

土木研究所資料

四国地建における一日土研資料

平成9年10月29日(水)

建設省土木研究所

Copyright©(1997) 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。

四国地建における一日土研資料

企画部企画課

要 旨

四国地方建設局管内の現場技術者からの技術的問題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：

ライフサイクルコスト
トンネル
振動
魚道
護岸
セグメント
矢板
下水汚泥
アルカリ骨材反応

地すべり
基礎工
軟弱地盤
NATM
深層混合処理工法
液状化
プレキャスト
排水性舗装
鋼橋

低周波空気振動
砂防ダム
堆砂
河床低下
のり面植栽
ミティゲーション
ポーラスコンクリート



技術相談テーマ目次

	(質問者)	(回答者)	
I. 環境			
1. 多自然型川づくりにおける水衝部の工法選定	香川工事事務所	河川環境研究室	1
2. 水質浄化のバイオ的研究	四国技術事務所	水質研究室	2
3. 多様な魚種を対象にした自然になじむ魚道	徳島県徳島土木事務所	水工水資源研究室	6
II. 材料施工			
1. 軟弱地盤盛土におけるすべり破壊の抑制方法	日本道路公団 大洲工事事務所	土質研究室	10
2. 傾斜をつけたプレキャスト擁壁の施工	道路部道路工事課	施工研究室	13
3. ポーラスコンクリートの配合	四国技術事務所	河川研究室 緑化生態研究室 コンクリート研究室	14
III. 建設マネジメント			
1. 公共工事のライフサイクルでの総合評価方法	四国技術事務所	建設マネジメント技術研究室	15
2. 積算実績データベースの必要性	企画部技術管理課	建設システム課	16
3. 今後の新土木積算システムの整備方針	企画部技術管理課	建設システム課	17
IV. 道路・橋梁			
1. 交差点部における排水性舗装の骨材飛散	企画部技術管理課 日本道路建設業協会	舗装研究室	18
2. 耐流動対策舗装の動的安定度の上限值	四国技術事務所	舗装研究室	19
3. 橋梁下部工等における鉄筋鉄骨コンクリートの適用	四国技術事務所 日本土木工業協会	基礎研究室 耐震研究室	20

材 料 施 工 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 工事振動の影響範囲	企画部技術管理課 香川県建設技術センター	機械研究室	83
2. 可とうセグメントの設置について	松山市下水道部	耐震研究室	86
3. 鋼矢板欠損部の施工方法について	松山市下水道部	基礎研究室	89
4. 地下掘進工事における地盤変動の簡略的な把握	松山市下水道部	トンネル研究室	91
5. コンクリート構造物におけるアルカリ骨材反応劣化に対する最近の補修実績	水資源開発公団 香川用水管理所	化学研究室	93
6. 地下排水溝に使用するフィルタ材の粒度規定・品質	日本道路公団 池田工事事務所	土質研究室	94
7. ブロック積み基礎工の施工	日本道路公団 池田工事事務所	施工研究室	97
8. NATM二次覆工コンクリートに発生するひびわれ	企画部技術管理課 日本土木工業協会	トンネル研究室	98
9. 深層混合処理工法による改良土の強度	企画部技術管理課 日本土木工業協会	施工研究室	100
10. ソイルセメント柱列壁の配合強度について	企画部技術管理課 日本土木工業協会	基礎研究室	103
11. 人工軽量骨材コンクリートの品質管理と耐久性	企画部技術管理課 日本土木工業協会	コンクリート研究室	105
12. 大型コンクリート構造物のプレキャスト化	企画部技術管理課 日本土木工業協会	機械研究室	108
13. 電動建設機械の実用性	香川工事事務所	機械研究室	109

1. 多自然型川づくりにおける水衝部の工法選定

(質問)

多自然型川づくりで水衝部の工法選定に当って、全国の事例も含め、どのような工法が適切か研究成果も含め御教示願いたい。

(香川工事事務所調査第一課)

(回答)

(1) 水衝部とは

水衝部は通常、湾曲部外岸側や砂州前縁の落ち込み部に発生することが多い。このような水衝部では、洪水時の流速が大きいだけでなく、河床の深掘れが生じていることが多く、河岸防御上の弱点となりやすい。一方、自然環境の観点から考えると、深掘れ部は「淵」と名前を変え、魚類の生息にとって欠くことのできない生物生息空間（ハビタット）の一つとなる。また、上流部の湾曲部外岸側によく見られる崖地は景観上重要な要素となる。

(2) 水衝部に関する特徴を把握し整理する。

水衝部対策を行うには、水衝部そのものの検討だけでなく、周辺の状況もよく観察し、当該水衝部が全体の中でどのような位置付けにあるのかを様々な角度から検討する必要がある。観点としては、①河川特性に関する項目、②生物と生物生息空間（ハビタット）に関する項目、③景観に関する項目、④人との係わりに関する項目、が考えられる。例えば、水衝部を含む周辺を見たとき、その淵の水深や面積が他の淵よりも大きく、かつ、景観上重要な構成要素である場合と、そうでない場合は、工法選定時の取り扱いが異なってくる。河川特性における「外力の大きさ」だけでなく、生物、景観、人の利用等の観点から判断し、その水衝部の重要性や保全に関する基本方針を定める必要がある。尚、ハビタットを始めとする河川の自然環境に関する基本的な考え方については土木研究所資料第3453号「中小河川と河川の自然環境」を参考にして頂きたい。

(3) 工法の選定の考え方

川には川独自の個性があるように、水衝部にもその形や材料などにそれぞれ特徴がある。多自然型川づくりやミティゲーションの基本的な考え方は、このような個々に存在する自然の形や材料をよく調べ、それを、そこに再現することと言えよう。写真-1は、四万十川下流部の水衝部を示すが、この付近の水衝部は水際沿いに転石があり、下部に岩が露出し、その上に植物が繁茂するといった形態をとる。四万十川らしさと水衝部を同時に保全しようとすれば、このようなパターンをもつ水衝部を人為的に再現することが必要となる。もちろん、水衝部対策として十分な耐力が必要である。しかし、全ての水衝部でこのような保全を行うことはコスト的に難しい。(2)で述べた基本方針で重要度が低い水衝部については既存の対策を行うだけで十分な場合がある。既存の多自然型の河岸防御工法については、土木研究所資料第号3489「洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動」第4編を参考にして頂きたい。

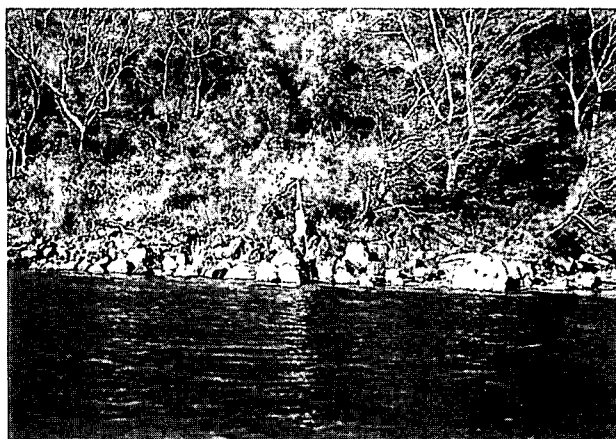


写真-1 四万十川下流部の水衝部

(河川環境研究室)

2. 水質浄化のバイオ的研究

(質問)

水質浄化の研究において、水質浄化能力が優れた微生物を探したり、バイオ技術で作出すような研究が行われているか御教示願いたい。

(四国技術事務所)

(回答)

パルプ排水のような難分解性物質を多く含む排水を浄化するための1つのアプローチとして、対象とする難分解性物質を分解する微生物を利用する方法がある。そのためには、まず優れた分解能力を有する有用微生物を探索する必要がある。その際、有用微生物の分離源(土壌、排水など)及びスクリーニング手法(いかに効率よく分解菌を選抜するか)が重要となる。この段階で、いかに優れた微生物が得られるかが1つのキーポイントとなる。次に、得られた微生物を排水処理に利用するためには、大量培養技術を確立する必要がある。培地組成、溶存酸素濃度、温度条件、攪拌速度などの培養条件を検討しなければならない。また、リアクター中で分解菌を高濃度に保持するために、微生物固定化方法(固定化の種類、単体の種類など)の検討を行う必要がある。分解菌の活性を維持できる固定化方法が確立されれば、次に、固定化菌体を用いたリアクターの設計の段階に入る。分解菌が効率よく活躍できる条件にするため、リアクターの形状や反応槽内の溶存酸素濃度、pH、温度などの条件を最適化し、さらに、分解活性が維持されることを確認しなければならない。まず、小さなベンチスケールのリアクターによる実験を行い、分解が順調に進むことを確認する。ここでの結果が良好であれば、リアクターをスケールアップし、パイロットスケールの実験を行い、最終的には、実プラントにまでもっていく。このような一連の過程を経て、初めて実用化が行われる。

土木研究所においても、以前、総プロにおいてタンニン、リグニン分解菌の探索に関する研究を行っており、その詳細については、バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発報告書(下水道編)(平成3年2月、建設省)のp.91~93に示されている。結果としては、数種類のタンニン分解菌が得られたが、リグニン分解菌は得られなかったというものであるが、リグニン分解菌の研究は古くから行われており、白色腐朽菌など自然界には、リグニン分解能力の高い微生物も存在している。また、有用微生物の固定化方法の検討についても同報告書のp.139~175に述べられているので参照されたい。

(水質研究室)

5.8 天然系難分解性物質分解菌の探索

(1) 研究の目的

下水を活性汚泥法で処理した2次処理水中には、生物学的に難分解な物質が存在し、それが多い場合には処理水のCOD値が高くなる原因にもなっている。下水2次処理水中の残存物質としては蛋白質や炭水化物の割合が高いが、その他にはフミン酸、フルボ酸も多く、次いでタンニン・リグニンの順になっている。この中で、フミン酸、フルボ酸は生物代謝最終産物であるから、これ以上の分解は極めて困難である。そこで、特殊な環境に棲息するタンニン、リグニン分解菌の探索を行った。

(2) 研究方法

① 微生物の探索場所

リグニン分解菌：リグニンは植物組織中に存在している基質であるから、植物寄生菌や木材腐朽菌、木材腐生菌が観察される所を探索対象とした。

タンニン分解菌：皮革工場のタンニン浴中およびお茶などの缶詰工場廃液も探索対象とした。

② 微生物の分離方法

自然界あるいは工場廃液から採集した試料は、ホモジナイザーで破砕した。分離培地に炭素源としてタンニンとリグニンを添加するが、これらの基質のみでは微生物にとって増殖エネルギーが不十分であることも考えて、タンニン分解菌の分離にはグルコースを、リグニン分解菌の分離にはグルコースやセルロースを加えた。

さらにN源として、真菌用培地は $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を添加しているが、酵母エキス等を少量添加した方が分解が良好になるとも考えられる。さらに他の無機窒素での分離も試みる。

③ 分離用培地

分離用培地としては、細菌類用と真菌類用培地を使用する。

細菌類用培地

酵母エキス	2.5g/l
リグニンまたはタンニン	5.0g/l
グルコース	1.0g/l
寒天	15.0g/l

真菌類用培地

リグニンまたはタンニン	2.0g/l
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1.0g/l
K_2HPO_4	0.28g/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.20g/l

FeSO₄ · 7 H₂O 0.01g/l

CaCl₂ 0.02g/l

グルコースまたはセルコース 1.0 g/l

寒天 15.0g/l

窒素源として、(NH₄)₂SO₄の代わりに酵母エキスまたは(NH₄)₂HPO₄を添加し、その資化性も検討した。

本培地のタンニン、リグニンは次のものを用いた。

a. タンニン酸 (米山薬品工業 (株)) : C₇₆H₅₂O₄₆の示性式をもち、淡黄色の無定形粉末。市販の製品は全てタンニンの粉末になっている。タンニン酸は水にさらすと着色し、さらに pH により色に変化する。酸性側とアルカリ性側で黄色から褐色になるが、中性付近では淡緑色から暗緑色を呈す。

b. リグニン (東京化成工業 (株)) : 95%の黒褐色粉末。リグニンは草木類から樹木まで幅広く分布するが、植物の種類によって含有されるリグニンの構造式は異なる。いずれもフェノール基をもっているのが特徴であるが、市販の製品がいずれを主としているかは不明である。

④ 培養条件

培養条件は次の通りである。

培養条件

	温度	pH	培養方法
細菌類用	20°C	6.8-7.2	平板培養 振とう培養
真菌類用	20°C	5.0-6.5	静置培養

(3) 分離結果

①分離されたタンニン分解菌として、染色工場付近の土壌中からは分離した真菌類 *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp.が高いタンニン資化性を示した。集積培養を行った結果 *Penicillium* sp.が集積された。

さらに、分離された *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp.は共に窒素源を (NH₄)₂HPO₄に変更すると増殖しなくなった。

また、増殖にグルコースは要したものの、酵母エキスは不要であった。

② *Penicillium* 属のタンニン分解能力

タンニン酸を1000mg/l 及び2000mg/l 添加した液体培地をつくり、それぞれ集積された *Penicillium* 属を添加して20°Cで5日間振とう培養後、30分間沈降させた上澄水を分析に供した。この時、窒素源として(NH₄)₂SO₄を、エネルギー源としてグルコースを加えた。

この結果、表5.8.1～2のような結果が得られた。

供試 *Penicillium* 属はタンニンの脱色と有機物除去を同時に行うもので貴重な菌種である。

この結果からさらにタンニン添加量を低下していく必要もあると考えられる。

又、供試 *Penicillium* sp.は、タンニン酸2000mg/l 添加区でも1000mg/l 添加区でもほぼ同じ除去率が得

表5.8.1 *Penicillium*属のタンニン分解

タンニン酸添加量 2000 mg/l					
項 目	TOC (mg/l)	COD _{cr} (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	BOD (mg/l)	色度
原 水	1040	1970	1750	758	4000
処理水	158	378	201	16	200
除去率	85%	81%	89%	98%	95%

表5.8.2 *Penicillium*属のタンニン分解

タンニン酸添加量 100 mg/l					
項 目	TOC (mg/l)	COD _{cr} (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	BOD (mg/l)	色度
原 水	507	1120	836	443	1850
処理水	71	222	118	13	74
除去率	86%	81%	86%	97%	96%

られた。添加タンニンの組成のうち、本菌で分解できる部分に限界があることが判明した。

③ 分解菌の種類

リグニンをC源とした選択培地上に細菌類では *Pseudomonas* sp. が分離されているが、現在のところ、リグニン分解に良好な結果は得られていない。

(4) まとめと今後の課題

リグニン、タンニン分解菌を探索し、タンニンについては、真菌類 *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. が、高い分解能を持つことが分かった。しかし、リグニンについては、有能な分解菌は見つからなかった。

参 考 文 献

- 1) 千草 薫 「バイオテクノロジーを用いた排水処理」日本水質汚濁研究協会講演会 1987年.
- 2) 山里一英 微生物の分離法P & D プランニング (1986).

3. 多様な魚種を対象にした自然になじむ魚道

(質問)

近年、生態系保全の観点から、遊泳形態・遊泳力の異なる多様な魚種の移動可能な魚道が求められるようになっていきます。同時に、周辺の自然になじんだ自然石等を用いた魚道も求められるようになっていきます。こうした魚道の設計に当たっての留意点及び研究の現状について御教示願いたい。

(徳島県徳島土木事務所)

(回答)

ご質問の魚道に適合するものとして、長良川河口堰に設けられている「せせらぎ魚道」をまずあげることができます。これは、自然の小河川の流れを再現しようというもので、平面的には蛇行水路を、縦断的には瀬と淵を交互に配置し、河床全体を20cm及び40cm大の玉石の空積みにより構成・整形したものです。「せせらぎ魚道」は設置後に詳細なモニタリングが実施されており、良好な結果を得ていますが、勾配が1/100 以下のかかなりの緩勾配な魚道であり、通常の施設に設ける魚道としてはかなり大規模なものとなることが考えられます(写真-1)。

水理的な側面から魚道をみると、魚道で通常用いられている数十分の1の水路勾配は、一様水路ではかなりの高流速が生じる水路であり、効果的な減勢機構を必要とする水路です。効果的な減勢を得る方法として、プールを設けて逐次減勢させていく方法と水路内に粗度を設けて流

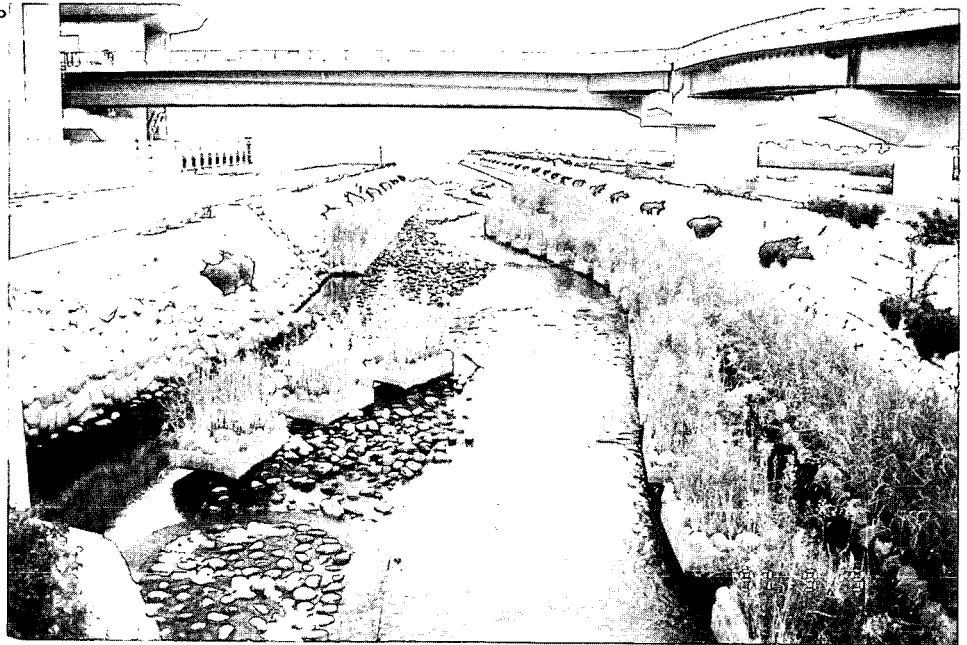
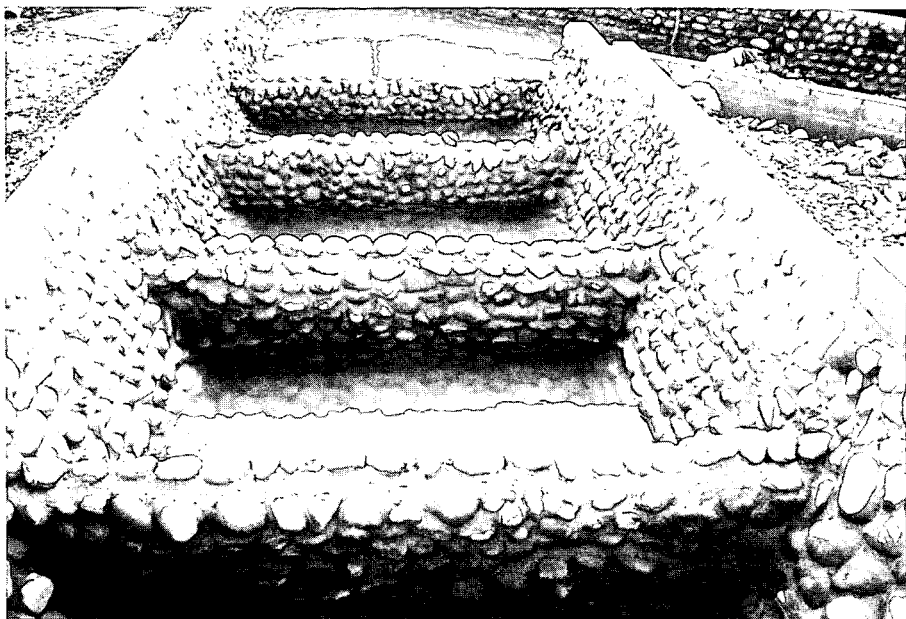


写真-1 せせらぎ魚道(長良川河口堰)

れの抵抗を大きくする方法が用いらおり、前者の代表として階段式魚道等が、後者のそれとしてデニール式魚道や粗石付き魚道等が知られています。多様な魚種を対象にした魚道、或いは自然になじむ魚道といっても、水理的には従来の魚道と同様の流れの形成が基本になります。

プールを設ける魚道として最も一般的な階段式魚道は、特にアユ等の浮遊魚に対し有効とのイメージがありますが、隔壁間落差を適当に(例えば10cm程度)に調節してやれば、

カジカやアユカケ・ヨシノボリといった底生魚の遡上も期待できるものです。通常の階段式魚道はコンクリート構造物との印象がありますが、底部に玉石を敷き詰め、側壁や隔壁に玉石を埋め込んで自然になじみやすい形状としたものも採用され（写真－２）、遡上実験により良好な結果を得ています。また、大きな自然石そのものを隔壁として用いている例も見られますが、隔壁への石の配置は、石間の流れが集中した速い流れを形成し乱流の原因となったり、越流水が石の下流面

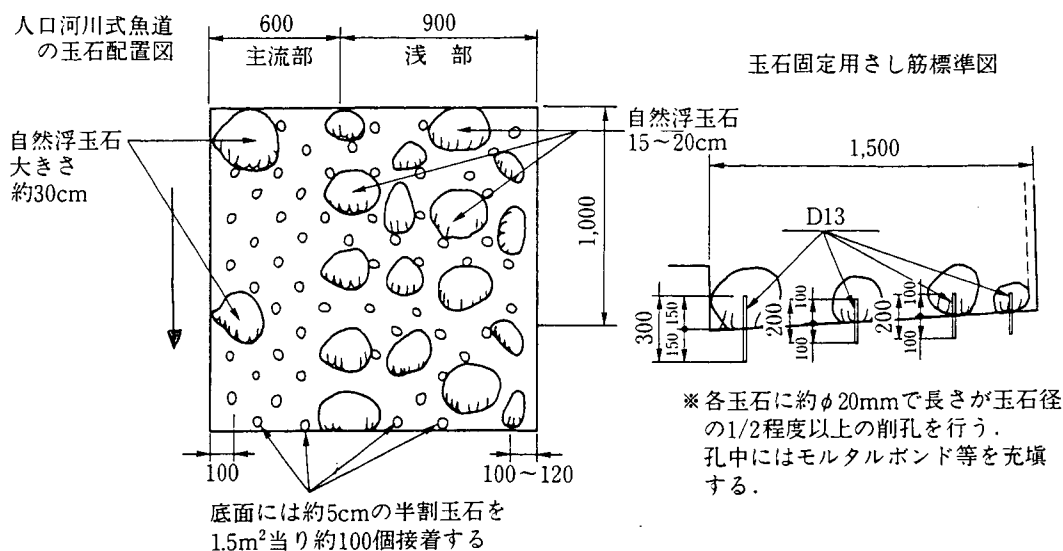


写真－２ 粗石を配した階段式魚道

から大きく剥離して表面流の原因となったりするので注意が必要です。あくまで、階段式として必要な流況を確保することを基本に石の配置・形状を検討する必要があります。

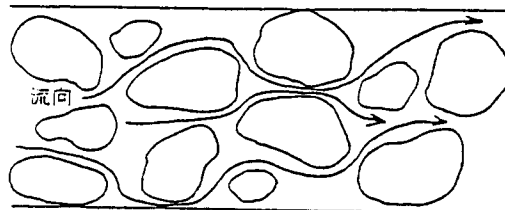
粗度を設ける場合の魚道であるデニール式魚道は、わが国の魚種ではあまり良好な遡上実績は得られておらず、特に底生魚の遡上には問題があるようです。デニール式魚道には、標準形状が与えられていますが、わが国の魚種に対応した形状の検討が必要なものと考えられます。一方、自然になじむという意味で水路底面に粗石を埋め込んだ粗石水路が用いられている例がみられます。見たところ早瀬に似た流れの状況が得られ、自然になじむという意味で今後の発展が期待されるものですが、単純に粗石を埋め込んだだけでは十分な流速の低減を得ることが難しく、粗石の配置にはかなりの工夫が必要です。種々の魚道条件に対応した配置方法は、現在のところ確立したものはありませんが、いくつかの例を紹介したいと思います。

図－１は九頭竜川の鳴鹿大堰の魚道として建設されているもので、浮き石状の玉石を比較的密に配置したものです。水路の縦断勾配は $1/20$ で、種々の水深及び流速分布を得るため横断方向にも勾配をもうけています。対象水深は $10\sim 20\text{cm}$ であり、玉石とほぼ同じオーダーの水深となっています。こうした、玉石の浮き石としての配置は、効果的な流速の低減のためにある程度必要な処理と考えられます。また、所要の流速を得るための水深が玉石規模と同程度かそれ以下になるのは、直径 10cm の球を配置して行った土木研究所での実験でも確認されており、水深が球径より大きくなると、流速は急激に大きくなりアユの遡上も急激に減少する結果が得られています。また、砂利、玉石、礫からなる河床を想定した粗度係数に関する最近の研究成果を用いて、例えば水路勾配 $1/20$ 、礫の 84% 粒径 $=50$



図－1 鳴鹿大堰人工河川式魚道の粗石配置¹⁾

cm、水深20cm程度で平均流速を60cm以下に設定しようとするれば、30%程度の礫部分が水面上に出ている状態となることが試算されます。粗石水路の水理特性については今後の研究に待つところが大きいですが、上記堰の実例や試算結果から魚道として必要な流れの状況がある程度想像できるものと思います。鳴鹿大堰の魚道はまだ共用には至っていませんが、実験及び試験的な通水によりアユ及び低生魚の良好な遡上が期待されています。



図－2 新前川堰魚道の粗石配置概要²⁾ (平面)

図－2は舟通し水路の半幅に亘り粗石を配して魚道とした球磨川の新前川堰の粗石配置の概念図です。本魚道では、石の配置を定規で計ったような配置とするのではなく、大粒径と小粒径の粗石を複雑に配置するよう配慮しています。また、石の据え方についても、石の広い面を下流側に向け、静穏域ができるよう配慮するとともに、底生魚の遡上効果を



写真－3 粗石水路とプールよりなる魚道¹⁾

上げるため、コンクリート面がでないよう敷き詰めを行っています。本魚道は平成7年12

月の完成後に遡上調査が実施されており、アユ、底生魚とも遡上が確認されています。

写真-3及び図-3は土木研究所が実験検討している魚道で、粗石水路とプールを組み合わせた形式のものです。粗石水路の越流部分は横断方向に勾配をもっており、越流水深が幅方向に変化するようにになっています。また、縦断方向にも勾配を変化させ、粗石上の流れが水深・勾配が小さい領域から水深・勾配が大きい領域へと連続的に変化するように配慮しています。粗石は単に敷き詰めたものの浮き石状態としており、原型模型による実験によりアユ・底生魚の良好な遡上が確認されています。また、アユは水深・勾配の大きい領域を、カジカやヨシノボリ等の底生魚は、水深・勾配が小さい領域を遡上することが認められており、魚種ごとに選好する流れの状態が異なることが明らかになっています。

全体像の把握は行われていませんが、自然石を利用した魚道は、自然になじみやすいことから多くの試みがなされるようになっていきます。その設計手法については、今後整理していく必要があるものと考えています。

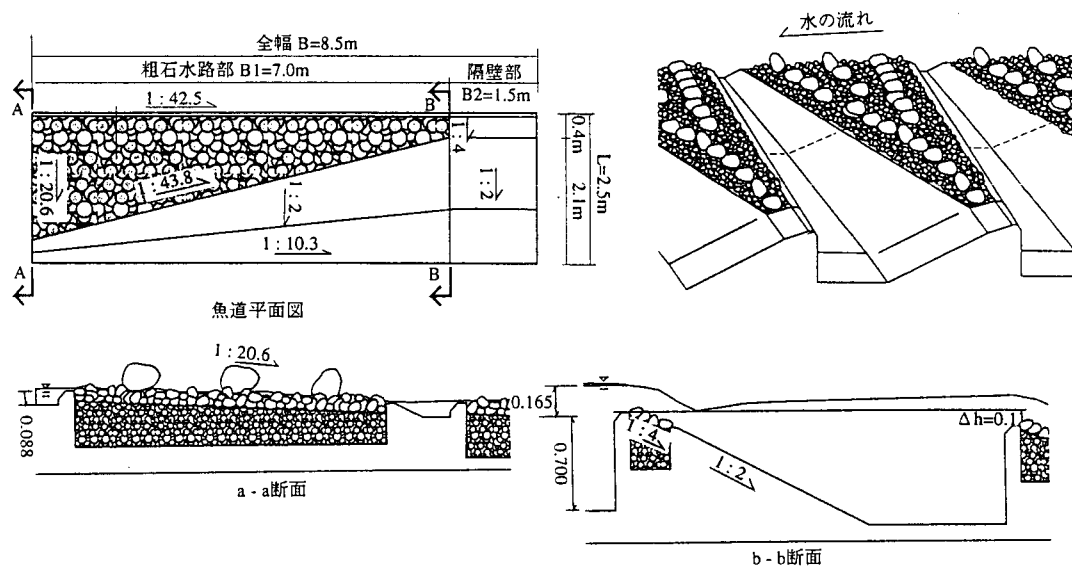


図-3 粗石水路とプールよりなる魚道⁴⁾

参考文献

- 1) 吉田輝人、森国康夫、岡山公雄：自然との調和を考慮した施工事例〈鳴鹿大堰〉、ダム技術 No.129、pp.29～37、1997.
- 2) 上村恭一、矢野日出東：球磨川における魚がのぼりやすい川づくり事業～新前川堰魚道改築と効果検証～、九州技報、pp.15～20、1996.
- 3) Komura, S.: Hydraulics of riffles and their applicatins to fishways, Proc. of International Symposium on Habitat Hydraulics, Quebec, Canada, Vol.b, pp. B861-B872, 1996.
- 4) 柏井条介、村岡敬子：多様な魚種を対象とした魚道の遡上実験、土木技術資料、VOL.32-No.2、pp.20～pp.25、1996.

(水工水資源研究室)

1. 軟弱地盤盛土におけるすべり破壊の抑制方法

(質問)

軟弱地盤上の盛土において、懸念されるすべり破壊に対する抑制方法について、最新の方法があれば御教示願いたい。現在、敷網工、ジオテキスタイルにて対応している。

(日本道路公団大洲工事事務所)

(回答)

軟弱地盤上の盛土を築造する場合にすべり破壊に対する抑制方法としては、サンドドレーン工法、サンドコンパクションパイル工法、深層混合処理工法やジオテキスタイルを用いた盛土補強工法等いくつかの対策工法が考えられる。しかし、新工法および従来工法について、盛土高さや軟弱層厚、施工条件、及びトータルコスト的な観点からの適用性は、まだ明確ではない。

そこで、建設省土木研究所では、「軟弱地盤対策工選定エキスパートシステムの開発」(H6～9)において軟弱地盤の性状や施工条件等に応じた試設計を行い、新工法を含めた各種対策工法の適用性について検討している。本課題では、図-1に示すような地盤条件を想定し、表-1のように盛土高さと軟弱層厚を組み合わせた12ケースの試設計を行い、工費(直接工事費)および施工期間と放置期間を合わせた工期を算出している。また、近接盛土や拡幅盛土についても同様の検討を行っている。

試算結果を図-2に示す。これによると、盛土高が5m程度の場合はサンドドレーン工法が比較的安価で有利である。しかし、盛土高が8mになると、サンドドレーン工法による強度増加のみでは盛土の安定を確保できず、サンドドレーン工法と盛土補強や押さえ盛土との併用が必要となる。その場合、用地が十分に確保できれば、サンドドレーン+押さえ盛土が最も安価で有利であるが、盛土補強工法は、押さえ盛土に次いで安価であり、サンドドレーンのみではすべり安全率がやや不足する場合の補助工法として用いると有効であると考えられる。

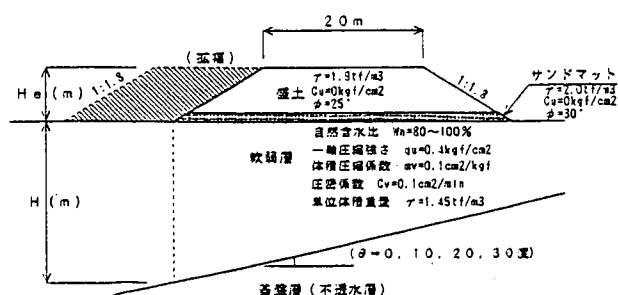


図-1 盛土形状と地盤条件

表-1 検討ケース

		軟弱層厚(m) 薄 ← → 厚			
盛土高 (m)	H	5	10	20	30
	Hs				
低	2	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
	5	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
高	8	ケース9	ケース10	ケース11	ケース12

表-2 設計条件

項 目	共通の設計条件	近接盛土	拡幅盛土	傾斜基盤上の盛土
(1)すべり破壊に対する検討	安全率 $F_s \geq 1.1$ (盛土立上り時) $F_s \geq 1.2$ (盛土完了時)	同左	同左	$p \sin \theta \cos \theta$ を起動モーメント則に加える
(2)沈下量に関する検討	一次圧密沈下を仮定、沈下量が最大になる箇所での許容残留沈下量が30cm以下	周辺地盤に沈下は全く発生しない	既設盛土ののり層の引き込み沈下量3cm以下	
(3)地盤の側方流動の検討	盛土のり尻で土圧のつり合い $F_v \geq 1.2$	同左	同左	同左
(4)軟弱層の強度増加率	強度増加率 $m=0.3$ 。圧密による強度増加に寄与する圧密度Uの上限値は $U=90\%$ とする			
(5)その他の施工条件	・盛土の施工速度5cm/day、深層混合処理工法の場合30cm/day、EPS工法の場合150m ³ /day ・低盛土の場合、交通荷重2.2(tf/m)を考慮			

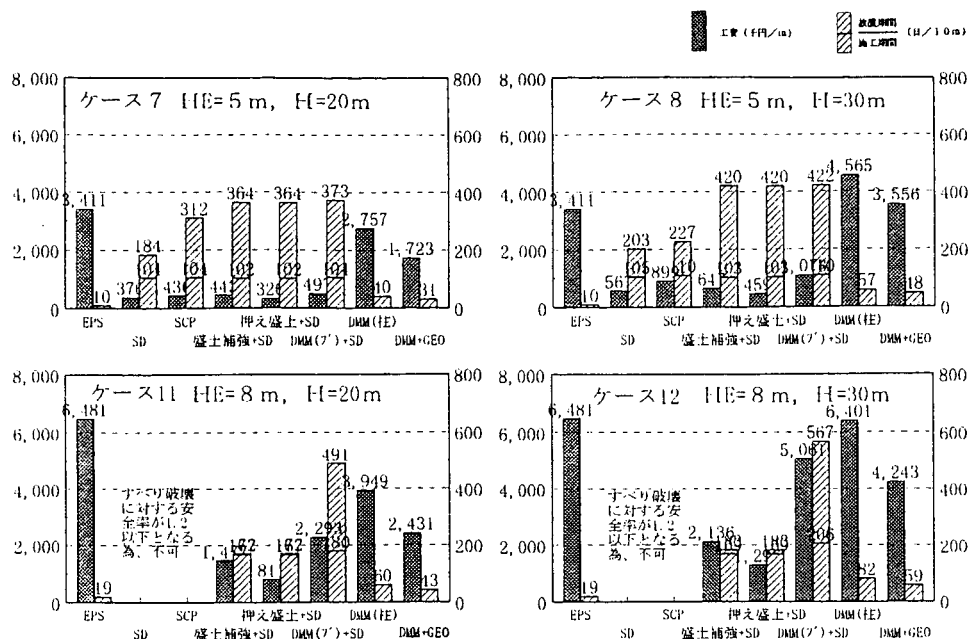


図-2 試算結果

ジオテキスタイルを盛土のすべり対策として用いる場合の設計の一般的な手順を図-3に示す。ここでは盛土の破壊モードについて、図-4に示すような「ジオテキスタイルの破断および伸びの検討」「ジオテキスタイルの引き抜けに対する検討」「補強領域の外側を通るすべり面の検討」を考慮し、それぞれの破壊モードに対して安定が確保されるようにジオテキスタイルの必要引張強さ、敷設間隔、敷設長を決定する。なお、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」(財)土木研究センター、平成6年2月)を参照するとよい。

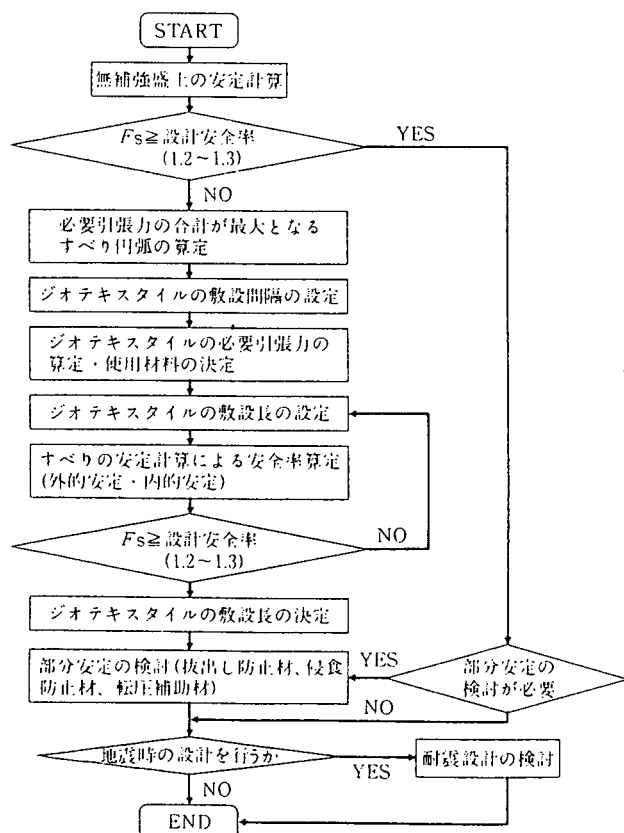


図-3 設計手順

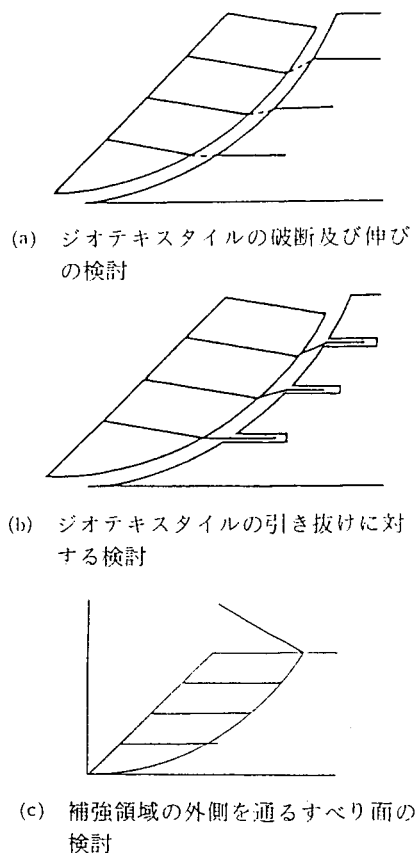
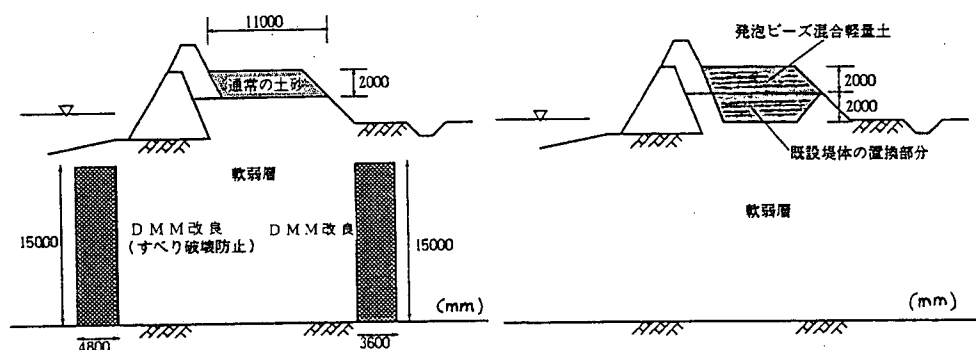


図-4 設計上考慮すべき破壊モード

また、軟弱地盤上の盛土の沈下対策と合わせたすべり破壊の抑制方法として、既設堤防の嵩上げにおける発泡ビーズ混合軽量土の利用が考えられる。図－４はその例で、通常の土砂を盛土材に用いるとすべりに対する安定性を確保できず、深層混合処理工法のような地盤改良が必要となるが、発泡ビーズ混合軽量土を用いて地盤の負荷を減らし、地盤改良工法を不要としている。この場合、発泡ビーズ混合軽量土の製造費や施工費と、地盤改良対策費との兼ね合いでコストが有利なケースがある。なお、設計・施工にあたっては、「混合補強土の技術開発に関する共同研究報告書－発泡ビーズ混合軽量土利用技術マニュアル」（土木研究所共同研究報告書、平成９年３月）を参照するとよい。

さらに、橋台等の構造物に道路盛土を取付ける場合は沈下すりつけ対策が必要であるが、沈下すりつけ対策と合わせてすべり対策としても杭状の低改良率の深層混合処理とジオテキスタイルの併用工法や軽量盛土工法といった新技術が提案されている。現状では、プレロード工法にサンドドレーン工法を併用する工法などが一般的に用いられているが、その設計法や適用性は確立していない。さらに昨今では、維持管理に伴う路上工事の縮減や工費縮減の要請も強く、残留沈下や既設構造物と盛土との段差、工期等が問題となる場合には、このような新工法も検討する余地があると考えられる。



図－５ 通常工法と新工法（発泡ビーズ混合軽量土）の比較

<参考文献>

- 1) 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：（財）土木研究センター、平成6年2月
- 2) 混合補強土の技術開発に関する共同研究報告書－発泡ビーズ混合軽量土利用技術マニュアル－：建設省土木研究所共同研究報告書、平成9年3月

2. 傾斜をつけたプレキャスト擁壁の施工

(質問)

プレキャスト擁壁や逆T擁壁等について、道路縦断方向に傾斜をつけて施工してもよい
か、また施工可能であれば計算手法、留意事項を御教示願いたい。

(道路部道路工事課)

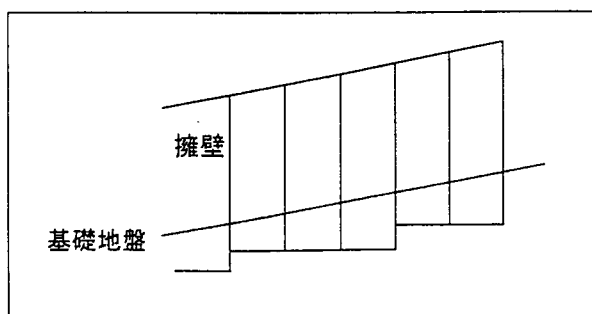
(回答)

縦断方向に勾配がある地盤に擁壁を設置する場合は、図－1に示すように底版下面は水平とするのが原則である。これは、縦断勾配のある擁壁に対する設計方法が現状では確立されていないためである。縦断勾配のある擁壁では、自重、背面土砂などの荷重の作用方向が明確ではなく、また擁壁高さが変化する場合や地盤条件が一定でないことも多く、現場条件により荷重項と抵抗項の定義が難しい。さらに、地震時の挙動についても明らかにされていない。

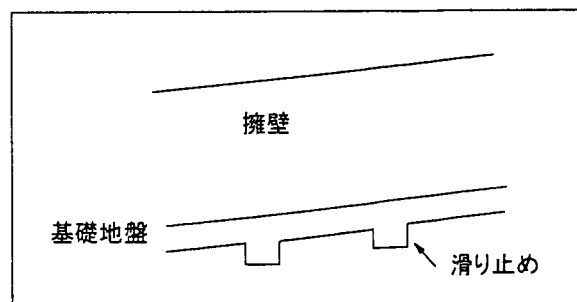
このようなことから、道路土工指針などの基準類においても、擁壁に縦断勾配をつける施工法は示しておらず、既往の施工実績も底版下面は水平としている。

但し、縦断勾配が小さく、基礎地盤も良質なものであれば、縦断勾配に合わせて擁壁を設置することも可能であると考えられるが、その場合にはFEMなどにより3次元的な挙動をシミュレートする必要があるとあり、設計段階でのコスト増は避けられない。また、プレキャスト擁壁では鉄筋の配置方向や目地も傾斜することになり、設計、施工におけるこれらの影響も検討しなければならない。さらに、安全性を考慮して底版に突起を設けるなどの措置を施すことが考えられるが(図－2参照)、その効果も定量的には明らかではない。

このようなことを考慮すると、縦断勾配に合わせて擁壁を設置したとしても、底版下面を水平に設置した場合と比較して土工量は減少するが、トータルコストとしては大きなコストダウンは期待できないと思われる。



図－1 傾斜地盤における擁壁の設置方法



図－2 滑りに対する処置

(施工研究室)

3. ポーラスコンクリートの配合

(質問)

ポーラスコンクリートについて、耐侵食に対して必要な強度及び植生に適する空隙率の推奨値をご教示願いたい。

(四国技術事務所)

(回答)

ポーラスコンクリートは、空隙が豊富で植生の根系が発達しやすく植生の繁茂が可能であるため、その利点を活かして河川護岸に適用することが各地で検討されている。この際注意しなければならないことは、コンクリートの空隙の量と径は透水性、保水性、栄養分確保等の面ではできるだけ大きい方がよいが、空隙率を大きくすると強度が低下するということである。

既往の研究では、連続空隙率が20～30%程度で緑化に成功している事例が多い。土木研究所で行っている実験でも、植生の生育上、5号碎石（粒径13～20mm）では最低でも連続空隙率20%以上が必要という傾向が見られている。このときの強度としては、図-1に示すように同じ水セメント比の通常のコンクリートよりも低下するものの、配合設計に配慮すると圧縮強度で10N/mm²程度は確保できる。

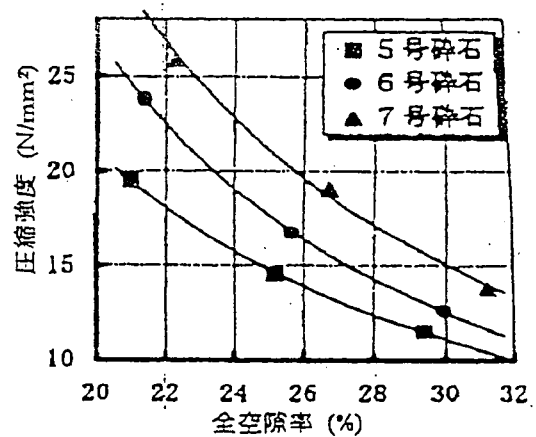


図-1 圧縮強度～全空隙率（碎石別）

河川護岸に用いるポーラスコンクリートに要求される強度は、現在のところ明確になっていない。しかし、厚さ等のブロックの大きさ、荷重条件、凍結融解等に対する耐久性などを考えなければならない。また、根がポーラスコンクリートを貫通して地盤に達することは植物の生育上必要なことであり、ブロックを厚くすることは植物の生育上好ましいことではない。

空隙やコンクリート厚さのほかにも植生の繁茂に影響する要因として、覆土の有無及び厚さ、充填材の有無、吸い出しシート・裏込め材の有無などが考えられ、また、植生が繁茂した状態での流水に対する安定性も重要な課題である。

以上のように、ポーラスコンクリートの河川護岸への適用には整理しなければならない項目が多々ある。これらを総合的に勘案して適切な設計・施工法を検討するために、土木研究所における実験と各地方建設局における試験施工を並行して実施している。これらの調査結果をもとに順次規準化を進めていく予定である。

(河川研究室・緑化生態研究室・コンクリート研究室)

1. 公共工事のライフサイクルでの総合評価方法

(質問)

公共工事を総合評価する場合、品質面も考慮して、イニシャルコストだけでなく維持修繕、改築、供用期間等も含めたライフサイクルでの総合評価を行う方策について御教示願いたい。

(四国技術事務所)

(回答)

あらゆる構造物は供用直後から、その価値（機能）を少しずつ失っていく（減価）ため、時期を見て修繕（リハビリテーション）により機能回復する必要がある。メンテナンス（維持）は、もっぱら機能の低下を防止するだけで、機能回復の目的はないが、この頻度は修繕の間隔に影響を及ぼす。構造物は修繕によって完全に価値を取り戻すが、すべての部材を取り替えるわけではないので、修繕の間隔が次第に短くなっていき、ついには、修繕コストが更新コストを論理的に上回るようになる。この時をもって構造物は寿命が尽きたと考え、耐用年数が定義される。一方、通常の公共構造物の供用年数は無限であるので、耐用年数に達する度に構造物は取り壊して更新され、再び供用されるものとする。

ライフサイクルコスト（LCC）は色々な定義があるが、耐用年数以上の期間において、各年に発生する維持・修繕費用及び解体・更新費用を現在価値に割り引き（3～5％程度）、イニシャルコスト（建設コスト）に合算して求めるのが基本である。維持・修繕費用の推計は物価上昇や技術開発による単価変動、利用状況の変化による損傷の進行度合の変動など推計の困難さがある。割引率は過去 10 年の建設国債の発行者コストなどで代用することが多いが、定説は存在せず、評価結果に多大な影響を与える厄介な性質を持つ。便宜的に将来の物価上昇＝割引率として双方を無視することもあるが、技術開発を無視し、経済的な妥当性に欠ける点で感心しない。LCCの評価にはこうした将来の不確実性の影響が極めて大きいため、複数の組合わせを想定した感度分析をあわせて行なうべきである。

なお、経済価値が残存していても、利用者に対する機能の低下（陳腐化）が激しい場合にこれを回復するのが改築（ex：渋滞対策、震災補強など）であり、LCCの上位概念である社会便益と投資効率の分析が必要がある。

有料道路事業は、イニシャルコストと交通需要の少ない間の管理コストを抑制するための暫定 2 車線構造の採用検討など、投資効率を綿密に検討するため、LCC評価手法の参考になる。

いずれにしても、耐用年数や設計耐力をどのように設定するか、どれだけの需要を想定するかといった課題は、まさに計画段階の判断であり、構造物の設計段階のLCC評価はこの判断内で行い、段階的に機能や構造を詰めて行くべきである。

(建設マネジメント技術研究室)

2. 積算実績データベースの必要性

(質問)

積算の合理化を図るため、新土木積算システムを開発・活用し、積算に関して個人差が生じる等の不整合を改善している中で、実績DB登録システム、類似設計書検索システム、概算工事費算定システム等の積算実績データベースシステムの構築の必要性をご教示願いたい。

(企画部技術管理課)

(回答)

積算実績DBシステムは、これまで行ってきた積算実績について、データベース化を行い、それを活用しようというものである。

積算実績DBシステムは、積算の実績を条件項目を付して登録する、実績DB登録システムの他、検索を行う類似設計書検索システム、概算工事費算定システム、積算合理化基礎データ作成システム、積算時自動チェックデータ作成システムにより構成されるが、以下にその内容を記す。

(1) 類似設計書検索システム

過去の積算事例を参照することにより、積算支援等に活用を計る。

- a) 特殊事例等の参照
- b) 教育用設計書としての利用
- c) 概算工事費算定等への利用

(2) 概算工事費算定システム

土木工事積算体系の中で指定されている、レベル1～4毎の積算実績データの集積を行い、統計処理を行うことにより、概算時に必用となるレベル項目毎の原単価の統計値を得る。

- a) 概算工事費算定
- b) 設計単価チェック
- c) 公共投資実績の集計

(3) 積算合理化基礎データシステム

新土木工事積算システムで構築している積算体系上の実運用において、個々の施工単価の使用実態を把握することにより、体系に係わる積算合理化のための基礎資料の提供。

- a) 利用頻度の統計、分析
- b) 利用構成の統計、分析

(4) 積算時自動チェックデータ作成システム

新土木積算システムでは、数値入力される単価・数量に対し適正な範囲内の数値が入力されているかどうかを自動チェックする機能がある。積算実績データの統計処理により必用とされる基準値の上限値・下限値を新土木工事積算システムに提供する。

(建設マネジメント技術研究センター 建設システム課)

3. 今後の新土木積算システムの整備方針

(質問)

新土木積算システムは、新土木積算体系の一環として整備され、平成6年度に試行し平成8年度から本格運用を行っているが、多くの問題が発生しているが現状である。今後の整備方針についてご教示願いたい。

(企画部技術管理課)

(回答)

システム操作上における問題

- ① システム操作上の積算数値等の変状については現在 JACIC と調査中
- ② 一次、二次、三次単価表の作成レベルの違いによる単価の相違は、有効数字の切り方と丸め方法によるものと考えられる。各地建の技術管理課等と調整しその方針を確定しているところであるが、不明な点は再度各地建と調整を行う。
- ③ データリストに変わるものとして、入力データ、単価等が印字されたチェックリストの打ち出しプログラムを検討中である
- ④ 条件入力の番号の印字については、新システムでは行わない事となっている。これは入力時に A C O S のように番号で入力していないためである。しかし、入力した結果(機械の機種や数量的なもの)が印字されてないので有れば印字するように改善したい。
- ⑤ 新土木積算システムは工事工種体系に基づいて単位等を定めているところであるが、もし実際の発注において単位及び体系ツリー等が不適切である場合、工事工種体系の変更となるため、技術管理課を通じご連絡を頂きたい。

パソコン機器の管理上における問題点

今後のシステム構成については、現在構想中であるが、各地建において独自のシステム(契約、用地、予算等)を P C 上で走らせる計画もあり、容量等においては、各地建毎の設定になると思われる。また、各地建の P C の今後の導入状況を把握した上で、システムの設計を行う計画であるが、最終的には各地建の電算情報課の判断となるので、システムの容量等については十分調整を図りたい。

(建設マネジメント技術研究センター 建設システム課)

1. 交差点部における排水性舗装の骨材飛散

(質問)

排水性舗装の交差点部への施工においては、交通の切り回しによる重車両のタイヤのねじり等により舗装表面の骨材飛散がしばしば発生し問題となるケースがある。そこで、その対応策として①エポキシアスファルト等の高耐久性材料の使用、②粒度・空隙率等配合の工夫等色々考えられるが適切な対応策についてご教示願いたい。また、骨材飛散が起こった場合の補修方法についてご教示願いたい。

(企画部技術管理課、(社)日本道路建設業協会)

(回答)

排水性舗装の骨材飛散を未然に防ぐ方法として、エポキシアスファルトを用いる方法や排水性舗装の施工後の表面に樹脂を散布するトップコート等が考えられる。いずれの方法も高価なので、その適用に際しては経済性を考慮する必要がある。

トップコートに関しては施工実績があり、(社)日本道路協会から刊行されている「排水性舗装技術指針(案)」でも紹介しているなど、ある程度の効果が認められる。また、エポキシアスファルトに関しては平成8年度に建設省において試験舗装の施工を行ったところであり、適用性について調査中であるが、エポキシ樹脂のもつ高い性能から見て、有望な材料であると考えられる。エポキシアスファルトの利用に関しては、「排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引」が(社)日本アスファルト協会から刊行されているので参照するとよい。

骨材飛散が起こった場合の補修方法として、①通常の補修材料による部分補修、②常温型排水性舗装用補修材による部分補修、③全面的な切削オーバーレイ等が考えられる。排水機能を保持しつつ局所的な補修のみで十分であると考えられる場合には、②の方法を採用するとよい。しかし、この工法は高価であるため、①の方法を採用して、部分的には排水機能が失われても構わないという方針も考えられる。破損の進行が懸念される場合には③の方法を採用することになるが、いずれにしても経済性や交通規制などの施工条件を考慮して適切な工法を選択することが重要である。

(舗装研究室)

2. 耐流動対策舗装の動的安定度の上限値

（質問）

耐流動対策舗装の表層混合物に目標とする動的安定度（D S）を設定しているが、この値を大幅に上回る場合がある。D S 値が高すぎるとひび割れが発生しやすいと考えられるが、この点についてご教示願いたい。

（四国技術事務所）

（回答）

アスファルト舗装要綱には、「D S を5,000回/mm以上とした場合、混合物の種類によってはひび割れの発生しやすいものもあるので、曲げ試験や繰返し曲げ試験などによりひび割れ抵抗性も併せて検討する。」「表層と基層のD S に極端な差がある場合は、ひび割れの原因となることがあるので、必要に応じて基層にも耐流動対策を施すとよい。」との記述がある。

高いD Sを得るためにはセミブローンアスファルトや、ゴムや樹脂を添加した改質アスファルトをバイндаとして使用する必要があり、これらを用いたアスファルト混合物は、ストレートアスファルトを使用したアスファルト混合物より一般に固いものとなる。この固さがもろさにつながるとひび割れが発生しやすい。

幹線道路においては、夏季の流動によるわだち掘れが主要な破損であるために、ひび割れに対する抵抗性をある程度犠牲にして、耐流動対策として改質アスファルトを採用することが多い。しかし、近年添加する改質材の改良により、改質アスファルトの性能は向上の方向にあり、耐流動性を有し、ひび割れに対する抵抗力もある改質アスファルトも流通している。したがって、ひび割れに対する抵抗性はバイндаの性状に依存するため、D S の値がある数値を超えるとひび割れが発生しやすくなるという、D S の一律な上限値のようなものは存在しない。アスファルト舗装要綱に示す5,000回/mm以上は、ひび割れの問題が生じる一つの目安と考えるのが適当である。わだち掘れの防止とひび割れに対する抵抗を両立させるためには、D S が大きくなる配合設計とするとともに、骨材の把握力や粘結力の強さを表す、タフネスおよびテナシティの大きいバイндаを選定するとよい。

なお、D S を測定するためのホイールトラッキング試験そのものの測定精度にも課題があり、例えば7,000回/mmに対応する変形量は0.09mm、9,000回/mmに対応する変形量は0.07mmであり、変形量の差は0.02mmしかない。したがって、D S が4,000～5,000回/mmを超えるような場合では明確な優位差は得られない。アスファルト混合物の耐流動性の評価では、ホイールトラッキング試験による耐流動性の評価の限界についても留意しておく必要がある。

（舗装研究室）

3. 橋梁下部工等における鉄筋鉄骨コンクリートの適用

(質問)

兵庫県南部地震以降の構造物の柱鉄筋、特に帯鉄筋が増え施工が複雑になってきております。こう言ったばあい、鉄筋の代わりに鉄骨を使う鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）構造にすることにより省力化、合理化ができると思いますがいかがでしょう。

また、現在までの実績（開発状況）および今後の将来性についてご教示下さい。

(四国技術事務所)

(日本土木工業協会)

(回答)

平成８年度版道路橋示方書では、兵庫県南部地震級の地震力にも十分耐えるような耐震性を有する橋梁下部工の設計施工を義務づけており、必要な耐力を確保するとともに、じん性の高い構造とする必要がある。このため、従来の設計に比べると、耐力を増やすための軸方向鉄筋が増えるとともに、じん性を確保するために帯鉄筋・中間帯鉄筋を密に配置することが必要とされる。軸方向鉄筋や帯鉄筋が増加すると、施工が複雑になってくるが、このような施工性の問題点を解決する一つの方法として、鋼材とコンクリートを合成した部材（ＳＲＣ構造）の採用が考えられる。

SRC 構造は、建築の分野では、高層建築等を中心に広く利用されている。一方、土木の分野では、いくつかの実施例はあるが、SRC 構造としての設計法については、確立されたものはまだなく、現在土木研究所においても施工法の合理化を目指した SRC 構造に関する研究を行っているところである。

基礎研究室では、SRC構造を基本とし、中間帯鉄筋の代替としてスパイラル筋を用いる高橋脚の設計施工法の開発を行っている（図-1）。開発の概要については、土木技術資料（vol 40, No.1, 1988.1）に「新しい高橋脚の設計・施工法の開発」として掲載する予定である。この工法は、中間帯鉄筋の施工の省力化が図れ、プレキャスト型枠や移動式型枠を用いるため、環境保全の面でも優れている。現在、本工法の実証実験を行っている。

耐震研究室では、平成 7 年度より SRC 橋脚の動的耐力、変形性能の評価手法の検討を目的とした研究を行っている。RC 橋脚と SRC 橋脚の耐力や変形性能の比較を目的とした載荷実験の一例を紹介すると以下のようになる。

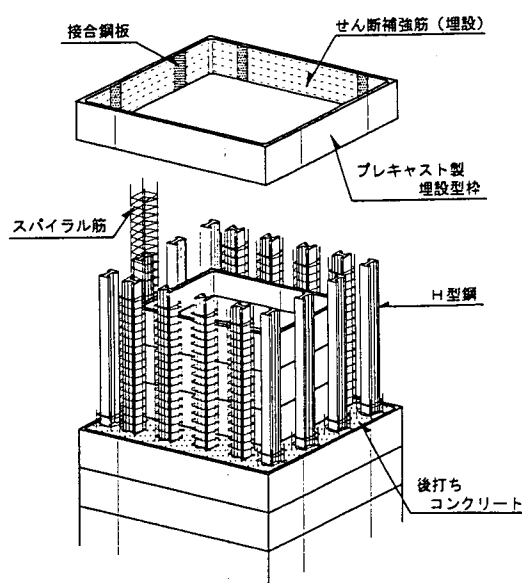


図-1 スパイラル筋を用いた SRC 構造概要図

模型供試体は図-2 に示すように実物の 1/6 程度の縮尺模型であり、断面が 70cm × 70cm の正方形で、基部から載荷点までの高さは 3.01m である。SRC 橋脚模型と RC 橋脚模型は、同じ寸法を有し曲げ耐力とせん断耐力が等価になるように鉄筋量や鋼材量を設計した。

図-3 は、橋脚の水平荷重 - 水平変位の履歴曲線を示したものである。SRC 橋脚模型では、載荷の進展とともに柱基部のかぶりコンクリートの剥離、軸方向鉄筋の露出・座屈が生じ、最終的には、柱基部において鋼材が破断して破壊に至る性状を示す。

実験からは、SRC 橋脚と RC 橋脚ではほぼ同等の耐力および変形性能を有することが明らかにされており、こうした実験データを蓄積して、動的耐力、変形性能の評価手法を確立する必要がある。

今後は、SRC 構造の有意性を生かした設計施工法の確立を目指していく予定である。

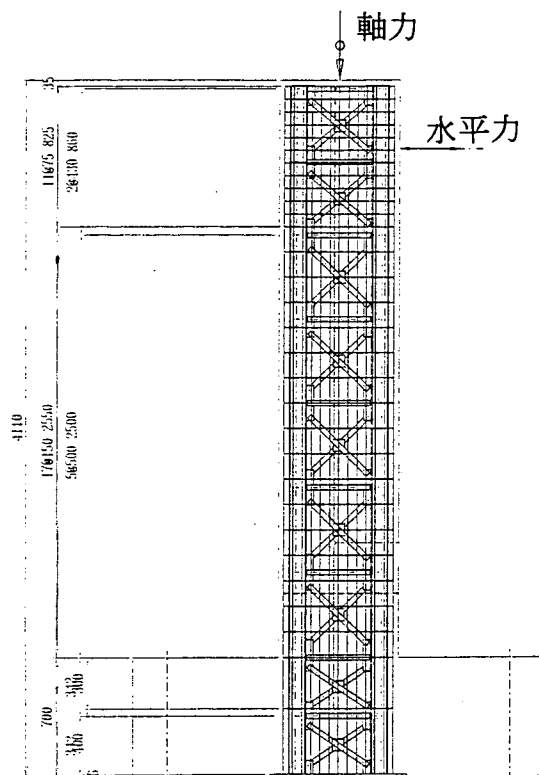
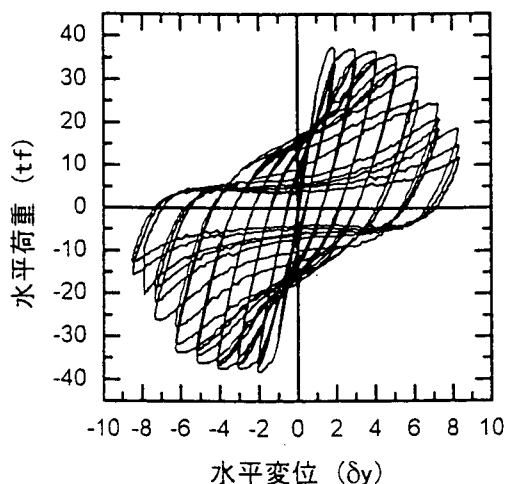
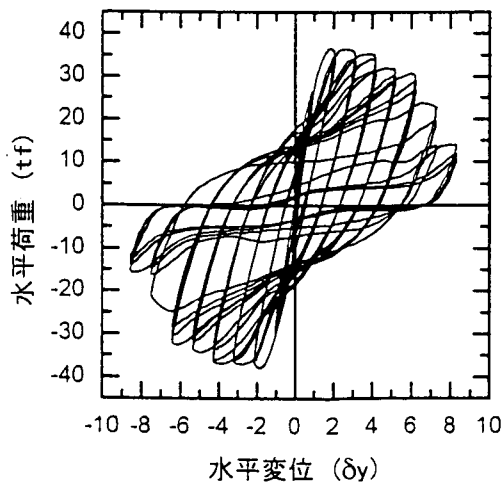


図-2 SRC 橋脚実験供試体



(a) RC 橋脚



(b) SRC 橋脚

図-3 橋脚の荷重-変位の履歴曲線

(基礎研究室)

(耐震研究室)

環 境 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 低周波空気振動の対策手法等	企画部企画課	交通環境研究室	…………… 23
2. 環境影響評価の動向	細川内ダム工事事務所	環境計画研究室	…………… 24
3. ダム湖におけるアユの陸封化	細川内ダム工事事務所	水工水資源研究室	…………… 25
4. ローメンテナンスなりの面植栽	香川工事事務所	緑化生態研究室	…………… 27
5. ミチゲーション構想留意点	大洲工事事務所	緑化生態研究室	…………… 29
6. 野生動植物に対する影響の予測評価について	土佐国道工事事務所	交通環境研究室 緑化生態研究室	…………… 30

1. 低周波空気振動の対策手法等

(質問)

低周波空気振動については、昭和59年12月に環境庁から「低周波空気振動調査報告書」が出されているが、最近の環境影響評価に対する意見書の中に本事項に関する内容が多く見られることもあり、本事項に関する最新の情報及び対策手法等についてご教授願いたい。

(企画部企画課)

(回答)

音に関する人間の可聴域は、20-20,000Hzとされています。20Hz以下の非可聴域を含む1-100Hzまでの周波数の音(空気の振動)を、一般に低周波空気振動と呼んでいます。これについては、工場施設(送風機、ボイラー等)、交通機関、自然現象(海の波、風等)等、その発生源は多種多様にあります。道路におけるものとしては、自動車自体の走行に伴い空気を振動させることによるもの、橋梁上を自動車が走行することにより橋梁の各部を振動させることに起因するものと考えられます。これらの発生メカニズムについては、現在のところまだ十分には解明されていない状況にあります。

人体への影響については、「低周波空気振動報告書」(昭和59年12月環境庁大気保全局)によると、「一般環境中において存在する低周波空気振動の範囲では、人体に及ぼす影響を証明しうるデータは得られなかった。」とされています。

なお、「低周波音防止技術解説書」(通商産業省立地公害局低周波音調査委員会)によると、苦情の原因になるものとして、次のような心理的影響、生理的影響、物理的影響があるとされています。

「心理的影響」 睡眠が妨害される、考え事・読書が邪魔される、気分がいらいらする。

「生理的影響」 頭痛や頭の重いことがある、耳鳴りがする、耳が圧迫される、胸や腹に圧迫感がある。

「物理的影響」 戸、障子、戸棚等がガタガタする。

苦情の多くは、建具等のがたつきに起因した物理的な影響によるものが多いと言われています。道路における苦情は多くはありませんが、道路橋区間における苦情が報告されています。

道路橋における低周波空気振動の対策には、発生源対策として通行車両の速度規制や過積載車両の取締まり強化、桁端部の横桁補強やジョイント部の段差修正等、伝搬経路対策としては橋梁上部工の遮音カバーの設置等、受音点対策としては窓枠等建具へのパテ・ピンチブロックによる隙間の充填等の改良が考えられます。しかしながら、これらの対策は現在のところあまり多く実施されているものではなく、まだ一般的な効果を定量的に示すには至っていません。

(交通環境研究室)

2. 環境影響評価の動向

(質問)

環境影響評価の現状と今後の動向についてご教示願いたい。

(細川内ダム工事事務所)

(回答)

1. 経緯と今後のスケジュール

建設省では、環境影響評価（以下、EAと略す）を昭和47年6月の閣議了解を受け、昭和53年に当面の措置方針を定め、さらに、昭和59年の閣議決定を受けて、所管事業に関するEAの技術指針を定めて実施してきたところである。平成5年11月には、環境基本法が成立し、本法第20条を受け、平成9年6月13日に環境影響評価法が成立・公布された。本法は、公布日から起算して2年以内に施行されることとされているが、環境庁長官が定める基本的事項は、法律の公布の日から起算して6ヶ月以内（平成9年12月12日）に施行され、さらに、主務官庁が定める各種指針（スクリーニングの判定・項目の選定・環境の保全のための措置）、方法書の手続きに係る総理府令、主務省令等は、公布日から起算して1年以内（平成10年6月12日）までに施行されることとなっている。

2. 法律の骨子

(1) 対象事業

道路、ダム、鉄道、飛行場、発電所等規模が大きく環境に著しい影響を及ぼすおそれがあり、かつ、国が実施し、または許認可等を行う事業。これらの事業は、政令で定める事業の規模等により、「第一種事業」及び「第二種事業」に分類される。

(2) 手続き

- 1) 第二種事業についての判定：事業の許認可等を行う行政機関が都道府県知事等の意見を聞いてEAを行わしめるかどうかを判定する。(スクリーニング)
- 2) 環境影響評価方法書の手続き：EAの項目、調査等の手法に関する方法書を作成し、知事、市町村長、住民等の意見を聞き、EAの方法を定める。(スコーピング)
- 3) 環境影響評価準備書の手続き
- 4) 環境影響評価書の手続き

(3) 準備書・評価書の内容における現行制度との主な相違点

- 1) 調査等の対象となる環境は、環境基本法の環境一般となる。
- 2) 記載項目として、以下のものが付加される。

①環境保全対策の検討経過

②当該措置が将来判明すべき環境の状況に応じて講ずるものである場合には、事業着手後の調査等

新しい制度では、新たな手続きが加わると共に、調査・予測・評価を行う項目等に関しても現行制度に比べ、作業量が増加することが予想されるので、準備不足により事業スケジュールに遅れが出ないように早期に対応することが必要である。なお、来年6月には「法律の施行前に方法書の手続きを行うことができる旨の規定」が施行されることを付記しておく。

(環境計画研究室)

3. ダム湖におけるアユの陸封化

(質問)

近年、数多くのダム湖でアユの陸封化の試みがなされていると聞いていますが、アユの陸封化が可能なダム湖の条件及び繁殖のために必要になる産卵場の必要条件について御教示願いたい。

(細川内ダム工事事務所)

(回答)

琵琶湖の陸封アユは古くから知られており、この陸封アユの存在に着目したアユの陸封化の試みは、河川放流等の種苗の生産を目的として1910年代以降各地の湖沼で実施されるようになりました。近年ではその多くがダム湖で試みられていますが、成功例とともに多くの失敗例も認められておりどこでも可能という分けではありません。陸封化に必要な湖沼の環境条件については、必ずしも十分明らかにはなっていませんが、古田ら(1967)は過去に陸封化されている天然湖・ダム湖の条件を次のように整理しています。

面積：1 km² 以上。

水深：最大水深20 m以上。

肢節量：ダム湖では4以上。天然湖では関係は認められない。

位置：ダム湖・天然湖とも関東以南(以西)。また、標高は、ダム湖では400 m以下。天然湖ではバラツキが大。

水温：ダム湖では最低水温4°C以上。天然湖では幅がある。

PH：8以下。

栄養型：天然湖では貧栄養型、ダム湖では中栄養型が主。

大分県内水面漁業試験場では、1982年に陸封アユのアンケート調査を行っており、「アユの天然繁殖が認められている(陸封化が認められた)ダム湖」、「放流したにもかかわらずアユの天然繁殖が認められないダム湖」を整理しています。これによると、多くのダム湖では上記条件による分類が可能であり、上記によりおよそその推定が可能なものと考えられます。しかしながら、一部条件(面積、肢節量、最低水温に関する条件)を満足しなくても陸封化が認められるダム湖、条件を全て満足するにもかかわらず陸封化が認められないダム湖がそれぞれ存在しており、上記条件が万能の条件という分けではないようです。当該ダム湖でアユの陸封化が可能か否かについては、同種のダム湖での事例をもとに、アユの生態に即したより詳細な比較検討が必要になると思われます。その際、忘れてはならない事項として食物連鎖に関連する事項があります。例えばアユとワカサギは食物であるプランクトンの競合種であり、両者は同時には増殖しにくいと考えられます。また、魚食性魚種により捕食される影響も無視できません。

次に、陸封化に必要な産卵場についてですが、アユの卵は約1 mm程度の沈性の粘着卵で

あり、晩秋に川底に産みつけられます。天然の産卵場の面積や水深・流速は場所によって異なりますが、産卵は平瀬や早瀬において行われ、河床材料は砂や小石が主体となります。また、沢山産みつけられているところの河床は、一般に締まっていない浮き石状の「ザクザクした」河床であるという特徴があります。

天然の産卵場の条件については、かなり幅があるわけですが、最適な産卵条件として次の条件が提案されています。

産卵床の粒径：5～25mm。

水 温：18℃前後。

水 深：10～20cm

流 速：50cm/sec前後

これは、琵琶湖に産卵用の人工河川を築造する際の基礎研究により得られた条件です。琵琶湖では、この研究結果をもとに、流入河川である姉川及び安曇川に人工河川（姉川では勾配1/500、敷砂利厚20cmの、安曇川では勾配1/700、敷砂利厚5～20cmの水路）を設け、良好な結果を得ています。琵琶湖の人工河川は、水温、照度調節を含む大々的なものですが、河川敷きにブルドーザーで即席の人工河川を設けて水を引き込んだ仁淀川の例もあり参考になるものと思います。なお、市房ダムでの調査によれば、上記条件に近い、最適と思われる近傍の河床には産卵が見られず、より条件が悪い場所が産卵場になっています。報告では、良好な河床に産卵が認められなかった理由として貯水池のブラックバス等の侵入・捕食領域であることが考えられるとしており、捕食魚の影響も考慮に入れる必要があるものと思われます。

（参考文献）

- 1) 古田・中村他：ダム湖の水産利用調査報告、日本水資源保護協会、1967
- 2) 鮎ダム水源地環境整備センター監修：ダム湖の生態環境づくり、pp.87～104、1996
- 3) 原紀男：琵琶湖の人工河川によるアユの増殖について、ダム技術、No.40、pp.58～62、1990.
- 4) 谷口順彦・依光良三・西島敏隆・松浦秀俊：土佐のアユ資源問題を考える－、高知県内水面漁業共同組合連合会、pp.203～205、1989.
- 5) 光成政和：市房ダムにおけるアユの陸封化について、九州技報、第16号、pp.43～48、1994.

（水工水資源研究室）

4. ローメンテナンスなおり面植栽

(質問)

のり面の草刈りは、現在、年2回程度実施している状況であり、その維持管理にかなりなコストを要している。

このような状況を解決し、経費節減に資するため、維持管理を低減できる植栽形態について御教示願いたい。

(香川工事事務所)

(回答)

のり面はその表層のエロージョン防止のため、外来草本種による種散布や客土等と種子とを混播した吹付により被覆される場合が多い。

このような草地のり面で問題となっているのが草刈り等の草地管理である。日本のように高温、多湿な気象条件下では、植物は非常に生育がよく、雑草の侵入もあり、一定の草丈を保つためには草刈りも年に複数回行わないと維持できない状態になる。

草刈りを行う理由(地元等の要望)としては、自治体の定める草刈条例の他、以下のものが上げられる。

(1) 雑草があることの問題

- ①害虫の棲家、避難場所になる
- ②火事になる
- ③側道通行の支障になる
- ④隣接地に侵入してくる
- ⑤防犯上問題がある
- ⑥美観上見苦しい
- ⑦廃棄物の投棄がある

(2) 特定の雑草があることの問題

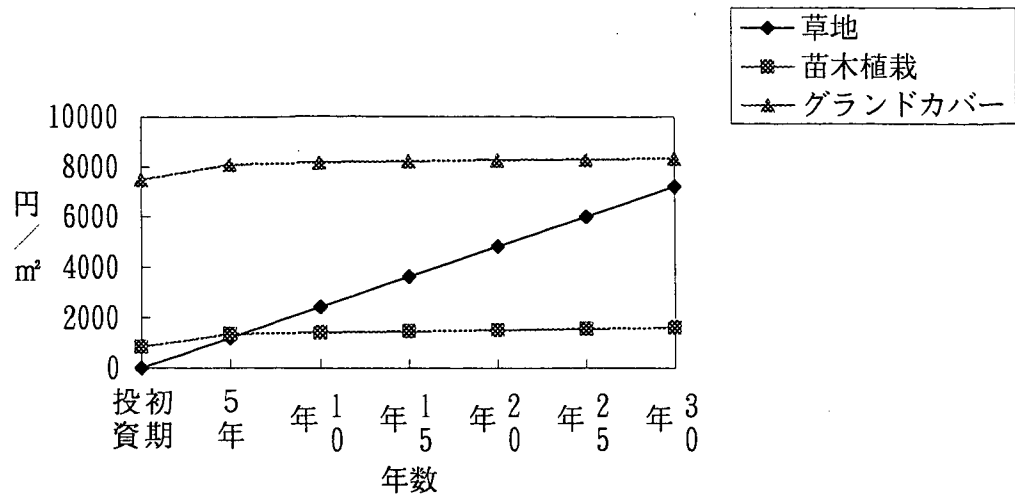
- ①セイタカアワダチソウ
花粉症、ぜんそくになる
- ②クズ

通行の支障になる、隣接地に侵入してくる

実際には、これらの理由が組合わさって地元等から草刈りの要望が出されるわけであるが、個々の要望理由の内容によっては、草刈りをのり面全体に行うのではなく、他の対応方法の方が有効な場合も考えられる。

例えば、「害虫の棲家、避難場所になる」との理由であれば、周辺田畑において害虫防除のための薬剤散布を行う時にのり面にも薬剤散布を行ったり、「側道通行の支障になる、隣接地に侵入してくる」との理由であれば、用地境の裾部分のみを刈り込むことで解決できる場合もある。また、クズの場合はツルを切ってもすぐに回復してくるので、除草剤により根茎まで枯らす必要がある。

草地管理と苗木植栽、GCP とのコスト比較



(緑化生態研究室)

5. ミチゲーション構想留意点

(質問)

・ 肱川の「ヒジ」は、泥地や湿地という意味があり、かつて流域には湿地が多くありその名が付いたといわれている。しかし、現在の肱川には自然の湿地や池はほとんど残っておらず、植生の多くが帰化植物であるセイタカアワダチソウなどであり、自然環境の持つ多様性に乏しい空間（塩水遡上空間にいちしている。）において、在来種を中心とした生物的に多様な空間に置き換えることにより、かつての自然を再生することを考えているが、事業手順、配慮すべき事項、評価方法等についてご教示願いたい。

(大洲工事事務所)

(回答)

貴事務所で計画を進めている「在来種を中心とした生物的に多様な空間に置き換える計画」は、地域の環境を歴史的に遡り、失われた環境を復元しようとするもので、大変意義深い計画であると思われる。しかし貴事務所作成の計画図面で進めた場合には、以下のような点で問題が生じるため、目指している環境を形成するのは困難と予想される。したがって、事業着手前に以下の問題点に配慮の上、再度現地の条件を詳細に調べ、維持管理面も考慮に入れた計画図面を再検討するのが望ましい。

①. 流入箇所と池の位置関係について

図では、流入箇所から入ってきた水はそのまま最初の「ワンド」部等を通して流出箇所から抜けるため、上流の池には流入せず、池内の水は死に水となることが予想される。

したがって流入水に頼る対策案としては、流入箇所を池の上流へ持ってくるか、池を流入箇所の下流側へ持ってくるなどが考えられる。

②. 施工後の管理について、特に出水後の対応について

資料からは、高水敷に水の載る頻度や、上流の流れの方向等はわからないが、出水で高水敷に水が載った場合には、上流から運ばれる泥や、流木、ゴミなどが池や流れに溜まり、出水後には人力による浚渫等の管理が必要になることが予想される。また、図にあるようなヒシ、オニバス等は出水後にそのまま復旧するのは困難であり、池の回りの植生も上流に外来種があればそれらの種が運ばれることが予想される。

対策としては、出水時にも池に流れ込んだ泥等が水と一緒に流れ出るようにするとともに、池の底の土も自然の川の流れによって自然に定着するような形にすることが望ましい。そのためには、治水上の課題もあるが、例えばワンドのような、本川の水がそのまま流れ込む、あるいは常時行き来するような形状の流れと池にするという案が考えられる。

(緑化生態研究室)

6. 野生動植物に対する影響の予測評価について

(質問)

自然環境保全に関する各種文献・資料に記載されている貴重な動植物の重要性のレベルとそれぞれの対策の必要性について御教示願いたい。

(土佐国道工事事務所)

(回答)

環境影響評価等における保全対象の抽出基準としては、一般的に絶滅のおそれのある野生動植物種及び学術的に価値のある動植物種が判断材料となる。

(1) 絶滅のおそれのある野生動植物種

絶滅のおそれのある野生動植物種の抽出基準に係わる文献・資料として以下のものがあげられる。

①「日本の絶滅のおそれのある野生生物」 環境庁

環境庁が絶滅のおそれのある野生動物について、全国的視野で、絶滅種、絶滅危惧種、危急種、希少種、地域個体群の5つのカテゴリー区分により評価基準を設け、種名のリストアップを行ったもの。

②「わが国における保護上重要な植物種の現状」 日本自然保護協会

日本自然保護協会が絶滅のおそれのある野生植物について、全国的視野で、絶滅種、絶滅寸前種、危険種、希少種の4つのカテゴリー区分により評価基準を設け、種名のリストアップを行ったもの。

③都道府県における絶滅のおそれのある野生生物 都道府県等

都道府県単位で、絶滅のおそれのある野生生物について、概ね、環境庁のカテゴリー区分に従い評価基準を設け、種名のリストアップを行ったもの。現在、神奈川、埼玉、三重、兵庫、広島、島根、山口、沖縄県において作成済みである。

(2) 学術的に価値のある動植物

学術的に価値のある野生動植物種の抽出基準に係わる文献・資料として以下のものがあげられる。

①「自然環境保全基礎調査」 環境庁

第1回(植物、植物群落、野生動物)、第2回(特定植物群落、両性・爬虫類、淡水魚類、特定昆虫)、第3回(特定植物群落)、第4回(巨樹・巨木林)が行われ、それぞれ、日本特産または地方特産種、希産種、自然性・希少性が高いもの、南限・北限種、急激な減少や地域的な絶滅の危険性があるもの等、学術的に重要な種がリストアップされている。

②「国立・国定公園内指定植物図鑑」 環境庁

国立・国定公園内において、分布の特殊性を有する種、希少種、極端な生育立地条件地に生育する種、景観構成に主要な種等をリストアップしたもの。

③「天然記念物緊急調査 植生図・主要動植物地図」 文化庁

文化財保護法により学術的価値の高い自然に該当するものをリストアップしたもの。

また、このような維持管理を低減するためには、現在、草地である植栽形態を以下のように他の形態に転換するのが望ましい。

(1) 木本種導入による樹林化

木本種子や苗木をのり面に導入し樹林化する方法であり、樹木により地表面を覆うことにより下草の発生を抑制することができる。

その他、維持管理の低減の他に樹林化することの効果としては、

- ①粉塵、騒音等、道路が周辺に及ぼす影響を緩和できる他、CO₂の固定化や都市部のヒートアイランド現象を緩和する機能がある。
- ②根系が単純になる草本のみの群落より土層緊縛力に優れ、のり面の安定に有効である。
- ③草本に比べ、ボリュームがあるので景観の改善（遮蔽等）に有効である。

等が考えられる。

木本種子の導入については、過去の施工現場における導入技術の評価について、現在、土研において追跡調査しているところである（H9～13）。現在までの課題としてあげられるのは、草本を混播した場合の木本種との競合であり、生育の早い木本種（ハギ類等）は、草本に被圧されず発芽・育成するが、そうでないものは草本種に被圧されるという問題がある。また、その結果、イタチハギ等の生育の旺盛な木本種のみが優先し、背景の景観と調和しないという弊害もでてきている。今後、木本・草本種子や基盤材の配合を詳細に検討し、周辺に調和した樹林や周辺に適合した植生遷移のしやすい工法を開発する必要がある。

苗木の導入については、盛土のり面については、植穴を掘削し苗木を植え込む方法、切土のり面については、苗木を基盤上に固定し厚層基材吹付工と併用する「苗木設置吹付工」等の実績がある。苗木の導入については、種子に比べ、樹種を多様に設定できること、草本種による被圧を防げること等のメリットがある。

(2) ヘデラ等、グランドカバープランツ（GCP）による被覆

ヘデラヘリックス等のグランドカバープランツをのり面に植栽し、全面をカバーすることにより雑草の侵入を防ぐ方法である。

初期の除草等の維持管理を低減するためには、グランドカバープランツを高密度で植栽するか、雑草防除効果の高いマルチング材を併用する必要がある。

全面被覆すれば、整然とした景観になるが、単一な植生なので多様性には欠けるものとなる。また、木本種子による樹林化に比べインシタルコストは高くなるものと考えられる。

以下に、(1)(2)の工法により、草地のり面の植栽形態を苗木による樹林化、グランドカバープランツによる被覆を行った場合のランニングコストについて示す。

- ・草地のり面 （管理）草刈り2回／年
- ・苗木植栽 （初期投資）苗木1本／3㎡、単木マルチング
（管理）施工後5年目まで苗木の育成のため下草刈り1回／年、後は必要に応じ、施肥、補植等
- ・グランドカバー （初期投資）グランドカバー10本／㎡、全面マルチング
（管理）施工後5年目までグランドカバーの育成のため人力除草1回／年、後は必要に応じ、施肥、補植等

上記の文献・資料に掲載されている種は、評価の尺度は若干違うものの、いずれも貴重なもの、重要なものと位置づけられ、優劣は付けがたいものである。

しいてあげれば、(1) のレッドデータブックに記載のカテゴリー区分で重要性のランクはつけられるが、全国一律で絶対的なものではなく、実際には各地域において調査により抽出された種に対し、各文献・資料での位置づけや地域性、地域の要望等をふまえ、相対的に評価し、その中で重要性のランクを設定（文献資料で示されている国指定、都道府県指定、市町村指定の順番でランクをつけていくのではなく、当該生物種の価値を多様な尺度で評価し、そのうえで対象地域のなかでランク区分をしていく）したうえで、その評価に見合った実施可能な対策を講じていくのが望ましい。

なお現在、環境影響評価法の公告(H9.6)、施行(H11.6)をふまえ、これらの貴重種・重要種に加えて生態系に及ぼす影響をどう予測し、どう評価するか、また、それらに対しミティゲーション（回避・最小化・代償）をどう講じていくかについて、本省・土研・各地建・関係公団からなる「環境影響評価技術指針改訂検討会」を構成し審議しているところであり、その結果をふまえ、環境影響評価技術指針(H10.6)・マニュアル(H11.6)の改訂を実施する予定である。

(交通環境研究室・緑化生態研究室)

河 川 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 矢板護岸の設計	徳島県土木部	動土質研究室	33
2. 護岸工の設計	徳島県土木部	河川研究室 施工研究室	34
3. かごマット護岸工の緑化のための覆土	愛媛県	河川研究室	35
4. 護岸に使用するコンクリート強度	企画部技術管理課	コンクリート研究室 河川研究室	36
5. 河床低下対策	徳島工事事務所	河川研究室	38
6. 長期降雨予測研究の現状と地球的異常 気象の影響	香川工事事務所	水文研究室	40
7. 底泥の掃流式	四国技術事務所	河川環境研究室	44

1. 矢板護岸の設計

(質問)

河川構造物の場合、地震時慣性力の求め方は「建設省河川砂防技術基準(案)」に記述しており、標準設計震度は0.2としています。

しかし、他の事例(災害復旧工事の設計要領の計算例)では設計震度を0.10としている場合がある。その差は2倍になることから、使い方によっては使用部材が大きく異なってきます。

従って、この使い分け方をどのように考えて設計すればよいか、ご教示してください。

(徳島県土木部河川課)

(回答)

「建設省河川砂防技術基準(案)」では、堰の設計震度に準じて0.2としています。一方、「災害復旧工事の設計要領」では、S46.12 付事務連絡「鋼矢板二重式工法仮締切設計指針(案)」においてと同様に設計震度は0.1としています。

御指摘のとおり、これらは整合がとれておらず、現在、調整中の事項となっています。

「建設省河川砂防技術基準(案)」による設計震度0.2については、これまでの経験より、安全側の値であるといえますが、定量的な評価は未だ明らかではなく、一方の「災害復旧工事の設計要領」における設計震度0.1についての定量的な評価もはっきりしていないのが現状です。

従って、当面の間、仮締切や災害復旧の場合には、S46.12 付け事務連絡「鋼矢板二重式工法仮締切設計指針(案)」や「災害復旧工事の設計要領」を用いることとし、その他に新規に工事を行う場合は「建設省河川砂防技術基準(案)」に従うものとします。

(動土質研究室)

2. 護岸工の設計

(質問)

護岸工を法覆工と擁壁工のどちらで設計するか判断基準についてご教示願いたい。

(徳島県土木部河川課)

(回答)

護岸は、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用から堤防または河岸を保護するために設ける構造物であり、想定している外力は流水による侵食、洗掘、浸透である。一般に護岸の延長は急流河川では全延長にわたることが多く、緩流河川では水衝部が重点になる。小河川では、堤防・河岸の法勾配を護岸の施工を前提に2割より急に計画する場合も多い。

法勾配が1割以下の急な場合には、一般に練積みの法覆工が用いられているが、護岸の高さは7m以下の場合が多く、個々に安定計算を行っていることはほとんどない。一般に、規模の小さなブロック積み擁壁については、通常安定とされる構造として、道路土工指針をもとに標準構造を決め、設計されている。

これは、洪水・高潮以外の時に例えば強い地震動等によって護岸が被災したとしても、直ちに浸水等の被害が発生することはなく、速やかに応急復旧すれば機能を回復できること、および最低限の安全性を確保しつつ工事費を削減して施工延長を伸ばすのが有効であることからきているものと考えられる。掘込河道等で残留水圧が大きくなる場合には、必要に応じて水抜きを設けることとしており、護岸が河床洗掘あるいは河床低下以外で被災することは極めてまれである。

護岸を擁壁工として個々に安定計算を行い設計するか否かについては、表-1の直高・勾配が確保できない場合のほか、管理用通路も取れず民家が迫ってい

表-1 直高とのり勾配および控長

直 高 (m)		～1.5	1.5～3.0	3.0～5.0	5.0～7.0
の 勾 り 配	盛 土	1 : 0.3	1 : 0.4	1 : 0.5	1 : 0.6
	切 土	1 : 0.3	1 : 0.3	1 : 0.4	1 : 0.5
控 長 (cm)	空 積	35	35	—	—
	練積(胴込めのみ)	35	35	35	—
	練 積 (胴込め+裏込め コンクリート)	35+5=40	35+10=45	35+15=50	35+20=55

る場合など背後の土地利用状況により護岸の崩壊が直ちに一般資産被害につながる場合や、道路が機能を失う場合などと考えればよい。

(河川研究室・施工研究室)

3. かごマット護岸工の緑化のための覆土

(質問)

かごマットによる護岸施工後、早期の植生の発現および河道アクセス時における滑り落ち事故を防止するため覆土を施工したい。経済性に配慮し現地発生土を用いる場合、材料の適・不適の判定方法、施工管理方法、流出時の復旧方法について御教示願いたい。

(愛媛県)

(回答)

まず認識しておかなければならないのは、我が国の河川の多くの部分が沖積河川、すなわち自らが運んだ土砂で形成した平野の上を流れる河川であることである。したがって現場発生土を用いた覆土は、基本的には洪水時に流出を免れ得ない。その傾向は上流に行くに従い顕著となる。このため、上流域で覆土を行う場合には粒径の大きな材料を他の場所から持ってこなければならない。この場合の安定性の評価は、斜面の効果をLaneの式で取り込んだ限界掃流力の概念で可能である。

下流域については現地発生土の利用も可能な場合がある。河床材料が礫や砂であっても河岸土はシルトや粘土の場合、これを覆土材とし、かごマット上に盛土して締固めを行うとかごマットの中詰め材の隙間に覆土材の一部が進入し間詰となる。洪水を受けたとき、盛土は流出してしまうものの、間詰土は残留することが多いので植生の再生が期待できる。また、覆土の上に張芝を行うことによってある程度の耐侵食性を確保しておき、その後放置し植物の遷移に任せて原植生の回復を図る方法もある。

いずれの場合にしても、覆土は基本的に脆弱であり、耐侵食性に過度の期待をしてはならない。上記の方法は覆土の耐侵食性を向上させる手だてではあるが、こうすることが必ずしも最良の方法であるとは限らない。対象河川によっては上記のように余分な費用をかけて耐侵食性を増強させるのではなく、単に盛土のみを行い、流出したら再度盛土するという手法をとった方が経済的・合理的になる場合も考えられるので、覆土の設計時には対象河川の河道特性に留意するとともに、長い時間スパンをにらみつつ、多角的にその価値を評価して覆土のあり方を定めておくことが重要である。

覆土の耐侵食性に関する詳細については土木研究所資料3489号「洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動」を参照されたい。

(河川研究室)

4. 護岸に使用するコンクリート強度

(質問)

護岸の崩壊は基礎の洗掘によるものが多く、コンクリート自体の強度不足が原因となったものはほとんどないように思われる。コンクリート示方書の改訂に伴い、護岸に利用するコンクリートの水セメント比が65%以下に規定されたために強度が 16N/mm^2 から 18N/mm^2 にランクアップすることとなったが、この必要性について御教示願いたい。

(企画部技術管理課)

(回答)

コンクリートの強度、凍結融解作用等に対する耐久性、耐摩耗性等は、その水セメント比（以下W/C）に大きく依存する。以前より、コンクリート標準示方書では、ある程度耐久性を要求されるような構造物用コンクリートではW/Cを65%以下にするよう定めている。以前はメンテナンスフリーと考えられてきたコンクリート構造物も、耐久性を確保するためにはそれなりの対策や維持管理が必要であるとの認識が、ここ最近広まってきている。このような背景から、平成8年のコンクリート標準示方書の改訂では、すべての一般の構造物用コンクリートのW/Cを65%以下にするよう定めた。これは、65%越えるW/Cのコンクリートでは耐久性の問題が多く生じていたり、汚れが目立ったりしていたためである。

同様に、平成8年に改訂されたJIS A 5308「レディーミクストコンクリート」でも、W/Cが65%を越える配合となりやすい呼び強度16のコンクリートを廃止することとした。しかし、その時点で一部の構造物では呼び強度16のコンクリートを使用することを規定しているため、期限付きの予告廃止とすることとし、平成11年10月1日から廃止することになっている。

その後、道路橋示方書や道路土工指針等の建設省関係の指針類でも、この趣旨を受けて最低設計基準強度を 160kgf/cm^2 から 180kgf/cm^2 へ引き上げている。

護岸に用いるコンクリートに要求される特性は、耐摩耗性やある程度の強度と耐久性であると考えられる。必要な特性が呼び強度16の生コンで確保できるのであれば、現状を維持しても構わないと考えられる。参考までに現地河道におけるコンクリート護岸の摩耗について述べると、洪水中の流砂や浮遊物によってコンクリート護岸が摩耗されたケースは無いわけではない。しかし、摩耗作用が護岸全体の崩落を引き起こした事例は少なくとも筆者の知る限り報告されていない。したがって、特別の場合を除いて従来のコンクリートよりも強度を増す必要性はないと考えられる。ただし、このことは護岸に限り言えるのであって、急流河川の横断工作物本体や水たたき、根固め工等は無視できない摩耗作用を受けることがあるので注意が必要である。

しかし、長期的に見るとやはり呼び強度18の方が耐久性があること、現在でも地域によっては呼び強度16と18の単価がほとんど変わらないこと、さらに平成11年以降は呼び強度16が廃止され、あえて設計基準強度 160kgf/cm^2 を用いると規格外品となりかえっ

てコスト増になる可能性があること、等を考慮すると、早めに呼び強度 18 への移行を検討すべきと考える。

(コンクリート研究室、河川研究室)

5. 河床低下対策

(質問)

上流にダム群を持つ河川においては、土砂供給がないため、みお筋に沿って河床が局部的に下がり根固の崩落につながっているところが見受けられます。そこで、このような河床低下対策として、どのような事例あるいは対策工法が考えられるのかご教示願いたい。

(徳島工事事務所)

(回答)

護岸や根固工の前面の河床が低下し、根固工の流失や護岸の折損などの被災が生じる事例は比較的多くの河川で生じています。護岸の被災事例について全国調査した結果¹⁾によりますと、上記の被災事例は全体の約37%を占める最も多いものであり、その事例の約半分では被災地点周辺の平均河床高が経年的に低下する傾向であったことが報告されています。この調査結果からわかるように、最も多く見られる護岸被災は、平均河床高の経年的低下のため護岸の根入れ長が短くなり、そこに護岸前面の局所洗掘が生じさせる洪水が発生したため、護岸根入れが不足し被災に至るというプロセスで生じる考えられます。ご質問の根固工の被災事例は、砂州が発達する河川において、上記のプロセスで被災したものであると思われます。このようなプロセスで生じる被災の対策としては、(1) 護岸前面の局所洗掘深の低減と(2) 平均河床高の経年的低下の防止・抑制といった河床低下に対して考える必要があります。以下ではこの二つの河床低下の対策として実用的なものについてまとめて示した後、護岸および根固工の被災防止という観点からの河床低下対策についてまとめることにします。

(1) 護岸前面の局所洗掘に対する対策

護岸前面の局所洗掘は、砂州の形成や河道湾曲部外岸などでの流水の集中に起因して形成されます。局所洗掘対策としては、河岸や堤防が被災しないように、最大洗掘深の位置を河岸前面から川側に遠ざけたり、侵食深を抑制する機能を有する工法が主に用いられています。具体的には、護岸前面に根固ブロックを一定幅をもって敷設する根固工、水制などが最も汎用されている対策工として挙げられます。湾曲部の外岸で生じる洗掘対策としてのみ適用できる工法として、ベーン工が挙げられます。ベーン工とは、河床上に羽根(ベーン)を等間隔に列をなすように設置することによって、河床近傍の流向が内岸側から外岸側へ向かうように流れを制御し、この流れによって流送土砂を外岸側に流送・堆積させることによって護岸前面の河床高を高くすることができる工法です(詳細については渡辺²⁾を参照のこと)。また、砂床河川では、洪水中でも移動しない大きさの礫で洗掘範囲を埋め戻す置換工法も洗掘対策工として有効な工法です³⁾。

(2) 平均河床高の経年的低下に対する対策

平均河床高が全体的に低下傾向である河川は非常に多く見られます。その原因は、河道掘削とダム堆砂などによる山地からの供給土砂量の減少と考えられます。河床低

下の原因が主に河道掘削である場合は、掘削量の低減、掘削の停止を行うことで、河床低下の進行が抑制できます。供給土砂量の減少が主たる原因である場合には、a) 河道の流掃土砂量を減少させる対策と、b) ダム上流に堆積した土砂を下流側に供給する対策が考えられます。a) の対策工として、床固めなどの横断構造物の設置が挙げられます。b) の対策としては、ダムに堆砂した土砂を何らかの方法（例えば重機により掘削・運搬する方法や、ダムに土砂排出門を設置するなど）、ダム下流に供給することが考えられます。その際、供給する土砂の粒径、量については、河床低下区間の河床材料と年間低下量をはじめとする河道の特性を参考にして決めなければなりません。しかし、特に供給量については、平均河床高の維持目標（現状の河床高を維持する、河床高を現状より上昇させた状態で維持するなど）を明確にし、それに応じて決定する必要があります。

以上に示した被災のプロセスと対策をあわせて考えると、護岸および根固工の被災防止という観点からの河床低下対策として以下のように考えられます。まず、被災の根元的原因となっている平均河床高の低下を抑制・防止する対策を講じる必要があります。ただし(2)に示した対策のうち、横断構造物を設置するものについては、横断構造物の設置に伴いその下流ではさらに河床低下が進行するため、護岸および根固をかなり強固にする必要があります。そのため、護岸および根固工の被災防止という観点での横断構造物の設置は適切ではないと判断されます。また、ダム上流に堆砂した土砂を下流側に供給する対策は、平均河床高の維持目標および供給する量と方法などについて綿密に計画する必要があります、実施までに検討期間がかなり必要になると予想されます。比較的短期間に高い効果が得られる対策は、河道掘削の抑制・停止であり、これについてまず検討するのが適切と考えられます。次に、護岸前面の局所洗掘深を低減させる対策について検討します。ペーン工は場合によって水制工よりも洪水の流れを大きく変化させ、新たな水衝部を形成させることが懸念されるので、これについて特に検討する必要があります。また、置換工では、上流の礫床河川の河道内から局所洗掘部を埋め戻す礫を調達するのが比較的簡単な方法と考えられますが、あまりにも多量の礫を採取すると礫床河道区間の平均河床低下を生じさせる懸念があるので、礫の調達方法について配慮する必要があります。局所洗掘の防止する対策ではありませんが、既設の護岸・水制の根継ぎや根固工の増設などの対策は、河岸や堤防を防御するのに適したものであり、これを含めて検討することが望まれます。

参考文献

- 1) 山本晃一・諏訪義雄：河岸災害の実態とその対策，季刊防災，Vol.98, pp.49～52, 1992.
- 2) 渡辺明英：ペーン工の設計法に関する調査，土木研究所資料，第2956号，167p., 1991.
- 3) 宇多高明・望月達也ほか：流水を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動，土木研究所資料，第3489号，pp.419～430, 1997.

(河川研究室)

6. 長期降雨予測研究の現状と地球的異常気象の影響

(質問)

長期降雨予測の研究の現状。特に、地球的規模での異常気象（温暖化による暖冬やエルニーニョ現象での冷夏等）が、日本列島の降雨量に及ぼす影響への研究の現状についてご教示願いたい。

(香川工事事務所)

(回答)

定量的に意味のある降雨予測が可能なのは、現在の技術レベルでは1～3時間程度先までの時間降水量までとされている。それ以上のリードタイム（先行予測時間）をもった降水予測としては、例えば、利根川や淀川のダム統合管理事務所において、台風や前線性降雨の一雨総降雨量を重相関回帰式で推定する試みがある。しかし、1ヶ月以上の長期降水量予測を決定論的に行うことは理論的に不可能であり¹⁾、確率的なものとならざるを得ない。例えば、気象庁の1ヶ月予報は、大気力学数値モデルに基づく10事例のコンピュータシミュレーションを実施し、その結果の平均値と偏差より、月降水量を「多い」、「平年並」、「少ない」の3つの階級に分け、それぞれの階級が予想される確率を予報するものである¹⁾。

近年、温室効果気体の増加に伴う温暖化に代表される地球規模での気候変動や、エルニーニョ現象等による異常気象の増大が懸念されている。これらの気象現象と日本における降水量に関連する事項との関係について、既往の研究成果を紹介する。

例えば、最近よく耳にするエルニーニョ現象（赤道上の貿易風が弱まることにより太平洋中・東部赤道域の海面水温が平年より高くなりその状態が続く現象）は、降水量については、西日本を中心に関東～九州地方にかけてはエルニーニョ発生年の夏に多くなり、冬から翌年の春にかけては西日本や九州・沖縄地方において平年より多くなる（図1）²⁾、といった影響をもたらすと指摘されている。その他、ラニーニャ現象、南方振動、黒潮の蛇行といった海洋現象との関係が焦点となっているが、陸域環境の変化、例えばユーラ

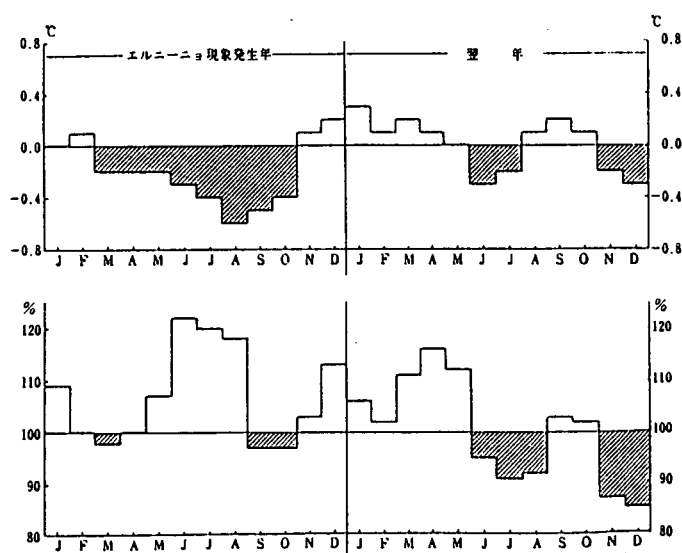


図1 エルニーニョ現象発生年および翌年の気温と降水量の変化

上：関東・北陸地方の3ヶ月平均気温偏差
下：九州の3ヶ月平均降水量平年比

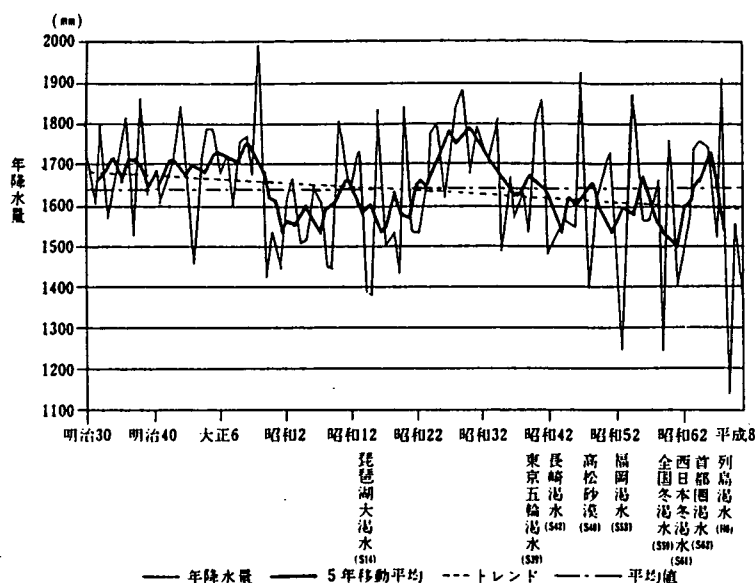
※文献2)より引用

シア大陸上の積雪変動が、梅雨の降水量に影響をもたらすとする研究³⁾もある。特に陸域一大気相互作用は未解明の部分も多く、現在大学を中心に進行中のGAME（アジアモンスーンエネルギー水循環観測研究計画）プロジェクトの成果が注目される。

上に述べた気象現象は、数年程度の時間スケールでの気候変動をもたらす要因として議論されている。しかしながら、より長い時間スケールでみると、例えば10～30年単位で、年降水量や月降水量の多雨・少雨傾向が変化したり、それらの年々変動が近年増大しつつあること⁴⁾、さらに100年スケールでみると長期的に年降水量が遞減傾向にあること⁵⁾が指摘されている（図2）。これらの原因は解明されていない。しかし、ここで注目されるのは、国連のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）が、自然の気候変動ではなく、人間活動の影響による地球温暖化が既に起こりつつあることを確認したことである⁶⁾。そこでは、2100年までにCO₂が倍増することにより、1)全地球平均の水循環が活性化され、冬の高緯度地方において降水量・土壌水分量が増大する、2)地域により洪水・干ばつが一層厳しくなるところと緩和されるところがある、3)熱帯性低気圧の発生頻度や地理分布の変化については結論できない、といった点を指摘している。今後地球温暖化が二酸化炭素等の増加により進行し続けた場合、日本国内の降水特性に与える影響について現在の知識に基づき予測を試みた研究を以下に紹介する。

その第一の手段は、過去の温暖期と寒冷期の降水特性の比較から温暖化による変化を類推する方法である。土木研究所での検討によると、年間降水量・夏季降水量とも温暖期（1978-87年）が寒冷期（1904～13年）に比べて多くの地点で下回っていた。大雨（150mm/2日以上）頻度は地域により傾向が異なっていた⁷⁾。

第2の手段は、大気力学数値モデルによるシミュレーション計算である^{8) 9) 10)}。しかし、地球規模の気候変動を再現・予測するための気候数値モデル（GCM：大気大循環モデル）の水平分解能は300～500kmと極めて粗く、日本国内の地域的な温暖化影響を直接抽出することは困難である。そこでさらに2つの方策が考えられた。一つは、GCMの計算結果



(注) 1. 気象庁資料に基づいて国土庁で試算。全国46地点の算術平均値。

地点名：網走 根室 舞鶴 札幌 函館 宮古 山形 石巻 青森 秋田
福島 前橋 熊谷 水戸 宇都宮 甲府 東京 長野 金沢 新潟
福井 浜松 名古屋 岐阜 彦根 京都 大阪 和歌山 岡山 境
浜田 姫路 広島 多度津 徳島 松山 高知 熊本 宮崎 福岡
佐賀 長崎 鹿児島 名瀬 那覇 石垣島

2. トレンドは回帰直線による。

図2 日本の年降水量の経年変化
※文献4)より引用

を初期・境界条件としてより高解像度(20～120km程度)の気象力学モデルを入れ子構造(ネスティング)にしてシミュレーションを行う方法である(図3)^{8),9),11)}。ここでの検討結果は、降水量の予測を見る限り互いに矛盾する点も少なくない。土木研究所の計算では、降水量は主に夏から秋にかけて全国的に減少し、特に関東・東北で顕著であるとしているが(図4)⁸⁾、電力中央研究所の計算では、降水量が冬を中心として増加するとしており⁹⁾、モデル間の差異が大きい。計算のベースであるGCMが異なり、両者の台風や水蒸気量等の再現特性における違いも影響していると考えられる。もう一つは、過去の気象パターンと降雨との統計解析結果に基づいて、GCM計算結果による温暖化時の気象パターンから疑似降雨を発生させる方法である⁸⁾。ここでは、台風パターンが減少することに起因して、関東・中部・西南外帯で年降水量及び大雨(50mm/日以上)頻度が減少する結果が得られている。

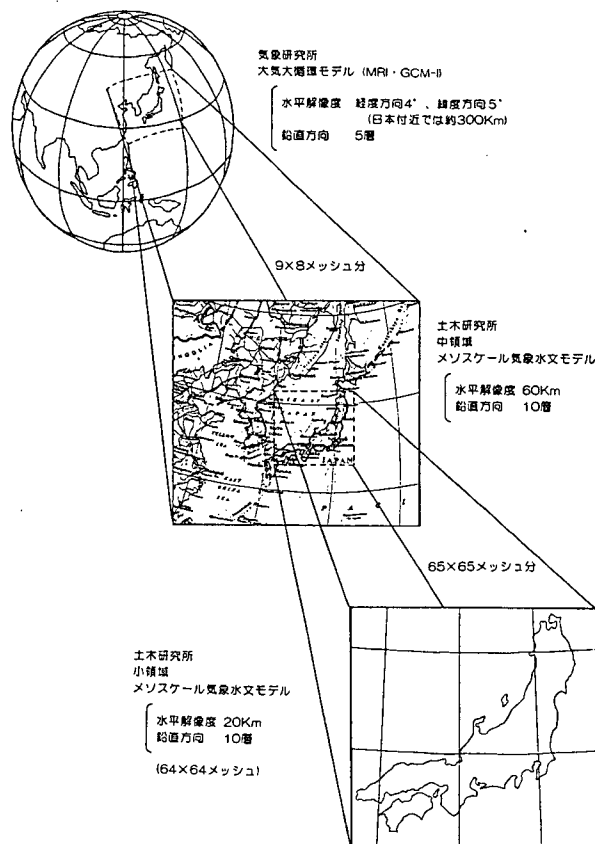


図3 入れ子構造(ネスティング)を活用したGCMの計算結果の地域スケールへの翻訳手法

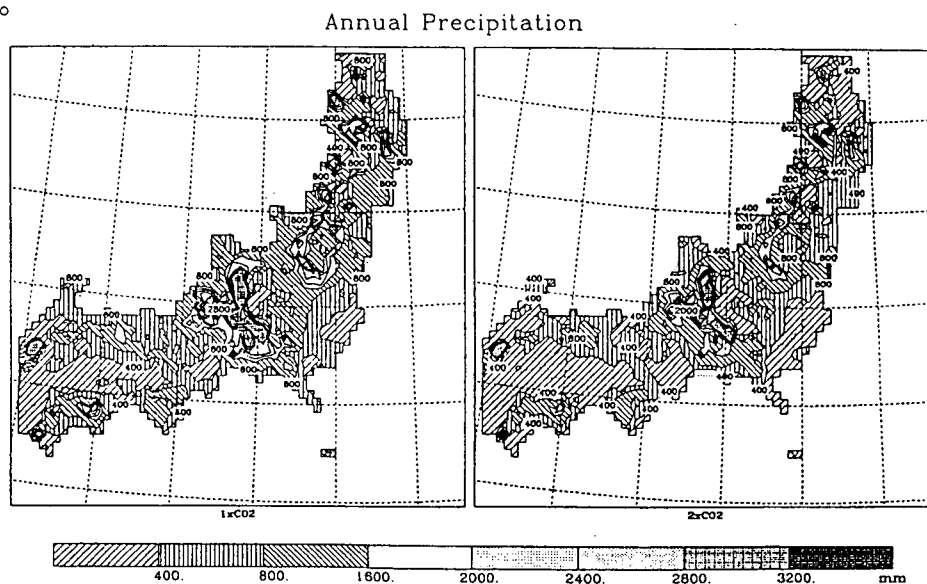


図4 気象研究所GCMにネスティングされた土木研究所メソスケール気象・水文モデルによる年降水量計算結果
(左側：現在のCO₂濃度の場合、右側：CO₂が倍増した場合)
※文献8)より引用

以上述べてきたように、地球温暖化等による気候変動が大陸スケールの気象水文特性に与える影響の傾向予測については、以前よりも信頼性が高まってきたが、地球上の特定の1地域、例えば日本国内の各地方における降水特性に与える影響予測については、気候そのものの複雑さと、現状での気候数値モデルの限界のために、極めて大きな不確実性を有しており、今後の研究の進展に待つところは大きい。なお、本稿においては、降水特性に限定した解説を行ったが、河川計画・管理への気候変動の影響を検討する場合には、蒸発散等を含めた、流域水循環全体を視野に入れて検討するべきであることを付記したい。

<参考文献>

- 1) 中村ら(1996)ニ特集-気象技術の最前線、土木学会誌、vol.81,No.5.
- 2) 気象庁編(1989)異常気象レポート '89 近年における世界の異常気象と気候変動ーその実態と見通しー(IV)
- 3) 森永由紀、安成哲三(1993)大気・雪氷相互作用、気象研究ノート第 177 号、日本気象学会。
- 4) 国土庁長官官房水資源部編(1997)平成 9 年版水資源白書ー日本の水資源。
- 5) 気象庁編(1994)地球温暖化監視レポート 1994。
- 6) IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 編(1996)IPCC 地球温暖化第二次レポート、中央法規。
- 7) 土木研究所(1997)地球温暖化が水資源に及ぼす影響に関する考察、土木研究所資料、第 3478 号。
- 8) 土木研究所(1996)地球温暖化が日本域における水文循環に及ぼす影響の予測に関する研究報告書、土木研究所資料、第 3432 号。
- 9) 電力中央研究所(1994)地球温暖化に伴う東アジア地域の気候変化予測(その 2)、電力中央研究所報告、U94023。
- 10) 米谷恒春ら(1997)地球温暖化が水資源に及ぼす影響ー数値実験による評価ー、第 5 回水資源に関するシンポジウム論文集、pp.661-664。
- 11) 佐藤康雄ら(1997)CO₂ 倍增時の日本列島周辺冬の気候変化予測実験、第 5 回水資源に関するシンポジウム論文集、pp.665-670。

(水文研究室)

7. 底泥の掃流式

(質問)粘着性の強い底質の層に対する掃流に関する公式は未だ確立されていない、土木研究所での実験式、その他の研究事例があれば御教示願いたい。

(四国技術事務所)

(回答)

土木研究所での研究事例としては土木研究所資料第 3112 号「底泥の流れによる限界掃流力についての一考察」が、詳しい。その中で底泥の限界掃流力を表面浸食と破壊現象のそれぞれについて限界掃流力を検討している。ここで、表面浸食は、「流水中に露出したブロックからその構成要素の 1 つである基本粒子がはぎとられる状態、およびブロックそのものが流れの抗力により押しつぶされたり、引きちぎられる状態」と定義されている。このような場合には、砂粒子の限界掃流力に関する従来の力学モデルが適用可とされ、層流底層の厚さと離脱するブロック直径の大きさとの関係に従来の力学モデルを利用することにより、次の関係式(詳しくは土研資料参照)が得られている。

$$Re^* \leq 1 \quad \text{で} \quad \tau_c = 0.083 \tau_y$$

$$1 < Re^* \leq 6.83 \quad \text{で} \quad \tau_c = \mu \sqrt{\tau_y} / \sqrt{(\rho_w C_d / 2)}$$

$$51.1 \leq Re^* \quad \text{で} \quad \tau_c = \tau_y / (0.5 C_d M^2)$$

しかし、上式は浮遊粒子数がきわめて少ないときのものであり、適用には限界がある。

底泥の破壊現象に関しては、様々な検討がされているが、定式化までは至っていない。

底泥の掃流に関しては、定量的に検討される流砂論と比較すると現象がかなり複雑であり、その要素としては、礫の多少、含水比の多少、塑性的性質、時間的要素、電気化学的な力、粒子間力、塩分、温度などがあげられる。残念ながら現在、質問に対し、十分な回答をあたえることは難しい。ただし、ある条件下での実験はかなりされているので、対象としている箇所の条件に近い、研究事例を参考にすることはできると思う。たとえば含水比が小さい場合などは、かなり定式化が進んでいる。参考文献に関しては、土研資料 3112 号に国内外の事例が載っている。参考にしてもらいたい。

(河川環境研究室)

下水道部門目次

	(質問者)	(回答者)	
1. 下水汚泥焼却灰の埋め戻し材利用	松山市下水道部	汚泥研究室	 45

1. 下水汚泥焼却灰の埋め戻し材利用

(質問)

下水汚泥焼却灰（高分子系）の利用方法や安全性の確認についてご教示願いたい。

(松山市下水道部)

(回答)

高分子系焼却灰を埋め戻し材として利用する場合には、C B R試験、貫入試験等をおこない埋め戻し土として利用できるかを確認する。また沈下等の経時変化の確認も必要である。石灰系焼却灰に比較して石灰分（CaO）が少なく、強度発現が小さいことも考慮する必要がある。

高分子系焼却灰は現在、インターロッキングブロック、タイル、普通レンガ、透水性ブロック、軽量骨材の原料として利用されている。この場合できた製品の需要を確保することが重要である。作られた製品を公共事業に優先的に使用する等の誘導策を講じたり、民間企業に販売を全面的に委託することも手段の一つとなる。

焼却灰をセメント原料である粘土の代替物として用いることができる。この場合、リンの含有量に注意する必要がある。

また焼却灰をモルタル・コンクリートの混和材として利用することができる。高分子系焼却灰をそのまま使うことは、単位水量比が高いことなどから困難である。しかし焼却灰を溶融球形化すれば可能であり、セメントの生産量は年間9000万トンにのぼっていることから、重要な利用用途といえる。この場合、リンの溶出がモルタル凝結時間に影響を与えるため注意が必要である。

焼却灰は溶融球形化すれば高流動コンクリートの混和材として用いることができる。高流動コンクリートは、締め固めのいらぬコンクリートであり、コンクリート打設を省力化できる。しかし粒径や粒度分布に制約があり、配合設計も難しい。焼却灰の利用を増やすためには、このような付加価値を付けることが必要となってくると思われる。

下水汚泥焼却灰を建設資材の原料として用いる場合の安全性については、焼却灰が環境庁告示46号による右記の土壤環境基準に適合していれば安全であると考え。またこの基準に適合していなくても、出来た製品（インターロッキングブロック、レンガ等）が建設省の提案する以下の溶出試験で土壤環境基準に適合していれば安全であると考え。

	土壤環境基準		(参考) 産廃基準
	通常	特定	
Cd	0.01	0.03	0.3
Pb	0.01	0.03	0.3
Cr(VI)	0.05	0.15	1.5
As	0.01	0.03	0.3
Hg	0.0005	0.0015	0.005
Se	0.01	0.03	0.3

(汚泥研究室)

建設資材として利用される汚泥製品の重金属に関する安全性評価においては、次の溶出試験を適用する。

(1)採取した建設資材の取り扱い

採取した建設資材はガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に収める。試験は試料採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、暗所に保存し、できるだけ速やかに試験を行う。

(2) 試料の作成

採取した試料を風乾し、20-50mm に破碎（但し、試料が 50mm 以下の場合には有姿のまま）する。

(3) 試料液の調整

試料（単位 g）と溶媒（CO₂ ガスを約 20 分間バブリングして飽和させ、初期 pH が約 4.0 となるようにした脱イオン水、単位 ml）とを重量体積比 1 : 10 の割合で混合し、かつ、その混合液が 500ml 以上となるようにする。

(4) 溶出

調整した試料液を常温（おおむね 20℃）常圧（おおむね 1 気圧）で攪拌機（あらかじめ攪拌翼の回転数を毎分約 200 に調整したもの）を用いて、24 時間連続して攪拌する。

(5) 検液の作製

(1)から(4)の操作を行って得られた試料液を 10 分から 30 分程度静置後、毎分約 3000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45 μm のメンブランフィルターでろ過してろ液を取り、定量に必要な量を正確に計り取って、これを検液とする。

ダ ム 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 小流域ダムのダム設計洪水流量	河川部河川計画課	水工水資源研究室	……… 47
2. ダム貯水池の堆砂形状の推定	徳島工事事務所	水工水資源研究室	……… 49
3. 既設ダムの改造（再開発）にあたっての技術的課題	細川内ダム工事事務所	ダム構造研究室	……… 51
4. ダム貯水池上流端近傍の貯砂ダムの築造	細川内ダム工事事務所	ダム構造研究室 水工水資源研究室	……… 53
5. ダム貯水池における洪水時の排砂	細川内ダム工事事務所	水工水資源研究室	……… 55

1. 小流域ダムのダム設計洪水流量

(質問)

近年、集水面積小さいダムの建設が多くなっています。ダム設計洪水流量を検討するための地域別比流量図については、 20km^2 以下の小流域についてはそのままの適用に問題があるとされていますが、その内容及び適用方法についてご教示願います。

(河川部河川計画課)

(回答)

ダム設計洪水流量は、河川管理施設等構造令において、

- ①ダムの直上流の地点において200 年につき1回の割合で発生すると予想される洪水の流量
- ②当該地点において発生した最大の洪水流量
- ③当該ダムに係る流域と水象若しくは気象が類似する流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水に係る水象若しくは気象の観測の結果に照らして当該地点に発生する恐れがあると認められる洪水の流量

のうち、いずれか大きい流量（フィルダムでは当該流量の1.2 倍）により決定することになっています。ダム設計洪水流量の意味及び上記洪水流量算定に当たっての留意事項については、建設省河川局監修「昭和62年度版多目的ダムの建設、第4巻設計Ⅱ編」に比較的詳しい記述があり参考にすることができます。ここで、③の流量については、現在のところ地域別比流量図による方法が一般的で、全国的に基礎資料が整備された手法として確立されていますが、現在用いられている地域別比流量図については、昭和52年の水政・開発課長通達により、「当分の間小流域（ 20km^2 以下）を除いて」用いることができるとされており、小流域の比流量値については、河川管理等施設構造令解説において、「当該ダム流域の近傍における流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水を生じさせた気象現象の観測資料を用いて、適切な流出解析を行い決定しなければならない。この場合、当分の間当該ダム流域が所属する地域における地域別比流量値を基準として、当該ダムの貯水池容量、設計洪水位、洪水吐き形状等との相互関係を十分検討のうえ、決定すべきである。」とされています。引用が長くなりましたが、小流域のダムにおいて、地域別比流量図の適用に問題があるとされたのは、現在用いられている地域別比流量図のもととなっているデータに小流域のデータが少なかったこと、洪水到達時間が1時間程度以下であり、用いられた1時間間隔のデータでは最大流量を把握しえない場合があると考えられたことによります。

小流域のダムにおける③の流量の取扱いについては上記が基本的な考えですが、その後、近年の小流域のダム数の増加を踏まえ、資料の豊富な雨量データをもとに地域別比流量図の小流域のダムへの適用性を検討しています。検討の詳細は省略しますが、その結果、地

域別比流量図に示されるクリーガー曲線を小流域部へ延長した場合とほぼ同様の結果が得られています¹⁾。こうした検討結果等を踏まえ、生活貯水池（小規模生活ダム）技術指針（試行案）では、「流域面積が20km²以下の場合、ダム設計洪水流量の算定に用いる地域別比流量の値は、比流量式を20km²以下の区間にも適用ができる。ただし、流域面積が1km²以下の場合、1km²に相当する比流量値を用いるものとする。」と解説されています。ここで、1km²以下の記述については、クリーガー曲線が、面積が1km²以下では流域面積が小さくなるにしたがって比流量が減少する、現実と合わない傾向を示すことを考慮したものです。従って、小流域のダムについても、現在の地域別比流量図を延長して得られる流量が参考になるものと考えられますが、地域別比流量図はそれぞれの流域における下限値を示したものであり、水象若しくは気象が類似した流域での観測資料を用いた流出解析についても十分検討する必要があるものと思われます。なお、技術指針（試行案）では、超過確率200年に付き1回の割合で発生すると予想される洪水については、「流量算定のための必要データが十分に整っていない場合が多いことから、その値を決定するに当たっては十分慎重な検討が必要」とされています。

参考文献

- 1) 水資源開発研究室：小流域のダムの設計洪水流量の検討について、ダム技術 Q & A、No. 48、1990.

（水工水資源研究室）

2. ダム貯水池の堆砂形状の推定

(質問)

ダム貯水池の計画堆砂位は、通常水平堆砂を想定して設定されていますが、堆砂形状が精度よく予測できればより有効な貯水池計画が可能になるものと考えられます。そこで、貯水池の堆砂形状の推定方法、推定に当たっての留意点についてご教示願いたい。

(徳島工事事務所)

(回答)

ダム貯水池の堆砂形状については、河川砂防技術基準(案)設計編(Ⅰ)第2章の参考2.8に「ダムの構造設計に用いる堆砂位は、想定される100年間の堆砂量が水平に堆砂するとした標高とする」と記述されており、構造計算上は安全側の設計となるよう水平堆砂が設定されます。一方、貯水池計画上は水平堆砂が安全側というわけではなく、精度のよい堆砂形状の推定ができればより有効な貯水池計画が可能なものと考えます。

ダム貯水池の堆砂現象の最も大きな特徴は、流入土砂が貯水池内で分級されることにあります。即ち、粒径が大きく河床上を移動する掃流土砂は、流速が急激に減少する貯水池背水の上流端付近に堆積し、段丘(デルタ)を形成するのに対し、粒径が小さく流れに混在して流入する浮遊土砂は更に下流に流下し、原河床にはほぼ平行に堆積する層と、密度流としてダム堤体付近に達しダム直上流に水平に堆積する層を形成します。堆砂形状の推定では、こうした分級作用を貯水池運用の影響を考慮して精度よく推定する必要があります。なお、現在多くの貯水池計画で用いられています水平堆砂は、粒径が小さい、土砂を含む流れが密度流的な挙動を示す場合の堆砂形状に相当するものです。従って、流入土砂に占める粒径の大きな土砂の比率が高くなるほど、堆砂形状は水平堆砂から外れ、堆砂はより上流側に生じることになります。

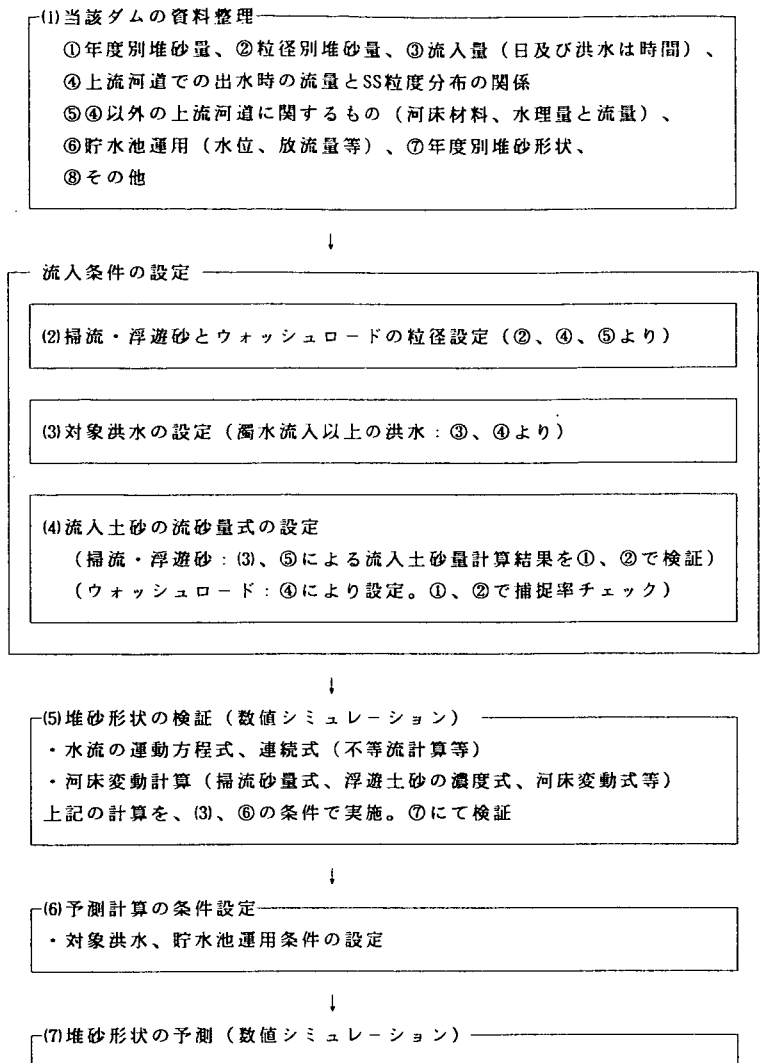
堆砂形状の推定方法については、建設省河川局監修「昭和62年度版多目的ダムの建設、第2巻、調査編」にいくつかの手法が示されており、参考にすることができます。ただし、これらは経験的・概略的なものであり、種々の因子の影響を反映させた精度の高い方法は未だ確立されていないとされています。一方、最近の計算機の進歩、数値シミュレーション手法の発展には目覚ましいものがあり、数値シミュレーションにより、比較的高い精度での推定が可能になってきています。数値シミュレーション手法については、「多目的ダムの建設」にも「水理学的な河床変動計算による方法」として紹介されていますが、「貯水池への流入土砂が、主として掃流形式で流送されるような場合」とされ、その適用が掃流砂に限定されています。これに対し、最近では浮遊土砂についても扱うことが可能になっており、先に述べた貯水池内の分級作用について、貯水池運用の影響を加味した形で検討できるようになっています。

数値シミュレーションを用いた堆砂形状の推定手順については、現在のところ確立した

ものはありませんが、例えば図－1に示す大まかな手順が考えられます。最も留意すべき点は、条件設定の部分で、特にどのような粒径（流送形態）の土砂がどの程度流入（又は堆砂）するかをできるだけ精度よく推定しておく必要があります。このことは、数値シミュレーションを実施する、しないに関係なく重要です。数値シミュレーションを実施する場合には、更に、粒径別の流入土砂量と流量の関係を整理しておく必要があります。図は管理中のダムで堆砂が問題になる場合を想定したもので、こうした粒径に関する条件は当該ダムの過去の堆砂実績から推定するものとしています。新規ダムでは、流域の地形・地質の性状や等が類似した近傍ダムの堆砂実績をもとに推定する、或いは、河床材料から推定する等の作業が必要になるとともに、計画堆砂量との整合を計る必要があります。また、図では、堆砂実績のみでなく、出水時のSS及び粒度分布のデータ等を用いた解析も行うこととしています。これは、ウォッシュロードのような粒径が小さい浮遊土砂は、放流設備等を通じて貯水池を通過する量が無視できないためです。条件設定のための具体的な分析・整理方法及び計算手法については、関連パラメータの特性や収集可能なデータの質や量等がダム毎に異なり、個別に相談に応じたいと思いますが、何れにしても、粒径に関する情報が不足すれば堆砂形状の精度のよい推定は期待できないことを認識しておく必要があります。

なお、例えば、総貯水容量に占める堆砂容量の割合が小さい場合には、堆砂形状はそれほど問題にならないと考えられます。従って、堆砂形状が問題になる重要度はダム毎に異なると考えられます。精度のよい堆砂形状の推定には、それなりの時間と費用がかかります。堆砂形状の推定方法を検討するに当たっては、当該貯水池における堆砂問題の重要性を考慮の上、計画上必要となる精度を検討しておく必要があるものと考えます。

（水工水資源研究室）



図－1 堆砂形状の推定手順例
（管理中ダムの場合）

3. 既設ダムの改造（再開発）にあたっての技術的課題

（質問）

近年、地形や地質的要因に加えて、自然保護などの環境上の制約から、新規ダムサイトを選定することが難しく、既設ダムを改造して所期の目的を達成することが必要になる場合がある。そこで、既設ダムの改造にあたっての技術的課題についてご教示願いたい。

（細川内ダム工事事務所）

（回答）

既設ダムを改造して新規貯水容量を開発するには、①ダムを嵩上げる、②貯水池の容量配分を変更する（利用目的の変更）という二つの方法が考えられる。後者の場合、貯水池運用上の対応だけで済むこともあるが、一般的には放流設備の新設や改造を伴う。そこで、ここでは、既設ダムの嵩上げ、放流設備の新設、改造にあたっての技術的課題について解説する。

1. ダムの嵩上げ

既設ダムを嵩上げる場合、増大する荷重に対して、旧堤体（以後、既設ダムの堤体を旧堤体、新設する部分を新堤体という）を含めたダムおよび基礎岩盤の力学的安定性、遮水性についての検討が必要となる。一般的にゾーン型フィルダムは嵩上げが難しいといわれている（特に、貯水したままでの嵩上げは難しいとされる）。これは旧堤体内に設けられた止水構造（コアゾーン）の補強や新旧堤体間の止水構造の接続が容易でないからである。このため、規模の小さな均一型フィルダムを除くと、嵩上げの対象は一般的にコンクリートダムとなる。

コンクリートダムを嵩上げる場合、堤体の力学的安定性を確保するため、旧堤体の頂部を嵩上げるだけでなく、旧堤体自体も増厚する必要がある。なお、貯水した状態で嵩上げを行う場合、新旧堤体が受け持つ荷重形態が複雑になり、特別な解析（垣谷公式）が必要となる。この解析の詳細については、「多目的ダムの建設」¹⁾などの専門書を参照されたい。

また、増大する荷重に対して、基礎岩盤が十分な耐力、遮水性を有しているかどうかを確認することも必要となる。特に、既設ダムがその基礎岩盤に対して許容される最大の規模で建設されている場合、地質的条件から嵩上げが困難となることがある。地質上、特に注意を必要とする部分は、既設ダム天端以高の岩盤性状と堤趾部より下流の岩盤性状である。

既設ダムを嵩上げる場合、工事期間中も既設ダムの機能を維持するかどうか重要な要素となる。すなわち、既設ダム堤体に設けられた放流設備は、嵩上げ工事中、一時的に使用できなくなることから、その機能を維持するには適当な転流設備が必要となる。特に、既設ダムが洪水調節機能を有している場合、この転流設備の規模が嵩上げ工事の難易度を

支配する大きな要因となる（場合によっては、単純な嵩上げが困難となり、ダム軸をずらした嵩上げが必要になることもある）。したがって、工事期間中の既設ダムの機能維持については、行政面での検討を含めて総合的な見地からの判断が必要である。

2. 放流設備の新設、改造

放流設備を新設する場合、ダムの堤体または基礎岩盤に新たに空洞を設けなければならない（放流設備を改造するときも、多くの場合同様である）。そこで、このような空洞に対して、ダムまたは基礎岩盤の構造的安定性を確保することが必要となる。

堤体や岩盤内に空洞を設けると、その周辺に大きな引張応力が発生する。構造設計上、堤体内に設ける空洞は鉄筋で補強する必要があるが、既設ダムに空洞を開ける場合、鉄筋による補強は不可能である。したがって、空洞を開けることが構造的に可能かどうかを事前の応力解析で確認するとともに、クラックの発生など、異状の有無を監視しながら施工することが必要となる。基礎岩盤中に空洞を設ける場合についても、堤体から作用する荷重に対して構造的な安全性が確保されるかどうかを事前に確認する必要がある。

また、空洞を貫通させる際、貯水池の水位をその位置よりも下げるか、その部分を蓋で覆って漏水を防止するか、いずれかの対応が必要となる。小規模な空洞の場合には蓋による対応が可能であるが、管路や予備ゲートの据え付け、呑口部のコンクリート打設なども考慮して、総合的な判断が必要である。また、貯水位を下げる場合には、工事期間中の洪水処理についての検討が必要である。すなわち、工事期間中の洪水発生の可能性、利用できる放流設備の能力、工事箇所が冠水した場合の被害などを考慮して、適当な迎洪水位を設定する必要がある。また、既設ダムが治水機能を有している場合には、工事中、空洞部から既設ダムの計画放流量を上回る流量が流下しないことを確認しておくことも必要である。

なお、ダムの嵩上げ、改造の事例については、参考文献(2)、(3)に詳しいので参照されたい。

(ダム構造研究室)

参考文献

- 1) 建設省河川局監修：多目的ダムの建設、第4巻第26章、1987
- 2) 則松秀晴：わが国におけるコンクリートダムの再開発技術、大ダム、第148号、1994.
6
- 3) 坂本忠彦、山住有巧、米崎文雄：日本における洪水調節を含む多目的ダムの再開発事業について、ダム技術第108号、1995.9

4. ダム貯水池上流端近傍の貯砂ダムの築造

(質問)

近年、貯水池容量の有効利用や予想を上回る堆砂の進行に対する対策として、貯水池上流端付近に貯砂ダムを築造する例が増えています。そこで、このような貯砂ダムを築造するに当たっての留意点についてご教示願いたい。

(細川内ダム工事事務所)

(回答)

ダム貯水池の堆砂軽減策は、流入土砂量の低減を図るものと流入・堆積土砂を排出するものとに大別することができます。前者は、各種治山工事からなる貯水池上流域での対策と貯水池末端付近での対策に分けることができ、貯水池末端付近での対策として貯砂ダムによる流入土砂の捕捉と掘削、バイパス水路による土砂のバイパスがあります。土砂をバイパスする場合にも、流量調節の意味から構造的には貯砂ダムと同型式の分流堰が必要になります。従って、貯水池末端付近で流入土砂の軽減対策を実施する場合には何れにしても貯砂ダムの様な構造物が必要になります。バイパス施設としての貯砂ダムは、バイパス操作を考慮した流量調節機能、或いは適切に土砂バイパスを実施するための土砂流制御機能を有する必要がある、内容がやや複雑になります。ここでは多く用いられてきています流入土砂の捕捉を対象とした貯砂ダムについて述べたいと思います。

貯砂ダムによる対策は、即効性のある確実な堆砂量軽減対策として多くの実施事例があり、通常、貯砂ダム上流に沈降堆積させた土砂の掘削・搬出と一体のものとして計画されます。従って、貯砂ダムの計画・設計に際しては、掘削・搬出計画を念頭に入れた検討が必要になります。例えば、掘削は陸上において、即ち、貯水位より上方において実施するのが容易であり、貯砂ダム位置の選定に当たっては貯水位変化特性を十分考慮しておく必要があります。また、骨材利用や土捨て場等、掘削土砂の搬出先については、これを確保しておく必要があります。貯砂ダム容量の設定に際しては、掘削・搬出量（一回当たりの掘削量は貯砂ダム容量以下となります）に関する検討を欠かすことはできません。なお、貯砂ダムによる貯水池堆砂の低減量は、貯砂ダム堆砂量と掘削・搬出量の合計により評価され、貯砂ダム容量は、これと貯水池に確保される堆砂容量、貯砂ダム規模等の制約条件を勘案して設定されますが（既設の例では年平均流入土砂量の1/2～1倍の容量のものが多くあります）、貯砂ダムにより捕捉される土砂は、主として掃流砂や比較的粒径大きな浮遊土砂であり、貯水池堆砂の粒径とは異なると考えられるので注意が必要です。

貯砂ダムの構造設計手法については、現在のところ確定したものはなく、既往の設計事例等を参考に設計すればよいものと思われます。形式は、重力式コンクリートによる固定堰のものが多く設置され、また、基本に考えるべきと思いますが、コンクリートブロック積や蛇籠積等の形式の採用もみられます。形式の選定に当たっては、設置位置の地形・地

質や基礎地盤までの深さ等を勘案して慎重に検討する必要があります。なお、既設ダムの貯水池内に貯砂ダムを新設する場合で貯水位低下が困難な場合には、水中施工が必要になる場合も考えられます。この場合の設計、施工方法については、個別に相談に応じたいと思います。

設計上の視点を流水処理に移すと、通常の固定堰等の施設との最も大きな違いは貯水池の背水の影響を受けることにあります。従って、水通し等の設計に当たっては、まず下流水位条件を設定する必要があり、流入量と貯水位運用の関係から想定される貯水位範囲を設定しなければなりません。背水があることは、流水の落下高が小さくなることを意味しており、一般には流水処理上の問題が小さくなると考えられますが、同時に下流の広い範囲に亘り比較的速い流速に曝される危険が生じます。ここに、下流の広い範囲というのは主として上下方向の範囲も含んでのことであり、従来は流水の接していなかった場所、貯水池建設後には貯水池内の緩やかな流れにしか接しない場所が、落下高は背水の影響で小さくなるとはいえ、潜り跳水の渦流下に曝されることになるので注意が必要です。周辺に地滑り域が存在するような場合には特に慎重な配慮が必要になります。また、貯水位が高くなり、水通しに背水の影響が生じるような場合には、水通し以外の場所からの越流に対しても流水処理が必要な場合もあります。

(ダム構造研究室、水工水資源研究室)

5. ダム貯水池における洪水時の排砂

(質問)

ダムの堆砂対策のうち、河道を流下する流水の土砂輸送力を用いて排出する方法は、自然の営力を利用するものであり今後の発展が期待されるものと考えられます。そこで、このような流水を用いて土砂を排出する方法について、貯水池運用との関係を含めてご教示願いたい。

(細川内ダム工事事務所)

(回答)

自然の営力である洪水の土砂輸送力を用いて堆砂量を低減させる方法として現在のところ次の３種の方法が考えられています。

- (1)貯水位を一時的に低下させ、ダム低位に設けた排砂施設により土砂を排出する方法。
- (2)貯水池を迂回するバイパス水路により、貯水池上流端付近から洪水流を迂回させ、貯水池下流に直接放流する方法。
- (3)選択取水設備や中・低位の放流設備により、貯水池内に侵入する洪水時の濁流を速やかに放流する方法。

(1)の方法は、黒部川に建設が進められている宇奈月ダムで計画されているもので、上流の既設ダムである関西電力の出し平ダムにおいて実績を蓄積しつつある方法です。貯水池内への堆砂は、流速の低減により流れの土砂輸送力が低減することにより生じます。従って、この輸送力を回復してやれば貯水池内の土砂を排出することができます。そのためには、貯水位の低下が不可欠な操作となります。この場合、堆砂がある程度進んでいれば、水位低下時の河床勾配はダム建設前のそれよりかなり大きなものとなっているので、比較的小さい流量・時間で大きな量の土砂を排出することができます。排砂流量の確保には種々の方法が考えられますが、ある程度の流量を確保する意味から洪水時の流量を利用することがまず考えられます。排砂時には高濃度の濁水が下流に放流されるわけですから、洪水時の排砂は、こうした高濃度の濁水が下流に与える影響を軽減することにもなります。この場合、洪水調節を行うダムでは洪水は貯留しなければなりません。従って、水位低下は洪水前、又は末期に行うこととなりますが、洪水前の低下は、大規模な予備放流と同じ操作になり、操作上問題があります。洪水末期での低下操作を基本に考えるのが適当と思われます。

排砂を目的とする水位低下操作は、当然貯水池運用に大きな影響を与えます。仮に洪水末期に水位低下を実施するものとして、排砂後の水位上昇も確保されなければなりません。従って、水位低下後の排砂流量・時間は利水や発電の貯水池運用との関係で調整されなければなりません。先にも述べたように、堆砂が進行するほど同じ流量・時間での排出量は大きくなります。従って、確保できる排砂流量・時間に対し、堆砂の進行速度と排砂量が

バランスする堆砂形状が長期に亘り維持できる堆砂位ということになります。なお、堆砂があまり進行していない状態での水位低下操作は、貯水池上流側に堆積している土砂を下流に引き込む効果を有しています。水位低下操作によるこうした引き込み効果は、例えば管理中のダムで、有効貯水容量内の堆砂を堆砂容量内に引き込む方策として利用できるものと考えられ、現象そのものは、渇水等による水位低下時にみることができます。

(2)の土砂バイパスは、計画を上回る堆砂の進行がみられた天竜川の美和ダムで事業が進められています。貯水池への土砂の流入は、出水時に生じるので、その流れを直接ダム下流に流してやれば流入土砂量を低減し、ダム堆砂量を減じることができます。この場合、バイパス流量は洪水調節計画で定められた放流量以下とする必要があります。土砂バイパス施設は、バイパス水路（通常トンネル）と流量制御のための堰により構成されますが、バイパス流量はこうした水路や堰の施設規模の制約も受けます。利水等の容量の回復操作を行う場合には、出水時にもバイパスできない場合が生じます。バイパス計画の検討では、利用できる流量に関するこうした種々の要因との関係を整理しておく必要があります。なお、バイパス施設でのゲートによる流量調整は困難と考えられており、全開・全閉操作が前提になります。このこともバイパス流量の制約条件になるので注意が必要です。

美和ダムでは、粒径の小さいウォッシュロードがバイパス対象とされ、粒径の大きな土砂は上流に設けた貯砂ダム及びバイパス用の堰上流に堆砂させ掘削除去する計画です。ウォッシュロードが対象とされた理由には種々のものがありますが、最も大きな理由は、バイパストンネルの磨耗・損傷及びトンネルの土砂輸送能力不足によるトンネル内の堆積が問題視されたことにあります。一方、土砂の流入を軽減するという観点からみると、ウォッシュロードのみというのは余り効率的ではありません。即ち、流水中にはほぼ一様に分布するウォッシュロードは、貯水池流入量とバイパス流量の流量比率でしか分派することができませんが、底面付近を高い濃度で移動する掃流砂や浮遊砂では、小流量でも底部付近の流れを分派すれば高い比率でのバイパスが期待できます。磨耗・損傷問題への対応、堰及びバイパス水路の設計手法の進展が待望される所以であり、土木研究所でも検討を進めています。

(3)は寧ろ濁水対策として検討・実施されてきているものです。詳述は避けますが、貯水池内び濁水流動を考慮した取水・放流設備の配置・運用は濁水対策と同時に堆砂対策としても有効と考えられます。勿論、対象粒径は比較的小さな粒径に限定されます。土木研究所では、更に効率的な濁水の排出を目的に、取水・放流設備による制御とともに、流入位置についても併せて制御する方法について検討を行っています。

以上、主として堆砂対策効果の観点から述べましたが、計画検討では排出土砂の下流への影響についても検討しておく必要があります。上記から分かりますように、流水を用いた堆砂対策手法については、計画・施設設計手法とも十分には確立しておらず今後の課題が多く存在しています。当面は、個々のダム毎に検討・対応していく必要があり、土木研究所としても相談に応じたいと考えています。

（水工水資源研究室）

砂 防 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 地すべり対策における観測計器の管理 基準値の設定	水資源開発公団 富郷ダム建設所	地すべり研究室	57
2. 砂防ダムの安定計算におけるダム高の 考え方	河川部河川計画課	砂防研究室	58
3. 森林の機能と土砂崩壊の関係	細川内ダム工事事務所	砂防研究室	60
4. ダムの流入土砂量に対する治山、砂防 事業及び植林の効果について	徳島工事事務所	砂防研究室	64
5. 施工中のトンネル切羽前方の地山状況 予測手法	香川工事事務所	地質研究室	67

1. 地すべり対策における観測計器の管理基準値の設定

(質問)

地すべり対策地の管理について計測設備を考えているが、その管理基準値の設定方法・考え方について御教示願いたい。

(水資源開発公団富郷ダム建設所)

(回答)

湛水に伴う地すべりの滑動には初期湛水時に発生するものと、ダムの管理段階で発生するものがある。このため、地すべりの監視・計測は試験湛水時にとどまらず、ダムの管理段階においても引き続いて実施しなければならない。

1. 試験湛水時の監視・計測

試験湛水時の監視・計測は、地すべり対策工の有無、地すべりの安定性などによってその内容と方法が異なる。すなわち、近い過去に滑動を生じた地すべりや現在活動中の地すべりでは、より慎重な監視・観測が必要である。

地すべり滑動は、現地踏査による亀裂等の監視の他には、地盤伸縮計、地盤傾斜計による管理基準値を用いて判断することが一般である。この管理基準値は、これを超過した場合には監視・観測体制を強化するための目安として設定される。対象とする地すべり地の地質構成と同様な近傍の地すべり地の観測結果がある場合には、管理基準値の設定に当たって参考にすることが必要である。試験湛水時の管理基準値の事例としては、地盤伸縮計では0.4mm/日～1mm/日が継続して観測されること、地盤傾斜計では3秒/日の変動が一定方向に累積することがなどがあげられる。

管理基準値を上回る値が観測された場合は、地すべりの滑動をただちに意味するものではないが、異常の兆候が現れ始めたと考えるべきであり、各種の計器の観測データや監視結果を総合的に分析して斜面の挙動を判断する必要がある。このとき、計器の累積変動の有無・傾向、変動の時間的経過あるいは年・日周期変動との関係、変動パターンにも着目することが肝要である。試験湛水中に地すべり滑動の兆候が観測された場合には、速やかに必要な対策を講じる必要があるが、ただちに水位を下げると残留間隙水圧を発生させてかえって危険な状態となる場合が多い。このような場合、貯水位を維持して地すべりの動きが沈静化するのを待つのが一般的な対応である。貯水位の維持にもかかわらず地すべりの動きが進行する場合には、関係部署へ連絡の上、交通止め等の措置を講じ緊急対策工を実施して万一の事態を回避しなければならない。

2. ダム管理段階の監視・計測

ダム管理段階の監視・計測は、試験湛水時の監視において滑動の可能性がないと判断できるものについては監視・計測を中止または緩やかにして管理の合理化を図ることも重要である。監視・計測の方法は基本的に試験湛水時と同じであるが、一般的な監視・計測の頻度は、通常時には1回/1週間程度、急激な貯水位操作時には2回/日以上、異常気象や強い地震の発生後は1回/日程度である。ただし、異常な変動が見られた場合には密な頻度とする必要がある。

(地すべり研究室)

2. 砂防ダムの安定計算におけるダム高の考え方

(質問)

重力式コンクリート砂防ダムの安定計算を行う際に用いるダム高は、ダム底面より水通し天端までとするのが通例であるが、コスト縮減を図るために、ダム基礎が岩盤の場合の安定計算方法として、岩盤表面から水通し天端までの高さをダム高（岩盤貫入部を無視したダム高）とすることができるかを御教示いただきたい。

(河川部河川計画課)

建設省河川砂防技術基準（案）によれば、コンクリート砂防ダムの安定計算を行うときに用いる荷重は、ダム高 15m 未満の場合は、洪水時での静水圧、ダム高 15m 以上の場合は、平常時での静水圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧、堆砂圧、洪水時での静水圧、揚圧力、堆砂圧である。

今回の御質問のように、ダム高を岩盤貫入部分を無視して岩盤表面から水通し天端までの高さとして安定計算を行った場合、ダム高 15m 未満の場合は洪水時での静水圧、ダム高 15m 以上の場合は平常時での静水圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧、洪水時での静水圧、揚圧力が低減する。

ここで、岩盤貫入部分を無視してダム高を岩盤表面から水通し天端までの高さとして安定計算を行うということは、岩盤貫入部分に流水の浸透がないということと同意である。従って、本質問については、どのような岩盤の状態であれば、岩盤貫入部分への流水の浸透ならびにそれによる揚圧力の作用を考慮しなくてよいのかという問題に着目すべきである（砂防ダムの安定計算上、ダム高 15m 未満では元々揚圧力は考慮していないので、今回は、揚圧力を考慮しなければならないダム高 15m 以上の場合について検討する）。

岩盤貫入部分の岩盤条件が非常に良好あるいは基礎処理が理想的に行われ流水が岩盤貫入部分に全く浸透しないと仮定した場合は、理論的には揚圧力は砂防ダム底部に作用しない。したがって、このような理想的なあるいはそれに近い状態であれば、岩盤貫入部分を無視してダム高を岩盤表面から水通し天端までの高さとして安定計算を行い、その結果安定条件を満たせば、問題はないものと思われる。

ところが実際はかなり良好と判断される岩盤でさえも細かな亀裂や節理が存在する場合が多く、流水が全く浸透しない岩盤基礎は現実にはほとんど存在せず、また、そのような基礎処理は技術的にも経済的にも困難であると思われる。

例えば、限られた事例ではあるが、飯豊山系藤沢川第2砂防ダムにおける約10年間の揚圧力の実測データによると、ダム基礎がCH級の岩盤の場合、揚圧力係数が1.0を超える計測結果が得られている。このことから、砂防ダムの岩盤基礎としてかなり良好と判断されるCH級の岩盤でさえも、流水がかなりダム底部近傍に浸透し、大きな揚圧力を砂防ダム底部に作用していることがわかる。ちなみに、建設省河川砂防技術基準によれば、砂

防ダム底部に作用する揚圧力係数は通常 $1/3$ とされているが、これは、貯水ダムのように十分なグラウチング処理をした場合の設計値であり、通常の砂防ダムのように十分なグラウチングを施していない場合の実際の値は、もっと大きいことがあると考えられる。従って、通常の砂防ダムの施工で対象とする程度の岩盤では、容易に流水がダム底部に浸透し、大きな揚圧力を作用させる結果となるために、今回提案の方法では砂防ダムの安定条件を満たさない場合が十分有り得る。

現在の設計基準レベルでは、岩盤の亀裂や節理の開口性と岩盤内部での透水性を定量的に評価する手法が確立されていないので、どの程度の岩盤状況（岩級区分）であれば岩盤貫入部分での揚圧力を考慮しなくてよいか、岩盤貫入部を無視してダム高を減少させてよいかは未知な点が多い。現段階では、一応の目安として、①飯豊山系での揚圧力観測事例等を基に、CH 級以下の岩盤では従来通り基礎岩盤から砂防ダム水通し天端までの高さをダム高としてダムの安定計算を行う② A 級、B 級の岩盤では基礎岩盤でのルジオン試験等の透水試験、基礎改良工事による止水効果とそれに要するコスト、ダム高を岩盤貫入部を無視して岩盤表面から水通し天端までの高さとした場合の安定計算結果を総合的に判断することによって検討する必要がある。

（砂防研究室）

3. 森林の機能と土砂崩壊の関係

(質問)

高水管理、低水管理、土砂管理の立場からみた森林機能としては、土壌による保水機能と、樹根による斜面安定化機能等が挙げられる。特に土砂管理という観点から、山地流域では、斜面安定化機能により土砂崩壊の軽減に役立っていると思われる。この機能を直接的に評価するためには、山地流域での土砂崩壊量を把握し、森林形態との関連性を整理することが重要と考えられるが、森林形態と土砂崩壊の関係について、因果関係・評価手法について調査したものがあれば御教示願いたい。

(細川内ダム工事事務所)

(回答)

1. 森林の土砂流出抑制機能とその効果の評価

健全な森林が山腹斜面上に成立している場合、土砂災害につながる可能性のある山地斜面での風化・侵食・表層崩壊現象に対して抑制効果が働くと考えられているが、その機能の概要は以下の通りである¹⁾。

(1) 基岩の風化緩和機能：森林の成立が認められる場合、基岩は、一般に森林土壌で覆われているため、凍結、熱等の機械的な風化作用からは保護をされている。

(2) 表面侵食防止機能：ある程度の厚さを有する森林土壌を持つ森林は、地表が透水性の高い林床植生やA。層に覆われることにより、雨滴侵食や表面流によるリル侵食を抑制する。

(3) 表層崩壊の防止機能：森林は、樹木の根系が到達できる範囲内にすべり面を持つ表層崩壊に対して、樹木根系の作用により崩壊防止機能を発揮する。

樹木根系が持つ表層崩壊に対する抵抗力を理論的に評価しようとする研究も、近年進められているが、根系の表層崩壊防止機能を斜面安定に関する土質力学的な問題として定量的に評価する試みは、まだ完全には成功していない。

一方で、森林の山腹斜面崩壊抑制効果はこれまでも定性的には認められてきたが、斜面崩壊の要因が複雑多岐に亘っていることから、定量的に示すことは困難であった。そのような中で、極力同一条件の下で植生状況の違いによる崩壊発生率を比較した事例等を以下に示す。

2. 植生の種類による崩壊率の比較

図-1に平成7年7月の姫川豪雨災害時の地質別の植生状況・勾配ランク別崩壊面積率を示す。この図から、草地よりも森林が成立している斜面の方が安定していることが伺える²⁾。またこの結果からは、人工林の方が天然林よりも有利であったといえる。

上記の傾向は、天竜川上流域(四徳川；中生代・花崗岩類)の大出水時にも同様であり(図-2)、S36年の降水量の約半分程度であったS58年災害時には明確な差が出て

いないが、S 3 6 災では草地
および幼令林の崩壊率が高く、
森林（特に人工林）が有利で
あったことが判る³⁾。

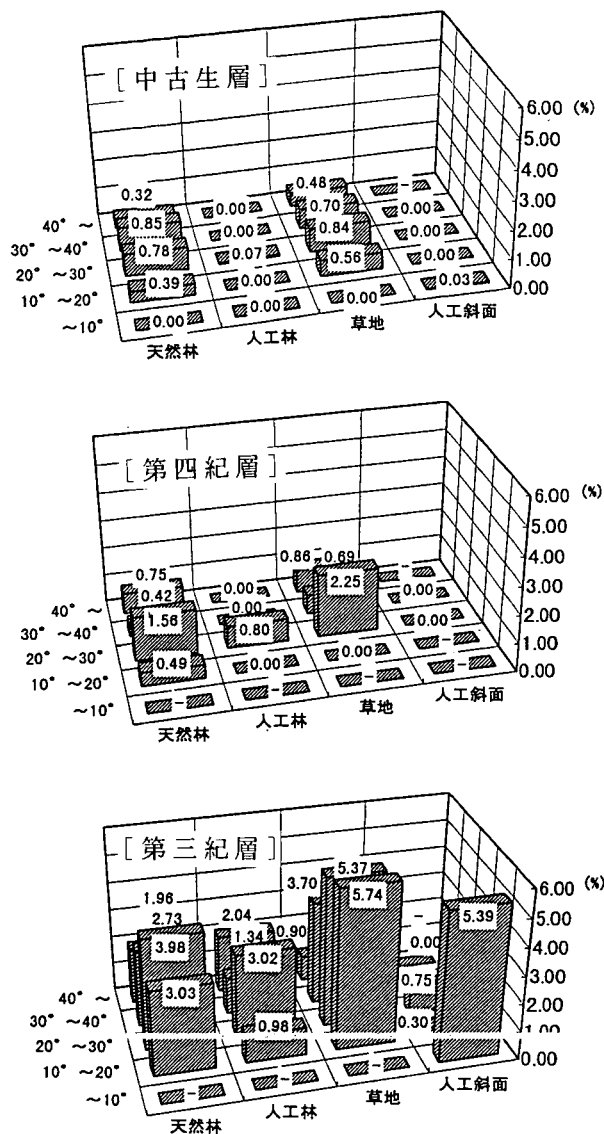


図 - 1 植生状況・斜面勾配

ランク別崩壊面積率

(平成 7 年 7 月・

姫川流域内の 6 溪流)

3. 樹令による崩壊面積 率比および針葉樹・ 広葉樹の比較

近年のがけ崩れの実態
調査のデータを解析した
結果として、ファジー解
析の崩壊し易さを示すメ
ンバースhip関数の範囲
から、針・広混交林>広
葉樹>針葉樹>草地・竹
林>裸地、の順で崩壊抑
制効果があると判断され
る調査成果がある⁴⁾。

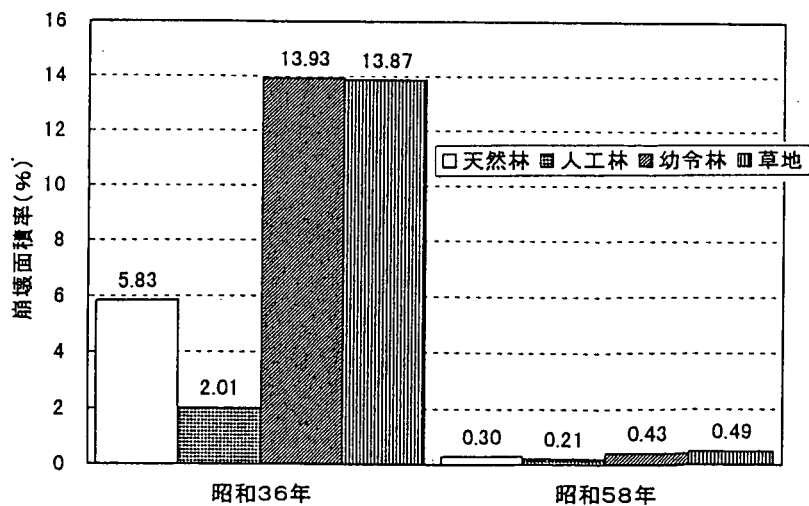


図 - 2 天竜川流域四徳川・植生状況と崩壊面積率

また、過去の災害時に発生した山腹崩壊についてその発生面積率が樹令毎に整理されている資料から、針葉樹の最若令層の崩壊面積率を1として、それに対する各樹令層の崩壊面積率の比を求めたものが図-3である。この図からは、針葉樹については樹令20年くらいまではばらつきが大きい、20年を越すと崩壊しにくくなる傾向がうかがえる。

広葉樹は、針葉樹よりも斜面安定に有利であるとの意見もあるが、図-3からは広葉樹の崩壊面積率はばらつきが大きく、特に針葉樹よりも有利であるとは言えない。(上記2.の結果も広葉樹の有利性を示していない。)

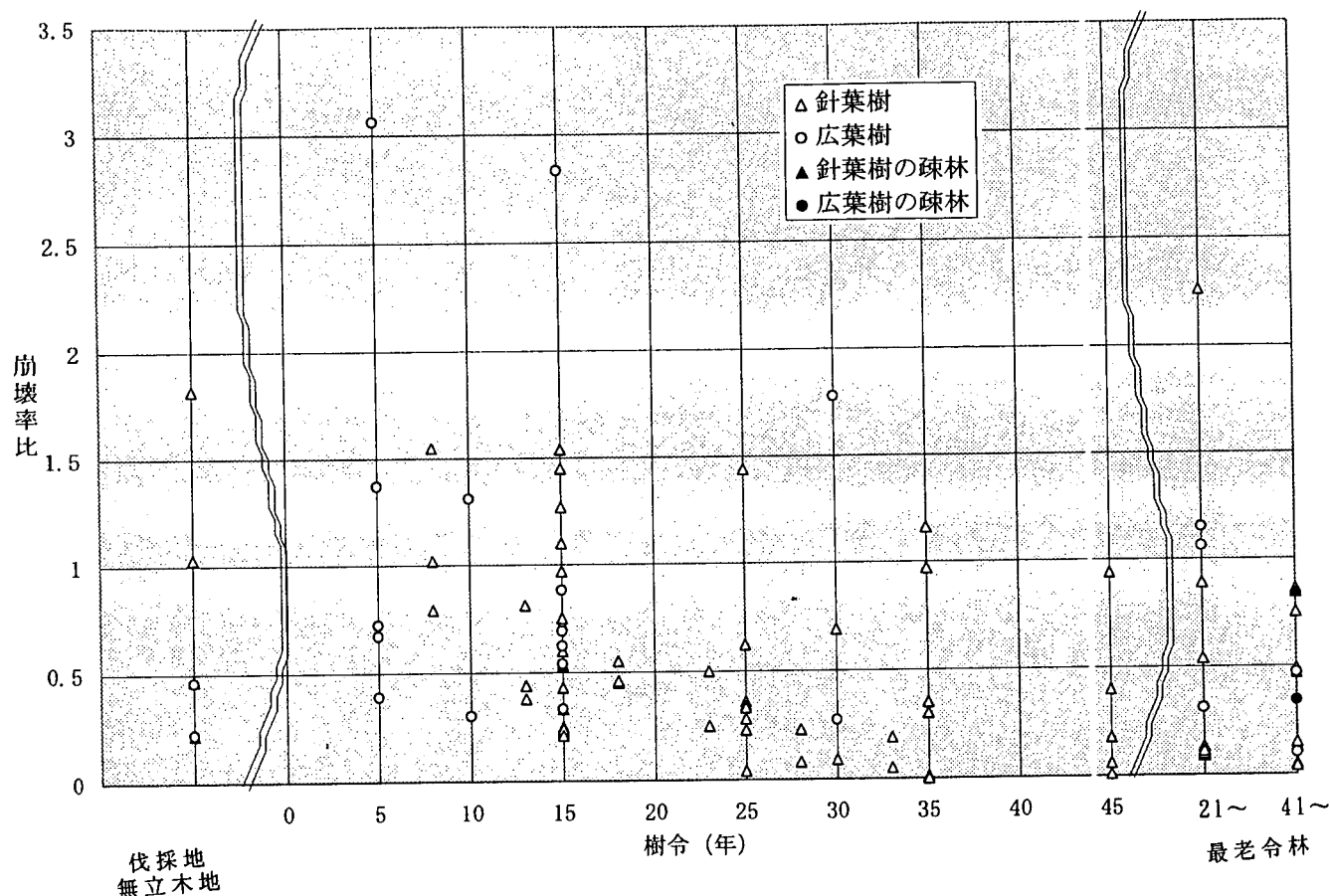


図-3 最若齡層（針葉樹）の崩壊面積に対する崩壊面積率比

広葉樹が7割を占める最上川水系濁沢流域における平成5年出水後の崩壊分布状況(図-4)からは、幼令林と考えられる樹高5m未満の広葉樹斜面は崩壊率が高いが、5~15mのものは崩壊率が小さくなり、15m以上になると疎林および密林の崩壊率がやや高くなっている。

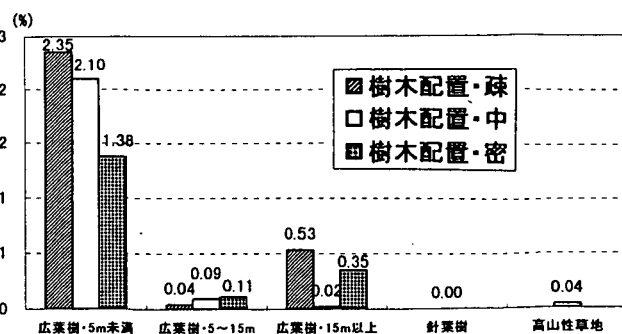


図-4 濁沢流域・植生状況別崩壊面積率

4. 土砂流出抑制の視点から望ましい山腹植生のあり方

山腹の植生は概して言えば、森林形態をなしているのが良いと言えよう。さらに、土砂管理的により望ましい姿としては、山腹斜面にあっては崩壊を発生させにくい状態を保っていること、斜面下部にあっては流下土砂捕捉効果が高く、かつ十分な強度を有した樹林帯を確保することと言えよう。

山腹斜面では、A₀層を確保でき、根系の発達を促進できるような適度な樹林密度を保ち、幼令林や老令林が遍在しないように管理する必要がある。自然回復が困難な場所では山腹工による対処が必要となる。

5. まとめ

植生状況の違いによる山腹斜面の崩壊発生率について、事業計画に反映させる形での定量的評価が十分出来ているわけではないが、豪雨時の裸地・草地・幼齢林の区域における崩壊面積率に対して、森林形態をなしている区域ではその約2分の1程度まで抑制されることが期待できそうである。

針葉樹・広葉樹の効果の違いについては事例の調査範囲（標高）や土壌厚が十分整理されていないことから明確な判断ができていない。今後、樹種による深根性・浅根性、落葉樹・常緑樹の違いに着目した調査を行う必要がある。

（砂防研究室）

<参考文献>

- 1) (社)砂防学会監修：砂防学講座第2巻土砂の生成・水の流出と森林の影響、山海堂、1993
- 2) 小山内信智・南哲行・竹崎伸司：平成7年7月北信越災害・姫川流域における山腹崩壊と植生状況の実態、平成9年度砂防学会研究発表会概要集, pp32-33, 1997
- 3) 建設省：緑の砂防事業に関する研究、第50回建設省技術研究会論文集, 1996
- 4) 建設省土木研究所急傾斜地崩壊研究室：急傾斜地崩壊の危険度評価に関する検討業務報告書, 1997

4. ダムの流入土砂量に対する治山、砂防事業及び植林の効果について

(質問)

砂防事業等で、山地流域を保全することにより、ダムへの土砂流入環境は変化すると考えられる。したがって、砂防事業、植林等の効果について、ダムの流入土砂量の算出にあたってある程度の効果を持たせることが必要と考えられるが、この件について御教示願います。

(徳島工事事務所)

(回答)

1. 植林の効果について

森林には一般的に、樹冠、林床植生による雨滴衝撃力緩和や、森林土壌による表面流発生抑制といった表面侵食の防止、また根系の作用による表層崩壊防止など、土砂生産を抑制する機能があることが知られている。

一方、流域内における崩壊地や裸地は、掃流砂やウオッシュロードの生産源であることから、山腹の荒廃斜面に対して植林などの植生回復を行い、土砂生産を抑制することによってダム堆砂量が軽減できることは想像に難くない。図－1は、滋賀県大津市の田上山腹工における流出土砂量の観測結果（鈴木ら 1989 水利科学別冊 N0.190 p95）であるが、植栽を実施した試験区では、施工後、年数を経て樹木の成長とともに流出土砂量が減少することを示している。

このように定性的には森林の機能は認められているが、森林の状況が流域内でも大きく異なる上、土砂の生産、流送、堆積には森林以外の地質、地形、降雨等の自然条件が複雑に関係することから、現段階では森林の影響を加味した流出土砂量の推定手法は確立されていない。従って、植林の効果をダム流入土砂量の減少として定量的に評価する有効な手法も確立されていないのが現状である。

参考として、川口、難波らにより、森林面積率を加味した発電用堰堤の年間堆砂量の推定式が提案されているので以下に示す。

(出典：森林の土砂流出防止機能 川口武雄著 昭和 61 年 (社) 日本治山治水協会)

$$E = 2.743 \times \frac{RP}{F} - 2.409$$

ここに、 E：年間堆砂量 (m³/ha/year)

R：起伏量 (100m、1/200,000、4 km 方眼)

P：年降水量 (100mm)

F：森林面積率 (%)

他の手法としては以下に示すとおり、崩壊地の緑化を図ることにより、堆砂量予測式中の崩壊地面積の項の値 (A_d) を減少させることで、植林の効果を評価する手法が考えられる。

江崎の式

$$V_d = 0.94I_t \cdot S + 1.33I_t \cdot A_d/A$$

V_d : 堆砂量

S : 貯水池末端における河床勾配

I_t : 貯水池末端の流入量で、日流量 Q について、 $Q \cdot S \geq 1$ の条件を満足する総流入量

A_d : 2.5万分の1地形図で計測した流域内の崩壊面積

2. 砂防事業効果について

過去の堆砂量調査に基づいて決定された計画年堆砂量に対して、豪雨などにより予想以上の土砂流出が発生することがあるが、その際に砂防施設の調節効果により、ダム流入土砂の平準化を図ることが砂防事業の効果である。

森林から溪流に流入した土砂の移動現象は、その流送形態によって、集合運搬（土石流）、掃流状集合運搬（土砂流）、各個運搬（掃流、浮遊）に分類される。土石流は土砂礫と水の混合物が一種の流体として高速で移動する現象である。土砂流は流れの下層に砂礫の集合流動層、その上層に水流の層を有する現象である。掃流は、土砂が河床上を滑動、転動、跳躍しながら移動する現象である。浮遊は、土砂が流水中に浮遊して移動する現象である。

砂防ダムの貯砂容量が土石流、土砂流、掃流によって運搬されてくる土砂量よりも大きければ、砂防ダムはそれらを確実に捕捉することができる。

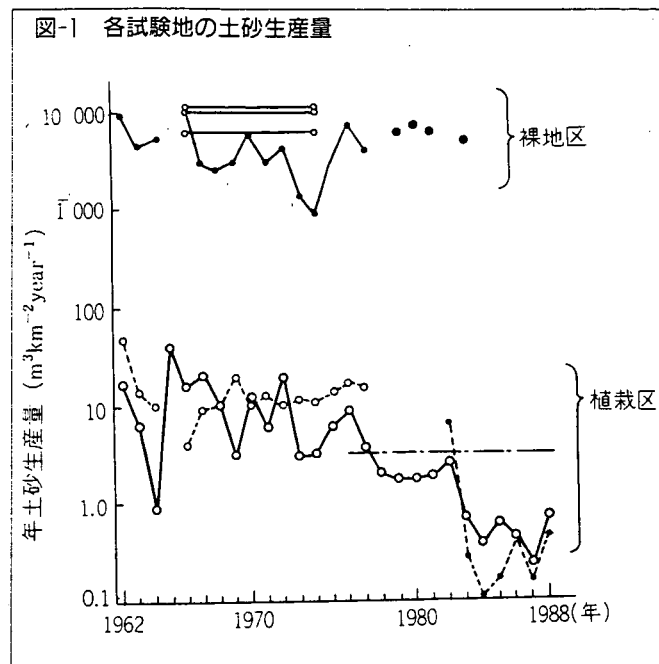
従って、砂防ダムは、粒径の大きな土砂を捕捉し、結果として浮遊砂のように大きさや重さが非常に小さい土砂の割合を高くした状態で下流に流砂を供給する。例えば、ある流域の砂防ダムの下流にある貯水ダムにおいて堆砂土砂を調査したところ、浮遊砂の成分（シルト・粘土質）が約50%程度占めていたことが報告されている。すなわち、これは砂防ダムによる土砂のふるい分け効果が、ダムの除石等の維持管理を容易にすることを示唆している。

ダムに流入する土砂を防止、軽減するといった砂防施設の定量的な評価のためには、出水毎の砂防ダムによる貯砂量、調節量、ダム流入土砂量の測量、並びにそれらの検証と水理量を変化させた場合の河床変動計算を行うことが望ましい。河床変動計算の方法は、溪流の流量ハイドログラフを設定した上で下記のような式を用いて流砂量を推定し、1次元河床変動計算を行うことが一般的である。その際、砂防ダムの効果は、配置されている砂防施設が不透過型ダムの場合、「砂防ダムの天端まで堆砂面がこない限り下流への流出土砂はない。」など条件を加えることで考慮することになる。

- | | |
|------|-------------------------------------|
| ①土石流 | ・・・・・・平衡濃度式（高橋式） |
| ②土砂流 | ・・・・・・平衡濃度式（水山式） |
| ③掃流 | ・・・・・・流砂量式（芦田・高橋・水山式（急勾配河川）、Brown式） |
| ④浮遊砂 | ・・・・・・流砂量式（芦田・道上の式） |

注. Brown式は一般に掃流砂と浮遊砂の両方の土砂量を含んだ量とされている。

（砂防研究室）



5. 施工中のトンネル切羽前方の地山状況予測手法

(質問)

施工中のトンネル現場では、支保パターンの変更が速やかに判定・実施されなければならない。しかし、切羽前方の地山状況については、計画・調査段階における地質資料と日頃の切羽観察のみから判断しており、支保パターンの予測は難しい。

施工中における切羽前方の地山状況を予測する方法について、御教示願いたい。

(香川工事事務所)

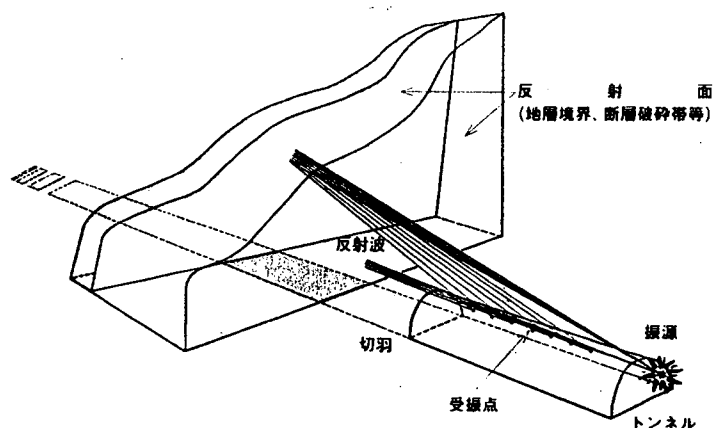
(回答)

切羽前方地山の状況を確認する手法としては、切羽からの先進ボーリングが一般的です。切羽前方の地山を直接手に取り確認できる最も確実な手法です。しかし、ボーリングの機械が切羽部を占拠するため、その間の切羽作業を休止するか、トンネルを拡幅してボーリング座を設置する必要があります。また、ボーリングは一次元の情報のため、トンネル延長における点の地山状況しか把握できない問題があります。

そこで、近年では、弾性波探査を利用した切羽前方探査手法が注目を集めています。HSP、TSP、レイリー波探査など、耳にされたことがあるかと思います。このうち、TSP はアンベルグ社（スイス）の商標名で、原理的にはP波の伝播特性を利用した HSP と同一のもので、ここでは応用範囲の広い HSP のことを中心に述べたいと思います。

HSP の正式名称は、「トンネル HSP (In-tunnel Horizontal Seismic Profiling)」です。これは、平成 5～7 年度にかけて、土木研究所と民間 11 社が共同研究で開発を進めてきたものです。

原理は、弾性波が密度変化の境界で反射する性質を応用したもので、弾性波の反射波が到達する時間差から、切羽前方にある地山の劣化部分（断層破碎帯や変質帯）を二次元的に解析することで、地山構造を予測することができます（図－1）。硬岩、軟岩でも適用可能で、切羽前方 100～200m 区間の地山状況を、数 m の誤差で面的に予測できます。検出



図－1 トンネル HSP の探査概念図

できる地質劣化部の限界幅は 10cm 程度です。現場探査も 1 日程度で終了するので、土・日曜日の週末を利用した探査が可能で、施工サイクルに組み込む形で実施できます。図－2 に、探査結果を示します。

しかし、探査結果を施工へ反映するには、探査結果の地質解釈をしなければなりません。原理的に、反射波が現れるのは密度が変化する部分に相当し、反射波の振幅は密度変化の

大きさを示すものと考えられていますが、切羽から距離が遠ざかるにつれて弾性波のエネルギーが減衰するので、反射波の振幅は小さくなります。それゆえ、一概に振幅から密度変化の大きさを評価できない問題があります。そこで、探査結果によって施工への影響を判断するには、既施工区間の地山状況と反射波との対比をおこなう必要がでてきます。反射波と既施工区間の地山状況との対比結果から、反射波を出現させる地山の特徴を把握するためです。具体的には、反射波としてあらわれているのが地山中の何（亀裂・変質部・断層破碎帯）に対応しているのか、明確にしなければなりません。この検討をした上で、はじめて反射波の位置や波形から切羽前方にある施工に影響を与える地質劣化部の位置を予測することができます。対比する地山状況は、火薬消費量・湧水量・掘進速度・支保パターン、切羽観察結果および先進ボーリングなどの地山区分などです。

以上のようにトンネル HSP を現場へ適用するにあたっては、日頃からの地質・施工記録データの整理が必要で、探査対象となる地山の問題点を明確にしておかなくてはなりません。地質が複雑なトンネルでは、先進ボーリングとトンネル HSP との併用が理想的です。

(地質研究室)

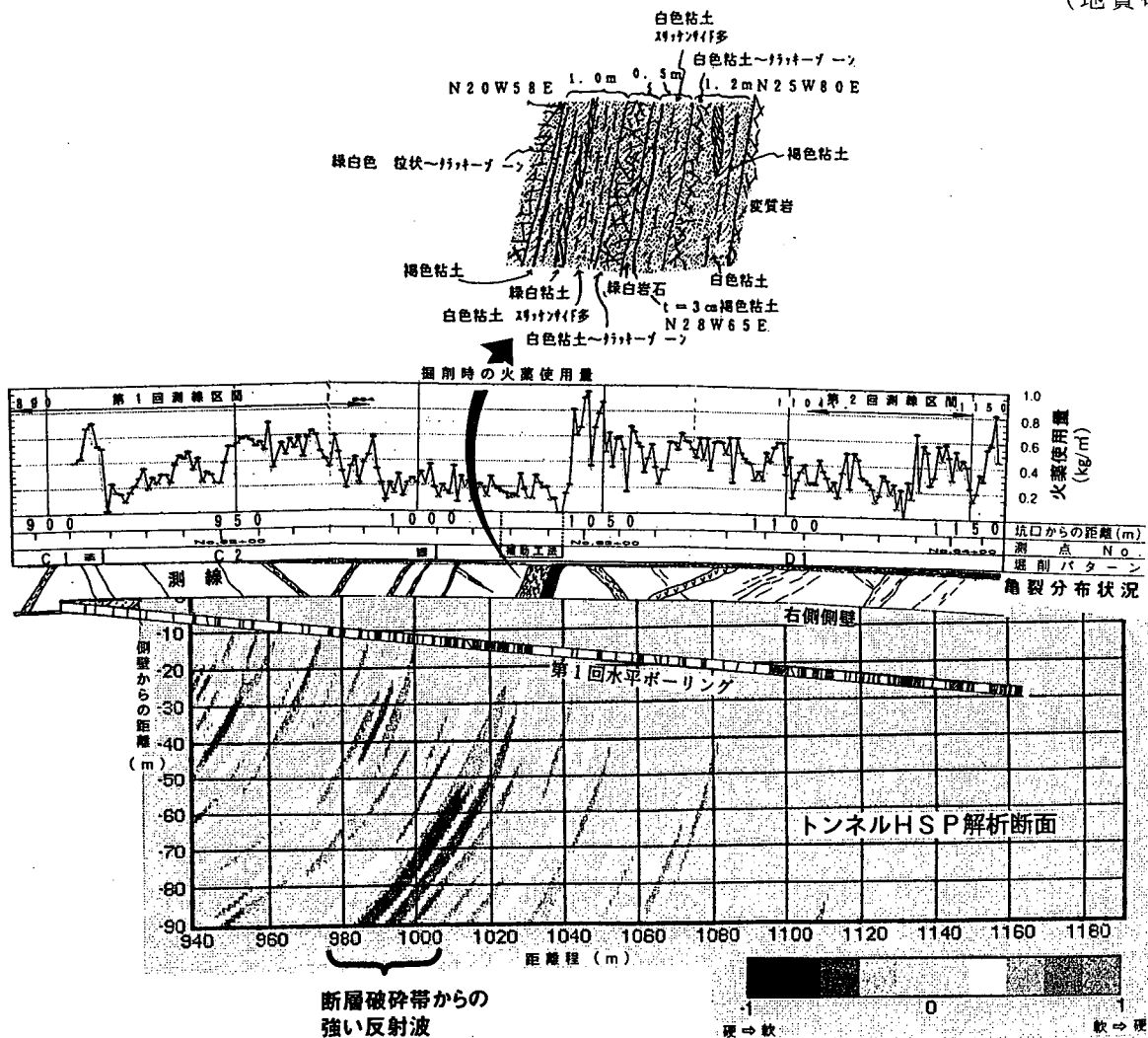


図-2 トンネル HSP の探査結果と地質・施工実績との対比図

道 路 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 低騒音舗装(排水性舗装)の設計及び維持	企画部技術管理課 日本道路建設業協会	舗装研究室	69
2. 排水性舗装の凍結抑制対策	企画部技術管理課 日本道路建設業協会	舗装研究室	70
3. 排水性舗装	企画部技術管理課 日本道路建設業協会	舗装研究室	71
4. 改質アスファルトを含む再生骨材の活用	企画部技術管理課 日本道路建設業協会	化学研究室	72
5. 道路土工指針の改訂	大洲工事事務所	施工研究室	73
6. 既設トンネルと新設トンネルの近接	土佐国道工事事務所	トンネル研究室	74
7. トンネル内空断面の標準化	香川県道路建設課	トンネル研究室	75
8. トンネル中央排水に高密度ポリエチレン管の採用の留意点	企画部技術管理課 日本土木工業協会	トンネル研究室	76
9. トンネル駐車帯の支保選定基準	企画部技術管理課 日本土木工業協会	トンネル研究室	78
10. トンネル工事から観た地下空間における作業環境	香川工事事務所	トンネル研究室	80
11. 既存トンネルの覆工と地山との空洞処理	土佐国道工事事務所	トンネル研究室	81

1. 低騒音舗装（排水性舗装）の設計及び維持

（質問）

昨今、沿道環境の保全を目的に車両の発する走行騒音を低減させる低騒音舗装の実績が伸びている。低騒音舗装として、通常排水性舗装が行われているが、その騒音低減効果は、

- ・ 交通条件（交通量、大型車混入量）
- ・ 混合物の空隙率
- ・ 混合物の骨材粒径
- ・ 施工厚

などで、異なってくると思うが、この先、低騒音舗装を適用する場合、上記に示すような要因を数値化して設計条件に組み込んでいくのかご教示願いたい。

また、すでに供用中の低騒音舗装において、空隙詰まりによりその機能が低下した場合の機能回復の技術開発についてはかなり行われているが、どこまで機能が低下したら機能回復を行うかというような維持管理基準についてご教示願いたい。

（企画部技術管理課、日本道路建設業協会）

（回答）

排水性舗装の騒音低減機能については、交通条件や、混合物の空隙率、骨材粒径、施工厚といった舗装の仕様を変えた試験舗装を施工し、追跡調査を実施しているが、初期の騒音低減効果や効果の持続性とこれらの設計条件との関係を定量的に把握できる段階には至っていない。

現在のところ判明している騒音低減効果を高める方法としては、粗骨材の最大粒径を小さくする、空隙率を大きくする、厚さを厚くするといったものがあげられる。しかし一方でこれらの仕様変更により、空隙が詰まりやすくなる、吸音効果が高くなるが耐久性が低下する、5 cm以上厚くしても効果の向上は期待できないという指摘もなされている。したがって、現段階では、最大粒径13mm、空隙率20%、厚さ4～5 cmで施工するのが適当であり、これにより3～5 dBの騒音低減効果が期待できる。

現状では、現場透水量試験が機能回復作業を行う際の唯一の評価指標と考えられている。現段階では、明確な判断基準は確立されていないが、おおむね300～500ml/15秒を下回ると機能回復効果は望めないと言われている。実用的な管理基準の確立のためにはさらなるデータの蓄積が必要である。

（舗装研究室）

2. 排水性舗装の凍結抑制対策

（質問）

一般国道の山間部において排水性舗装を施工したところ、雨天時の交通安全対策として効果があり、道路利用者に好評であるが、冬期の積雪時に通常舗装の区間と比較して融雪が非常に遅く苦慮している。良い対策方法があればご教示願いたい。

（企画部技術管理課、日本道路建設業協会）

（回答）

冬期の積雪時に排水性舗装の融雪が遅くなるのは、排水性舗装の空隙内部に雪や氷が入り込み、通常の舗装より舗装体の温度が低下してしまうため¹⁾などの理由が考えられている。

その対策としては、一般的な塩化物による凍結防止剤の散布等を除くと以下の方法が挙げられる（詳細については、参考文献を参照）。

①弾力性のあるウレタン系樹脂等を空隙に充填し、雪氷の付着を防ぐとともに、そのたわみ性を利用した凍結抑制舗装とする²⁾。

②不凍液等の凍結防止剤を空隙に充填した凍結抑制舗装とする^{1) 3)}。

なお、これらの方法の試験舗装における追跡調査によれば、①は比較的良好な結果を示しているが、充填した樹脂等が冬期以外において空隙に残存するため、排水性舗装としての機能を回復することが困難であると報告されている。また、②はゲル化した不凍液を除去することで排水性舗装の機能は回復するものの、凍結抑制の効果の持続性は3週間程度と報告されている。

どちらの方法も改良すべき点は多く、現段階では、排水性舗装の冬期の特性を良く理解し、パトロールの強化、凍結防止剤の早めの散布、除雪作業回数を増やすなど、排水性舗装用の特別な配慮が必要と考えられる。

（参考文献）

- 1) 吉野ほか：凍結防止機能を付与した排水性舗装について、土木学会第49回年次学術講演会、1994.9
- 2) 札幌市土木技術センターほか：凍結路面对策試験舗装報告書－冬期路面調査編－、1994.7
- 3) 鈴木ほか：排水性混合物を用いた凍結抑制舗装の検討、第6回北陸道路舗装会議技術報文集、1994.5

（舗装研究室）

3. 排水性舗装

(質 問)

- ① 排水性舗装のバインダーについて、何を基準として高粘度改質アスファルトと改質アスファルトを使い分けたらよいか。交通量区分でよいか。
- ② 粗骨材の単粒化、最大粒径など何がベストか。また、使い分けの基準は。
- ③ 高粘度改質アスファルトと改質Ⅱ型アスファルトで、耐久性（排水機能、わだち、飛散など）においてどの程度差が出ているか。
- ④ 機能回復作業について、どの時点でどのような機種を用いどの程度まで回復させればよいか。

(企画部技術管理課、日本道路建設業協会)

(回 答)

- ① (社)日本道路協会より発刊されている「排水性舗装技術指針(案)」(以下、技術指針とする)は、高粘度改質アスファルトを使用した建設省直轄国道や高速道路などの重交通路線における実績がその記述の基礎となっている。しかし、交通量の少ない道路の排水性舗装については、改質アスファルトを用いて施工し、良好な供用性を保っている例もある。現時点では、交通量と明確に対応した選定基準が定められるに至っていないが、B交通やC交通でも重車両が少ない区間については、アスファルト混合物のはく離抵抗性を確認した上で、改質アスファルトの適用について検討するとよい。
- ② 騒音低減効果のみを追求する場合には、最大粒径を小さくし、粒度範囲を狭めて単粒化することが望ましいが、それに伴い、空隙が詰まりやすい、碎石製造設備やアスファルトプラントの変更、分級後の余剰骨材の活用に関する検討が必要となる。また、扁平な石が多い場合には整粒機により骨材形状を整える必要があり、コスト上昇の要因となっている。これらの要因を総合的に勘案すると、現時点では6号碎石(13~5mm)で形状およびバインダとの付着性の良好なものを使用するのが適当と考えられる。
- ③ 改質アスファルトⅡ型を用いた試験舗装の数が少ないので明確なことは言いえないが、試験舗装が盛んに行われた平成2年頃に比べ、高粘度改質アスファルトの性能の向上が著しく、特に重交通道路に適用する場合には、骨材との付着性の差が排水性舗装の耐久性に与える影響は大きいものと考えられる。
- ④ 平成6~7年度の建設省技術評価制度において開発した機能回復機器4種類については、その開発目標である「現場透水量が300~500ml/15秒に低下した機能を800~1,000ml/15秒程度に回復できる」性能は満足している。この開発目標はおおよそ1~2年程度経過した排水性舗装の機能を、ほぼ施工直後のレベルまで回復することを想定している。機能回復を行う頻度についてはどの程度が最も効果的か、現在調査中であるが、300~500ml/15秒程度を下回ると、機能回復効果はあまり期待できないと言われている。

(舗装研究室)

4. 改質アスファルトを含む再生骨材の活用

（質問）

改質アスファルトを含む再生骨材を活用する方法として、一般の再生加熱アスファルト混合物に用いる場合と再生改質加熱アスファルト混合物に用いる場合の2通りが考えられる。

前者の場合はプラント再生舗装技術指針に準じた設計針入度の調整が適当と思うが、後者の場合には改質アスファルトの特性をあらわす設計タフネス・テナシティのような概念が必要に思うがご教示願いたい。

（企画部技術管理課、日本道路建設業協会）

（回答）

通常、前者のストレートアスファルト（ストアス）と同等レベルの再生加熱アスファルト混合物に再生する場合は、プラント再生舗装技術指針（再生指針）に示されているように、設計針入度の調整で良い。しかし、旧アスファルトの針入度が低かったり、再生混合物の配合率が高かったりすると、軟化点や伸度が品質からはずれることがあるので注意が必要である。

後者の改質発生材を再生改質加熱アスファルト混合物に用いる場合は、再生方法や規格、基準など公的に定められたものは現在ない。よって、再生改質加熱アスファルトの性状は、使用場所もしくは再生しようとするアスファルトの種類に応じて改質アスファルトと同等レベル程度に回復させるのが適当と思われる。しかし、針入度調整だけでは改質アスファルトの特長である軟化点や伸度、タフネス・テナシティが満足しない。設計タフネス・テナシティのような調整方法が確立されれば良いと思われるが今後の検討課題の1つである。従って、現在のところ、軟化点、伸度、タフネス・テナシティを考慮して針入度調整をするのが良いと思われる。再生方法として、改質アスファルトやストアスに改質材を添加したものなどが試験的に行われており、再生混合物用改質アスファルトが既に市販されている。最終的には混合物性状も判断して針入度調整をするのが良い。

なお、排水性舗装アスファルトコンクリート塊は、高粘度バインダーを使用しており、骨材粒度も単粒であるため、再生の可能性は今後の課題である。

（化学研究室）

5. 道路土工指針の改訂

(質問)

現在、もたれ式擁壁の安定の検討で、転倒に対しては合力作用点が底版中央の底版幅の $1/3$ 以内にはいるという条件で設計されているが、背面が良好な地盤における考え方をご教授願いたい。また、大型ブロック積み擁壁（練積）も同様にどうかご教授願いたい。

(大州工事事務所)

(回答)

昭和62年に発刊された「道路土工 擁壁・カルバート・仮設構造物指針」の改訂より10年以上が経過している。この間、補強土擁壁、プレキャスト擁壁、土圧低減工法等の新技术の開発、普及が著しく、これらの技術の土工指針への位置づけが必要になってきていること、さらには、関連する他の示方書や指針類との整合性を図る必要が生じていること、兵庫県南部地震を踏まえた耐震基準への対応を図る必要があること等の理由により、現在「道路土工—擁壁工指針」の改訂作業を鋭意進めているところである。

今回改訂する擁壁工指針では、もたれ式擁壁の設計の記述内容の一部修正を予定している。すなわち、従来の指針でのもたれ式擁壁の設計は、「重力式擁壁に準じることができる」としており、転倒に対する安定も、重力式擁壁同様に合力の作用位置が底版幅中央の $1/3$ 以内でなければならないとしている。一方改訂する指針では、転倒に関する検討は「重力式擁壁と同じ方法によって安定検討を行うことにする」としており、基本的には従来の指針と同じであるが、「一部の断面において擁壁の合力の作用点が所定の範囲を後方に外れていても、底版内に収まっていれば擁壁が後方に倒れることはない」と判断される」という記述を付け加えた。従って、ご質問にあるように、良好な背面地盤では合力の作用位置がミドルサードから後方に外れてよいというような大幅な変更にはなっていない。

また、大型ブロック積み擁壁は、従来のブロック積み擁壁に比べて剛性が高く、壁面に作用する土圧が大きいため、もたれ式擁壁とみなして設計するものとしている。この場合、当然のことであるが、背面地山の強度、健全度を十分調査することが必要である。

(施工研究室)

6. 既設トンネルと新設トンネルの近接

(質問)

既設トンネルと新設トンネルとはどの程度まで近接可能か御教示願いたい。

(土佐国道工事事務所)

(回答)

既設トンネルに近接可能な新設トンネルの距離は、新設トンネルの大きさ、新設トンネルの施工法、地形・地質条件、既設トンネル覆工の構造と健全度などによって異なり、また、既設トンネル防護のための対策を施すか否かによっても異なる。

地山を完全な弾性体として仮定した計算結果によれば、トンネルの中心間隔は掘削幅の2倍以上とれば相互の影響はほとんど無視できることがわかっているが、実際の地中における相互の影響については解明できない点が多い。このため既設トンネルに影響を与えずにトンネル掘削ができる中心間隔を一概に定めることは難しいが、新設トンネルの掘削幅の3倍程度確保できれば既設トンネルに影響を与えずに新設トンネルの掘削ができるものと考えられる。ちなみに、鉄道トンネルにおいては、既設トンネル覆工外面と新設トンネル工事との最短距離が新設トンネル外径の2.5倍以上あれば特に対策は必要としないことを基本とし、トンネル周辺の地質および既設トンネル覆工の健全度に応じて対策を必要としない最短距離の補正を行っている。

なお、上記に示した数値は既設トンネル防護のための対策を何も施さないで新設トンネルを掘削するときに必要な離れを示したものであり、既設トンネル防護のための対策、新設トンネル施工時における既設トンネルの監視を実施することにより近接可能な離れをさらに小さくすることは可能となるが、その場合には解析などにより既設トンネルに問題となる影響を及ぼさないことを十分検討する必要がある。

(トンネル研究室)

7. トンネル内空断面の標準化

(質問)

道路構造令の一部改正により、トンネル内の歩道の縮小規定が廃止されたことに伴い、トンネル断面は従来と比較して大断面化することが予想されます。

トンネル断面の決定は、内空幅、内空形状および内空縦横比（偏平率）等から決定されるものと考えますが、大断面トンネル等の断面決定には十分な知識と経験が必要と思われるので、トンネル設計をより簡便なものとするためにも、幅員構成別、地山条件別にトンネル断面の標準化が図れないものか御教示願いたい。

(香川県土木部道路建設課)

(回答)

トンネル内空断面を決定する場合に検討しなければならない要素としては、道路の規格と横断構成、建築限界と壁面の余裕幅、換気設備の必要空間、断面形状、偏平率などが挙げられる。このうち、道路の規格と横断構成については、横断面を構成する路肩、車線の幅員が道路規格によって異なり、また、歩道設置の有無、両側設置か片側設置かによっても断面構成が異なるため、考えられる横断構成の組み合わせは非常に多くなる。一方、建築限界と壁面の余裕幅、換気設備の必要空間についても厳密には幾つかの組み合わせが考えられるが、一般に採用される値の範囲はほぼ決まっている。また、断面形状、偏平率についてはこれまでの実績を参考にすれば採用すべき値などを定めることは可能となる。したがって、ある程度対象とするトンネルを絞って道路の規格と横断構成を決めればトンネル断面の標準化を図ることは可能と考えられる。

ただし、トンネル断面の標準化に当たっては、道路構造令の改訂が予定されているようでもあり、現在トンネルで採用している路肩の縮小規定の取り扱いなどが変更されることも考えられるので改訂の動きと調整を図りながら実施する必要がある。

(トンネル研究室)

8. トンネル中央排水に高密度ポリエチレン管の採用の留意点

(質問)

従来のコンクリート製有孔管に変わり、高密度ポリエチレン管が採用されつつあるが、ポリエチレン管を採用する上での留意点を御教示願いたい。

(企画部技術管理課 日本土木工業協会)

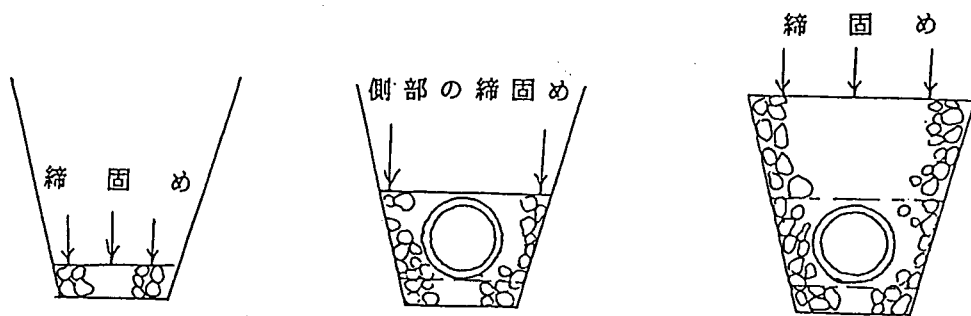
(回答)

高密度ポリエチレン管は従来のコンクリート製有孔管に比較すると管の剛性が低いため、採用に際しては工事中的車両の通行に対する管の安定性の確保とトンネル供用時に発生する管の変形量の抑制が重要となる。このため、一定の引張強度、偏平強度などが確保できる材質の管を使用することと、埋め戻し材からの側面抵抗土圧が十分確保できるような施工を行うことが必要となる。

使用する管の材質はこれまでのところ特に定められた基準等は見あたらないが、日本道路公団では表－１の仕様を満足するものを使用することとしており、これらの数値が参考となる。また、管周辺の側面抵抗土圧を確保するためには十分な埋め戻し材の転圧を行うことが重要であり、そのために埋め戻しは図－１に示すように３層以上（基層、側部、管の上面）に分けて行い、転圧回数は上部路床面のたわみ量が５ｍｍ以下となる転圧回数で、かつ転圧回数を変化させてもたわみ量がほぼ一定となるときの回数とすることが必要となる。

表－１ 高密度ポリエチレン管の材質

材 質	JISK6748(ポリレン成形材料)			
形状及び外観	押出成形による内面平滑外面波付の二重構造 管の色は原則として黒とする			
寸 法	平均内径:± 2%			
許容差	長 さ:-0%,+2%			
品 質	試験項目	試験法	単 位	規 格 値
	引張強度	JISK6761-16	kgf/cm ²	190 以上
	偏平強度	JHS710	kgf/m	管内径に対する偏平強度
				呼称内径 5%偏平 10%偏平
				150 170 以上 270 以上
				200 220 " 360 "
				250 270 " 450 "
				300 330 " 540 "
				350 380 " 630 "
				400 430 " 720 "
				450 490 " 810 "
				500 540 " 900 "
	浸漬試験	JISK6761-6	mg/cm ²	次の液に漬したときの 質量変化率 塩化ナトリウム溶液 ± 0.05 硫酸溶液 ± 0.05 硝酸溶液 ± 0.10 水酸化ナトリウム溶液 ± 0.05 エチルアルコール ± 0.40
	灰分試験	JISK6761-6	%	0.1 以下



図－１ 埋め戻し方法

(トンネル研究室)

9. トンネル駐車帯の支保選定基準

(質問)

トンネル延長が長い場合、トンネル中央部で駐車帯を設ける場合が多い。一般的にそれを設ける場所の岩質は安定した場合が多いが、まれに悪い場所に設けることもある。そのときの支保構造が曖昧と思われるが、補強鉄筋と合わせて考え方を御教示願いたい。

(企画部技術管理課 日本土木工業協会)

(回答)

非常駐車帯の支保構造については、現行の道路トンネル技術基準においても地山等級D I 以上の場合について地山等級別に示しているが、近年、トンネル断面の大断面化が進み、非常駐車帯と同規模の断面を有するトンネルが増えてきていることから、現在、建設省では地山等級D IIクラスも含めた大断面トンネルの標準的な支保構造の組み合わせとして内空幅に依じて表-1に示すものを参考に用いている。ただし、表-1に示した支保構造の組み合わせの適用が可能となるのは、図-1で定義される内空幅Wと高さHとの比 H/W （内空縦横比）が概ね0.57以上の場合であり、内空縦横比が0.57よりも小さくなる場合には別途検討する必要がある。また、補強鉄筋については、坑口部、換気ダクト、連絡坑などとの交差部においては覆工コンクリートの補強を目的に実施しているが、非常駐車帯部については鉄筋による補強は特に行っていない。

表-1 大断面トンネルの標準的な支保構造の組み合わせ

地 山 等 級	大断面Ⅰ（内空幅12.5～14.0m程度）									大断面Ⅱ（内空幅14.0～16.0m程度）									
	ロックボルト				鋼製支保工			吹 付 け 厚 (cm)	覆 工 厚 (cm)	イン バート 厚 (cm)	ロックボルト			鋼製支保工			吹 付 け 厚 (cm)	覆 工 厚 (cm)	イン バート 厚 (cm)
	長 さ	施工間隔		上 半 部	下 半 部	建込 間隔 (m)	長 さ				施工間隔		上 半 部	下 半 部	建込 間隔 (m)				
		周 方 向 (m)	延長 方向 (m)								周 方 向 (m)	延長 方向 (m)							
B	4.0	1.5 上半	2.0	なし	なし	—	10	40	—	4.0	1.5	1.5	なし	なし	1.5	15	40	—	
CⅠ	4.0	1.2	1.5	なし	なし	—	15	40	(45)	4.0	1.2	1.5	H150	H150	1.5	15	40	(50)	
CⅡ	4.0	1.2	1.2	H150	なし	1.2	15	40	(45)	4.0	1.2	1.2	H200	H200	1.2	20	40	50	
DⅠ	6.0	1.0	1.0	H150	H150	1.0	20	40	50	6.0	1.0	1.0	H200	H200	1.0	20	40	50	
DⅡ	6.0	1.0	1.0 以下	H200	H200	1.0 以下	25	40	50	6.0	1.0	1.0 以下	H200	H200	1.0 以下	25	45	55	

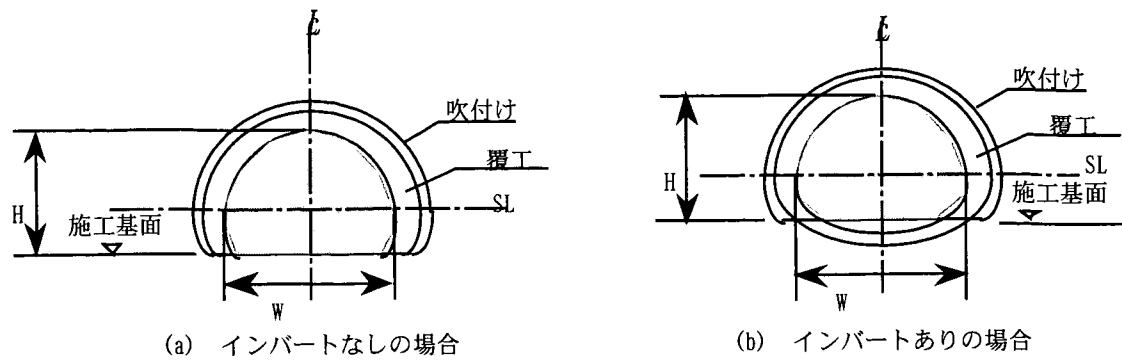


図 - 1 内空幅 H と高さ W の定義

(トンネル研究室)

10. トンネル工事から見た地下空間における作業環境

（質問）

トンネル工事など地下空間における作業環境の改善について、重機の排気、エンジンについては指針ができたが、他については明確な指針、基準がないのが現状となっている。今後、作業環境の改善について具体的な指針、基準（発破、人の呼吸、吹付、換気・集塵設備）を考えているか御教示願いたい。

（香川工事事務所）

（回答）

トンネル工事の施工にあたって、坑内の良好な作業環境を維持するために遵守しなければならない関係法令としては労働安全衛生法、同施行令、同規則、火薬類取締法、同施行令、同規則などが挙げられるが、法令以外に道路トンネル工事における安全を確保するために必要な技術的な留意事項や施工に必要な措置を示した指針として道路トンネル安全施工技術指針が平成8年10月に（社）日本道路協会から発行されている。本指針においては坑内の良好な作業環境を確保するために必要となる換気、照明、粉じん対策、騒音対策、振動対策などに関する留意事項や爆破作業時における注意事項なども詳細に示しているので、そちらを参考にされたい。

（トンネル研究室）

11. 既存トンネルの覆工と地山との空洞処理

(質問)

供用中の道路トンネルにおける空洞処理の工法と施工上の注意点について実例を含め御教示願いたい。

(土佐国道工事事務所)

(回答)

トンネル覆工背面に存在する空洞の処理工法としては、覆工コンクリートをコアボーリングで削孔し、注入パイプを取り付け、グラウトポンプより注入材を圧送することにより空洞を充填する工法が一般的に採用されている。注入材としてはエアーミルク、エアーモルタル、セメントミルクが一般に使用されるが、地下水以下の条件では一般的な一液性の場合には材料分離が生じ、適用が難しいため、水の影響を受けにくい二液性の適用を検討する必要がある。また、注入材は作用土圧および地盤反力を均等に伝える必要があり、そのための強度としては 10 kgf/cm^2 程度のものを用いるが、土砂地山などではこれより小さな強度のものを用いることもある。

施工上特に注意が必要なのは、注入圧の設定であるが、覆工背面の閉塞などによる圧力上昇に対してこれまでの実例では、覆工の設計基準強度および覆工巻厚が 45 cm 程度確保されていれば 2 kgf/cm^2 を管理値としている例が多い。覆工に変状がある、あるいは覆工強度または覆工巻厚が不足している場合は、注入圧の検討が必要となるが、事前に注入圧を計算で設定することは難しく、実際には注入時に覆工に変状が発生していないか目視で監視するとともに覆工の変位について内空変位計などによる監視を行っているのが現状となっている。この際、特に重要なことは、注入した注入材が他の注入孔（確認孔）からリークして、確実に注入材が回っていることを確認することである。また、覆工強度が不確定、不足と思われる場合、車を通行させながら施工する場合などは、吹付けコンクリート、セメントル等により覆工の補強を行ってから注入を実施している例が多い。

以上の他、施工上の注意点としては以下のことが挙げられる。

- ① 注入中は、常に注入量、注入圧を計測監視する
- ② 湧水、覆工からの漏水および注入材の逸出について広範囲にわたり巡回監視する
- ③ 地形、地質によって地盤および周辺構造物などに変状を及ぼすおそれがある場合は必要に応じて変状測定方法や対策を十分検討しておく
- ④ 充填状況は、施工完了後速やかに注入管理記録などにより判定するものとし、必要に応じてボーリングなどにより確認する

次に、覆工厚さが不足している箇所があった場合の対策工法であるが、トンネル内空断面に余裕があり覆工厚さの確保が容易な場合は、既設覆工にコンクリートを打ち足すことにより断面を増加させて耐力の増強を図ることが望ましく、補強セメントルと組み合わせた事例もある。内空断面に余裕がない場合で、覆工の小規模な剥離、剥落の防止、覆工の曲げ耐力の向上を図りたい場合には、覆工内面に炭素繊維シート、ガラス繊維シート、鋼板

を接着する工法が考えられるが、本工法の場合は圧縮力を受ける箇所の補強効果は期待できないため適用に当たっては補強効果の目的を明確にして検討する必要がある。

(トンネル研究室)

1. 工事振動の影響範囲

(質問)

近年市街地における工事で、住民の苦情が多く、どの範囲まで調査を行うか判断に苦慮している。
構造物とりこわし及び矢板等での仮締切り工事等を行うことによる振動影響範囲を決定する諸基準があればご教示願いたい。

(企画部技術管理課、香川県建設技術センター)

(回答)

振動影響範囲を決定する方法に基準はありませんが、振動影響範囲を推定する方法は、下記の方法があります。

振動の予測方法には、計算による方法と、予備試験による方法があり、より精度の高い振動予測が要求される場合は後者の方法を用います。

①計算による方法

振動の予測を計算で行う場合は、(1)式を用いる。基準点における振動レベルは L_{vr0} は表—1を参考に設定する。

$$L_{vr} = L_{vro} - 20n \log_{10}(r/r_0) - 8.68\lambda(r-r_0) \quad (1)$$

$L_{vr} = 20 \log u$: 予測点における振動レベル(dB)

$L_{vro} = 20 \log u_0$: 基準点における振動レベル(dB)

実際の予測においては、表面波と実体波の複合した波と考え、 $n = 0.75$ とし、 λ として次の値を用い、周波数 f を考慮しないのが一般的である。

関東ローム層 : 0.01

砂礫層 : 0.01

粘土、シルト層 : 0.02~0.03

軟弱シルト層 : 0.04

造成地盤 : 0.03~0.04

※(社)日本建設機械化協会“建設作業振動対策マニュアル”による

計算による振動予測のもう一つの方法に、過去の測定例を参考にする方法がある。しかし、実際に観測されたデータには、現場の条件による色々な要素がはいっており、適用する時には注意が必要である。詳しくは、“「建設作業振動対策マニュアル」(社)日本建設機械化協会”および“「建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック」(社)日本建設機械化協会”を参照して下さい。

なお、目安として、直接的に地盤に力を加える基礎工事用機械などでは、地盤が硬くなるほど、

振動が大きくなり、設置型の機械や走行に伴って振動を発生する機械などでは、地盤がやわらかいほど、振動が大きくなる傾向にあります。

(2) 予備試験による方法

これは、本格的な工事施工にはいる前に、小型の振動源を用いて振動の伝搬の特性を把握しようとするものである。時には、基礎工事における試験ぐいのように、実際の振動源となる機械を用いる場合もある。この方法では、振動が問題となる地点が明確な場合に有効であり、振動の伝搬の性状がわかることから、地盤の状況に関しての知見を得ることもできる。実際の機械を用いない場合であっても、振動の伝搬性状の似た現場の実測例を参考にして、振動予測の向上を図ることができます。

(機械研究室)

表 / 主要な建設作業による振動レベル（鉛直方向、単位dB）

工種	建設作業		建設作業機器からの距離(m)						
			5	7	10	15	20	30	40
土工	ブルドーザ	9～21t	64～85		63～77		63～78		53～73
		60, 40 t	64～74	63～73					
	トラクタショベル		56～77		53～69		43～63		
	油圧ショベル		72～83		64～78		58～69		54～59
			69～73	66～72	64～66	58～62		43～58	
	スクレープドーザ		88		77		67		58
	振動ローラ			52～90		44～75		43～68	
	振動コンパクタ			46～54		40～44		43	
掘削工・土留工	ディーゼルハムマ		～2 t	75～80		61～74		52～68	
			2～3 t	72～84		70～81		56～72	
			3～4 t	76～89		73～85		89～73	
			4 t～	70～91		63～72		61～72	
	ドロップハンマ			63～89		54～80		65～83	
	油圧ハンマ	6.5 t		85～88		70～83		61～81	
		8～8.5 t		85～91		67～88		59～79	
	バイプロハンマ	～30kV		71～77		61～71		51～58	
		30～40kV				70～75		60～69	
		40kV～		72～92		69～88		53～79	
	アースオーガ			50～61		44～57		40～47	
	アースドリル	20 t 級機械式		59～67		54～60		50～52	
		30 t 級油圧式		58～61		45～55		40～51	
	オールケーシング掘削機	1300mm クローラ式		57～68		49～67		43～59	
		2000mm クローラ式		53～68		50～63		46～58	
	リバースサーキュレーションドリル	1500～4000mm 発動発電機		61～68		51～64		41～54	
		3000～3500mm 発動発電機		44～60		43～50		40～42	
	プレボーリング工法			50～64		41～61		38～59	
	中掘工法			43～62		41～59		37～55	
軟弱地盤処理工	サイドドレーンバイプロ50～120kV		75～91		62～87		65～78		57～71
	サンドコンパクションバイプロ60kV			70～81	84	65～75	83	65～74	69
	サンドレーンドロップハンマ2 t		65～88		81		59～69		
	DJM工法2軸				82		69		
	重錘落下締固め				72～104	71～98	71～97	72～91	77～87
構造物取壊し工	大型ブレーカ	200～400kg		66～77				62～70	
		600kg		63～75		55～60		46～50	
	大型油圧ブレーカ				69～82		56～65		53～56
	コンクリート圧砕機油圧圧縮式			48～55		46～58		34～49	
	コンクリート圧砕機油圧ジャッキ式			41～46		38～42			
構造物取壊し工	コンクリートカッター自走式80cm			42～48		40～44		40～41	

2. 可とうセグメントの設置について

(質問)

下水道のシールドトンネルにおいて、マンホールと管渠の接続部に耐震性の向上を図るため、可撓性セグメントを使用する場合、その設置位置についてのご教示願いたい。特に、シールドの発進部や到達部の防護などのためにマンホールの周辺で地盤改良を行った場合には、可撓性セグメントをマンホールとシールドトンネル間、または、改良地盤と未改良地盤との境界部などに設置することが考えられるが、どの位置に設置するのが適当かご教示願いたい。

(松山市下水道部)

(回答)

地下埋設構造物の地震被害は、一般に地盤ひずみが大きく生じやすい地形・地盤条件の変化部や立坑とトンネルの接合部など地震時の両者の振動特性が異なるために大きな相対変位が集中する構造条件の変化部で生じやすい。また、液状化やこれに伴う地盤流動による大規模な地盤変状によっても地下埋設構造物は被害を受けやすい。

図－１は、1983年の日本海中部地震の際に見られた下水道管渠の被害形態を示したものである¹⁾。主に液状化に伴う大きな地盤変状によって、マンホールや管渠に亀裂・破損、目地開き等の被害が多く見られた。また、1985年に発生したメキシコ地震では、建設中の下水道用のシールドトンネルにおいて、図－２に示すように立坑とトンネルの接合部でリング継手のボルトが切断し、セグメントリングにずれが生じるという被害を生じた^{2) 3)}。これは、立坑とトンネルの振動性状の違いによって相対変位が生じたためと推定されている。さらに、1995年の兵庫県南部地震では、規模の小さいものも含むが、約1700の被害箇所のうち約半分に管渠の被害が確認されており、このうちの70%がマンホールに近い位置(2 m以内)で発生している⁴⁾。また、マンホール本体についても、約700の被害箇所のうち約35%に管口部や側壁下部の破損被害が生じており、マンホールと管渠の接合部付近に被害が集中したことが明らかにされている。

このようなことから、例えば共同溝設計指針では、共同溝の耐震計算は軟弱地盤部や地盤条件変化部又は特殊な構造となる箇所について行うとともに、軟弱な地盤、地盤急変部又は液状化発生のおそれのある地盤に設置される共同溝や他の構造物と一体となるような共同溝及び構造変化部には、原則として、可撓性継手を用いるのが望ましいこととされている⁵⁾。

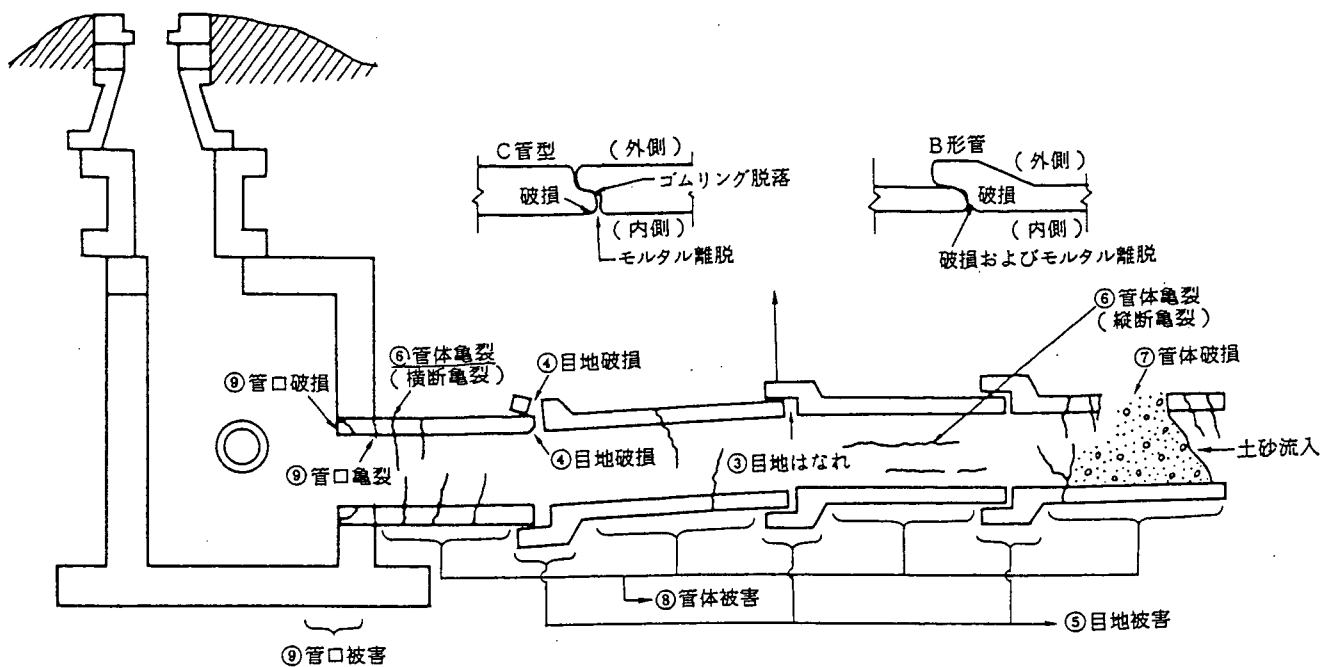
今回の御質問の件は、シールドの発進部や到達部の防護などのためにマンホールの周辺で地盤改良を行った場合に、可撓性セグメントをどの位置に設置するのが適当かということである。可撓性セグメントは、マンホールとトンネルの振動の違いによって生じる相対変位を吸収するためのセグメントであり、一般に、マンホールとシールドトンネルの接合部に設置するのがよいと考えられる。ただし、今回のようにシールドの発進部や到達部において地盤改良を行った結果、地震時にマンホールと改良地盤が一体となって振動し、改良地盤と未改良地盤の境界部に大きな地盤ひずみの発生が予想される場合には、ここに可

撓性セグメントを設置するのがよいと考えられる。可撓性セグメントをどちらに設けるのが適切かは、地震時に生じる構造物間の相対変位の大きさや地盤ひずみの大きさによって異なってくるので、当該地盤条件や地盤の改良度合いに応じて相対変位や地盤ひずみの大きさを検討して定めるのがよい。

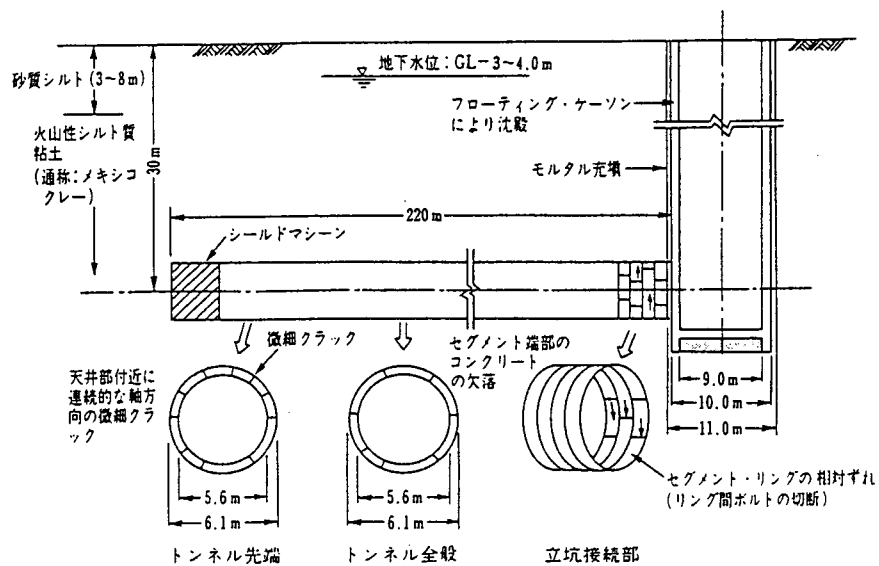
(耐震研究室)

【参考文献】

- 1) 建設省土木研究所：昭和58年日本海中部地震による下水道管路施設の被害調査、土木研究所資料第2244号、昭和60年3月
- 2) 田村重四郎、伯野元彦、家村浩和、竹内幹雄：1985年メキシコ地震の震害、土木学会誌、Vol. 71、1986年12月
- 3) 川島一彦編著：地下構造物の耐震設計、鹿島出版会、1994年6月
- 4) 建設省土木研究所：平成7年(1995年)兵庫県南部地震災害調査報告、第10編下 水道施設の被害、土木研究所報告第196号、平成8年3月
- 5) 日本道路協会：共同溝設計指針、昭和61年3月



図－1 1983年日本海中部地震による下水道管渠の被害形態¹⁾



図－2 メキシコ地震における下水道用シールドトンネルの被害^{2) 3)}

3. 鋼矢板欠損部の施工方法について

(質問)

鋼矢板施工の土留めにおいて、埋設物による鋼矢板の欠損部が大きい場合、どのような防護方法があるか御教示願いたい。

(松山市下水道部)

(回答)

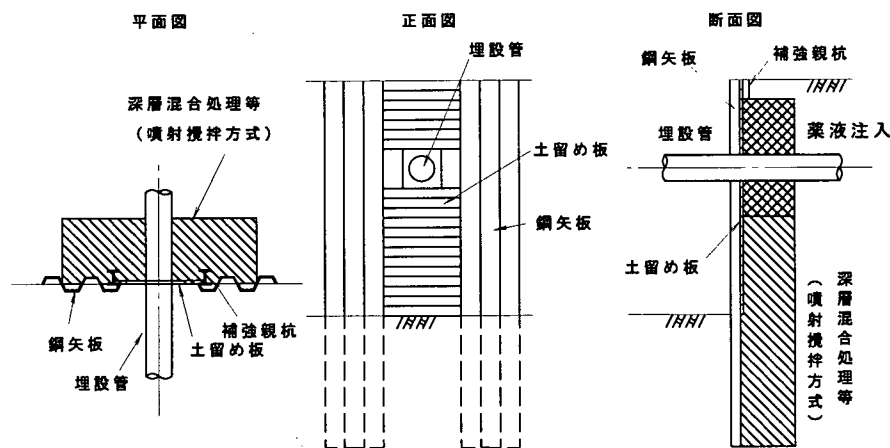
鋼矢板等連続性の土留め壁が埋設物等のために欠損部を生じた場合は、その土留め壁と同等以上の安全性を有する補強工法を採用し、欠損部が弱点となることのないよう慎重に施工しなければならない。

欠損部の補強工法は、埋設物の管理者等関係機関と協議の上、欠損部の規模、掘削箇所の土質条件、地下水の状況、周辺の環境条件等を総合的に判断して決定しなければならない。

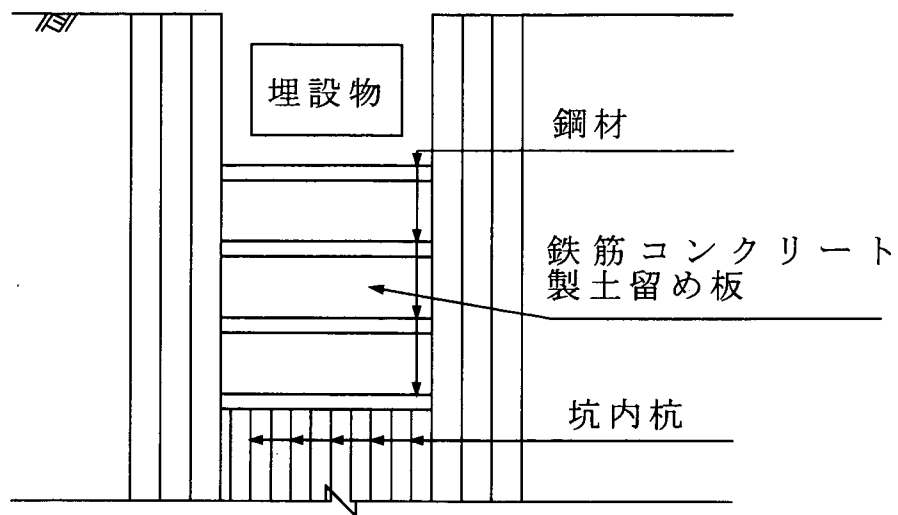
補強方法としては、地盤改良と土留め板等を併用する方法などが用いられる。

地盤改良は、通常、噴射攪拌方式等が用いられるが、埋設物を圧力で痛めないように、埋設物付近では薬液注入等を用いて慎重に施工する必要がある。

土留め板は、埋設物が小規模の場合には図－１に示すように横矢板が用いられるが、埋設物が大規模の場合には、図－２に示す鉄筋コンクリート構造や鉄骨コンクリート構造が用いられる。また、埋設物からの深さが深い箇所には坑内杭が用いられる場合がある。



図－１ 土留め板を用いた補強例



図－２ 坑内杭と鉄骨コンクリートを用いた補強例

(基礎研究室)

4. 地下掘進工事における地盤変動の簡略的な把握

(質問)

東京都をはじめと各自治体並びに営団地下鉄など企業体は地下掘進工事における地盤変動の挙動の把握につとめられている。本市においても事業の遂行とともに地盤変動把握に苦慮しております。簡略化した数値等はないか、現場実務において即対応できないか御教示願いたい。

(松山市下水道部)

(回答)

地下掘進工事における地盤変状の予測方法は、トンネルの掘削工法(シールド、NATM)によって異なるが、ここでは下水道工事を初めとする都市部でのトンネル工事における採用が多いシールド工法を用いた場合の地盤変状予測技術の現況について述べる。

シールド工事における地盤変状は、シールドの位置との関係によって大きくは5段階に分けて発生し、①シールドの切羽が到達するかなり以前に発生し、地下水位の低下による圧密沈下が原因となる先行沈下②切羽の通過直前に発生し、切羽の土水圧に対する制御圧力の過不足に起因する切羽前沈下③シールドの通過中に発生し、余掘り、蛇行、スキンプレートと周辺地山との摩擦などが原因となる通過時沈下④テールボイドの発生時の応力解放により発生するテールボイド沈下⑤掘進に伴う地山の緩み、乱れなどが原因となり、軟弱な粘性地盤に見られる後続沈下から構成される。したがって、シールド工事における地盤変状を正確に予測するためには、シールドの各施工段階における掘進、推進、テールボイドの発生、裏込め注入などが考慮され、予測に必要な入力物性値が正確に決定されることが必要であり、しかも3次元モデルで取り扱われることが望まれる。また、対象とする地盤が軟弱な地盤となる場合には圧密沈下を考慮する必要がある。

このような条件を満足する予測解析技術としては現在では応力・浸透流連成解析を取り入れた3次元の有限要素法解析の適用が考えられるが、解析の煩雑さに加えて、シールドやセグメントとの境界での地盤の挙動、裏込め注入による地盤変状の抑制効果などが十分に解明されていないため、実務としては地山を線形弾性体と考えた2次元モデルに掘削相当外力の概念を取り入れた有限要素法解析が一般に用いられている。この解析方法においては、地盤の掘削、シールド通過後のテールボイドの発生、裏込め注入、セグメントの耐荷挙動という一連の過程における挙動をすべて掘削相当外力に総括し、トンネル掘削予定部に掘削相当外力を作用させたときの地盤変状を求めてこれをトンネル掘削による変状と考えている。掘削相当外力は全地中応力にある応力解放率を乗じて設定する方法が一般的であるが、全地中応力から泥水圧あるいは裏込め注入圧を差し引いた値に応力解放率を乗じて設定する方法もあり、何れの場合も応力解放率の値は施工前の段階では類似地質で類似の施工現場における実測変位から逆解析により求めた値を参考に設定することになる。また、解析に必要な入力物性値は原位置試験あるいはサンプリングコアを用いた土質試験から設定することになる。

なお、施工段階においては掘削初期段階で得られた施工データを基に、応力解放率や地山物性値の同定を行い、予測解析の精度を向上させることも必要である。

(トンネル研究室)

5. コンクリート構造物におけるアルカリ骨材反応劣化に対する最近の補修実績

(質問)

最近の補修実績事例を御教示願いたい。

(水資源開発公団香川用水管理所)

(回答)

アルカリ骨材反応によって被害を受けたコンクリート構造物の補修は、建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」においてとりまとめられたアルカリ骨材反応被害構造物(土木)の補修・補強指針(案)を基本として行われている。

しかしながら、アルカリ骨材反応とそれ以外の原因によるひび割れ部の補修と明確な分類が行われていない場合が多いのが現状であり正確な補修件数は把握されていない。ある調査結果では、平成6年度から平成8年度におけるアルカリ骨材反応で劣化したコンクリート構造物の補修件数は、186件で事業者、構造物、部位毎の割合は、表のとおりである。

表 コンクリート構造物の補修件数

		平成6年度	平成7年度	平成8年度	合 計
事業者	国	3	3	9	15 (8.0%)
	地方自治体	50	58	57	165 (88.8%)
	公団等	2	1	0	3 (1.6%)
	その他	0	3	0	3 (1.6%)
構造物	橋梁	38	58	55	151 (81.2%)
	トンネル・ロックシェッド	3	0	0	3 (1.6%)
	その他	14	7	11	32 (17.2%)
部位	橋脚・橋台	20	31	36	87 (46.8%)
	床版	10	12	6	28 (15.1%)
	地覆	3	7	5	15 (8.1%)
	高欄	1	4	1	6 (3.2%)
	その他	21	11	18	50 (26.8%)

6. 地下排水溝に使用するフィルタ材の粒度規定・品質

(質問)

地下排水溝のフィルタ材の選定において、目づまり防止の観点からどのような材料を選定すべきか、ご教示願いたい。

(日本道路公団 四国支社 池田工事事務所)

(回答)

フィルタ材料の選定基準に関しては「道路土工-排水工指針」に記述がある。

基本的に、フィルタ材料は集水管設置の際の埋め戻し材として管周辺に配置され、路床土の流亡に起因する集水管の詰まり防止のために施工される。そのためには、機能を長く維持させるため、以下の粒度条件を満たす材料を用いることが望ましい。

- 1) (フィルタ材料の15%粒径/路床土の85%粒径) < 5 ……周辺材流亡防止のための基準
- 2) (フィルタ材料の15%粒径/路床土の15%粒径) > 5 ……透水性の確保のための基準
- 3) (フィルタ材料の85%粒径/有孔管の孔の径) > 2 ……管内に侵入しないための基準

加えて、定量的な基準ではないが、フィルタ材料の粒度曲線は、路床土の粒度曲線とほぼ平行であること、風化、溶解、スレーキングなどを起こしにくい材料であることが望ましいとされている。

通常、このような材料を現場周辺で確保することは難しいため、粒度配合のよい天然の砂利や、粒度調整をした砂利、碎石など、購入材を用いることが望ましい。しかし、現場周辺で1)の条件を満足しない、粒度の粗い材料が得られた場合には、ジオテキスタイルフィルタを併用する方法もある。

ジオテキスタイルフィルタは、高い透水性が保持でき、路床土の流亡防止効果が期待できるため、図-1のように地下排水溝のフィルタ材として使用可能である。これらは、工業製品であることから、材料の入手の容易さ、品質の安定性、施工性などに優れており、建設省から「河川護岸用吸い出し防止シート」として品質評価されているものは、上述したフィルタ機能に加え、長期耐久性も問題ないと考えられる。上記の評価制度で検討される評価基準を以下に示す。

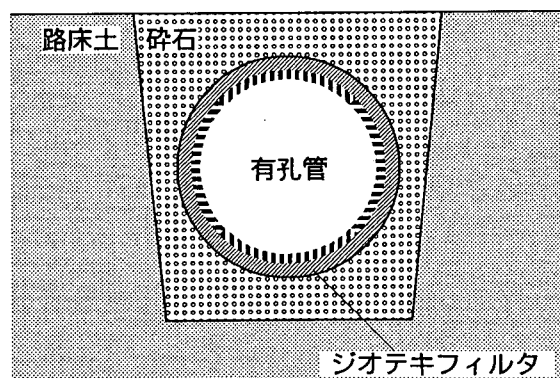


図-1 施工概要図

1)(ジオテキスタイルフィルタの開孔径／周辺土の85%粒径)<1……周辺土流亡防止のための基準

周辺土流亡防止のための基準では、ジオテキスタイルフィルタの目の細かさを表す開孔径が、周辺土の85%粒径より小さい必要があると規定している。開孔径は開孔径試験によって求められる値で、振動させたジオテキスタイルフィルタにガラスビーズと水を通過させたときの、通過分ガラスビーズの95%粒径である。

2)(ジオテキスタイルフィルタの透水能)>10(周辺土1cmの透水能)

……透水性の確保のための基準

透水性確保のための基準では、ジオテキスタイルフィルタの透水能が、周辺土の透水能の10倍以上を保持している必要があると規定している。透水能は、透水係数を対象物の厚さで除したもので、対象物の絶対的な透水能力を表す値であり、以下の式により計算する(試験機を図-2に示す)。

$$kv = 2.3 \frac{a \times L}{A(t_1 - t_2)} \log \frac{h_1}{h_2} \quad \psi v = \frac{kv}{L}$$

kv: 透水係数(cm/s), ψv : 透水能(1/s)

a: スタンドパイプの断面積(cm²)

A: 試料部の透水面積(cm²), h₁: 時刻t₁における水頭値(cm)

L: 試料の厚さ(cm), h₂: 時刻t₂における水頭値(cm)

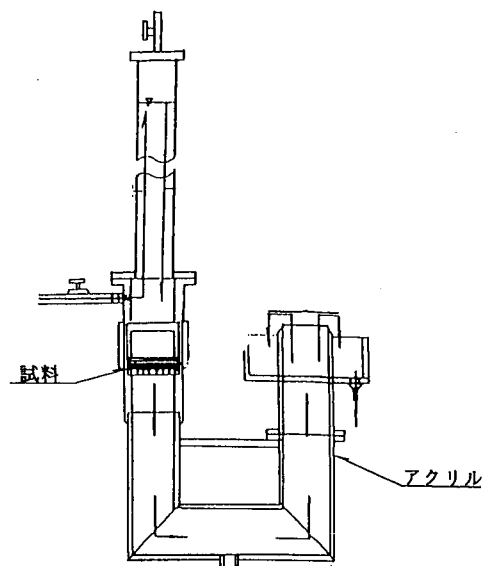


図-2 透水試験機

3)(引張り強度)>0.2(tf/m)

……破損防止のための基準

破損防止のための基準では、施工中、供用中の破損を生じない十分な強度を有していることを規定している。

4) 長期にわたって目詰りを発生しないこと。

耐目詰り性に関しては、スタンドパイプ中にジオテキスタイルフィルタと土試料をセットし、注水、通水、排水のパルスをも100サイクル繰り返すことで、透水性の低下特性を調査する。試験条件は以下の通りである(試験機を図-3に示す)。

① 動水勾配: 試験は動水勾配8.0の条件下で実施

② 試験回数: 試験は目詰り現象の傾向を確認するため、パルスをも100サイクル作用させ、3回実施し平均的な傾向を示す結果を採用

③ 土試料: 土試料は江戸崎産で実際の堤体土(砂質土)に用いているものを使用

5) 化学安定性、耐候性、耐燃性、均質性、施工性、経済性において優れていること

・ 化学安定性に関しては、試料を試験液に完全に浸して、250, 500, 750, 1000時間後の、引張強度の低下を計測して試験を行う(JIS K7114プラスチックの耐薬品性試験方法に準拠)。試験液は、蒸留水、塩化ナトリウム溶液、水酸化カルシウム溶液、水酸化ナトリウム溶液、硫酸溶液、塩酸溶液の6種である。

・ 耐候性に関しては、試料を促進暴露試験装置にセットして行う（JIS A1415プラスチック建設材料の促進暴露試験方法に準拠）。試験は、光源の種類をWS型、ブラックパネルの温度を $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$ とし、スプレーサイクル120分中18分で行う。試験開始から、100, 200, 400, 1000, 2000hr後ごとに3個以上の試料片について、引張試験を行い強度の低下を計測する。

以上の基準を満たすジオテキスタイルフィルタは、高い透水性や路床土の流亡防止効果が確保され、長期耐久性についても問題ないことから、地下排水溝のフィルタ材として用いることが可能であると考えられる。

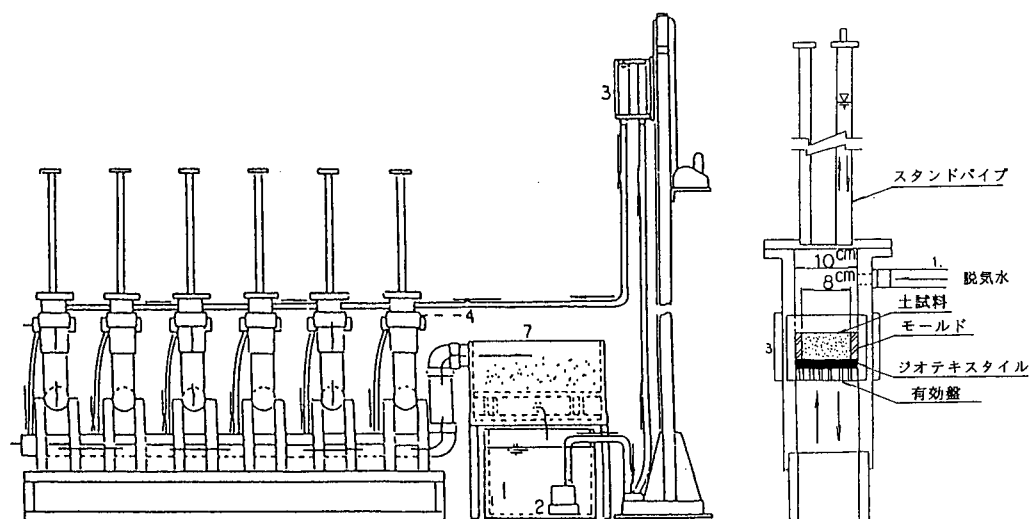


図-3 目詰り試験機

(土質研究室)

7. ブロック積み基礎工の施工

(質問)

道路等の施工におけるブロック積み基礎について、急峻な沢地形等では、地形なりの勾配で道路を施工すると、ブロックの据え付けに際して基礎上に嵩上げの捨てコンクリートを多量に要するなどの障害が生じるため、基礎を階段状に施工する必要があると思われるが、この場合の勾配はどの程度の勾配とすべきか。

また、その場合の階段状基礎の段差は、どの程度まで付けてよいかご教授願いたい。

(日本道路公団四国支社池田工事事務所)

(回答)

ブロック積み擁壁に限らず擁壁の基礎は、水平に施工することを原則としている。道路が勾配をもつ場合においても、設置位置から決まる根入れ深さを目安として水平になるように基礎底面を掘削し、基礎を階段状にして段差を設けることで勾配への対応をはかることが望ましい。

また、段差の程度について決まったものはないが、設置位置によって決まる根入れ深さが確保されること、施工手間からみて同じ直高からなる1ブロックの延長長さがあまり短くならないことを考慮に入れて、段差の程度を決めることが望ましい。段差の高さは、擁壁の連続性から積みブロック1個の高さの倍数となるようにする。

(施工研究室)

8. NATM二次覆工コンクリートに発生するひびわれ

(質問)

近年山岳トンネルのほとんどがNATMで施工されている。二次覆工は全断で打設するのが通常であり、周長約20m程度となり、一次覆工による拘束・温度変化による応力によりひびわれの発生しているトンネルが多くある。ひびわれ発生防止策と発生後の補修基準、補修方法について御教示願いたい。

(企画部技術管理課 日本土木工業協会)

(回答)

外力の作用以外に二次覆工コンクリートにひびわれが発生する原因としては、①コンクリートの硬化温度の降下による温度収縮②トンネル内温度の降下による温度収縮③トンネル内湿度の低下による乾燥収縮が考えられ、特に、湧水の多い区間や外気の影響を受けやすい坑口付近や延長の短いトンネルでは、ひびわれが発生しやすいため十分な対策の検討が必要となる。

ひびわれの発生防止策としては、以下のものが考えられる。

- ①吹付コンクリートと覆工コンクリートとの間に縁切りシートなどを入れ、縁切りを行う
- ②コンクリートに膨張性混和剤や収縮低減剤を添加する、流動化剤を用いて単位セメント量や単位水量を減少させるなどによりコンクリートの品質を改良する、あるいは金網を用いる、鋼繊維などを混入するなどによりコンクリートの材質を改良する
- ③あらかじめ特定の箇所にはひびわれ誘発目地を設ける
- ④坑内温度、骨材温度などを低下させてコンクリートの練り上がり温度を低下させる、坑内湿度の低下を抑制するなどによりコンクリート打設環境を改善する

このうち、①の吹付けコンクリートとの縁を切る方法は最も効果的な方法とされており、各現場で採用されているが決定的な対策とはなっていないのが現状であり、各現場の状況に応じて他の可能な対策を併用することが望まれる。

ひびわれが発生した場合の補修基準は現在は特に定められたものは無く、各現場の状況に応じて補修を行っているのが現状であるが、ひびわれの補修を行う場合の基本的な考え方は以下になる。

まず、ひびわれの観察あるいは計測を行い、ひびわれが進行していないかを確認する必要がある。一般にひびわれの進行は遅い場合が多いため、半年から1年ぐらいの観察・計測期間は必要かと思われる。外部拘束、温度変化による応力が原因となるひびわれであれば1年以上にわたって進行することは少ないため、ひびわれの進行が見られる場合には外力の作用など別の要因を考えてみる必要がある。次に、観察・計測の結果、ひびわれの進行が無いことが確認された場合にはひびわれの補修方法を検討することになるが、外部拘束、温度変化により発生したひびわれは覆工の力学特性に影響を及ぼすことはほとんどないため、補修の目的は覆工の腐食因子の進入防止、鉄筋防錆が中心となる。具体的には、

エポキシ樹脂系あるいは無機系（超微粒子無機系、ポリマーセメントスラリー系）のひびわれ注入材を注入器具によりひびわれ部に注入する方法が採られるが、ひびわれが軽微な場合には全く補修を行わない場合もある。

（トンネル研究室）

9. 深層混合処理工法による改良土の強度

(質問)

深層混合処理工法を軟弱な地盤に実施した場合の改良体及び、複合地盤の土性値の設定はどのようにすればよいかご教示願いたい。

(企画部技術管理課、日本土工工業協会)

(回答)

深層混合処理工法の設計の考え方は、「杭式改良」と「ブロック式改良」の二つに大別される。杭式改良形式は、改良杭を平面的に方列状または千鳥状にある間隔を置いて複数打設して改良地盤を形成する方式である。改良杭相互のラップ部を設けずに接円状、壁状、格子状に配置した場合も杭式改良の発展形と考えられる。一方、ブロック式改良は、所定の改良範囲・深度まで改良体をオーバーラップさせることにより一体化を図り、構造物下の地盤を全面改良して改良地盤を形成する方式である。改良杭相互をラップさせた壁式、格子式改良もブロック式の発展形と考えられる。

杭式改良は、当初陸上部の軟弱地盤における盛土の沈下低減またはすべり破壊防止、擁壁または建築などの構造物の簡易な基礎などを主たる対象用途として、サンドコンパクションパイル工法や生石灰杭工法などの代替工法として採用された。そのため、盛土・構造物の安定や沈下解析には、均等な改良杭配置での複合地盤を仮定した円弧すべり解析や、杭部と未改良部との応力分担を考慮した沈下解析が多く用いられてきた。

その後、機械攪拌による混合性の向上、固化特性の優れた改良材の開発などにより改良杭の強度を比較的高く設定できるようになり、その結果杭式改良は比較的高い盛土工事や掘削工事における地盤の変形抑止工、大規模な山留め工、または橋台背面部の側方流動防止工などへ適用されることが多くなった。それに従い有限要素法を用いた変形解析が行われるようになった。

複合地盤を仮定した円弧すべり解析

杭式改良が最も多く採用されてきた盛土建設においては、すべり破壊を防止するために、のり尻からのり肩の間の部分を杭式改良することが多い。その際の杭体の変形は、図-1のようにすべり破壊に至るまでは盛土中央部の即時沈下に対応して杭体の上部が外側へほぼ直線的に倒れ込むモードとなることが多くの測定事例から知られている。側方変形抑止に関する現行設計法では、対象地盤を複合地盤と仮定し、円弧すべり法による安定解析から得られる安全率によって大まかな地盤変形量を評価して

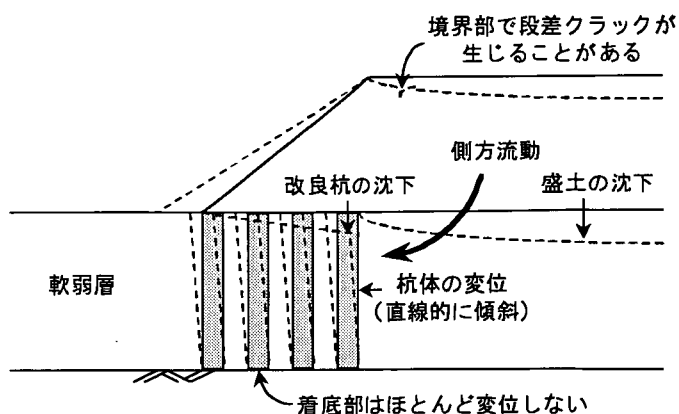


図-1 杭式改良の典型的変形モード（盛土の場合）

きた。

この仮定の下では、複合地盤の改良範囲の平均せん断力は次式で表される¹⁾²⁾³⁾。

$$c = c_p \cdot a_p + \alpha \cdot c_0(1 - a_p)$$

ここに、 c :改良後の平均せん断力 (tf/m²)

c_p :改良柱体のせん断力 (tf/m²) ($c_p = 1/2 \cdot q_u$ から求める)

c_0 :未改良土のせん断力 (tf/m²)

a_p :改良面積比

α :改良土の破壊ひずみに対する原地盤強度の低減率

ここで、第二項は第一項にくらべて非常に小さいので、第二項を無視することが多い。

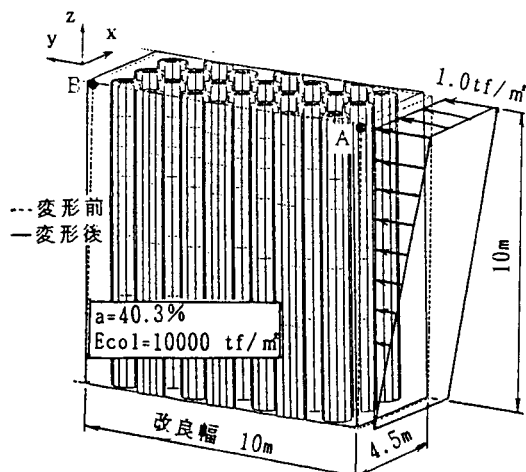
改良体の内部摩擦角については、原地盤が粘性土の改良体を非圧密非排水三軸試験した実験結果が報告されており、内部摩擦角 ϕ は実用上 0 とする。原地盤が砂質土の場合も内部摩擦角 ϕ は特に考慮しない。複合地盤の内部摩擦角を考慮する場合は、改良土の三軸圧縮試験を行うなど事前に詳細な試験を行うことが必要である。

円弧すべりによる判定法は改良杭が均等に配置されていることを想定しており、改良杭が壁式または格子式に配列された場合は有限要素法等の他の解析手法を模索する必要がある。

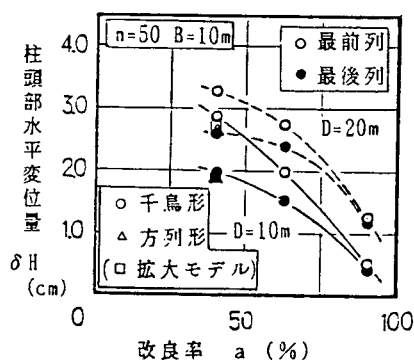
有限要素解析による変形解析

最近では、杭式改良の設計 (杭配置、位置、深さ、改良強度など) と側方変形量または周辺地盤への影響を予測するために、定量的な解析を必要とする場合が多く、主として2次元の有限要素解析により評価することが多くなってきた。

杭式改良の地盤の挙動は3次元の特性を持つことから、3次元有限要素解析による解析が研究段階で行われている。例えば、図-2は、改良率が改良杭の変形に及ぼす影響を3次元有限要素解析により解析した結果である。



(a) 3次元 FEM 解析モデル例



(b) 解析結果

図-2 側圧を受ける条件における3次元有限要素解析例^{4) 5)}

また、図-3は、杭式改良を伴う盛土を対象として、2次元有限要素解析による盛土のり尻部の水平変位量と円弧すべり計算による安全率を対比して整理し、簡易的な側方変位の予測手法を提案した例である。

有限要素法は比較的簡易な解析手法として普及するに従い、今後とも杭式改良による側方変形の設計と効果予測値を把握する重要な手法であると考えられる。

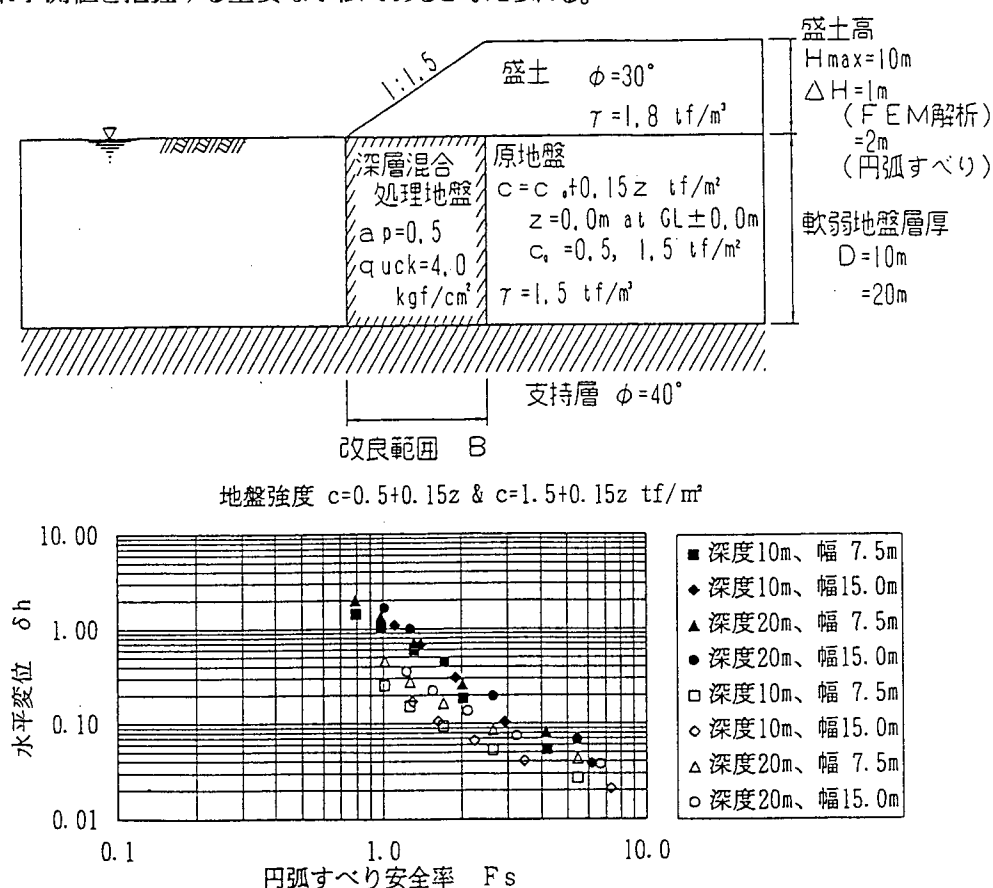


図-3 2次元有限要素解析による水平変位と円弧すべり安全率の比較例⁶⁾

【参考文献】

- 1) (社)セメント協会:セメント系固化材による地盤改良マニュアル
- 2) DJM 工法研究会:DJM 工法技術マニュアル
- 3) CDM 研究会:設計と施工マニュアル
- 4) 嘉門雅史、塚田幸広、児玉道正、芦田恵樹:深層混合処理地盤の水平荷重に関する3次元解析、第23回土質工学研究発表会、1988
- 5) 嘉門雅史、塚田幸広、児玉道正、芦田恵樹:側方圧を受ける深層混合処理地盤の3次元有限要素解析、土木学会第43回年次学術講演会、1988
- 6) 小川伸吉、酒井成之、田中幹彦:深層混合処理工法による杭式改良地盤の簡易な変形予測手法について、セメント系安定処理土に関するシンポジウム、1996.2

(施工研究室)

10. ソイルセメント柱列壁の配合強度について

(質問)

ソイルセメント柱列壁の目標強度を確保するための合理的な配合決定方法について御教示願いたい。

(企画部技術管理課、日本土工工業協会)

(回答)

ソイルセメント柱列壁に用いるセメントミルクの配合量および注入量は、造成される柱列壁の強度および止水性が確保できるように決定しなければならない。

近く出版予定の土工指針では、ソイルセメントの許容応力度は、一般に設計基準強度をもとにして定めるものとし、設計基準強度は、原位置土で作成した試験体での強度試験に基づいて定めることを原則としている。やむを得ない場合は、当該工事の諸条件に類似した過去の強度記録等を参考にして定めてもよい。

ソイルセメントの許容圧縮応力度は一般に表－１により求めてよい。

表－１　ソイルセメントの許容応力度

圧縮 (f_c)	引張り	せん断 (f_s)
$\frac{F_c}{2}$	—	$\frac{F_c}{6}$

F_c : 基準強度 (kgf/cm^2) { N/mm^2 }

また、実際の施工時の強度が室内配合試験の強度と異ならないよう、セメントミルクの注入・攪拌においては、土質に適した削孔速度および引上げ速度で行い、所定の注入量を維持し、孔内が均一なソイルセメントとなるよう十分に攪拌混合しなければならない。特に粘性土の部分では、攪拌混合効率を高めるためにオーガ回転速度を速くし、削孔および引上げ速度を遅くするとよい。また、引上げ速度は孔内に負圧を生じさせないように注意しなければならない。

なお、ソイルミキシングウォール (SMW) 設計施工指針¹⁾では、配合量の目安として表－２を示している。

表－２ 配合および圧縮強度の概略値

S M W用 土質区分	配合（対象土 1.0m ³ 当り）			圧縮強度 (kgf/cm ²)
	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	水 (l)	
粘性土	300 ～ 450	5 ～ 15	450 ～ 900	5 ～ 10
砂質土	200 ～ 400	5 ～ 20	300 ～ 800	5 ～ 30
砂礫土	200 ～ 400	5 ～ 30	300 ～ 800	5 ～ 30
粘土 および 特殊土	室内試験などにて配合を検討			——

（参考文献）

- 1）（社）日本材料学会：ソイルミキシングウォール（S M W）設計施工指針、1988.1

（基礎研究室）

11. 人工軽量骨材コンクリートの品質管理と耐久性

(質問)

海上に施工する吊橋アンカレイジの上屋工事において、人工軽量骨材コンクリートを使用したプレキャストパネルを施工する場合、耐久性、塩害等を考慮して製造時に管理すべき項目および管理基準をお教え下さい。

(企画部技術管理課、日本土木工業協会)

(回答)

人工軽量骨材コンクリート(以下、軽量コンクリートという)は、その自重が軽いことから、橋梁上部構造等に用いれば基礎や下部構造への負担を軽減でき、プレキャストパネルに用いれば、施工の省力化にもつながる。しかし、土木関連では施工実績が少なく、施工管理に特別な注意を要することから、道路橋示方書に規定されるまでには至っていない。土木関連の軽量コンクリートの関連基準としては、以下の基準類がある。

- ・「コンクリート標準示方書・施工編」(以下、標準示方書という)
(平成8年、(社)土木学会)
- ・「人工軽量骨材コンクリート設計施工マニュアル」
(コンクリートライブラリー第56号、昭和60年、(社)土木学会)

また、人工軽量骨材の品質については以下のJIS規格がある。

- ・構造用軽量コンクリート骨材(JIS A 5002)

軽量コンクリートの単位体積重量、強度などの一般的性質については、コンクリート道路橋施工便覧(昭和59年、(社)日本道路協会)にも示されているので、ここでは割愛する。標準示方書に示されている軽量コンクリートの施工上の留意点のうち、特に特徴的な点を以下に掲げる。

(1) 人工軽量骨材のプレウェッティング

人工軽量骨材は、多量の空隙を有することから吸水しやすく、事前に十分に吸水させておかないと、コンクリートの練り混ぜ、運搬、打ち込みに際して吸水し、コンクリートの品質を安定させにくくなる。このことから、一般にはプレウェッティング(事前吸水)を十分に行った上で用いられている。特に、プレウェッティングが不十分な状態でポンプ圧送を行うと、骨材の圧力吸水により輸送管内の抵抗が大きくなり、閉塞を起こすこととなるので、軽量コンクリートをポンプ圧送する場合には多量のプレウェッティングを行っておく必要がある。

軽量コンクリートは、普通コンクリートに比べて凍結融解抵抗性がやや劣ることが知られているが、多量にプレウェッティングを施した軽量コンクリートは、凍結融解抵抗性がさらに低下する。例年氷点下を下回るような箇所に軽量コンクリートを使用する場合には、

凍結融解抵抗性の確認されている人工軽量骨材を使用し、水セメント比(W/C)を普通コンクリートの場合よりも低くし(標準示方書では5%減)、A E減水剤、高性能A E減水剤等を使用するといった配慮が必要である。所定の養生を行った後、氷点下に曝されるまでに気中で十分に乾燥させた場合には、多量にプレウェッティングを施した軽量コンクリートであっても凍結融解抵抗性が低下しない³⁾。

今回の事例では、プレキャストパネルということであり、ポンプ圧送をしなくても済むのであれば、プレウェッティングは必要以上に行う必要はないと考えられる。むしろ、施工管理が確実に行えるのであれば、骨材を乾燥させたままで使用することが、軽量コンクリートの耐久性を高めるのに有効である⁴⁾。

(2) 配合

1) 水セメント比

標準示方書では、海洋構造物に軽量コンクリートを用いる場合、耐久性から定まるW/Cは、氷点下の気温となることがまれな場合およびコンクリートが水で飽和されることがない場合には、普通コンクリートと同等としてよいとしている。特に、耐久性を高める必要がある場合には、普通コンクリートと同様に施工性に支障が生じない範囲でW/Cを小さくした方がよいと考えられる。

2) スランプ

軽量コンクリートは、同じコンシステンシーの普通コンクリートに比べて、スランプが小さくなる傾向があるが、これは単位容積質量が小さいことによるものであり、安易に単位水量を増やすことによってスランプを調整するのは適切でない。振動締め固めを行う場合、軽量コンクリートのスランプは普通コンクリートと同等あるいはそれ以下でよい。ポンプ圧送する場合あるいは配筋が密な箇所に打ち込む場合には、流動化剤を用いてスランプを調整すると、品質を損なわずに良好な施工ができる。

3) 空気量

軽量コンクリートの空気量は、凍結融解抵抗性の改善、材料分離抑制の観点から、普通コンクリートよりも多くするのが有効である(標準示方書では1%増)。

(3) 打設等

軽量コンクリートの打設においては、モルタルが沈下し、軽量粗骨材が浮上する傾向があり、普通コンクリートと逆の傾向を示す。軽量コンクリートの内部振動機による締め固めは、普通コンクリートに比べて締め固めにいが、過剰な締め固めは粗骨材の浮上を招く。このため、振動機の挿入間隔を小さくしたり、材料分離しない程度に振動時間を長くするなどの配慮が必要である。仕上げの際は、コンクリート表面に浮き出てくる粗骨材を押し込むように仕上げなければならない。

(4) 中性化、塩害等に対する耐久性

従来の標準示方書では、軽量コンクリートは普通コンクリートに比べて乾燥収縮によるひびわれが出やすく、これによって中性化が促進されるため、軽量コンクリートのかぶりは普通コンクリートのそれよりも5~10mm大きくするとなっていた⁵⁾。近年は乾燥収縮の程

度が普通コンクリートと同等以下であるとされている⁶⁾。現行の標準示方書では、プレキャストコンクリートで人工軽量骨材を用いる場合、軽量コンクリートのかぶりは普通コンクリートのかぶりに5mm程度加えたかぶりとすることが望ましいとしている⁷⁾。

軽量コンクリートの耐塩害性については、十分なデータが得られていないのが現状である。電氣的泳動による塩分浸透試験による軽量コンクリートと普通コンクリートの比較によると、W/Cが40%と60%のいずれの場合においても、軽量コンクリートの方が普通コンクリートに比べて若干塩分浸透が早い傾向が見られるものの有意な差は見られなかった⁸⁾。同文献において、軽量、普通いずれのコンクリートでも、塩分浸透速度はW/Cが40%の場合の方が60%の場合の約1/2程度であった。また、10年間、海上大気中で暴露された結果によると、シリカフュームを用いた高強度の軽量コンクリート(W/C=30%)とした場合、コンクリート中への塩化物の拡散係数は $3.4\sim 3.7\times 10^{-9}\text{cm}^2/\text{s}$ であり⁹⁾、通常の場合($10^{-8}\sim 10^{-7}\text{cm}^2/\text{s}$ 程度¹⁰⁾)と同等以下にすることができることがわかる。

軽量コンクリートの水密性は、普通コンクリートと同等以上であることが知られている。これは、人工軽量骨材の表面が緻密なガラス層で覆われ水を通しにくいこと、打ち込み後の圧密沈下が少なく、動水抵抗の小さい部分が生じにくいためとされている。

現時点では、軽量コンクリートのかぶりは標準示方書のとおりとするのが妥当であると考えられる。また、軽量コンクリートにおいても、普通コンクリートと同様にW/Cは施工ができる範囲で小さくすることが、塩分浸透を抑制し、耐塩害性を向上させる。

以上、軽量コンクリートの一般的留意事項と最近の研究成果を紹介した。なお、実際に軽量コンクリートを使用するにあたっては、種々の人工軽量骨材があることから使用する骨材の特性、品質を十分調査するとともに、標準示方書をはじめ、関連文献によって軽量コンクリートの諸性質を十分に把握しておくことが肝要である。

(コンクリート研究室)

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書・施工編、(社)土木学会、平成8年
- 2) コンクリート便覧、(社)日本コンクリート工学協会編、技報堂、1996.2
- 3) 中村修吾、桧貝勇：軽量コンクリートの凍結融解耐久性、土木学会年講第29回、第V部、pp.145~146、1974.10
- 4) 塩田博之、青木治雄、小野山貫造：絶乾状態の人工軽量骨材を用いた高強度軽量コンクリートの特性およびP C a部材への適用について、日本建築学会技術報告集、pp.8~13、1997.3
- 5) コンクリート標準示方書・解説、(社)土木学会、昭和49年
- 6) 人工軽量骨材コンクリート設計施工マニュアル、コンクリートライブラリー第56号、昭和60年、(社)土木学会
- 7) コンクリート標準示方書・設計編、(社)土木学会、平成8年
- 8) T.SUGIYAMA et.al.:Chloride Permeability of Lightweight Aggregate Concrete、土木学会年講第49回、第V部、pp.438~439、1994.9
- 9) 竹田宣典ほか：10年間の海洋暴露試験による高強度軽量コンクリートの耐久性調査、土木学会年講第51回、第V部、pp.298~299、1996.9
- 10) 武若 耕司：海洋環境下のコンクリートの含有塩分量に関する既往調査結果の整理と分析、土木学会年講第43回、第V部、pp.36~37、1988.10

12. 大型コンクリート構造物のプレキャスト化

（質問）逆T擁壁（大型）のプレキャスト施工など、特定試験フィールド事業において大型プレキャストコンクリートの施工がなされているが、このような施工法の施工実績、現状の問題点、今後の課題等を教えていただきたい。

（企画部技術管理課、日本土木工業協会）

（回答）

○施工実績

逆T擁壁

四国地方建設局 香川工事事務所 2件

プレキャストコンクリート型枠

北陸地方建設局 金沢工事事務所 1件

○現状の問題点・今後の課題

・新耐震基準への対応

阪神淡路大震災以降、耐震基準の見直しがなされており、土木研究所発行の土木研究所資料等については、設計法の部分について、新耐震基準への対応を行う必要がある。

・製品コスト

製品コストが高く、従来に比べて施工費用が上がってしまう。対応としては、製造型枠の回転をあげること、埋め込み金物の数量の軽減などを検討していく必要がある。

これらの条件を満たすためには、設計標準化のような全体的な施工指針の改訂と連動した普及啓発活動が必要となるだろう。

○今後の展望

現在の試験施工などを通じて、大型プレキャスト工法の設計・施工方法に関する基本的なとりまとめは終了している。

今後は、問題点・課題に掲げた課題の解消、特に低コスト化が望まれるとともに、寒冷地における冬季施工への技術の適用など、急速施工・プレハブ化施工などが必要とされる地域において、順次施工を拡大していくように啓発活動を進める必要がある。

今後の施工予想については、コストがその動向を律するものと思われ、まず、低コスト化が進み、従来の施工費程度に施工費用を押さえることが出来れば、施工件数は順次増加していくものと思われる。

（機械研究室）

13. 電動建設機械の実用性

(質問)

建設機械（バックホウ等）は、ほとんどがディーゼル機関を使用しているが、燃料である軽油の供給も先が見えており、早急な対策が必要であると考えられる。

現在、乗用車に関しては、電気自動車等、様々な研究が進んでいるようだが、建設機械に関してはあまり耳にしたことがない。

そこで、建設機械の電動化・無公害化に向けた取り組みについて、現段階での研究成果があればご教示願いたい。

(香川工事事務所)

(回答)

建設機械の電動化については、タワークレーン等の定置型の建設機械やケーソン掘削機等のレーン上を限られた範囲で作業を行うものについては、商用電力をケーブルで供給することにより行われている。

しかし、バックホウ等のように広範囲な移動を行い、かつエネルギー消費量が多い建設機械に対しては、電力を貯蔵するシステムが現在確立されていないため、電動化に向けた本格的な研究はなされていない模様である。

一方、無公害化に向けた取り組みには、建設機械の排ガス対策として、平成3年度に建設機械の排出ガス基準値を定め、この基準値を満足した「排出ガス対策型建設機械」の普及促進につとめている。さらに2010年には建設機械の窒素酸化物排出総量を現状より3割削減することを目標として排出ガス第二次基準値の検討を行っている。

また、建機メーカ、エンジンメーカは、上記のような規制の動向に対応し低公害化を実現していくため、ディーゼルエンジンのNO_x、CO、パーティキュレート等の対策技術や天然ガスエンジン・メタノールエンジン等の開発に取り組んでいる。

(機械研究室)

構造橋梁部門目次

	(質問者)	(回答者)
1. ライフサイクルコストの最小化を実現するための耐候性鋼材の無塗装使用と溶融亜鉛めっき	香川県道路建設課	橋梁研究室 111
2. 施工時におけるコンクリート床版、高欄、地覆のひびわれ対策	企画部技術管理課 日本橋梁建設協会	橋梁研究室 114
3. 非溶接用鋼材の溶接性の確認方法	企画部技術管理課 日本橋梁建設協会	橋梁研究室 116

1. ライフサイクルコストの最小化を実現するための耐候性鋼材の無塗装使用と溶融亜鉛めっき

(質問)

土木研究所橋梁研究室で作成されたミニマムメンテナンス橋のパフレットの中で、ライフサイクルコスト(LCC)の低減の観点から、耐候性鋼材の無塗装使用や溶融亜鉛めっきの使用が仕様例として示されている。これらの防食方法の特徴や現状についてご教示願いたい。

(香川県土木部道路建設課)

(回答)

(1) 耐候性鋼材の無塗装使用

耐候性鋼材を無塗装使用した橋梁については、平成5年3月に、建設省土木研究所が(社)鋼材倶楽部および(社)日本橋梁建設協会との長期にわたる共同研究の成果として、「無塗装耐候性橋梁の設計施工要領(案)」¹⁾を作成したことにより、山間部など飛来塩分量の少ない地域においては、常に比較設計の一つとして考慮されるようになってきている。現時点でも、適用地域さえ誤らなければ最もLCCを低減できる形式である(図-1)。

耐候性鋼材は通常の鋼材に比べてCr、Ni、Cuといった元素が多く含まれており、これらの効果で緻密な安定錆層が形成されると、それ以上の錆の発生が抑えられるという性質を持つ。したがって、最終的にメンテナンスフリーとなる工法であるが、塩分の影響を受けやすく、飛来塩分量の多い海岸付近では使用できない。また、あくまでも表面は錆であり、とくに初期の赤錆状態が景観上嫌われるような場合には適さない。さらに、スパイクタイヤの禁止以降、冬季における凍結防止剤の散布量が著しく増加しているので、既設の橋も含め排水等の水周りの処理等について注意する必要がある。

以上のような制約条件の一部を解消するものとして、最近、錆の安定化を促進する技術が開発され、ほぼ実用化の段階に達している。これは、一種のプライマーを塗布することにより、錆の安定化に必要な環境の保持とCrイオンの供給を行うもので、これまで10年以上(本格的な安定化には二、三十年以上とも)かかるとされていた安定錆の生成期間が、1年前後まで短縮される。また、安定化した錆層は、塩素イオンに対しても抵抗するという実験結果も得られている。この技術は、安定錆の形成メカニズムの解明が基本となって開発されたもので、信頼性も高く、耐候性鋼材の適用範囲を一層拡大する引き金になる可能性が高い。

(2) 亜鉛めっきなどの犠牲金属による防食工法

溶融亜鉛めっきは、イオン化傾向の高い亜鉛が犠牲金属として働くことにより鋼材の腐食を防ぐ、一種の電気防食法であり、塗装、耐候性鋼材のいずれとも防食メカニズムを異にしている。

溶融亜鉛めっきの橋梁への適用についても、耐候性鋼材と同じころから適用が始まり、

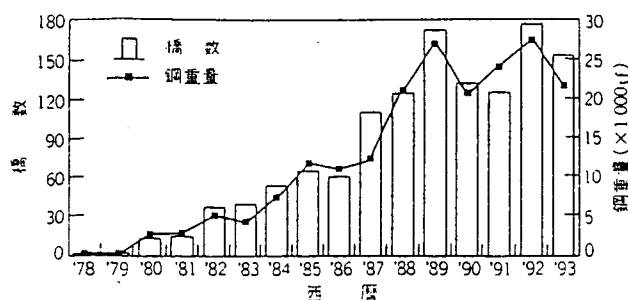
一時期かなり使われたことがあったものの、その実績はやや伸び悩んでいる（図－2）。その理由としては、めっきの耐久性およびめっきをすることに伴う設計・施工上の留意点が明確でなかったことの2点に集約される。1996年1月に日本鋼構造協会から「溶融亜鉛めっき橋の設計・施工指針」が発行され²⁾、以上の不明確とされる点のほとんどは解消されたものと考えられる。

亜鉛めっきの寿命については、送電鉄塔に用いられているものが一つの指標になるものと考えられる。一般に、五、六十年かそれ以上の寿命は期待できるようであるが、桁橋のように床版により雨水に洗われることの少ない場合には、特殊な環境でもない限りほとんど永久に使用できるものと考えられる。文献3)、4)にも紹介されているが、既に架設後30年以上を経過しためっき橋が幾つか供用されており、それぞれ変状を示すことなく使われていることは現在でも変わらない。

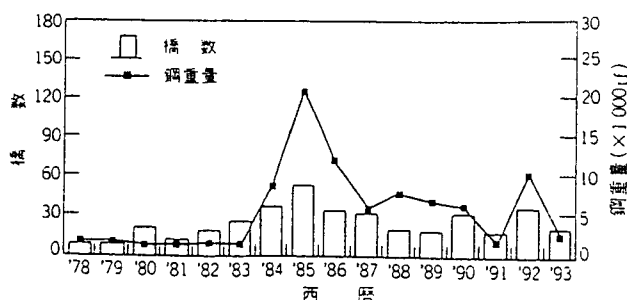
一方の設計・施工面の懸念であるが、基本的には溶接による残留応力がめっきの工程で解放され、部材の変形や溶接部に割れが発生することである。これらについては、上記の指針に対処方法が示されたことからその懸念はかなり緩和されたことと考えられる。さらに、最近のコスト縮減への対応策として、「鋼橋設計のガイドライン」が建設省から示され、部材厚の増加および溶接量の減少の方向にシフトしていることから、めっき橋であるが故のハンデはほとんどなくなってきた。

亜鉛を犠牲金属とした方式にも新しい技術が開発されてきている。金属溶射の技術は以前から使われており、最近では、亜鉛とアルミニウムをほぼ半々に溶解して吹き付けることにより、亜鉛めっきに劣らない溶射皮膜が得られるようになっている。溶射技術についても、セラミックスを用いた粗面形成剤の開発により下地処理が簡易になり、かつ付着が確実になったこと、溶射温度が低下して高温による問題が生じないこと、溶射装置の改良で施工能率が向上したこと等により、これまで局部的な腐食対策に限られてきたが、これからは橋全体の防錆工法として期待される。色彩の制約がある場合、塗装を重ねることは容易であり、そのことが溶射皮膜の寿命をさらに高めることも強みである。

以上、耐候性鋼材や亜鉛めっきなどの犠牲金属による防食工法の最近の状況について述べたが、詳細については橋梁研究室に問い合わせられたい。



図－1 無塗装耐候性橋梁の適用実績



図－2 溶融亜鉛めっき橋梁の適用実績

【参考文献】

- 1) 土木研究所、(社) 鋼材倶楽部、(社) 日本橋梁建設協会：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書 (XX) —無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領 (改訂案)、平成5年3月
- 2) 西川、阿部：ライフサイクルコストの最小化を実現する溶融亜鉛めっき—溶融亜鉛めっき橋の設計・施工指針—、橋梁と基礎、1996.1
- 3) 西川、河野、池田、村井：20年を経過した溶融亜鉛めっき橋梁の現況、橋梁と基礎、1988.1
- 4) 日本橋梁建設協会：溶融亜鉛めっき橋梁の追跡調査、橋梁と基礎、1991.3
- 5) 西川：ライフサイクルコストを最小にするミニマムメンテナンス橋の提案、橋梁と基礎、1997.8

(橋梁研究室)

2. 施工時におけるコンクリート床版、高欄、地覆のひびわれ対策

(質問)

鋼桁橋のコンクリート床版、壁高欄および地覆においては、施工時において乾燥収縮に起因する橋軸直角方向のひびわれが発生することがある。このようなひびわれへの対処方法として、①防水層を設ける、②完全目地を設ける、③鉄筋本数を増す、④膨張コンクリート等を用いる等が考えられるが、他に有効な対策があれば御教示願いたい。

(企画部技術管理課、日本橋梁建設協会)

(回答)

コンクリート部材の乾燥収縮に起因するひびわれ対策については、ひびわれの発生がその後の疲労耐久性に影響を与える床版のような部材と、過度なひびわれが生じない限り構造上は問題のない地覆や高欄のような部材と区別して考える必要がある。

乾燥収縮ひびわれに対する一般的な対策については、過去の一日土研において既に回答済み^{1) 2) 3) 4)}であるので、そちらを参照されたい。ここでは最近の技術や調査研究を踏まえて、質問中の対策についての補足事項やその他の対策について述べる。

鉄筋コンクリート床版におけるひびわれの進展過程を概略示すと、①乾燥収縮に伴う橋軸直角方向のひびわれの発生、②輪荷重によるひびわれの2方向化、③さいころ状に近い状態までひびわれ密度の増加、④ひびわれ幅の拡大(浸透水によるすり磨き現象や石灰分の流出)、⑤抜け落ち等の損傷となる。このようなひびわれの進展を防ぐためにも初期段階において乾燥収縮ひびわれが入らないような施工上の配慮(養生等)を行う。また、ひびわれへの雨水の浸入も床版の疲労耐久性に大きく影響を及ぼすので、防水層を設置することが重要である。

この他の対策としては、橋軸方向にプレストレスを導入することによりひびわれの進展を抑えるか、乾燥ひびわれは避けられないとして橋軸直角方向にプレストレスを導入することも考えられる。なお、床版にプレストレスを導入すると、ひびわれを抑制する効果があるだけでなく疲労耐久性が大幅に向上することが土木研究所の実験等により確認されている。床版にプレストレスを導入する方法としては、P C鋼材による方法、膨張コンクリート等を用いてケミカルプレストレスを発生させる方法等があるが、施工時に桁のジャッキアップを行うことによって床版の橋軸方向にプレストレスを導入する方法も考えられる。

地覆や高欄に通常発生するひびわれについては構造的には問題となることはない。しかし、過度のひびわれが生じると、鉄筋の腐食等により耐久性に影響を与えたり、美観面で問題が発生する場合がある。対策としては目地を設けるのが一般的である。例えば、地覆では事前にひびわれを誘発するVカット目地を10m間隔程度に設けることによって、また、中間支点上の地覆・高欄については完全目地を設けることによってその区間のひびわれを抑制することができる。詳細については参考文献3)を参照されたい。

その他の地覆・高欄のひびわれへの対処方法としては、部材のプレキャスト化が考えら

れる。プレキャスト化により、部材の施工品質が保証される、また必然的に目地を切ることになるといった利点があげられる。

このほかのひびわれ対策としてセメント結晶増殖材を使用した工法があげられる。これはコンクリートの表面および内部にセメント結晶増殖材を塗布・充填し、ひびわれやコンクリート内の各種の空隙をセメント結晶で埋めてしまうという工法であり、コンクリートの劣化防止、防水・止水に効果があるとされている。貯水タンクやトンネルの防水工事等で実績があるが、最近では橋梁の桁や床版においても施工実績が増えつつある。

【参考文献】

- 1) 土木研究所；「橋梁のコンクリート床版のひびわれ」，近畿地建における一日土研資料，pp96，土木研究所資料第3456号，1996年10月
- 2) 土木研究所；「橋梁の床版への膨張コンクリートの採用」，近畿地建における一日土研資料，pp99，土木研究所資料第3456号，1996年10月
- 3) 土木研究所；「地覆コンクリートのクラック発生を少なくする方法」，東北地建における一日土研資料，pp140～141，土木研究所資料第3381号，1995年11月
- 4) 土木研究所；「コンクリート構造物のひびわれ対策」，関東地建における一日土研資料，pp78～82，土木研究所資料第2680号，1988年12月

(橋梁研究室)

3. 非溶接用鋼材の溶接性の確認方法

(質問)

平成8年に改訂された道路橋示方書Ⅱ鋼橋編1.6鋼種の選定によると、「溶接を行う鋼材は、JIS G 3106（溶接構造用圧延鋼材）およびJIS G 3114（溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材）の規格に適合するものを原則とする。」と規定しており、JIS G 3101一般構造用圧延鋼材の使用は非溶接部材に限定されている。解説によると、「板厚22mm以下のSS400を仮設資材に用いる場合や、形鋼や薄い鋼板などのSM材の入手が困難な場合は、事前に溶接性に問題がないことを確認した上で使用することができる。」とあるが、一般構造用圧延鋼材（SS材）の溶接性の確認にあたって、どのような検査、試験等を実施すべきか。また、今後補修工事等において母材がSS400の場合が生じると考えられるが、そのような場合についても溶接性を確認すべきか御教示願いたい。

(企画部技術管理課、日本橋梁建設協会)

(回答)

平成8年の道路橋示方書の改訂により、従来、溶接部材として適用してきたSS材について溶接を原則として禁止した。もともとSS材はJIS規格において溶接性が保証されていないが、今回の改訂では、今後の国際化の動向をにらみ、国外からの資材調達の可能性を念頭に入れて、道路橋示方書の規定とJIS規格との整合を図ったものである。なお、これまで国内において調達してきた鋼材であれば、基本的には溶接性に問題ないと考えられる。ただし、今後、価格競争等の社会情勢の変化により鋼材品質が変化していくことも考えられるので注意が必要である。

SS材の溶接性確認方法については、基本的に道示15章の規定に従い、すみ肉溶接について15.3.3のマクロ試験およびT割れ試験（JIS Z 3153）を行い、割れのないことを確認するのがよい。過去に溶接性試験を行ったことのないメーカーから材料供給を受ける場合、あるいは過去に溶接性試験を行ったことのあるメーカーであってもミルシート等により判断して成分が大きく異なる場合には、上記の溶接性試験を行うことが必要である。

また、既設橋の補修補強工事においても上記の考え方と同様であるが、文献1)に現場溶接時の留意事項を示しているので参考にされたい。

【参考文献】

1) 鋼橋の疲労：(社)日本道路協会、平成9年5月

(橋梁研究室)

要 旨

四国地方建設局管内の現場技術者からの技術的問題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：

ライフサイクルコスト	地すべり	低周波空気振動
トンネル	基礎工	砂防ダム
振動	軟弱地盤	堆砂
魚道	NATM	河床低下
護岸	深層混合処理工法	のり面植栽
セグメント	液状化	ミティゲーション
矢板	プレキャスト	ポーラスコンクリート
下水汚泥	排水性舗装	
アルカリ骨材反応	鋼橋	

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 3519 号 部
(平成9年度一日土研資料)

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3519号

