘削時点で含水比が高く転圧ができない発生土でも、含水比を下げることにより転圧が可能となり、路体用土として使用が可能となる場合がある。

第4a種発生土や泥土aといった砂質土系の発生土では水切りや天日乾燥などが適用できる。細粒分を多く含む第4b種発生土の場合は、わずかの含水比低下で利用可能となる場合もあるので、天日乾燥が有効となる。

泥土に関しては、天日乾燥は時間がかかるので、機械脱水などの強制脱水が用いられる場合もあるが、含水比低下のみでは所要の強さが得られない場合が多く、安定処理を組み合わせること等により強度を増加させる必要がある。また、通常の掘削、運搬、締固めが容易にできない土に関しては、地山で改良処理する方法が有効になる。

(2) 施工上の工夫

① 発生側での工夫

a) 含水比低下

含水比の高い材料では、トレンチ掘削、水位低下掘削および改良材混合掘削等の方法により地山の含水比低下を図ることも作業効率の面においてより有効である。

② 利用側での工夫

a) 利用位置

最大寸法が100～200mm程度の岩塊や玉石を混入する発生土については、間隙を充填するのに十分な量の土砂と混合するか、あるいはサンドイッチ状に敷設し、なるべく薄層で振動ローラ等により締固める。また、径500mm程度の岩塊については路体のできるだけ下部に使用することで利用することが可能となる。

b) サンドイッチ工法

含水比の高い砂質土や粘性土を用いて高い盛土を行う時は、盛土内の含水比を低下させるため、ある一定高さごとに透水性の良い山砂等で排水層を設ける。排水層

表-1 土質区分基準

区 分 (建設省令)	土質区分	コーン 指数 qc ^{*3)}	日本統一土質分類		備 考 ^{*2)}		
			中分類	土 質	含 水 比 (地山) wn (%)	掘削方法	
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種発生土	—	{G} {S}	礫 砂	—	・排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、建設省令の1ランク下の区分とする。	
	第1種改良土		(改良土) ^{*6)}		—		
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2a種発生土	8以上	{GF}	礫質土	—		・水中掘削等による場合は、建設省令の2ランク下の区分とする。
	第2b種発生土		{SF}	砂質土($F_c=15\sim25\%$)	—		
	第2c種発生土			砂質土($F_c=25\sim50\%$)	30%程度以下		
	第2種改良土		(改良土)		—		
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの)	第3a種発生土	4以上	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	30~50%程度		
	第3b種発生土		{M}、{C}	シルト、粘性土	40%程度以下		
			{V}	火山灰質粘性土	—		
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準ずるもの (第3種発生土を除く))	第3種改良土	(改良土)		—			
	第4a種発生土	おおむね 2以上	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	—		
	第4b種発生土		{M}、{C}	シルト、粘性土	40~80%程度		
			{V}	火山灰質粘性土	—		
			{O}	有機質土	40~80%程度		
(泥土) ^{*1)} (浚渫土のうち おおむねqc2以下のもの及び建設汚泥)	第4種改良土	(改良土)		—			
	泥 土 a	おおむね 2以下	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	—		
	泥 土 b		{M}、{C}	シルト、粘性土	30%程度以上		
			{V}	火山灰質粘性土	—		
			{O}	有機質土	30%程度以上		
泥 土 c	{Pt}	高有機質土	—				

- * 1) 泥土のうち建設汚泥は、廃棄物処理法に定められた手続きが必要である。
- * 2) 計画段階（掘削前）において土質区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、日本統一土質分類と備考欄の含水比（地山）、掘削方法から概略の土質区分を選定し、掘削後、所定の方法でコーン指数を測定して、土質区分を決定する。
- * 3) 所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、ポータブルコーンペネトロメータで測定したコーン指数（表3-3参照）。
- * 4) 表中の第1種～第4種改良土は、土（泥土を含む）に改良材を混合し、化学的に性状を改良したものである。例えば、第3種改良土は、第4種発生土または泥土を安定処理し、コーン指数4以上の性状に改良したものである。
- * 5) 含水比低下、粒度調整など物理的な処理を行った場合には、処理後の性状で再度判定し、改良土としてではなく、発生土として土質区分を判定する。
- * 6) 第1種改良土は、礫、砂状を呈するもの。

表一 2 適用用途標準

土質区分		用 途		道路路体用盛土		一般堤防	
				評価	付帯条件	評価	付帯条件
第 1 種 建設発生土	第 1 種 発生土 〈砂、礫及びこれらに準ずるもの〉	第 1 種 発生土	◎	◎	最大粒径注意	○	最大粒径注意 遮水排水対策
		第 1 種 改良土	◎	◎	—	◎	—
第 2 種 建設発生土	第 2 種 建設発生土 〈砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの〉	第 2a種 発生土	◎	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
		第 2b種 発生土	◎	◎	—	◎	—
		第 2c種 発生土	◎	◎	—	◎	—
		第 2 種 改良土	◎	◎	—	◎	—
第 3 種 建設発生土	第 3 種 建設発生土 〈通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの〉	第 3a種 発生土	◎	◎	—	◎	—
		第 3b種 発生土	◎	◎	—	◎	—
		第 3 種 改良土	◎	◎	—	◎	—
第 4 種 建設発生土	第 4 種 建設発生土 〈粘性土及びこれに準ずるもの（第3種発生土を除く）〉	第 4a種 発生土	○	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
		第 4b種 発生土	○	○	施工上の工夫 安定処理	○	施工上の工夫 安定処理
		第 4 種 改良土	○	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
		第 4 種 改良土	○	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
(泥土) ^{*)}	〈浚渫土のうちおおむねqc2以下のもの及び建設汚泥〉	泥土a	○	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
		泥土b	○	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
		泥土c	×	×	—	×	—

*1) 泥土のうち建設汚泥は、廃棄物処理法に定められた手続きが必要である。

凡 例

〔評 価〕

- ◎：そのまま使用が可能なもの
- ：施工上の工夫、もしくは簡易な土質改良（安定処理を含む）を行えば使用可能なもの
- △：安定処理等の土質改良を行えば使用可能なもの
- ×

〔付帯条件〕

- ：十分な施工を行えば、そのまま使用できるもの
- /：土質改良、施工上の工夫をしても、使用が不適なもの

表-3 道路路体用盛土における土質改良・施工上の工夫の選定

土 質 区 分		評価 ^{*)}	土質改良・施工上の工夫 ^{*)}		
			発 生 側	利 用 側	施工上の工夫
第1種建設発生土		◎	————	——	————
第2種建設発生土		◎	————	——	————
第3種建設発生土		◎	————	——	————
第4種建設発生土	第4a種発生土	○	天日乾燥 良質土混合 安定処理 改良材混合掘削 水位低下掘削	天日乾燥 良質土混合 安定処理	サンドイッチ工法 補強土工法 繊維混合土 流動化処理土 気泡混合土 軽量材混合土
	第4b種発生土	○	天日乾燥 良質土混合 安定処理 改良材混合掘削	天日乾燥 良質土混合 安定処理	サンドイッチ工法 補強土工法 繊維混合土 流動化処理土 気泡混合土 軽量材混合土
	第4種発生土	○	————	天日乾燥 良質土混合	サンドイッチ工法 補強土工法
泥 土	泥土 a	○	天日乾燥 良質土混合 強制脱水 安定処理	天日乾燥 安定処理	サンドイッチ工法 繊維混合土 気泡混合土 軽量材混合土
	泥土 b	○	天日乾燥 強制脱水 安定処理	天日乾燥 安定処理	サンドイッチ工法 補強土工法 流動化処理土 繊維混合土 気泡混合土 軽量材混合土
	泥土 c	×			

◎：そのまま使用が可能なもの

○：施工上の工夫、もしくは簡易な土質改良（安定処理を含む）を行えば使用可能なもの

△：安定処理等の土質改良を行えば使用可能なもの

×：使用が不適なもの

*1) 評価については表-2の付帯条件に留意のこと

*2) 表中の方法については単独あるいは組み合わせて用いることができる

として不織布や管状排水材等のジオテキスタイルを利用する場合もある。

c)補強土工法

含水比が高い砂質土や粘性土を用いてより高い盛土を行う時は、盛土のり面の安定が期待できない場合がある。このような場合、盛土の補強のためポリマーグリッド等の補強材を盛土中に水平に敷設し、土と一体化することにより盛土の強度を高めることができる。また、盛土勾配を急勾配にできるので、用地に余裕がないような場合に有効である。

d)機能付加

機能付加とは含水比の高い土に繊維等の各種の材料を混合し、土の機能を向上させることで、一般にセメント等の改良材が併用される。混合材として軽量材や気泡を混合することによって軟弱地盤上の軽量盛土とすることもできる。また、発生土に加水して流動化を図り、これにセメント等の改良材を添加して流動化処理土として使用することも可能である。

<参考文献>

- 1)(財)土木研究センター：建設発生土利用技術マニュアル,1994.7
- 2)建設省：建設発生土利用のための開発工法概要,1995.3

(土質研究室)

6.建設発生土をリサイクルした場合の堤体材料の在り方

(質問)

当事務所においては、工事の掘削において、含水比50%程度の粘土質の土砂が大量に発生することから、これらの土砂を築堤材としてリサイクルすることを前提に検討を行った。

なお、粘性土を築堤材として使用するには何らかの土質改良が必要であったため、当事務所では試験盛土を実施し、生石灰による方法を採用した。

これら土質改良を行った土砂を堤体材料に使用する判断項目として、①機械施工が可能なトラフィカビリティの確保②築堤としての基準を満足するか否かの2点を基準としたが、判断する項目としてこれらが妥当かどうか、また、これ以外に留意すべき点があるとするればどのような点か御教示願いたい。なお、建設発生土を堤体材料として使用する場合、土質改良工法として生石灰以外の新技術についても併せて御教示願いたい。

(岩手工事事務所)

(回答)

建設省では、建設発生土の有効利用のため、平成4年度より総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」に取り組んでおり、その成果の一つとして、平成6年7月には、「建設発生土利用技術マニュアル」を作成し、建設発生土の土質区分基準や適用用途標準の整備などを行っている。

土質区分基準は、表-1に示すように従来のコーン指数等に基づく建設省令の区分を基本とし、日本統一土質分類による区分を加えて、発生土の区分を15種類に細分している。また、適用用途標準は、土質区分基準に基き、路体盛土、一般堤防、宅地造成等の各用途ごとに土質別の適否の目安を示している。このうち、堤防に関する部分を表-2に示す。

一般に堤防の材料は、①敷き均し、締固めの施工が容易で、かつ締固め後の強度が大きく、②圧縮性が少なく、③河川水や雨水などの浸食に対して強いとともに、④吸水による膨潤性の低いことが望ましい。表-2は、これらを勘案して、土質ごとに堤防材料として適用する際の目安を示している。

しかし、河川堤防の築堤は多量の土を必要とし、経済性や施工性から河道掘削発生土を使用することが多く、多種多様なものが土質改良や設計、施工上の工夫を行って用いられている。したがって、発生時の性状が堤体材料として評価の低い発生土であっても、必要に応じた処置を施すことにより、施工性（トラフィカビリティ）を確保し、かつ構造的な安定性を満足すれば、一般堤防の盛土材料として利用可能となると考えられる。

表-3に、一般堤防における土質改良工法あるいは施工上の工夫の選定を示す。

(1)土質改良工法

1)粒度分布の悪い発生土

細粒分がほとんどない場合には、細粒土を混合し、盛土材料として適切な透水性と

表-1 土質区分基準

区 分 (建設省令)	土質区分	コーン 指数 qc *3)	日本統一土質分類		備 考*2)		
			中分類	土 質	含 水 比 (地山) wn (%)	掘削方法	
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種発生土	—	{G} {S}	礫 砂	—	・排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、建設省令の1ランク下の区分とする。	
	第1種改良土		(改良土)*6)		—		
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2a種発生土	8以上	{GF}	礫質土	—		・水中掘削等による場合は、建設省令の2ランク下の区分とする。
	第2b種発生土		{SF}	砂質土($F_c=15\sim25\%$)	—		
	第2c種発生土			砂質土($F_c=25\sim50\%$)	30%程度以下		
	第2種改良土		(改良土)		—		
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの)	第3a種発生土	4以上	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	30~50%程度		
	第3b種発生土		{M}、{C}	シルト、粘性土	40%程度以下		
			{V}	火山灰質粘性土	—		
	第3種改良土		(改良土)		—		
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準ずるもの (第3種発生土を除く))	第4a種発生土	おおむね 2以上	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	—		
	第4b種発生土		{M}、{C}	シルト、粘性土	40~80%程度		
			{V}	火山灰質粘性土	—		
			{O}	有機質土	40~80%程度		
(泥土)*1) (浚渫土のうち おおむねqc2以下のもの及び建設汚泥)	泥土a	おおむね 2以下	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	—		
	泥土b		{M}、{C}	シルト、粘性土	80%程度以上		
			{V}	火山灰質粘性土	—		
			{O}	有機質土	80%程度以上		
	泥土c		{Pt}	高有機質土	—		

* 1) 泥土のうち建設汚泥は、廃棄物処理法に定められた手続きが必要である。

* 2) 計画段階(掘削前)において土質区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、日本統一土質分類と備考欄の含水比(地山)、掘削方法から概略の土質区分を選定し、掘削後、所定の方法でコーン指数を測定して、土質区分を決定する。

* 3) 所定の方法でモールドに締固めた試料に対し、ポータブルコーンペネトロメータで測定したコーン指数(表3-3参照)。

* 4) 表中の第1種~第4種改良土は、土(泥土を含む)に改良材を混合し、化学的に性状を改良したものである。例えば、第3種改良土は、第4種発生土または泥土を安定処理し、コーン指数4以上の性状に改良したものである。

* 5) 含水比低下、粒度調整など物理的な処理を行った場合には、処理後の性状で再度判定し、改良土としてではなく、発生土として土質区分を判定する。

* 6) 第1種改良土は、礫、砂状を呈するもの。

表-2 適用用途標準

土質区分		高規格堤防		一般堤防	
		評価	付帯条件	評価	付帯条件
第1種 建設発生土 〈砂、礫及びこれらに準ずるもの〉	第1種 発生土	◎	最大粒径・ 礫混入率注意	○	最大粒径注意 遮水排水対策
	第1種 改良土	◎	—	◎	—
第2種 建設発生土 〈砂質土、礫質土 及びこれらに準ずるもの〉	第2a種 発生土	◎	最大粒径・ 礫混入率注意	◎	最大粒径注意
	第2b種 発生土	◎	—	◎	—
	第2c種 発生土	◎	—	◎	—
	第2種 改良土	◎	—	◎	—
第3種 建設発生土 〈通常の施工性が 確保される粘性 土及びこれに準 ずるもの〉	第3a種 発生土	◎	—	◎	—
	第3b種 発生土	◎	—	◎	—
	第3種 改良土	◎	—	◎	—
第4種 建設発生土 〈粘性土及びこれ に準ずるもの（ 第3種発生土を 除く）〉	第4a種 発生土	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
	第4b種 発生土	△	安定処理	○	施工上の工夫 安定処理
	第4種 改良土	△	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
	泥士a	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
(泥士)*1) 〈浚渫土のうちお おむねqc2以下 のもの及び建設 汚泥〉	泥士b	△	安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理
	泥士c	×	—	×	—

*1) 泥土のうち建設汚泥は、
廃棄物処理法に定められた手
続きが必要である。

凡 例

〔評 価〕

◎：そのまま使用が可能なもの

○：施工上の工夫、もしくは簡易な土質改良（安定処理を含む）を行えば使用可能なもの

△：安定処理等の土質改良を行えば使用可能なもの

×：使用が不適なもの

〔付帯条件〕

—：十分な施工を行えば、そのまま使用できるもの

/：土質改良、施工上の工夫をしても、使用が不適なもの

表－3 一般堤防における土質改良・施工上の工夫の選定

土 質 区 分		評価 ⁽¹⁾	土質改良・施工上の工夫 ⁽²⁾		
			発 生 側	利 用 側	施工上の工夫
第1種建設発生土		○	分別搬出	良質土混合	利用位置
第2種建設発生土		◎	————	——	————
第3種建設発生土		◎	————	——	————
第4種建設発生土	第4a種発生土	○	水位低下掘削 水切り 天日乾燥 改良材混合掘削	天日乾燥 安定処理	繊維混合土
	第4b種発生土	○	改良材混合掘削 天日乾燥	安定処理 良質土混合 天日乾燥	繊維混合土
	第4種発生土	○	————	良質土混合	補強土工法
泥 土	泥土 a	○	改良材混合掘削 天日乾燥 強制脱水	安定処理 天日乾燥	袋詰め脱水
	泥土 b	○	改良材混合掘削 天日乾燥 強制脱水	天日乾燥 安定処理 良質土混合	袋詰め脱水
	泥土 c	×			

◎：そのまま使用が可能なもの

○：施工上の工夫、もしくは簡易な土質改良（安定処理を含む）を行えば使用可能なもの

△：安定処理等の土質改良を行えば使用可能なもの

×：使用が不適なもの

*1) 評価については表－2の付帯条件に留意のこと

*2) 表中の方法については単独あるいは組み合わせて用いることができる

なるように粒度の調整を行う。またシルト分の多い土には、粗粒土を混合して、乾燥収縮によるクラックを防止する。

2) トラフィカビリティの得られない発生土

トラフィカビリティの得られない発生土に対しては、含水比を低下させるか、安定処理工法を採用する。河川土工では、含水比低下には天日乾燥による方法が一般に採用されているが、天日乾燥では急速な含水比の低下は望めず、安定処理工法との採用や両工法の併用を検討する。

特に第4b種発生土等の粘性土では、安定処理工法が有効となるが、その際は、pH値の高い溶出水が発生することもあるため、地下水位が高い等の条件によっては、改良土の周囲に厚さ30cm程度の敷土や覆土を行うなどの配慮が必要である。

また、安定処理土を利用した場合は、土質、改良材、混合率、混合方法によっては、完成後の堤体に乾燥収縮によるヘアクラックが発生することがあり、室内試験による検討や試験施工による検証を行うことが望ましい。収縮による亀裂は、改良土に限らず発生するが、一般に亀裂の深さは乾燥の影響の及ぶ表面から1m程度にとどまるのが普通であり、堤体の安定性に大きな支障を及ぼすことはない。

(2) 施工上の工夫

安定処理工法以外に発生土を堤体材料として使用する場合、以下の工法が考えられる。

1) サンドイッチ工法

細粒分の多い砂質土や粘性土等の建設発生土と良質土を図-1のように交互に盛り立て、圧密促進により含水比を低下させて強度増加を図る。さらに、軟弱土と良質土をサンドイッチ状に盛り上げた状態でショベル等で掘削して混合し、粒度調整を行う。

2) 袋詰脱水処理土

建設発生土が、浚渫土のように含水比が高くポンプ圧送が可能な場合は、袋詰脱水処理工法の適用が考えられる。袋詰脱水処理工法は、透水性の袋に軟弱な土を詰めて脱水し、袋の張力を利用して、図-2に示すように積重ねて堤防として利用する。

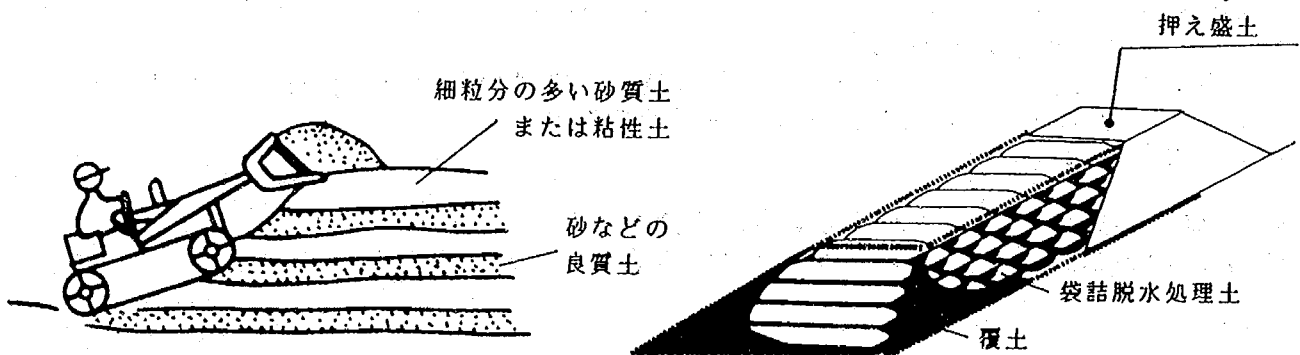


図-1 サンドイッチ工法

図-2 袋詰脱水処理工法

<参考文献> 1) (財)土木研究センター：建設発生土利用技術マニュアル, 1994. 7

2) 建設省：建設発生土利用のための開発工法概要, 1995. 3

(土質研究室)

7. 発泡材を混合した軽量盛土材の物性

(質問)

軟弱地盤上の盛土の安定・沈下対策などとして、土砂に発泡材を混合した軽量土を用いる場合がある。そこで、そのような軽量盛土材の物性値（ c 、 ϕ ）および耐久性についてご教示願いたい。

(五洋建設 東北支店)

(回答)

現在、建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」の一環として、発泡ビーズ混合軽量土（土砂に発泡スチロールなどの発泡樹脂のビーズを混合したもの）の利用技術の開発を、官民共同で実施している。そこで、これまでに得られた知見を以下に紹介する。

1) 物性値（ c 、 ϕ ）について

山砂（江戸崎産）に発泡ビーズ（発泡スチロール製、平均粒径4.5mm）と普通ポルトランドセメントを混合してできる発泡ビーズ混合軽量土について三軸圧縮試験を行った。三軸圧縮試験は、試料土を飽和させて圧密排水（CD）条件で実施している。

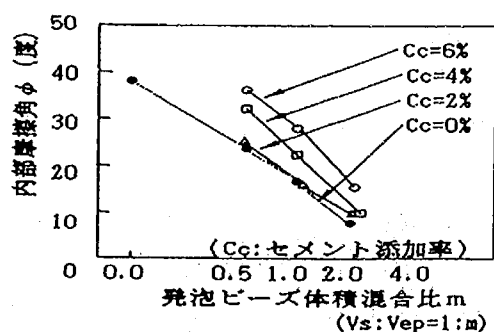


図-1 発泡ビーズ体積混合比と内部摩擦角

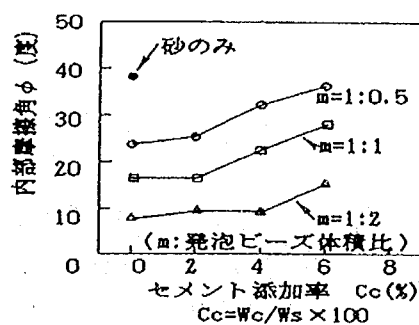


図-2 セメント添加率と内部摩擦角

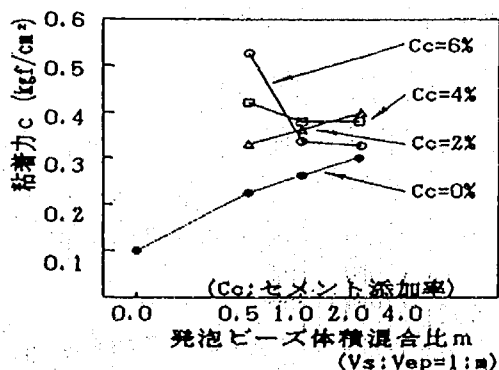


図-3 発泡ビーズ体積混合比と粘着力

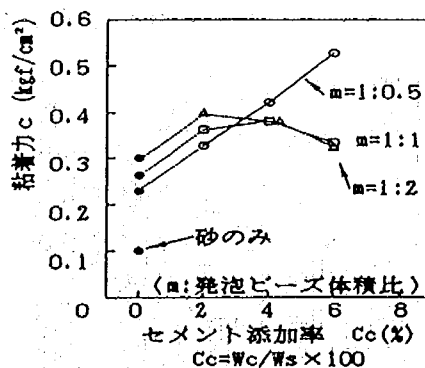


図-4 セメント添加率と粘着力

なお供試体は、発泡ビーズ体積混合比 m およびセメント添加率 C_c を変化させて作製した。発泡ビーズ体積混合比 m およびセメント添加率 C_c の定義は以下のとおりである。

発泡ビーズ体積混合比 $m = V_{\text{ep}} / V_s$

V_{ep} : ゆる詰め状態での発泡ビーズの体積

V_s : 最適含水比において1/2ECの1初キ-で締固めたときの原料土（山砂）の体積

セメント添加率 $C_o(\%) = W_o / W_s \times 100$

W_o : セメントの添加重量

W_s : 原料土（山砂）の乾燥重量

図-1に発泡ビーズ体積混合比 m と内部摩擦角、図-2にセメント添加率 C_o と内部摩擦角との関係を示す。また図-3に発泡ビーズ体積混合比と粘着力、図-4にセメント添加率と粘着力との関係を示す。これらの結果から以下の特性が認められる。

- ①セメント添加率が同じであれば、発泡ビーズ体積混合比が増すにつれて内部摩擦角は減少する（図-1）。
- ②発泡ビーズ体積混合比が同じであれば、セメント添加率が増加すると内部摩擦角は増加するが、発泡ビーズ体積混合比が大きくなるとセメント添加率をある程度大きくしないと内部摩擦角の増加に寄与しない傾向が見られる（図-2）。
- ③発泡ビーズ体積混合比が0.5程度と小さい場合にはセメント添加率の増加につれて粘着力も増加するが、発泡ビーズ体積混合比が1~2と大きくなるとセメントを添加しても粘着力はそれほど変化しなくなる（図-3）。
- ④セメントを添加した場合の粘着力は無添加の場合よりは大きくなる（図-4）。

2) 耐久性について

耐久性に関する試験としては、繰返し載荷試験、乾湿繰返し試験を実施している。

(1) 繰返し載荷試験

道路盛土に適用した場合、交通荷重による繰返し載荷を受けることが考えられる。そこで山砂もしくは関東ロームに発泡ビーズを混合した軽量混合土の供試体（ $\phi 100\text{mm}$, $h 200\text{mm}$ ）に、供試体の設定強さ（1軸圧縮強さ）の50%の鉛直荷重を100万回（B交通量を想定）繰返し載荷した際の鉛直方向累積変位、弾性係数を調査した。なお、荷重は5ヘルツの正弦波形で与えた。結果を図-5、図-6に示す。いずれの供試体においても、鉛直方向累積変位、弾性係数は変化なく、極めて安定している。したがって一軸圧縮強さの50%程度の大きさであれば、繰返し荷重に対して十分な耐久性を有していることが分かる。

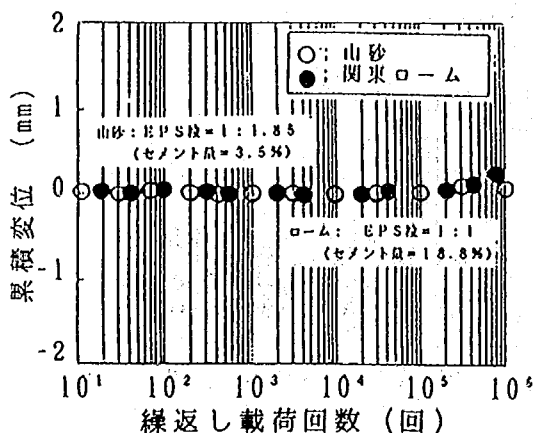


図-5 繰返し載荷回数と累積変位

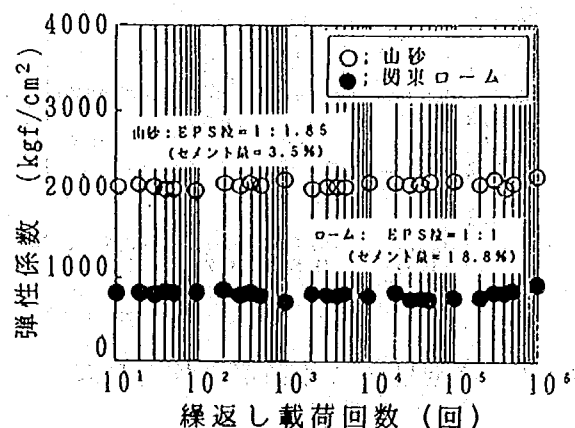


図-6 繰返し載荷回数と弾性係数

(2) 乾湿繰り返し試験

地下水位の高い地盤上の盛土や河川堤防などに利用した場合、水位の変動による水浸と乾燥の繰り返しを受けることが考えられる。そこで乾湿繰り返しを受けた時の1軸圧縮強さの変化を調査した。試験では、山砂に発泡ビーズを混合した軽量混合土の供試体（φ50mm, h100mm）を作製し、乾湿の繰り返し（6日気乾・4日水浸を1サイクルとする）を12サイクル与えた。そして各サイクルにおいて、水浸終了後に供試体の1軸圧縮強さを測定した。結果を図-7に示す。これより、強度が乾湿繰り返しにより大幅に低下する傾向は認められず、かなりの耐久性をもっていることが分かる。

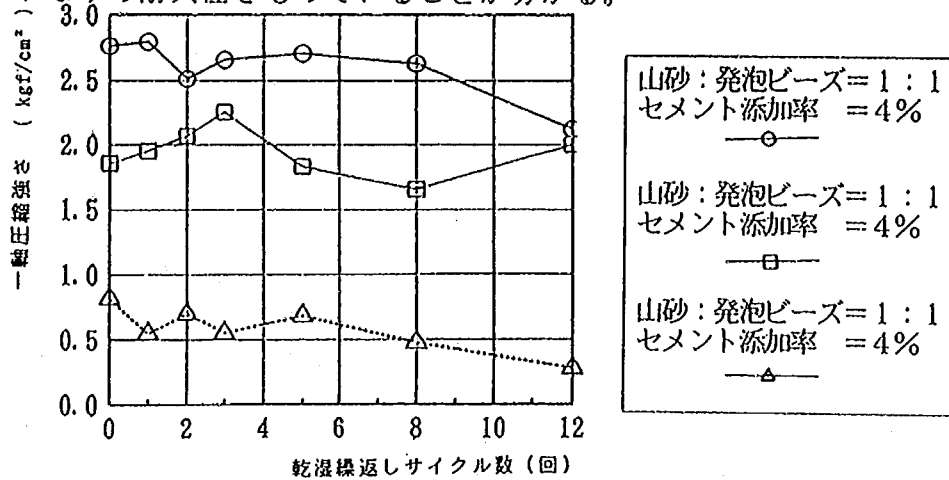


図-7 乾湿繰り返し回数と一軸圧縮強さ

<参考文献>

- 1) 三木博史, 井上秀治, 香川和夫, 佐藤修, 福島伸二, 内山正美, 吉羽正比古：発泡ビーズ混合軽量土の三軸圧縮特性：土木学会第49回年次学術講演会：pp1690～1691：平成6年9月
- 2) 森範行, 千田昌平, 西村拓治, 高橋春仁, 中村勝敏, 松浦忍：発泡ビーズ混合軽量土の繰返し載荷による疲労特性：土木学会第48回年次学術講演会：pp704～705：平成5年9月

(土質研究室)

8.高流動コンクリートの流動性評価

(質問)

高流動コンクリートの流動性評価については各種の方法があると思われるが、各方法の長所・短所及び課題を教示願いたい。

(飛鳥建設(株) 東北支店)

(回答)

高流動コンクリートは、従来のコンクリートに比べ著しく高い流動性と不分離性を合わせもつコンクリートです。その流動性の概念を示したものが図1です。

従来のコンクリートでは、流動性を高めると分離抵抗性が低下するため、一般にはなるべくスランプの小さい、すなわち水量の少ないコンクリートをしっかりと締め固めることが、施工の基本となっておりました。図2に従来のコンクリートと高流動コンクリートの流動性に関する概念図を示します。

従来のコンクリートでは、流動による変形がゼロでも流動抵抗があります(これをせん断降伏値と呼びます)。これは、いわば摩擦抵抗のようなものであり、これが分離を抑えています。ところが、高流動コンクリートではこのせん断降伏値が非常に小さくなっています。そのかわり、流動変形に対する抵抗(粘性:図2では線の傾き)を大きくすることにより、分離を抵抗させています。こうした性質のため高流動コンクリートでは、ダラダラと長時間にわたって変形し続けるという特性があります。

高流動コンクリートは、その高流動性のため、振動締め固めを行う必要がない場合も多く、

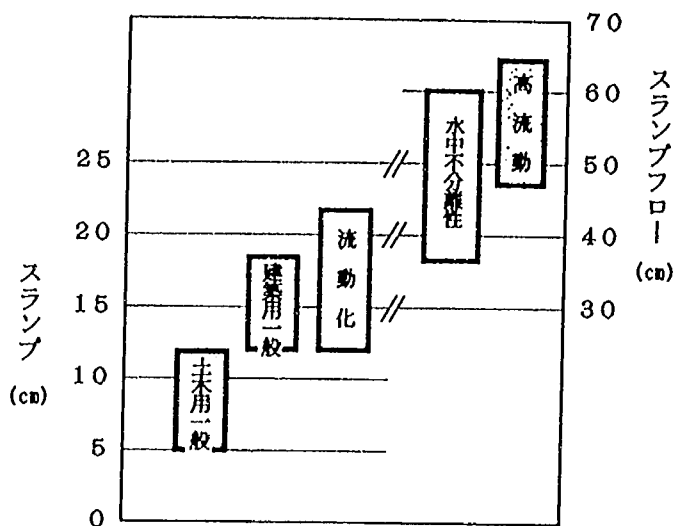


図-1 各種コンクリートの流動性比較

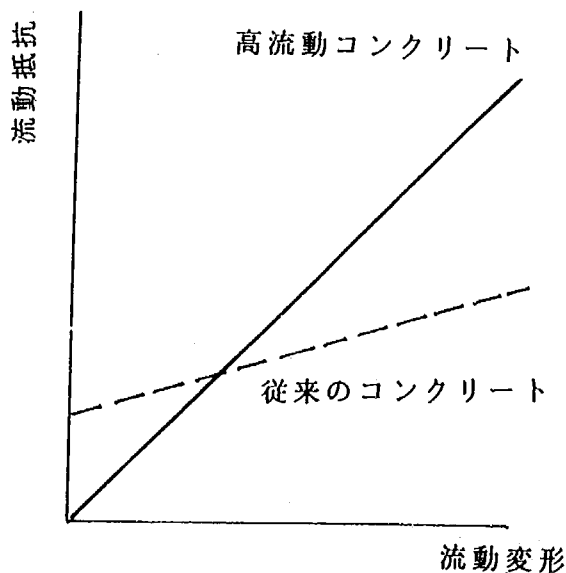


図2 コンクリートの流動性の概念図

また締固め不良による欠陥がでにくいことから施工の合理化と耐久性向上につながると期待されています。これに加え、従来施工できなかったような込みいった配筋の構造物や、全く人間の入れないような部材への適用など新しい分野への応用もなされています。

従来のコンクリートはスランプでその流動性を評価していました。高流動コンクリートでは従来のスランプではその特性が評価できないため、種々の手法が検討されています。最も基本となっているのはスランプコーンをそのまま使い、スランプの高さの変化ではなく、その拡がりを読むという方法です。これをスランプフロー試験と呼んでいます。図1に示した流動性のスランプフローはこの方法で計測したものです。しかし、この方法では、十分には特性が把握できないため、工夫を凝らした手法が検討されています。

従来、コンクリートの流動性を示すのに、レオロジーの考え方をとり入れ、図2で示したような塑性粘度と降伏値といった数値で示そうという試みがなされています。高流動コンクリートでも同様の試みがあり、それに応じた試験法が試されています。さらに、もうひとつの要素である分離抵抗性を評価し、一般化しようとする方法も検討されています。特に測方流動（一般のコンクリートは禁止されている）や鉄筋間を通過した際の分離が問題となります。

これとは逆に、ある特定の施工条件での施工性を評価するため、そのモデルを作って評価するという方法もとられています。このため、それぞれの手法には一長一短があると言えます。

若干、話が抽象的になってしまいました。具体例を挙げて説明をするがよいのですが、多数の手法が検討されているためとても全部を紹介できません。また、その評価も現段階ではまちまちですので、詳しくは参考文献を参照していただければと思います。

もちろんこのような状況で、何らかの方法で流動性の評価法を統一しようとする試みもなされています。1990年から1994年までの日本コンクリート工学協会での検討や、現在活動している土木学会コンクリート委員会「高流動コンクリート研究委員会」での検討などがそれです。ただし、現状ではまだ、統一された基準となるような手法が示されるところまではきていません。近いうちに何らかの結論が示されるものと期待しています。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会；「超流動コンクリート研究委員会報告書（Ⅰ）」1993.5
- 2) 日本コンクリート工学協会；「超流動コンクリート研究委員会報告書（Ⅱ）」1994.5
- 3) 岡村甫ほか；ハイパフォーマンスコンクリート，1993.9，技報堂出版

(コンクリート研究室)

9. 構造物コンクリートのひびわれ

(質問)

樋管等の構造物は、本体延長20ないし30メートルとなる場合、継ぎ手を設けることになっているが、セメントの水和熱発生に伴う温度ひび割れは通常の施工方法によった場合、3メートル程度のブロック長としない限り発生を避けられないと考えられる。温度ひび割れに対する認識の相違により、施工者側の責任として事後処理されているのが殆どと考えられ、その処理方法もまちまちと思われる。従って、誘発目地の設置と事後処理の方法など、ひび割れ対策についての具体的な事項について、設計図書に明示しておくことが適正と思われる。河川構造物の樋管等のコンクリート打設に伴う、温度ひび割れの発生防止対策、或いは、ひび割れの処理方法について、設計段階で明示しておくことの必要性について教示願いたい。

((株) 間 組 東北支店 土木部)

(回答)

コンクリートのひび割れは、コンクリート構造物の建設に常につきまとう問題です。

コンクリートのひび割れは種々の原因で生じます。鉄筋コンクリート構造物はコンクリートの引張強度をゼロとして設計しており、所定の外力が加わったときにはひび割れるという前提で成り立っています。また、乾燥収縮等も避けられない原因の一つです。このため、ひび割れがはいると直ちに欠陥だとは言えません。ところが、一方では材料や施工のまずさに起因するものもあります。これは、避けなければならないものです。実際にひび割れが発生してからでは、それらの原因のそれぞれが、どれだけ影響していたかを特定するのは非常に困難です。

一般論として言えば、樋管等の長い構造物では、10m程度の目地間隔を設け、良質なコンクリートを十分に締固め、十分に養生すれば、竣工時には有害なひび割れはめったに出ないという認識があると思います。しかし、構造物が大きくなったり、施工条件が厳しくなったりすると一概にはそうは言えなくなるでしょう。また、一方では会計検査の影響のためか全体的には、竣工検査時にはひび割れを全く許さないような方向に向かっているような印象もうけます。しかしながら、本来ならば必然的に生じるひび割れとそうでないひび割れの判断をしていく必要があると思われますし、それはある程度は可能であると思われる。

では、ご指摘のようにあらかじめ、施工者側の責任として設計図書に許容されうるひび割れの幅や量、あるいはその事後対策を示しておくのが可能かということ、現段階ではかなり難しいように思われます。契約の明確化という点では、今後は、そうしたことを明示しているようにしなければならぬでしょう。この際の技術的な問題としては、現在、マスコンクリートのひび割れ発生確率についてはある程度精度はあがっていますが、発生時期やひび割れ幅の予測については、まだ実用段階には至っていません。また、大規模工事などではマスコンクリート対策として、そうした計算も行いますが、小規模の工事ではマス

コンクリートに関する解析を行う余裕ありません。こうした背景から、土木研究所では現在、簡易に行えるマスコンクリートのひび割れ対策について研究を行っています。この結果が出れば、中小の工事でも、ある程度事前に対策をとることが可能となるものと思われます。

ご質問の中で具体的な方法として例示されているひび割れ誘発目地については、設けるか設けないかは構造物のおかれている条件や重要度などによって変わってくると思われます。一般論としていえば本体部のひび割れを抑制（防止ではない）したければ適当な目地を設けるべきです。目地を設けない場合はひび割れは必ず出ると考えるべきです。目地を設けるにしても、施工上の制約等から10mとか15m、20mといった間隔になると思われますが、目地により長期にわたりひび割れをゼロにするという効果は絶対的ではありませんので、一般にひび割れ幅を抑制するためと考えた方がよいでしょう。

いずれにしても現段階では、施工者側も発注者側もコンクリートのひび割れに対し、正しい認識を持ち、必然的に生じ許容されるひび割れと、そうでないひび割れについてある程度判断ができるようにすることが重要かと思われます。

（コンクリート研究室）

10. 軟弱地盤におけるプレロード撤去後のリバウンド

(質問)

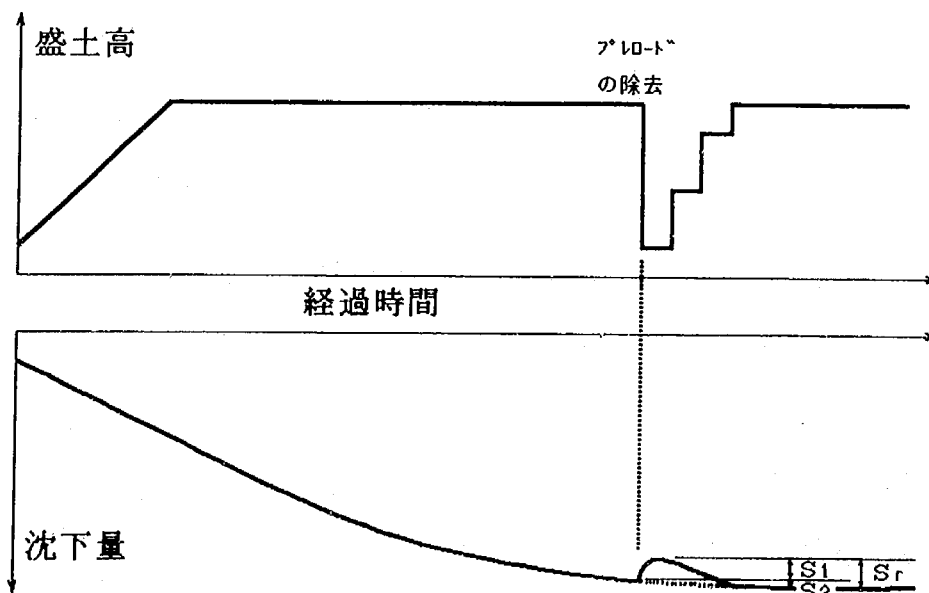
軟弱地盤においてカルバートを設置する際、プレロードにより地盤の圧密沈下を促進させた後にプレロード盛土を撤去してカルバートを設置する場合がある。その際、プレロード盛土の撤去とともに地盤の膨れ上がり（リバウンド）が生じ、カルバートの設置および盛土後、短期間のうちに再び沈下する場合がある。このようなリバウンドに対する対策についてご教示願いたい。

(三陸国道工事事務所)

(回答)

プレロード盛土の取り除き後のリバウンドに影響を与える因子としては、プレロードの荷重および除去荷重、地盤の層厚、土質、プレロードの放置期間などが考えられるが、そのリバウンド量を推定することは困難である。そこで、プレロード盛土を行う前にあらかじめ地表面沈下計を設置しておき、プレロード盛土の除去前後での沈下量を測定し、その差分からリバウンド量を求める。過去の事例では、名神・東名高速道路でほぼ10cm以内、新潟平野の沖積地盤で5～15cm程度のリバウンド量が観測されている。

このようなリバウンドによる地盤の膨れ上がり分は、カルバートの設置および盛土後、短期間のうちに即時沈下してしまう。そこで対策として、カルバートを設置する際の上げ越し量にリバウンド量分を含めておけば、そのような即時沈下の影響をなくすることができる。



S_1 : プレロード盛土の取り除き時のリバウンド量

S_2 : 地盤の圧密による残留沈下量

S_r : 残留沈下量 (カルバートの上げ越し量)

図-1 プレロードを行った場合の経過時間と沈下量の関係

(土質研究室)

1 1 .道路横断方向に布設されるボックスカルバートの活荷重載荷方法 (質問)

道路縦断方向にボックスカルバートを設置する場合があるが、そのような場合の活荷重の載荷方法についてご教示願いたい。

(佐藤工業 東北支店)

(回答)

道路土工・擁壁・カルバート・仮設構造物工指針(日本道路協会、昭和62年)では、ボックスカルバートを道路横断方向に設置する場合を考えて、活荷重の載荷位置等を示している。したがって、道路縦断方向(車両の進行方向)に設置する場合には、共同溝設計指針(日本道路協会、昭和61年)に示された活荷重の載荷方法を準用して設計を行うとよい。その設計の考え方を以下に示す。

道路縦断方向ボックスカルバートを設置する場合には、前輪の影響も考慮する。前輪の荷重を考慮したボックスカルバート上面に作用する鉛直荷重は、横方向(道路横断方向)単位長さ当たりの荷重(式-1、式-2、式-3)をもとに式-4、式-5により求められる。

(1) 横方向単位長さ当たりの荷重

$$\text{荷重}(P) = \frac{2 \times \text{輪荷重}(t)}{\text{車両占有幅}(m)} \times (1+i) \quad \dots\dots\dots (\text{式}-1)$$

i : 衝撃係数

$$P_1 = \frac{2 \times \text{後輪荷重}(tf)}{2.75} \times (1+i) \quad \dots\dots\dots (\text{式}-2)$$

$$P_2 = \frac{2 \times \text{前輪荷重}(tf)}{2.75} \times (1+i) \quad \dots\dots\dots (\text{式}-3)$$

P_1 : 後輪荷重による横方向単位長さ当たりの荷重 (t/m)

P_2 : 前輪荷重による横方向単位長さ当たりの荷重 (t/m)

(2) ボックスカルバートの上面に作用する活荷重

①土かぶり厚 $H < \frac{L}{2} - 0.1$ の場合

$$q = \frac{P_1}{2H + 0.2} \quad \dots\dots\dots (\text{式}-4)$$

②土かぶり厚 $H \geq \frac{L}{2} - 0.1$ の場合

$$q = \frac{P_1 + P_2}{2H + 0.2} \quad \dots\dots\dots (\text{式}-5)$$

q : 自動車荷重による等分布荷重 (t/m²)

H : 荷重算出位置の土かぶり厚 (m)

L : 前輪荷重と後輪荷重の距離 (m)

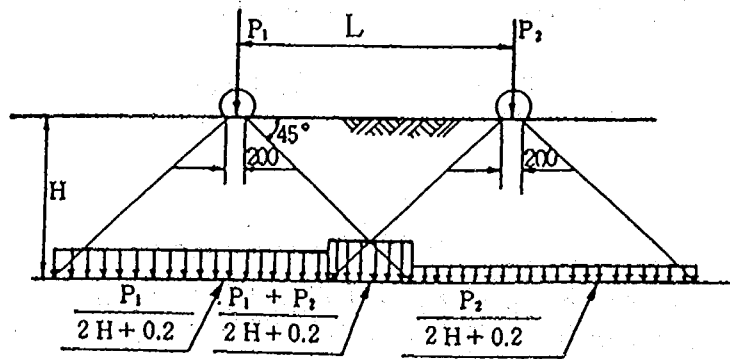
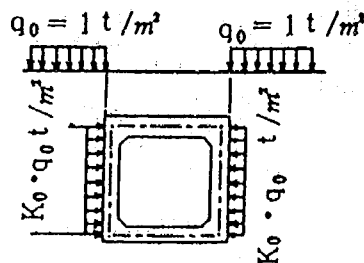


図-1 ボックスカルバート上面に作用する活荷重

(3) カルバート側面に作用する活荷重による水平土圧

活荷重による水平土圧は、深さに関係なく $K_0 \cdot q_0$ (t/m^2) を両側面に同時にかけるものとする。



K_0 : 静止土圧係数

(通常の砂質土や粘性土($LL < 50$)に対しては $K_0 = 0.5$ と考えてよい。)

q_0 : 載荷重

($1 \text{ tf}/m^2$)

図-2 活荷重による水平土圧

(土質研究室)

12. プラスチック製樋管の採用上の留意点

(質問)

プラスチック管を樋管としてれば、管体の軽量化や施工の省力化が図られ、有効であると考えられる。そのような樋管を採用する上での留意点をご教示願いたい。

(東北地建 河川調査課)

(回答)

プラスチック管およびそれに類するものとしては、強化プラスチック複合管、塩化ビニル管などがあり、現在は主に下水道管などに用いられている。これらの管渠の特徴は、軽量であるため地盤への負荷荷重が小さく施工性も良いこと、酸やアルカリに対する耐食性に優れていることなどである。

これらの管は一般にたわみ性管と呼ばれ、鉛直土圧を受けて偏平にたわむことにより管渠の両側の土砂を圧縮し、そのときに生じる受動土圧を受けることで管渠に加わる外圧を全周にわたり均等化して抵抗するものである(図-1参照)。その際に、管の

たわみにより堤体にひび割れなどが生じる恐れもあるので、たわみの大きさには特に注意が必要である。

なお最近では、プラスチックリブパイプ(リブ付高剛性管)と呼ばれるものが開発され、下水道用などに使用され始めている(図-2参照)。これは管の外周部に環状リブを付けることにより、塩化ビニル管の偏平強度を高めたものである。このような管を用いれば、管のたわみを小さくすることができ有利であると考えられる。

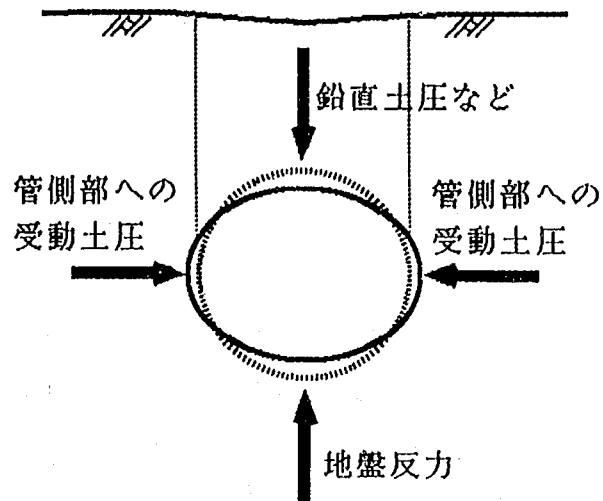


図-1 地中に埋設されたたわみ性管の挙動

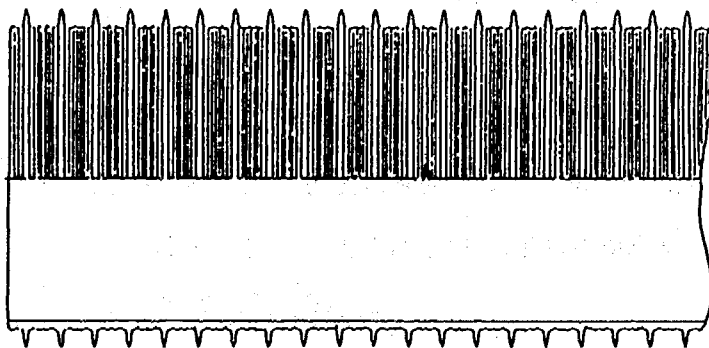


図-2 プラスチックリブパイプ(例)

(土質研究室)

13. コルゲートパイプの耐久性等の評価方法

(質問)

昭和30年代後半に設置されたコルゲートパイプは30年以上経過し、沈下・腐食等によりその機能を果たさない箇所もあり、今後更新(推進工法・開削工法)する必要があるが、その耐久性等をどう評価すればよいのか御教示願いたい。

(磐城国道工事事務所)

(回答)

コルゲートパイプの腐食程度は、現物を調査しないと明確な判断できないが、12年前(1983年撮影)の写真によるとボルトが赤く錆びているものや、パイプ内部の水線以下が著しく腐食していると思われるものがある。施工当時の記録にコルゲートパイプの板厚が記載されているので、これら腐食しているパイプについては、錆を落として板厚を測定し腐食程度(貫通の有無)を明確にする必要がある。

腐食程度の評価は、下記に示すように4段階程度に評価するのがよいと考えられる。なお、腐食程度の評価にあたっては、ばらつきを少なくするため、腐食程度の標準写真を作成し、それとの対比で腐食程度を判定することが望ましい。

①腐食が著しい：貫通穴がある。

②腐食大：内面が全面腐食し錆こぶがある

③腐食小：水線以下が腐食、またはボルトが腐食し一部破断している

④腐食なし：腐食なく健全

防食上の観点からは、腐食程度①は早急に更新することが必要と考えられる。また、腐食程度②、③は、排水などの機能面(土砂の堆積など)・路面の沈下・パイプの変形や破断なども調査の上、総合的に今後の更新計画を立案することが適当であると思われる。このとき、輪荷重の増加の影響についても考慮する必要がある。

(化学研究室)

橋 梁 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)
1. 鋼橋の疲労亀裂の点検方法	仙台工事事務所	橋梁研究室…………… 133
2. PC 橋の鋼材定着	福島工事事務所	橋梁研究室…………… 139
3. 地覆コンクリートのクラック発生を 少なくする方法	升川建設(株)土木部	コンクリート研究室…………… 140

1. 鋼橋の疲労亀裂の点検方法

(質問)

鋼道路橋における疲労損傷の点検にあたって、留意点をご教示願いたい。

(仙台工事事務所)

(回答)

疲労とは橋梁部材中の局所的な応力集中箇所に発生するきわめてミクロな現象である。これまで報告されている疲労損傷のほとんどは部材どうしの接合部、断面の急変部等の溶接部において発生しており、点検時に意識していないと亀裂自体を見逃すおそれがある。亀裂を確実に効率的に発見するためには、前もって疲労損傷の懸念される橋梁の特徴と細部構造や亀裂の点検方法について十分理解しておく必要がある。以下に疲労亀裂の点検時の留意事項を示す。

なお、既存の疲労損傷事例および対策事例については「既設橋梁の破損と対策」(財)道路保全技術センター, 平成6年3月)が参考となる。また、現在、日本道路協会橋梁委員会において疲労損傷対策に関する便覧を作成中であり、出版後はそれを参照されたい。

(1) 損傷橋梁の特徴および点検部位

これまでの損傷事例を踏まえると、以下の条件を満たす橋梁において事例が多い傾向にある。

①大型車の交通条件の比較的厳しい橋梁。

日大型車交通量が多く、供用年数が長い橋梁では、それだけダメージの蓄積の度合いが大きくなり、疲労亀裂が発生しやすくなる。

②昭和30年代後半～40年代半ばにかけて、設計施工された橋梁。

この時期には計算機の進歩に伴い経済設計の考え方が取り入れられ、同時に溶接構造、高強度鋼が採用されるようになり、結果として二次部材の疲労に対し望ましくない構造となっている。なお、昭和47年の道路橋示方書以降の橋梁については基準の改訂により耐久性に注意が払われるようになり、疲労損傷の発生は少なくなっている。この他、振動等が観測されたり、桁端部に段差等の変状が見られる場合には、疲労損傷の有無を点検するのが望ましい。

③損傷事例の報告されている細部構造と類似した構造を有する橋梁。

疲労亀裂の点検で重要なことは、既存の事例を十分に把握し亀裂がどのような部位に発生するのかを意識して点検を行うことである。図-1にこれまでの損傷事例を踏まえて点検時に注意すべき細部構造を示す。

(2) 疲労亀裂の調査方法

疲労損傷を、亀裂として部材表面に現れる前に発生場所を特定し発見することは非常に

難しく、また現実的ではない。現段階では、疲労に関する知識を持った点検員による目視が最も現実的かつ確実な方法である。以下に目視点検と非破壊検査による方法の留意事項を示す。

①目視点検

点検は、橋梁の各部材に接近して目視にて行うのが基本である。図－1に示す部位等に塗膜割れと錆汁が見られる場合には亀裂の可能性が高い。損傷が発見された場合、写真やスケッチ等により、発生位置、方向、長さを記録しておく。また、亀裂がかなり伸びている場合には、亀裂先端をマーキングしその後の進展状況を監視しておく。

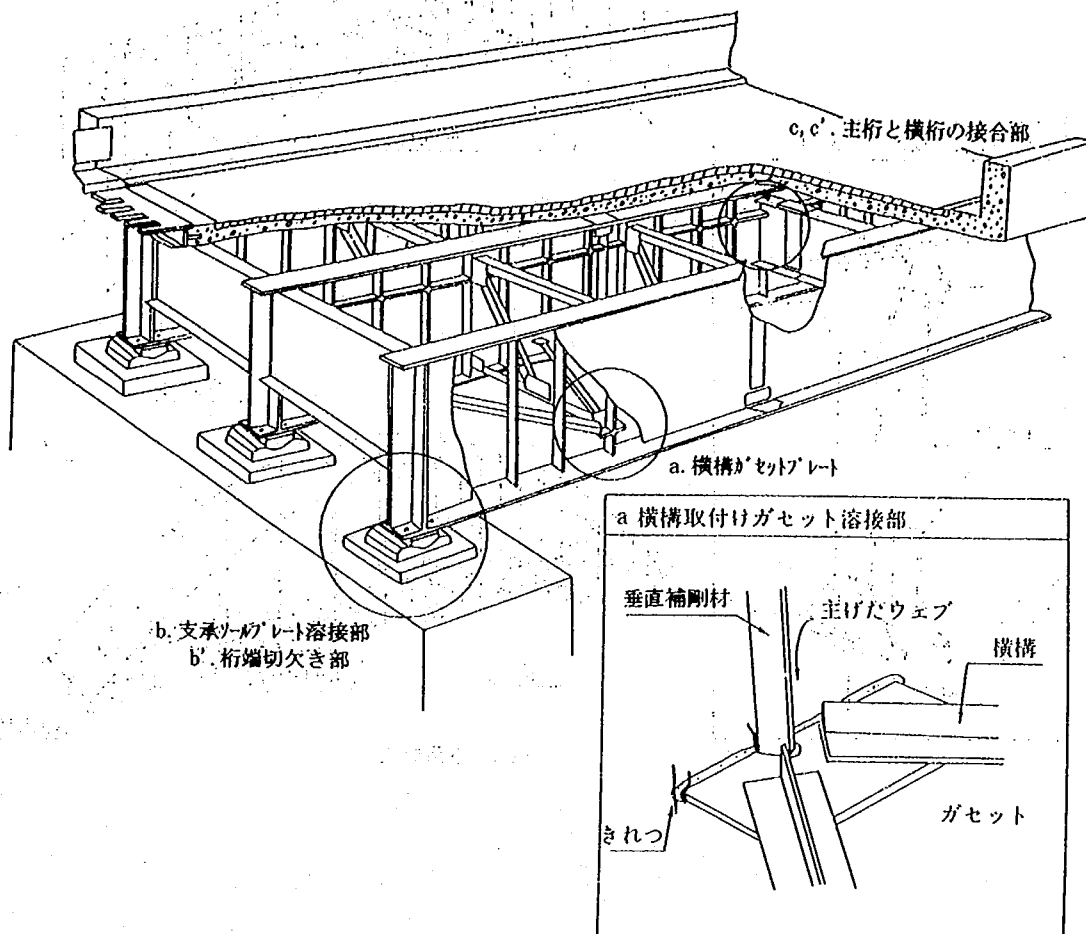
なお、非破壊検査機器の使用等に際して塗膜を除去する場合、塗膜片が亀裂内に入り込みかえって亀裂が見えなくなってしまうこともある。したがって、まずは目視にて確実に塗膜割れを点検し、記録しておくことが重要である。

②非破壊検査による亀裂の調査

塗膜上からの目視では亀裂か単なる塗膜割れかの判断が難しい場合や、亀裂先端を正確に計測する必要がある場合（例えば、亀裂の進展性の監視を継続して実施する場合や、補修補強のために亀裂の先端を正確に捉えておく必要がある場合）には非破壊検査の適用が考えられる。表－1に主な非破壊検査方法を示す。このうち、通常、用いられているのは磁粉探傷と浸透探傷である。浸透探傷は亀裂面のほとんど開いていない疲労亀裂に対しては亀裂先端まで浸透液が浸透せずきれつ先端を見逃すおそれもあり、極力磁粉探傷を用いるのが良い。表面に現れていない内在亀裂のおそれがある場合には超音波探傷の適用も考えられる。

(3) 点検間隔

損傷が発生した細部構造に類似した構造を有する橋梁については定期的に目視点検を実施する。ただし、現行の橋梁点検要領（案）に示される10年に1度の定期点検（近接点検）では、疲労損傷に対しては、これまでの事例を踏まえると長すぎる場合がある。特に図－1中の、支承ソールプレート溶接部、主桁端部あるいはヒンジ部の円弧状切欠き部の事例については、亀裂が進展すると主引張部材内に進展していくおそれがあるので、適切な点検間隔（例えば2年に1度の遠望点検）に確実に点検するのが望ましい。



(注) きれつが溶接ビードからはずれてウェブ内に進展している場合には、進展を監視しながら早急に対応する。

図－1 (a) I 桁橋における主な損傷部位

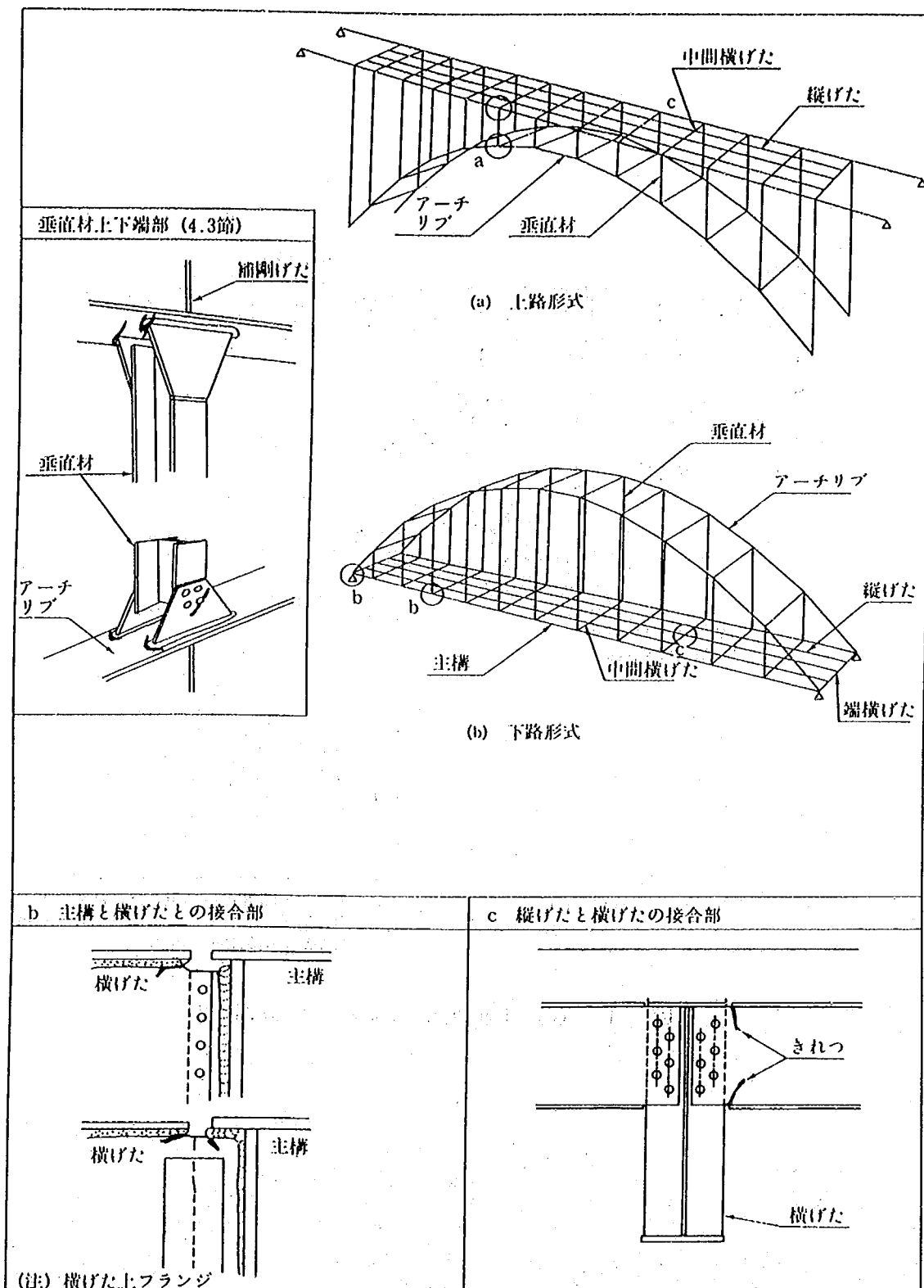


図-1 (b) アーチ、トラス橋における主な損傷部位

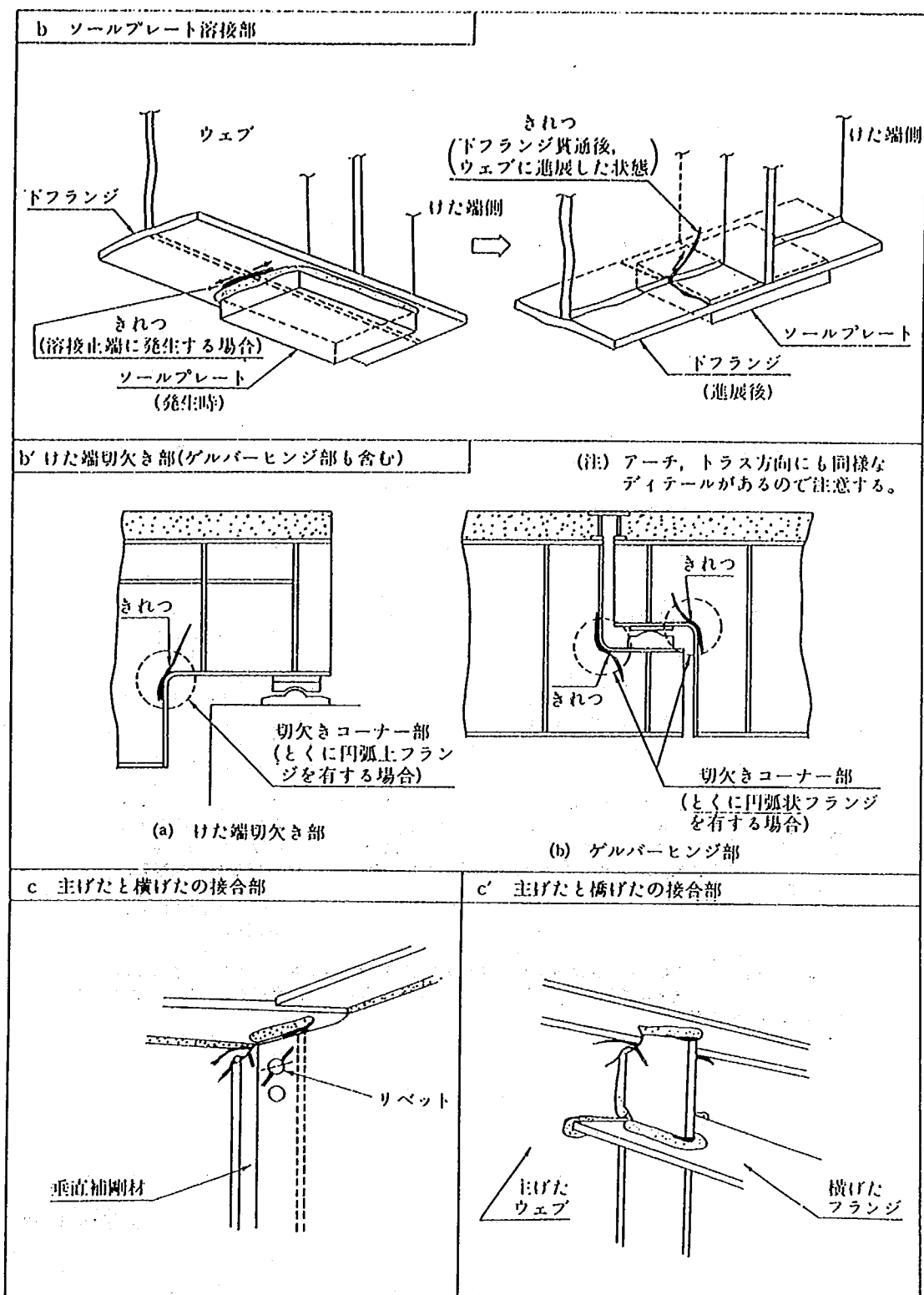


表 1 非破壊検査方法の種類と特徴

種 類	概 要	長 所	短 所
磁粉探傷試験 JIS G 0565	きれつ部分に磁粉を吹き付け電磁石や永久磁石により磁界を発生させ、きれつ部分に滞留した磁粉（一般に蛍光磁粉を用いる）に紫外線を照射して損傷部として検出する。	①表面きれつの形状および寸法の測定精度に優れる。 ②微細なきれつの長さを測定するのに有効である。	①内部欠陥は検出できない。 ②きれつの検出には塗膜を除去する必要がある。 ③表面の凸凹が著しい場合には結果の判定を誤りやすい（アンダーカット、ビード波目）。
渦流探傷試験 JIS G 0568	交流を流したコイルに発生する渦電流の変化を電氣的信号として探知し信号の振幅および位相から損傷部の程度を把握する方法。	①表面に現れたきれつの検出に適している。 ②塗膜上からの検査が可能。 ③検査時間が短い。	①内部欠陥は検出できない。 ②正確な寸法推定は困難。
浸透探傷試験 JIS Z 2343	きれつ発生部分に塗料を吹き付け、きれつ内に浸透させたあと定着液で塗料を固定し損傷部を浮き上がらせる方法。 きれつの検出精度を高めるためには、浸透液の浸込み、定着に時間を要する。	①表面に現れたきれつの検出に適している。 ②他の探傷試験と比べて電源の供給を必要とせず、用意する器具が少なく簡便な方法である。	①きれつの検出には塗膜を除去する必要がある。 ②きれつ面への浸透液の浸込みが十分できないことから、小さなきれつの検出が困難。 ③表面の凸凹が著しい場合には結果の判定を誤りやすい（アンダーカット、ビード波目）。
超音波探傷試験 JIS Z 3060	鋼材表面に探触子をあて超音波を発信させ、きれつからのエコーを感知することにより、きれつを検出する方法。	①溶接部の内部検査が可能である。 ②きれつの深さを測定することも可能。	①きれつの位置、大きさによって検出精度のばらつきが大きい。 ②探傷技術者の経験、能力、とくに疲労に対する知識等に左右される。
（参 考） 専 門 家 に よ る 目 視	塗膜上から塗膜われやさび汁の流出状態を観察することにより、きれつの有無を判断する。塗膜除去するとかえってきれつの観察が難しくなるので注意する。		

（橋梁研究室）

2. PC橋の鋼材定着

(質問)

場所打ちのポストテンション中空床版橋において、PC鋼材緊張時にけた端部でジャッキの設置スペースが取れない場合、PC鋼材の定着を上縁で行うことがある。この時の設計の考え方、および上縁定着部付近の主鉄筋の配筋方法について御教示願いたい。

(福島工事事務所)

(回答)

床版橋のみならずPC橋一般において、PC鋼材の配置はプレストレストコンクリート部材としての構造特性を確保する上において極めて重要である。したがって、施工の都合によりPC鋼材の配置を変更することは努めて避けるべきであり、施工上の工夫により対処することが原則である。

PC鋼材の上縁定着については、けた高の低い床版橋においては従来より上縁定着は認められておらず、平成6年3月の建設省標準設計の変更でポストテンション方式PC単純Tげた橋においても取りやめた経緯がある。上縁定着は、床版部に弱点を設けること、定着部より雨水等が浸入し易い構造であること、裏込めコンクリートが無筋コンクリートとなることなどの理由により望ましくない構造と言える。

緊張工においてジャッキの設置スペースが取れない可能性がある場合は、施工開始前に調整をする必要がある。橋台のパラペットが阻害する場合には、下部工施工時にパラペット部を施工せず、上部工の緊張工を行った後に施工するようにするなどの工夫が考えられる。多径間PC橋で隣接のけたが阻害する場合には、緊張工に用いるジャッキが設置できるスペースを定着部の位置を調整することによって確保することも考えられる(図-1参照)。

なお、床版橋においてやむなく上縁定着を行う場合には、極めて特殊な場合と位置づけ、設計時において特別の照査を行う必要がある。この場合にも、PC部材としての設計、すなわち、フルプレストレスで設計することが基本となり、ひとつの部材がPCからRCもしくはPRCに遷移するような設計は望ましくない。

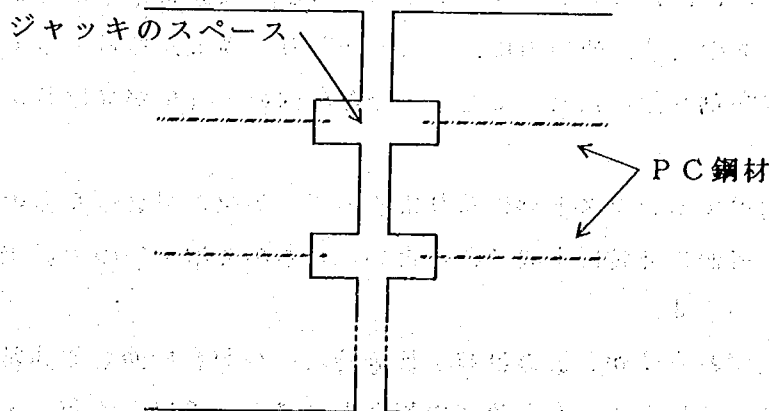


図-1 けた端部定着部の工夫

(橋梁研究室)

3.地覆コンクリートのクラック発生を少なくする方法

(質問)

地覆コンクリートにおいて打設後、クラック等が発生しやすいのが通常のようなのであるが、発生を防止するための良い方法等があれば、御教示願いたい。

(升川建設株式会社 土木部)

(回答)

コンクリートのひびわれ防止はコンクリート技術者にとって長年の課題です。御質問の地覆コンクリートの場合には、床版打設後に地覆コンクリートが施工されるため、地覆コンクリートが収縮すると床版部が拘束体となり、ひびわれを生じやすくなります。材料と施工法に問題がない場合には、ひびわれの原因としては乾燥収縮とセメントの硬化熱が考えられますが、一般の地覆は部材厚さがそれ程大きくないので、乾燥収縮が主な原因となるかと思われます。

こうした場合、目地間隔を狭くすれば、ひびわれの入る確率は低くなりますが、コストや施工の手間がかかります。10m位の目地間隔であれば、ある程度ひびわれ発生時期を遅らすことができ、ひびわれが入っても1ヶ所程度で幅もそれ程大きくなりず、問題が少ないということが経験的に知られていると思います。

乾燥収縮と低減するためには、乾燥させなければよいわけですが、橋梁の地覆の場合にはそうはいきません。骨材を吟味するといった方法もありますが、昔から言われているように、やはり単位水量を減ずるのが最も一般的な方法かと思われます。この3月にJIS A 6204のコンクリート用化学混和剤に高性能AE減水剤が規定されましたが、こうした材料を用いれば、施工性を損なうことなく、単位水量をかなり減ずることができます。

最近新しく出てきた材料としては、乾燥収縮低減剤と呼ばれるものがあります。コンクリート中に混入することによりコンクリート空隙中の水の表面張力を低くさせ、乾燥収縮ひずみを低下させるものです。使い方によってはかなりの効果があるようです。

なお、これらの混和剤を用いたとしても、十分な締固めと養生がなければ、乾燥収縮は低減できません。

さて、混和剤を利用するとコスト増になりますので、効果と見合ったものでなくてはなりません。地覆は構造的に非常に主要であるといったものではないので、美観などが判断の基準となるかと思われます。

御質問の内容とはずれますが、最近は竣工検査時にひびわれに対して非常に厳しくなっているようです。これにはたぶん会計検査の影響もあるかと思いますが、本来ならば竣工検査を行う側も、ひびわれがすべてだめだと判断するのではなく、検査時期などを考慮して、ひびわれが不可避なものかどうか、もしひびわれが出ていたとしたら有害なものかどうかを判断することが必要であると思います。

コンクリートに関する解析を行う余裕ありません。こうした背景から、土木研究所では現在、簡易に行えるマスコンクリートのひび割れ対策について研究を行っています。この結果が出れば、中小の工事でも、ある程度事前に対策をとることが可能となるものと思われます。

ご質問の中で具体的な方法として例示されているひび割れ誘発目地については、設けるか設けないかは構造物のおかれている条件や重要度などによって変わってくると思われます。一般論としていえば本体部のひび割れを抑制（防止ではない）したければ適当な目地を設けるべきです。目地を設けない場合はひび割れは必ず出ると考えるべきです。目地を設けるにしても、施工上の制約等から10mとか15m、20mといった間隔になると思われますが、目地により長期にわたりひび割れをゼロにするという効果は絶対的ではありませんので、一般にひび割れ幅を抑制するためと考えた方がよいでしょう。

いずれにしても現段階では、施工者側も発注者側もコンクリートのひび割れに対し、正しい認識を持ち、必然的に生じ許容されるひび割れと、そうでないひび割れについてある程度判断ができるようにすることが重要かと思われます。

（コンクリート研究室）

基 礎 部 門 目 門

(質問者)

(回答者)

1. 中掘り杭工法による杭先端の極限支持力度

三井建設(株)東北支店

基礎研究室…………… 143

1.中掘り杭工法による杭先端の極限支持力度

中掘り杭工法において、先端処理をセメントミルク噴出攪拌方式によって行った場合の杭の先端支持力について、道路橋示方書の式を用いることができる工法や杭径について御教示願いたい。

(三井建設(株)東北支店)

(回答)

セメントミルク噴出攪拌方式の中掘り杭工法について、現行示方書では昭和55年板の示方書に比べて大きな先端支持力を規定している。これは、近年の施工技術の進歩により地盤のゆるみを最小限に抑えた施工が可能となり、大きな支持力が発揮できることが鉛直載荷試験から明らかになったためである。しかし、鉛直載荷試験結果からは同時に、先端支持力が施工法によって大きく変化すること、同じ施工法でも施工管理が十分でないと小さな先端支持力しか発揮しない場合があること等が明らかになった。

このようなことから、現行示方書では、

- ①過去の鉛直載荷試験結果10例以上で、式(解9.4.1)により求まる極限支持力と同等以上の杭頭支持力が確認されていること
- ②施工管理手法(フリクションカッター厚、セメントミルクの噴出攪拌位置、噴出圧力、噴出量、品質等)が確立されていること

の条件を満足する工法に限定して支持力算定式を適用できるものとした。

杭基礎施工便覧では、現段階においてこのような適用条件を満足する工法として、鋼管杭3工法、コンクリート杭4工法を示している。また、「民間開発技術の技術審査証明事業(事業認定規定:昭和62年7月建設省告示)」を受け、上記の適用条件を満足していることが認定された工法については適用してもよいとしている。

これら以外の工法を用いるためには、施工現場において載荷試験を実施し、所定の支持力が得られることを確認する必要がある。

次に、道路橋示方書では、PHC杭の場合外径400mm～600mm程度、鋼管杭の場合外径500mm～800mm程度を通常の範囲としている。これらの範囲を超える大口径の中掘り杭については、支持力、沈下特性などを別途検討することとなる。また、大口径杭の中掘り杭では、根固め球根の造成が困難になるので、施工管理を徹底して所定の形状の根固め球根を造成しなければならない。

また、鋼管矢板の施工にセメント噴出攪拌方式を使用する場合も、杭間隔が接近していることから所定の根固め球根の造成が困難である。この場合は、まず1～2本おきに根固め球根を造成し、最終的に全本数の根固めを行うのがよい。なお、この場合の鋼管矢板基礎の支持力については、現在作成中の鋼管矢板基礎設計施工便覧において検討中である。

(基礎研究室)

(参考文献)

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅳ下部構造編、平成6年2月
- 2) 日本道路協会：杭基礎施工便覧、平成4年10月

地震防災部門目次

	(質問者)	(回答者)
1. 地下構造物の耐震設計	東北地方建設局	耐震研究室…………… 145

1.地下構造物の耐震設計

(質問)

阪神・淡路大震災の経験から、今後、地震に対する設計法についての見直しが必要と思われるが、地下構造物の耐震設計法に関しては、どのような点について見直しが必要とされているのか御教示願いたい。

(東北地方建設局)

(回答)

兵庫県南部地震による地下構造物の被災を受け、今後の地下構造物に対する耐震設計法に関しては、以下の点を踏まえた見直しを行っていく必要があると考えている。

1) 入力地震動

兵庫県南部地震では、これまでの設計で考えられてきたものよりはるかに大きい地震動が観測された。そこで地下鉄路線沿いの地震動～地盤変動の状況を、詳細な地盤調査から得られた地盤物性値を用いて推定するとともに周辺の他施設被害状況より推定、耐力照査用の入力地震動もしくは必要変形性能の決定に役立てる。なお、設計に用いる入力地震動は、地震観測記録等を踏まえ橋梁や建築物等他の構造物に対するものと関連して検討することが必要と考えられる。

2) 地盤の動的変形特性

兵庫県南部地震のような大規模地震に対する地盤の動的変形特性については、十分に明らかになっていない。今回のような大規模地震における地盤の応答性状を計算するためには、このような大ひずみ時の動的変形特性の把握が必要不可欠である。このため、入力地震動と関連した地盤の変形特性もあわせて検討する必要がある。

3) 解析方法

① 横断方向

兵庫県南部地震による地下構造物等の被害の分析から、構造物の地震時の安全性に対しては、地震時地盤変位に起因する構造物の変形が問題となり構造物の変形性能の確保が重要であることが明らかとなった。このため変形性能、照査について検討が必要である。

また、現行のほとんどの基準では、地震時地盤変位は、地盤を1層または2層系に換算し解析解より算定している。実際の地盤は複雑な地層構成が多く、これらに対する適用性についての検討が必要と考えられる。

構造物応答の算定方法としては、現行の地下鉄、地下駐車場等の設計指針では、一般に地盤をバネ、構造物を梁でモデル化した応答変位法で行われているが、地盤バネの算定方法の相違、構造物変位が地盤変位より大きくなる場合がある等の問題点が指

摘されている。

このため、応答変位法、静的FEMによる方法、動的解析による方法等の適用性や、これらを踏まえた簡易な設計法についての検討が必要と考えられる。

② 縦断方法

現行の基準では、共同溝、地下埋設管等の線状構造物の設計は、地盤振動の波長を考慮した地盤変形による応答変位法が多く用いられている。兵庫県南部地震では、共同溝も被害を受けたが非常に大きな地震動が作用したと推定されるにもかかわらず崩壊等の甚大な被害には至っていない。一方、現行の共同溝設計指針に示された応答変位法により試算すると、地震動として指針に規定された設計地震動を考えた場合でも、かなり大きな応力が計算され実際の被害とのズレが指摘される。すなわち現行の応答変位法はかなり安全側の値を与える場合が生じる可能性があると考えられる。このため設計法について検討する必要があると考えられる。

4) 鉄筋コンクリート部材耐力（変形性能）

兵庫県南部地震による地下鉄被害の分析の結果によると、地震時地盤変位に起因する構造物変位に対して、鉄筋コンクリート部材の変形性能が不足していることが明らかとなっている。そこで、これらを照査するための手法、すなわち部材断面の耐力評価方法および変形性能の照査方法について検討する必要がある。

（耐震研究室）

要 旨

東北地方建設局管内の現場技術者からの技術的問題点に関する質問に対しての回答をまとめたものである。

キーワード

覆土工法
現位置搅拌混合
固化工法
反力分散支承
炭素繊維シート
耐震設計
浮島
騒音予測
濁水処理
自歩道

凍結防止
建設汚泥
通廊
ラジアルゲート
NATM
排水性舗装
アスファルト
騒音
水質浄化
河道

小規模ダム
RCD ダム
RI 密度計
酸性水
区画線
付加車線
ロードヒーティング
地山空洞
薄層コンクリート
RCCP

凍結抑制
舗装
SHRP
補強土
軟弱地盤
建設発生土
発泡材
ひびわれ
リバウンド
ボックスカルバート

樋管
疲労亀裂
PC橋
クラック
中掘り杭
地下構造物

郵便はがき

50円切手
をはって
下さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
企画部企画課 行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 3381 号
(平成 7 年度一日土研)

部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 3381 号