

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3456号

土 木 研 究 所 資 料

近畿地建における一日土研資料

平成8年10月31日(木)

建設省土木研究所

Copyright ©1996 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。

近畿地建における一日土研資料

企画部企画課

要 旨

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

キーワード

液状化

道路法面

河道

遊水池

河川浄化

騒音

ボックスカルバート

コンクリート

舗装

サイホン

水質浄化

道路交通振動

クラック

ダム導水

排水性舗装

シールド工事

植樹帯

脱硝装置

ゆるみ

砂防樹林

アンカー工法

落橋防止

データベース

トンネル

ダム

裸地対策

グラウチング

低層遮音壁

P C 桁

軟弱地盤

下水処理水

擁壁

FWD

SHAKE

技術相談テーマ目次

	(質問者)	(回答者)	
I. 環境(1)			
1. 植樹帯の形態・育成状況等による環境対策の効果	浪速国道工事事務所	交通環境研究室	1
2. 道路構造物の形状等による環境対策の効果	浪速国道工事事務所	交通環境研究室	2
II. 材料施工			
1. 踏掛版を有するボックスカルバートの活荷重の載荷方法	道路部道路工事課	土質研究室	3
2. 地山補強土工法の設計法	道路部道路工事課	施工研究室	5
III. 耐震技術			
1. 鉄筋コンクリート巻立て工法による部材の一体性	兵庫国道工事事務所	耐震研究室	7
2. 液状化判定の考え方	神戸市交通局	動土質研究室	8
IV. 環境(2)、河川、ダム			
1. 湖沼の水質浄化対策	琵琶湖工事事務所	河川環境研究室	9
2. 最近の河川技術の進展と河道計画策定の新しい方向	河川部河川計画課	河川研究室	11
3. ダム貯水池の水位変動域の緑化	大滝ダム工事事務所 川上ダム建設所	水工水資源研究室	16
V. 道路			
1. 排水性舗装のB/C	奈良国道工事事務所	舗装研究室 交通環境研究室	20
2. FWDによる支持力評価	大阪府土木部	舗装研究室	21
VI. 砂防			
1. 地震による「ゆるみ」の調査手法	六甲砂防工事事務所	急傾斜地崩壊研究室 砂防研究室	22
2. 砂防樹林の機能評価	六甲砂防工事事務所	急傾斜地崩壊研究室 砂防研究室	26
VII. 構造橋梁			
RC床版の補修補強工法	大阪府土木部	橋梁研究室	31
PC上部工の高強度コンクリートの使用	福井県土木部	コンクリート研究室 橋梁研究室	33

1. 植樹帯の形態・育成状況等による環境対策の効果

(質問)

最近、幹線道路には環境施設帯が設けられる傾向にあるが、その中に植えられる植樹帯は、騒音や大気汚染を低減する効果があると考えられる。

こうした植樹帯の形態(常緑広葉樹/落葉樹等の種類や樹木の形状)や生育状態(高さ/密度等)により、どの程度騒音や大気汚染(NO_x 、 CO_2 、粉塵)等の低減あるいは浄化効果があるかを客観的に評価する方法について御教示願いたい。

(浪速国道工事事務所)

(回答)

従来は、植樹の騒音低減効果はほとんど期待できないと言われてきた。しかし、近年の調査研究によれば、見通しがきかない程度の密な植樹を活用すれば、樹種により異なるが、 $0.1 \sim 1\text{dB(A)/m}$ 程度の減音効果が期待できると報告されているものもある。そこで、平成8年度からの道路環境技術開発三箇年計画の中で、上記の減音効果を確認するとともに、効果の高い樹種及び植栽方法を調査研究する予定である。

一方、植樹帯による大気汚染の浄化効果については、昭和60～平成元年度に、21種の植物の NO_x ガス吸収能力に関する研究を行っており、詳細は土木研究所資料第2983号にまとめられている。これによれば、暴露した NO_x 濃度が高いほど植物中のN蓄積量は増加する。また、季節および植物種によりN蓄積量には差があり、季節別では葉中N蓄積量の大きい順に春、夏、秋、冬となり、植物種別では夏季の葉中N蓄積量は高木落葉樹、草本類、高木針葉樹の順に大きい。

大気汚染物質の浄化効果を客観的に評価するためには、まず、樹種、気候、大気質濃度別等に浄化量が依存するため、これらの関係を調べる必要がある。これをもとに植樹の形態や育成状態を考慮して、浄化量を求めることができると考えられる。

これを具体的、定量的に研究するには相当な期間を要するものと考えられ、今後の研究を待つところである。

(交通環境研究室)

2. 道路構造物の形状等による環境対策の効果

(質問)

構造物の形状や材質等を工夫することによって、騒音を低減する方法があるかどうかご教示願いたい。

(浪速国道工事事務所)

(解答)

遮音壁については、近年、その回折減衰を高めるため、遮音壁の上端部の形状を変えたり、上端部に吸音体を設置するなど種々の試みが行われており、遮音壁背後のある受音点においては、従来の遮音壁より大きな減音効果が得られることが報告されている。また、遮音壁による反射音が問題になる場所では、遮音パネルに吸音性材料を用いることが効果的である。

また、擁壁、複断面道路の高架部橋脚や高架裏面における反射音対策としては、吸音板の設置が有効であるが、これに関しては、平成7年12月に建設技術評価制度により、「騒音低減効果の大きい吸音板の開発」が公募され、現在、約30メーカーが、種々の材質、形状の吸音板の開発を進めており、来年度初めには、その評価結果が出る予定である。

これらの対策の減音効果の評価については、屋内又屋外での実験による方法、現場での実測による方法等がある。近年の建設技術評価制度「騒音低減効果の大きい遮音壁の開発」「騒音低減効果の大きい吸音板の開発」においては、スピーカ等の固定音源からの発生音に対し、周波数別の減音効果を求め、道路交通騒音のA特性代表スペクトルに対して、得られる減音効果により評価を行った。また、現場での評価方法については、今年度検討を行い、その結果はまたお知らせする予定である。

(交通環境研究室)

1. 踏掛版を有するボックスカルバートの活荷重の載荷方法

(質問)

土かぶりの小さいボックスカルバートの場合、盛土部とボックスカルバートとの間の段差をやわらげるため踏掛版を設ける場合がある。そこで踏掛版を有するボックスカルバートを設計する際の活荷重の載荷方法についてご教示願いたい。

(道路部 道路工事課)

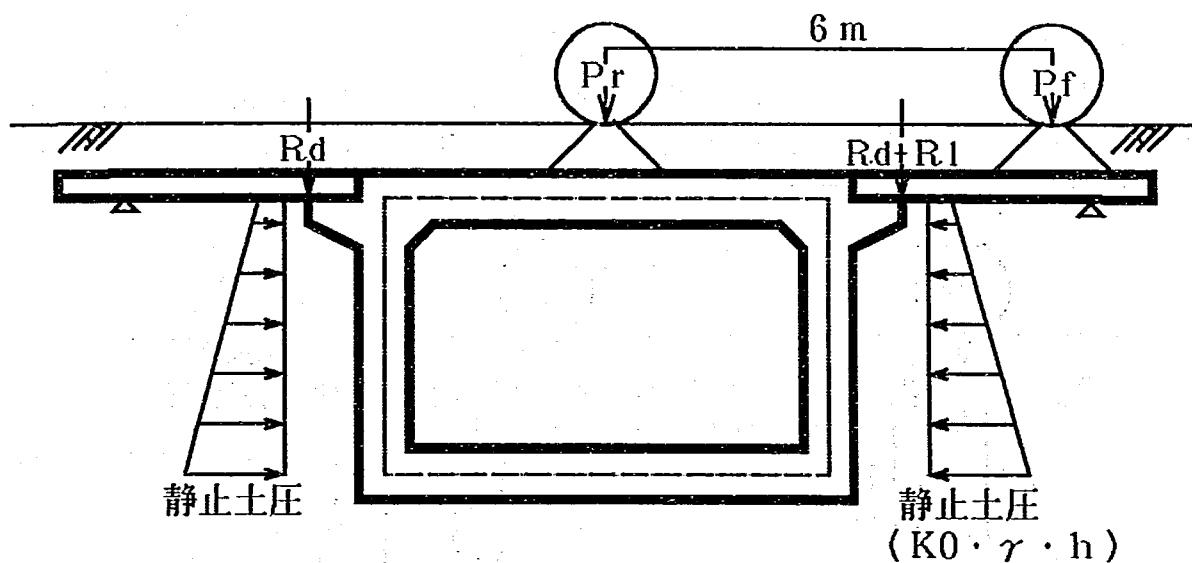
(回答)

踏掛版を有するボックスカルバートの場合、踏掛版からカルバートに作用する支点反力の影響を考慮する必要がある。そこで、通常ボックスカルバートの設計において用いる活荷重の載荷方法（以下に示す①、②）および、③に示す載荷方法により設計するとよい。

なお、カルバート側壁に作用する水平土圧については、通常のボックスカルバートの設計における考え方と同様である。

①後輪荷重をカルバートの支間中央に載荷するケース（図-1）

後輪荷重を支間中央に載荷し、後輪から6 m離れた位置に前輪荷重を載荷する。この際、輪荷重は地中において、車両の進行方向に 45° の角度で分散するものとする。これは一般に、カルバート頂版について断面力が最大となる載荷方法である。



P_r : 後輪荷重

P_f : 前輪荷重

R_d : 踏掛板および踏掛板上の土砂等の
自重による支点反力

R_l : 活荷重による支点反力

K_0 : 静止土圧係数

γ : 土の単位体積重量

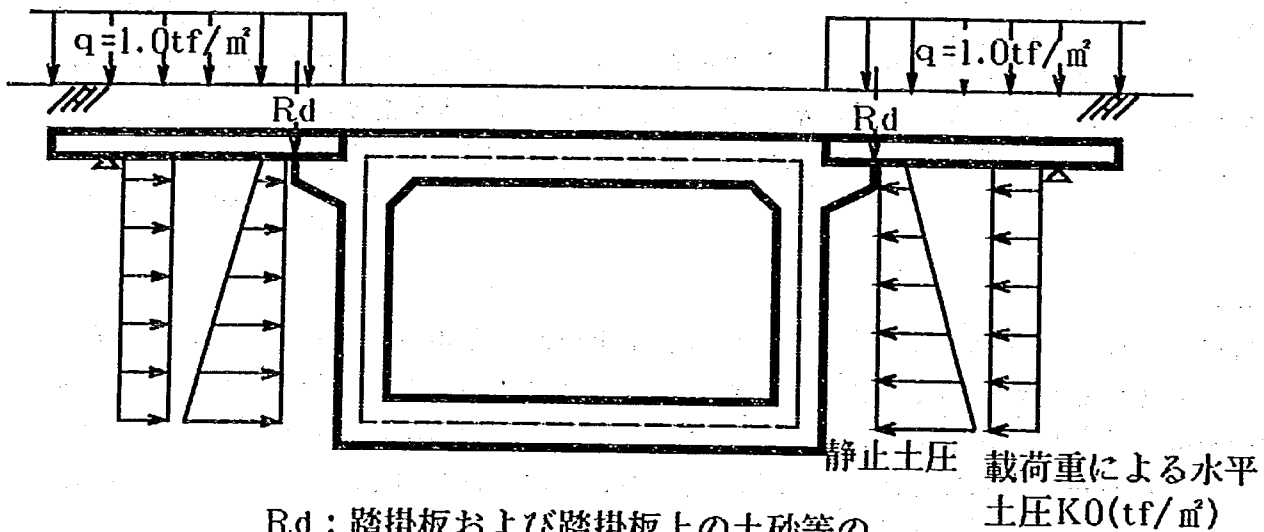
h : 地表面からの深さ

図-1 後輪荷重をカルバートの支間中央に載荷するケース

②頂版上に活荷重を作用させず、それ以外の部分に載荷重を載せるケース（図-2）

頂版上以外の部分に $q = 1.0$ (tf/m²) の載荷重を載せ、それによる水平荷重 K_0 (tf

(tf/m^2) を側壁に作用させるものである。一般にカルバート側壁について断面力が最大となる載荷方法である。



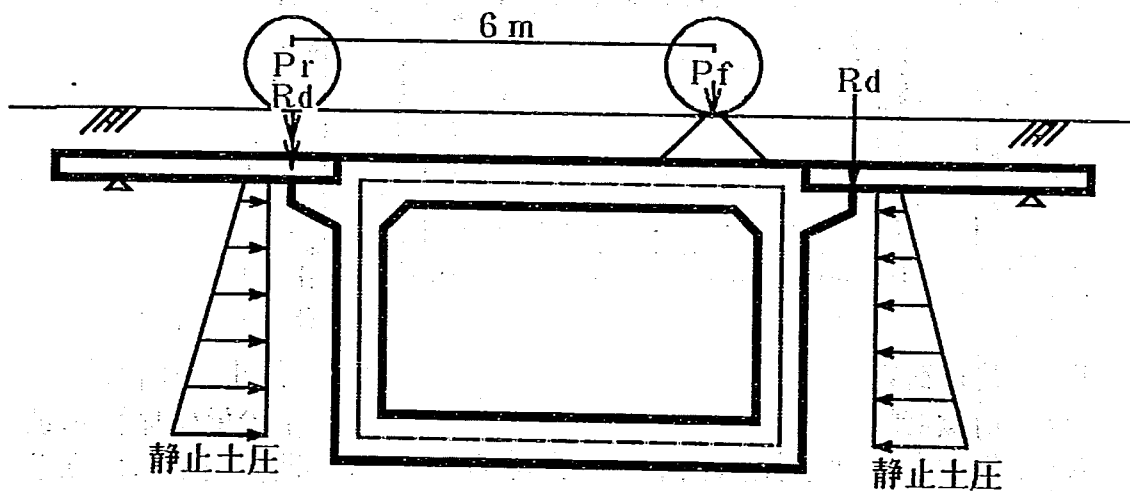
R_d : 踏掛板および踏掛板上の土砂等の自重による支点反力

K_0 : 静止土圧係数

図-2 頂版上に活荷重を作用させず、それ以外の部分に載荷重を載せるケース

③後輪荷重を踏掛版受台の先端部に作用させるケース (図-3)

後輪荷重を集中荷重として踏掛版受台の先端部に作用させるケースである。これは受台に作用する支点反力が最大となる載荷方法である。このケースでは、一般に、カルバート底版部について断面力が最大となる。



P_r : 後輪荷重
 P_f : 前輪荷重

R_d : 踏掛板および踏掛板上の土砂等の自重による支点反力

図-3 後輪荷重を踏掛版受台の先端部に作用させるケース

(土質研究室)

2. 地山補強土工法の設計法

(質問)

切土地山に鋼棒などの補強材を挿入する地山補強土工法の設計に当たってはいくつかの方法が提案されている。実設計に当たって、いずれの設計法を採用すべきか教示願いたい。

(道路部道路工事課)

(回答)

地山補強土工法は土中に補強材を配置して、自然地山あるいは既存盛土の安定化を図る工法であり、急勾配斜面の形成や掘削時の土留め工として用いられる。原理的にはグラウンドアンカー工法と類似しているが、補強材にプレストレスをかけず地山の変形に応じて受動的に補強材力を発生させるため、ある程度の変形を許容せざるを得ないが、グラウンドアンカーに比べて施工が容易で工費も少ないことが特徴である。

現在地山補強土工法の設計法としては、経験的設計法と極限平衡法があり、極限平衡法はすべり線の形状の仮定により、円弧すべり法、直線すべり法などがある。

経験的設計法は過去の経験から得られた削孔径、補強材径、鉄筋長、打設密度等に基づいて補強材を打設する方法であり、特に安定検討は行わない。経験的設計法は標準勾配で切土をする場合で浅い崩壊や緩んだ岩塊の崩落の懸念がある場合など、小規模かつ表層的な崩壊を防止する目的で用いられる設計法である。

これに対し、補強材打設後の地山にすべり線を想定し、すべり土塊に作用する力の釣り合いから安定性の検討を行うのが極限平衡法である。極限平衡法は経験的設計法よりも大規模あるいは深いと想定される場合に用いられる。すべり線の形状によって補強材の設計が左右されるので、地山の条件に合致したすべり線を想定する必要がある。

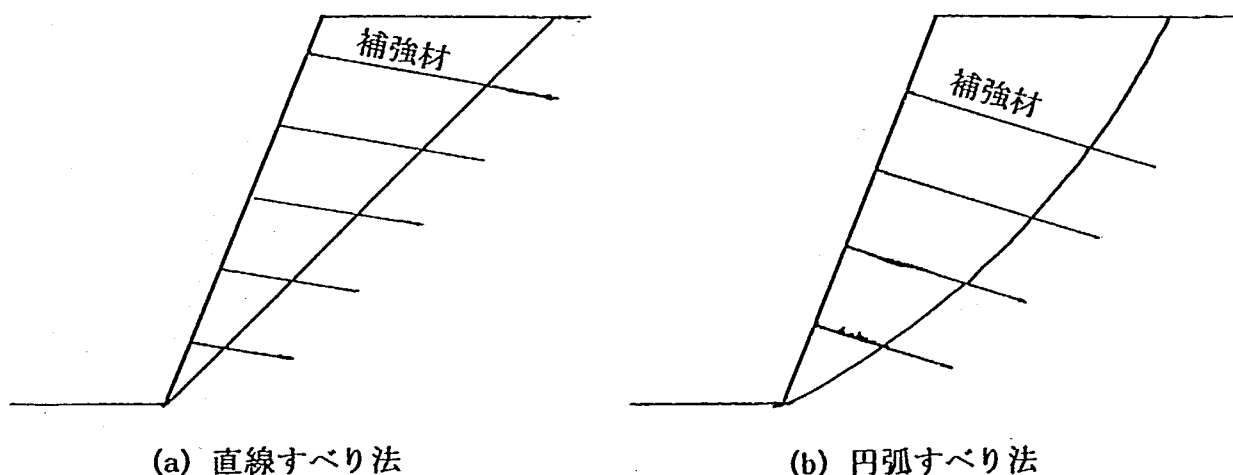


図1 すべり線形状による設計法の違い

一般に節理・層理が発達した岩盤斜面においては節理・層理の方向に沿った直線すべりを想定する場合が多く、地山が土砂や崩積土からなる場合には円弧すべりを想定する場合が多い。しかし地山の土質条件は事前に調査によって把握することが難しいので、近隣における崩壊事例等を参考にし、より適切な崩壊形態を予測して設計を行うことが必要である。

(施工研究室)

1. 鉄筋コンクリート巻立て工法による部材の一体性

(質問)

コンクリートと鋼板による鉄筋コンクリート巻立て工法を採用した場合、コンクリートの乾燥収縮による隙間の発生等想定されるが、気象条件等により多少の影響は避けがたいと考えられるが、地震時保有水平耐力の評価における設計上の考え方及び留意点等について御教示願いたい。

(兵庫国道工事事務所)

(回答)

鋼板巻立て工法や鉄筋コンクリート巻き立て工法では、既設部のコンクリート断面と補強部材は、復旧仕様の準用に関する参考資料(案)((社)道路協会、平成7年6月)のⅢ編の図-1.1.1及び図-1.1.3に示されるように、水平アンカーにより一体化されている。これにより、ご指摘のようなコンクリートの乾燥収縮による隙間の発生は抑制できるものと考えられる。したがって、耐震設計上は、この影響は考慮しなくてもよい。

(耐震研究室)

2. 液状化判定の考え方

(質問)

□現在液状化について判定式等の改訂作業を進められると伺っているが、設計手法を含め、その考え方について御教示願いたい。

(神戸市交通局技術部)

(回答)

□昨年来、道路橋示方書の改訂作業が進められており、その一環として液状化判定法についても全面的な見直しを行っているところである。改訂版は年内に出版される予定であるが、ここではその要点について述べることにしたい。

改訂の要点は以下のようにまとめられる。

- (1) 大規模な地震動に対して液状化判定を行うようにする。
- (2) 礫質土、埋立土など、沖積砂質土以外の土も判定の対象に加える。
- (3) 密な土の液状化強度が大きいことを適切に評価する。

以下、項目ごとに説明を加える。

(1) について

従来、液状化判定を行う際に用いる地震動の大きさは、地表面最大加速度で150gal相当であった。改訂では、兵庫県南部地震で観測された規模の地震動についても判定を行うようになる予定である。また、大規模地震動として、兵庫県南部地震のような内陸直下形地震に加え、海洋型地震も液状化判定用地震動としている。今回の改訂により、液状化判定用震度は従来よりもかなり大きくなる。

(2) について

兵庫県南部地震では臨海埋立地の礫分を多く含むまさ土が液状化した。過去の地震では、砂礫地盤の液状化はまれであった。しかしながら、今回の地震で礫混じり土が広範囲に液状化したこと、および大規模地震動を判定に用いることから、平均粒径が2 mm以上の礫質土についても液状化判定を行うようにする。ただし、既往の実績を踏まえ、粒度の大きさに制限を設けている。また、細かい砂質土についても粒度の下限に変更を加えている。

(3) について

従来の液状化強度評価式は、密な砂質土を適用対象外としていた。そこで、地震後に総合的な土質試験、事例分析等を行い、密な砂質土の液状化強度はかなり大きいことがわかった。これらの結果にもとづき、密な土まで含めた液状化強度評価式を提案している。なお、液状化強度は、従来と同様に、N値と粒度により評価するようにしている。

(動土質研究室)

1. 湖沼の水質浄化対策

(質問)

①琵琶湖への流入負荷については、流域からの定量的な把握は可能であるが、ヘドロの堆積などによる底泥からの溶出について精度の高い把握ができていない。調査方法についてご揭示願いたい。

②湖沼の富栄養化防止のためには、PおよびNの負荷削減が必要であるが、現状における浄化方法ではNの浄化効率が高い。Nの効率の高い浄化方法について、今後の可能性などご揭示願いたい。

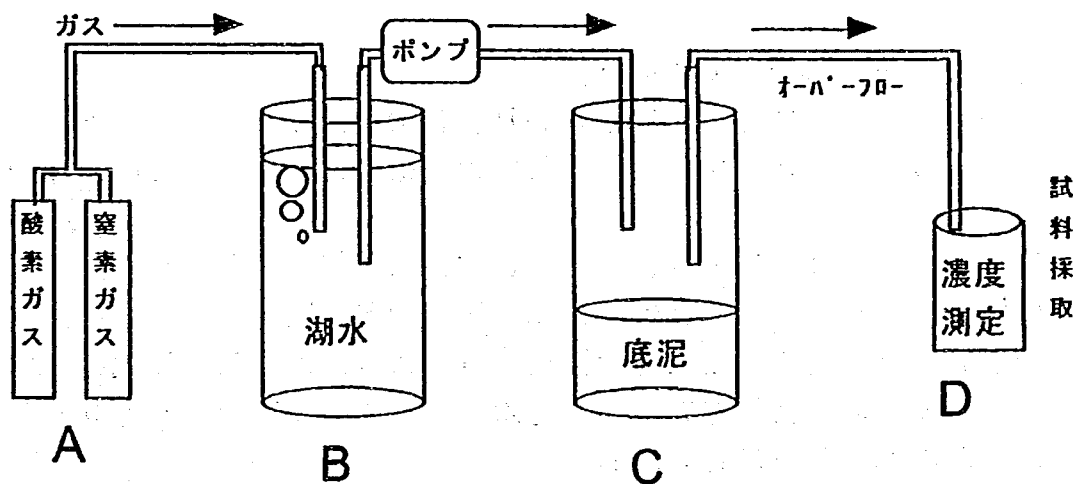
(琵琶湖工事事務所)

(回答)

藻類の異常発生などの湖沼の富栄養化現象は、一般には流入負荷と底泥からの溶出負荷による栄養塩類濃度の上昇と生物現象の関係性により発生しているといわれる。しかしながら、その対策として流入負荷対策と底泥対策に限られているのが現状である。底泥対策としては浚渫による底泥除去が一般的である。

事業を計画実施する場合、ある目標に対して流入負荷削減、浚渫、それぞれがどの程度の影響力を持つのか、あらかじめ検討し、それぞれの対策量を決定しなければならない。多くの場合、シミュレーション計算を行って、これを決めるが、そのとき、原単位として、流入負荷量、および底泥からの溶出量を求める必要がある。

底泥からの栄養塩類の溶出量を求める方法として、現地底泥を採取し、溶出試験を実施する場合が多い。試験方法の一例を図に示した。このような試験器具を用いて、1～3週間程度の試験期間をもって、オーバーフローした湖水中に含まれる栄養塩類濃度の変化として測定してこれを溶出量とし、面積、時間で除して溶出速度($\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$)を求めるのが一般的である。



図の説明:

Aにおいて酸素と窒素ガスを混合した模擬空気ガスを作成する。Bにおいて湖水に対して先のガスでもってエアレーションする。ガスの混合比を変えることで、湖水中の溶存酸素濃度をコントロールすることができる。Cに湖底より採取した底泥を置き、

上にBの湖水を導水し、オーバーフローした水について栄養塩類の濃度を測定する。
湖水における濃度と比較し、溶出した量を把握する。

さて、この実験結果がどの程度実際を表しているかが問題となるが、上記のような室内実験と現地との違いは以下の通りと思われる。

①新生堆積物の取り扱い

湖では日々新しい堆積物が沈降しており、それらの酸素消費量、溶出量などが室内実験ではカウントされない

②流速の違い

溶出現象は一部拡散現象と考えられる。拡散は底泥直上の流れ(乱流拡散)に影響を受けると考えられるが、室内実験ではこのような状況を再現することが難しい。

③底泥の巻き上がり、溶存酸素環境の実測の困難

浅い湖では風により底泥が巻きあがり、それらからの回帰が起こっていると思われるが、実際どの程度風でどのような量が回帰しているか実測することが困難で、把握しきれない。またリンの溶出は低層域の溶存酸素濃度に影響を受けるが、実際湖沼の低層域の溶存酸素の時間変化を把握し切れていない。

さて、これをふまえて質問に回答する。

上記で述べたように底泥からの溶出量の把握については研究段階の部分があり、すべてが明らかになっているわけではない。よって今の段階でこの方法がベストであるというものはない。また、このような底泥からの溶出量の把握はシミュレーション計算のための基礎データであるので、どのような計算を行うかによって必要となるデータは異なる。それに応じた試験方法を用いればよいと考えられ、その結果の妥当性はシミュレーション計算におけるキャリブレーションで図られるべきであろう。

つぎに窒素の除去法について述べる。

窒素はきわめて除去しにくい物質といわれ、窒素を直接のターゲットとした除去法で、河川湖沼のようなオープンなところでの直接浄化手法としては、今のところ無いといってよい。

窒素対策としては流域対策と琵琶湖の場合内湖対策等が考えられる。浮島によって浮島上の植生、周りに付着した藻類、沈水植物などに吸収させ、さらにエビ、貝、魚類などの上位捕食者に吸収させ浄化を行うような多自然型浄化、また内湖をビオトープ化して、流入河川をいったん導水し、そこで窒素を捕食させ、その後に放流するような内湖浄化が考えられる。

(河川環境研究室)

2. 最近の河川技術の進展と河道計画策定の新しい方向

(質問)

河道計画については、建設省河川砂防技術基準（案）計画編第9章に、その策定法が示されている。一方、河道計画策定に関係する河川技術は近年進歩してきていると考えられる。このような新しい河川技術の出現が、これからの河道計画の策定の基本方針にどのように結びついていくか、河道計画策定の新しい方向などあればご教示願いたい。

(河川部河川計画課)

(回答)

1. はじめに

近年、河道の諸特性や洪水流に関する理解が深まりつつあり、このような理解を土台として現れつつある新しい河川技術が、河道計画策定にも大きな影響を与える段階になったことは、ご質問の通りである。ここでは、特に重要と考えられる河川技術の進展をまず簡単に説明した上で、それらが今後の河道計画の基本的方向性の決定にどのように貢献していく可能性があるかを解説する。

2. 河道計画策定にとって重要な河川技術の展開

①「河道セグメント」単位の見方

一本の河道の縦断形は、多くの場合、同一勾配を持つ区間がいくつか集まってできている。同一勾配を持つそれぞれの河道区間はほぼ同じ大きさの河床材料を持っている。さらに、掃流力や低水路幅・深さも、これらの各区間内では同じような値を持っていることが多い。このように、河床勾配が同一で、似たような特徴を持つ区間ごとに河道を区分して種々の検討を行うことが「セグメント単位の見方」であり、区分された各区間を「セグメント」と呼ぶ。

表-1 各セグメントとその特徴

	セグメント1	セグメント2	セグメント3
地形区分			
河床材料の平均粒径 d_m	2 cm 以上	3 cm~0.4 mm	0.3 mm 以下
河岸物質	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物	シルト・粘土
勾配	1/60~1/400	1/400~1/4000	1/5000~水平
蛇行程度	曲り少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行又は島の発生	蛇行が大きいものもあるが無いものもある。
河岸侵食程度	非常に激しい	中、河床材料が大きい方が良く水陸動く。	弱、ほとんど水陸位置動かない
水路の平均深さ	0.5~3 m	1~5 m	4~6 m

日本のそれぞれの河道をセグメント単位に区分して見ていくと、少なくとも一級河川の場合、同じ性質をかなりの部分共有する三つのグループに分類できる。その三つのグループはセグメント1、2、3と呼ばれ、それぞれ表-1に示す共通の性質を持っている。さらにもう少し細かく分類すると、セグメント2は、砂利を河床材料に持つセグメント2-1と、砂を河床材料に持つセグメント2-2に分けることができる。

河道をこのようなセグメント単位に見ることで、とらえどころのない複雑な特徴を持つように見える河道を少数の基本的パターンに分類できる。その基本パターンを土台にすれば、各河道の特性を組織だって把握することが可能になる。このようなセグメント単位の見方については、たとえば文献(1)に詳しく解説されている。

②各河道セグメントの河道縦断形変化特性

それぞれの河道セグメントの縦断形について、どのような変化特性を持つか、河道計画上に留意すべき変化特性は何か、縦断形変化を予測するための技術的要点は何か、ある程度明らかになってきた。その成果の一例が、文献(2)に示されている。

③各河道セグメントの低水路川幅の安定性とその変化特性

どのような低水路川幅が安定的なのかが、河道セグメント別に概ね明らかになってきた。また、安定的低水路川幅からずれた川幅を設定したときに、元の安定的川幅に戻るのか、そのままなのか、戻るとすればどのような速さで戻るのかについて、実河川のデータが集積されつつあり、これらの傾向が、河道セグメント毎にある程度判別できるようになってきた。その研究成果の一例が、文献(2)(3)に示されている。

④水位計算法の進展

—低水路粗度係数の予測—

まず、種々の流れ状態に対する低水路部分の粗度係数が、相当程度予測できるようになった。低水路の河床は、洪水中に顕著な河床波をつくる性質があり、この河床波の消長が低水路粗度係数に大きな影響を与える。河床波の消長が洪水の規模に敏感に影響される場合があるため、既往洪水の逆算から得られた粗度係数を河道計画にそのまま使うことが必ずしも妥当とは言えず、このことが水位計算の精度向上にとって大きな隘路であった。上記の低水路粗度係数予測手法は、このような課題の解決に貢献するものである。この研究成果は、たとえば、文献(4)に示されている。

—河道内植生が水位に与える影響の評価—

河道内には樹木群を含む種々の植生が繁茂している。近年、河道内植生の勢いが増した河川も多い。河道内の植生は、洪水流に影響を与え、粗度係数を変え、水位に影響を与える。また、河道内植生は、時間とともに変化するものなので、ある時点での洪水逆算から得た粗度係数が、植生状況が大幅に変化するかもしれない将来河道に適用できるとは必ずしも言えない。このような技術的課題を解決するために、河道の中の植生繁茂状況についての調査結果を水位計算に合理的に反映させる手法が開発された。これにより、河道の植生繁茂状況を自由に想定し、その想定の下で、植生が水位にどのような影響を与えるかが相当程度予測できるようになった。この研究成果が文献(5)に示されている。

—水位計算法の合理化—

前二者（低水路粗度係数予測、河道内植生の水理的影響評価）を含む、水位計算法の合理化努力の積み重ねによって、河道状況を種々に設定した上で、以下の要因を考慮できる水位計算を概ね妥当な精度で行うことが可能になり、その標準的な手法も確立されつつある。

- ・ 流量規模の変化に伴う低水路粗度係数の変化
- ・ 粗度状況と鉛直平均流速のマクロな横断変化
- ・ 樹木による抵抗増大の影響
- ・ 横断方向の急な流速変化に伴う流れの干渉による付加的抵抗
- ・ 合流による付加的抵抗
- ・ 既設橋脚による堰上げ
- ・ 急縮・急拡による付加的抵抗
- ・ その他構造物等による付加的抵抗
- ・ 河道の曲がりによる外岸水位の上昇

⑤砂州形状についての理解

洪水時には水衝部をつくり、平水時には瀬と淵をつくる砂州について、その発生の有無、平面的配置パターン、砂州の高さが、河道及び水理条件との関係で概ね把握できるようになってきた。この研究成果は、たとえば、文献(6)に示されている。

3. 新しい河川技術とこれからの河道計画

今まで紹介した河川技術の最近の展開は、これからの河道計画に対して次のような新たな視点を付与し、河道計画の進展を後押しすると期待される。

—河道セグメント単位の見方を通じて各河川、河道各区間の川の特徴・個性を読みとり、それを計画に生かす—

河道セグメント単位の見方をとることにより、複雑に見える川の特徴を比較的容易かつ体系的に把握できるようになることから、川の個性を河道計画に反映させることを、より積極的に実施することが期待される。河道セグメント単位の見方は、以下のすべての項目を包括するものである。

—河道縦横断形状の変化特性を河道計画に生かす—

変化しやすい不安定な河道形状を設定すると、後の河道維持に労力を要することになり、継続的な河道維持作業は河川の自然環境の保全という観点からも好ましくない。また、変化しやすい河道を無理に安定化させるよりも、変化を許容した河道計画を立てた方が、長期的には合理的な計画となり、河川の自然環境保全の観点からも好ましい場合もある。すなわち、河川の形状は基本的には変化しやすいものであり、河道形状が変化することを前提に、その変化特性を織り込んだ縦横断形の設定をおこなうことが望ましい。新しい河川技術を生かして、縦断形については一洪水中および長期的な変化特性を、横断形については安定低水路川幅およびその変化傾向を織り込んだ河道計画を立てることが期待される。

—河道状況を反映させた水位計算に基づく河道計画—

新しく開発された水位計算法を活用して、水位予測を行う際にまずどのような河道状況を想定するかをしっかりと吟味し、その上で、想定した河道状況を反映させた水位計算を行い、河道計画につなげることが好ましい。これにより、将来の河道状況の変化や河川管理者の河道管理の方針、植生管理を中心とした自然環境保全の方針を水位計算ひいては河道計画に有機的につなげることができる。水位計算の精度向上に伴い、河道が持つ治水安全度の把握精度が高まることも期待できる。

—河道計画の段階で計画遂行中および達成後河道維持管理計画まで考える—

河道計画の段階で、植生など河道状況の具体的な姿や河道形状の変化傾向を想定するようになれば、河道計画で想定した河道の姿が将来にわたって維持されるのかどうか、維持するためにどの程度の維持管理労力を必要とするかがある程度具体的に見えてくる。これにより、河道計画の段階で、無理な維持管理を必要としない河道をつくるという項目を河道計画の目的の1つに加えて検討することができるようになり、長期的な視点が河道計画に合理的に反映されることが期待される。また、河道計画の段階で、合理的な河道管理の方針が定まることになる。

—砂州特性の河道計画への反映—

砂州の形状は、深掘れ量・位置や瀬と淵の形状に直接関係している。河道改修などにより砂州の形成状況がどのように変化するかを大ざっぱにでも予測できれば、改修後に起こりうる低水路内水環境の変化や河岸防御にとっての主要な外力である深掘れ量・位置の変化を、河道計画段階である程度考慮することができ、河川の自然環境保全や河岸防御工の配置に関する計画段階での方針を、ある程度合理的なものにできると期待される。

4. おわりに

このような河川技術の新しい展開を、河道計画の中に取り込んで、河道計画に期待されている新しいニーズに積極的に応えていくことが大事である。同時に、こうした技術的展開をもってしても、河川工学には未だ多くの未解明の課題を抱えており、現時点での技術レベルをもって河道計画をより良いものにしていく作業と並行して、河川の調査・観測・分析・実験・計算などを通じて、新たな技術の蓄積のために普段の努力を傾けることが肝要である。

参考文献

- 1)山本晃一：沖積河川学、山海堂、第1章。
- 2)建設省河川局治水課、土木研究所：河道特性に関する研究—その3— ～河床変動と河道計画に関する研究～、第46回建設省技術研究会報告、第1章。
- 3)文献(2)、第3章3節。
- 4)文献(1)、第4章、補章1。
- 5)建設省河川局治水課監修、(財)リバーフロント整備センター編集：河道内の樹木の伐採・植樹のた

めのガイドライン、山海堂、第2章2節、
6)文献(1)、第6章、7章、補章3。

(河川研究室)

3. ダム貯水池の水位変動域の緑化

(質問)

制限水位方式を取っているダム等においては、ダム湖の水面低下時に現れる法面の裸地対策が重要な課題であり、その対策の現状及び今後の動向について御教示願いたい。

(大滝ダム工事事務所、川上ダム建設所)

(回答)

貯水池湖岸の裸地は、渇水による水位低下時に顕著に見られますが、特に制限水位方式のダムでは、毎年、夏季に帯状に出現するために、貯水池景観上の課題とされています。

ご質問の水位変動域の湖岸法面の緑化は、このような問題に対する有効な対応策の一つですが、水位変動域の環境は自然界にはほとんど見られないものであり、植物にとって過酷な条件下での生育が求められることを認識しておく必要があります。つまり、それ程容易な技術ではなく、現場の種々の条件に見合った手法については十分には確立されていないのが現状です。

適切な緑化工法を確立するためには、実際の貯水池の水位変動域で自然に植生を維持している事例の分析と、これらを基礎にした系統的な実地試験の実施が必要となります。自然の植生事例としては、大石ダム（アメリカセンダングサ、エノコログサ）や鶴田ダム（メリケンムグラ）があげられますが、いずれも水位変動のサイクルと1年生草本類の発芽、生育、開花、結実の生活サイクルがうまく合っている好例と考えられます。他の貯水池でも、部分的には植生が維持されているところは多く、オナモミ類、エノコログサ類、メヒシバ類、アメリカセンダングサ、タデ類、イヌビエ類などの草本類が見られるとともに、豊平峡ダムのエソミソハギのように景観的にも美しい花ものが見られる場合もあります。また、木本ではイタチハギやヤナギ類、ネムノキ等が見られます。

植物種については、こうした自然の生育事例や、既往の貯水池での緑化試験などの情報をもとに選定する必要がありますが、先にも述べましたように水位変動などとの関係については十分に明らかにされていないのが現状です。このような状況を踏まえ、現在、建設省の技術研究会で、水位変動域の緑化の課題を取り上げ、全国の16貯水池において試験施工を実施しています。試験施工での導入植物種は、1) 一年生草本類（在来種）、2) 一年生草本類（外来種）、3) 多年生草本類、4) 木本類で構成し、各植物種の水位変動などとの関係を把握する予定です。

なお、仮に厳しい生育環境に適合する植物種が存在するとしても、繁殖力の強い外来種を安易に導入すると、貯水池周辺や下流域における貴重種を含めた在来種が駆逐されてしまい、周囲の生態環境が大きく変化してしまう場合も考えられます。従って、イタチハギやメリケンムグラなどの利用は十分にその影響を考慮しておく必要があります。このことを考慮し、技術研究会では対象とした貯水池周辺の植生調査を元に、緑化導入種として

特に在来種を取り上げて、種子の収集から取り組んでいるところです。

植物種にも増して重要なのが、土壌の確保の検討です。図-1は貯水池湖岸の裸地化のメカニズムを整理したのですが、一般に、冠水によって植生が衰退し土壌表面が不安定化したところに、雨水、波浪、凍上や湖面結氷などの作用が加わって浸食・崩壊が進行するものと考えられています。

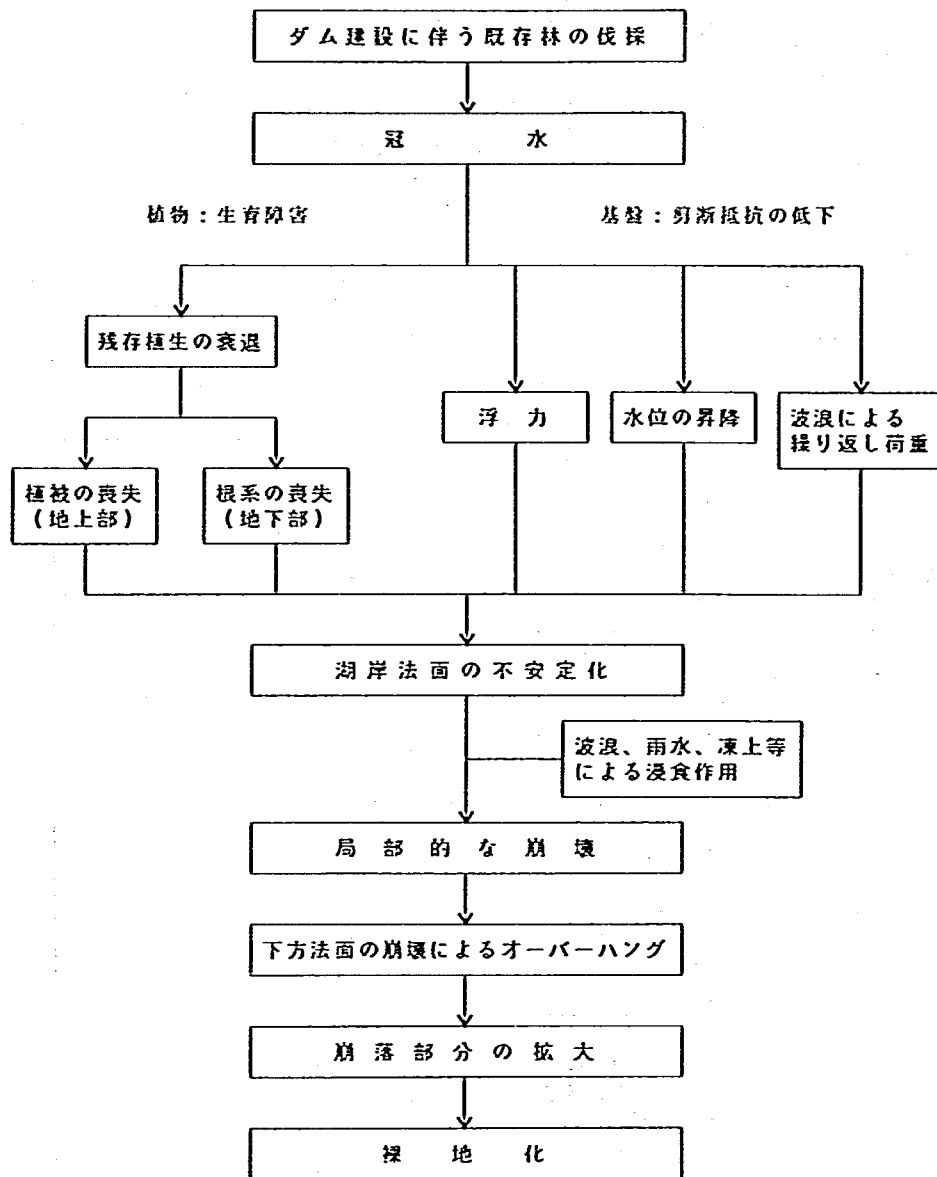


図-1 ダム湖岸法面における裸地化の機構

このように裸地化した法面の緑化は、この逆に植物生育基盤の造成を行うことが必要であり、その対策は法面基盤の物理的な安定を図る「土壌の安定化対策」と、植物の生育のための「良好な土壌状態の確保対策」に大別できます。土壌の安定化は主として緑化基礎工により、また、良好な土壌状態は植生工により確保されますが、緑化工法の具体的な選定は、法面の傾斜条件及び波浪等による浸食の影響の大小などの各要因を十分見極める

表1 ダムにおいて土壌（生育基盤）に関して配慮すべき項目に該当する工法の一覧

配慮すべき項目	影響を与える要因	緑化基盤工											植生工									その他	
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	a	b	c	d	e	f	g	h	i	I	II
		ネット張工	二重ネット張工	編柵工	丸太柵工	金網張工	プレキャスト枠工	コンクリ吹付工	モルタル吹付枠工	ブロック張工	現場コンクリ枠工	緑化ブロック工	マルチング	客土	客土吹付工	植栽工	植生マット工	植生土のう工	厚層基材吹付工	袋詰客土注入マツ	撥水性基材吹付工	チェーンフロート	植生フロート
1. 土壌の安定 (1)土壌の移動の防止 (2)土壌の浸食の防止	急傾斜による崩落 傾斜45° 以上 傾斜35° 以上 傾斜25° 以上 雨水 波浪 吸い出し 凍上、凍結・融解 結氷 土性		△ ○ ○ ○ △	○ ○ △ △ △	○ ○ △ △ △	○ ○ ○ △ △	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ △ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
2. 良好な生育基盤の確保 (1)土中酸素 (2)pH (3)養分 (4)保水性	冠水時の空気確保 土質 表土の消失 貧養 土壌の厚さ 土性	○ ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	- ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○
3. その他 (1)漂流種子の付着促進 (2)早期の樹林化	裸出土の存在 苗木等の導入	△ -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	△ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ △	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○

○効果を期待できるもの
△効果がある程度期待できるもの

・該当する条件で適用が可能なもの
-組み合わせる植生工によっては効果を期待できるもの

ことが重要と考えられます。

各種緑化工法の施工適性をこの観点から区分し整理したものを表－1に示します。現在進められている試験施工では、これらの工法を各貯水池ごとに数種類ずつ採用して冠水後の安定性について検討を進めており、その適正について具体的に検証を行っているところです。

なお、植生工の機能の中には、植物の繁茂による表層土壌の安定が当然含まれるわけですが、法面勾配が大きく、かつ波浪の影響が大きいような場合には、植物のみでの対応が困難な場合も生じるものと思われます。このような場合の緑化基礎工は、単に施工から植物の繁茂までの間の仮の土壌維持を行うというのみではなく、将来にわたり土壌を確保するための工法として位置づける必要があります。この場合、当然工費の問題があるわけですから、その適用は景観上重要な場所等に限定されるものと思われます。

また、湖岸の緑化の考え方として、既設ダムのように既に裸地化してしまった法面と、これからダム建設・試験湛水を迎えるダムの湛水予定の法面では、対策手法に相違があるものと考えられます。本技術研究会では既設のダム貯水池の既に裸地化の進行した法面を主たる対象としており、通常の貯水池運用を維持しながら、厳しい環境の中でいかに植生を回復させるかを課題に取り組んでいます。これに対して湛水以前のダムでは、湛水までの期間を有効に使って、土壌の確保などの幅広い対策を事前に講じることが可能と考えられますが、その際にも本研究の成果が参考になるものと思われます。

現地試験については、平成7年度に基礎工の施工と種子や苗木の導入などの植生工を実施し、現在、冬季の冠水による影響等について調査を実施しているところです。結果については今後の技術研究会の報告を参考にさせていただきたいと思います。湖岸緑化の課題は、植物を対象に検討を進めているものであり、少なくとも何年かの植物の生活サイクルについて追跡調査を行うことがより確かな結論を導き出すため必要と考えられています。現地試験を可能な限り今後も継続するとともに、その成果について報告していきたいと考えています。

(水工水資源研究室)

1. 排水性舗装のB/C

(質問)

排水性舗装は、雨天時の交通安全確保、騒音低減等の効果がある。しかし、施工費が一般舗装に比べて高いこと、メンテナンスの難しさからいまだ試験施工の域を脱していない状況である。排水性舗装の広く普及させるためには、建設省内外に、排水性舗装の費用対効果を具体的に示し理解を広める必要がある。排水性舗装のB/Cについて土木研究所にて研究事例があれば御教示願いたい。

(奈良国道工事事務所)

(回答)

コストについては、オーバーレイ工の直接工事費で比較すると、通常のアスファルト舗装が1000～1500円/㎡程度、排水性舗装が2000～2500円/㎡程度であり、倍近くの費用が必要である。また、これとは別に路肩部の排水施設への排水方法を別途検討する必要がある、削孔や集水パイプの設置に別途費用が必要である。

排水性舗装の効果については、以下のようなものが挙げられる。

①車両の走行安全性の向上

- ・(特に雨天時の)すべり抵抗性の向上(ハイドロプレーニング現象の緩和)
- ・対向車両による水はね、前走車両による水しぶきによる視界悪化の緩和
- ・雨天夜間時におけるヘッドライトによる路面反射の緩和
- ・雨天時における路面表示の視認性の向上

②沿道環境の改善

- ・沿道への水はね防止
- ・車両走行による道路交通騒音の低減(機械音(エンジン音など)の吸音、エアポンピング音の抑制)

便益の算出方法案としては、

- ・走行安全性が向上することにより、特に雨天時の旅行速度が向上する。旅行速度の向上にともない旅行時間が短縮する。この旅行時間の短縮分を経済的に評価する。
- ・走行安全性の向上により交通事故件数が減少する。この減少分を経済的に評価する。
- ・道路交通騒音の低減を図れることにより、遮音壁の要求機能レベルが相対的に低下する。この遮音壁にかかる費用の低下分を経済的に評価する。

などが考えられる。いずれにせよ、これらを正確に評価するためには、実際の排水性舗装の施工にともなう旅行速度の向上や事故率の低下、騒音低減効果のデータ収集が必要であり、現時点ではこれらに関する手法は確立されていない。

(舗装研究室・交通環境研究室)

2. FWDによる支持力評価

(質問)

FWD測定から得られたたわみ量から、多層弾性理論により弾性係数を推定する方法が提唱されているが、この弾性係数による評価を行う場合の適用範囲等についてご教示願いたい。

(大阪府土木部土木技術事務所)

(回答)

FWD測定から得られたたわみ量から弾性係数を求める逆解析は、多層弾性理論によって行われる。したがって、FWDの測定にあたっては、アスファルト層の温度が高くなると粘性の影響が生じるため、なるべくアスファルトの温度が低い時期に実施するのが望ましい。

逆解析で設定する層数は、少ないほど収束が早く、解析結果の信頼性が高くなることが報告されている¹⁾。したがって、解析用の層構造を決定するにあたっては、材料ごとに細分化する必要はなく、アスファルト舗装要綱に示された使用材料の分類ごとに層構造を決定する。たとえば、加熱アスファルト混合物層 15cm、アスファルト安定処理層 10cm、粒調碎石 35cm、クラッシャーラン 40cm の場合、アスファルト混合物層 25cm、粒状材層 75cm、路床の3層構造で逆解析を行う。

FWD測定によるたわみ結果の誤差は逆解析結果に影響を及ぼすため、FWD共通試験を行い、装置間の差異を少なくする方法が検討されている。また、逆解析のためのソフトとして姫野らによるLMB S²⁾や Gauss-Newton 法によるアルゴリズム³⁾が開発されている。

FWDの測定結果は、舗装の耐久性の評価、材料の劣化の程度、補修方法の選定などに用いられるが、現時点では実用レベルでの精度の確認や結果の追跡が不十分であることなど、解明すべき問題が多く残されている。

(舗装研究室)

<参考文献>

- 1) FWD研究会 (北海道工業大学内) : FWDに関する研究 (その2) , 1995. 12
- 2) Himeno, K. Maruyama, T. and Hayashi, M. : The use of FWD Deflection Data in Mechanistic Analysis of Flexible Pavements, Proceedings of 3rd International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields, Vol.1., The Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway, July 1990, pp.401-410
- 3) 松井邦人, 佐藤直俊 : 舗装構造の逆解析のための Gauss-Newton 法, 土木学会論文集 No. 478/V-21, pp.141-144, 1993. 11

1. 地震による「ゆるみ」の調査手法

(質問)

六甲山系では平成7年1月17日の地震による地盤のゆるみから、降雨等により崩壊が発生しやすくなっていると考えられている。

そのため、危険斜面のゾーニングおよび各種対策実施計画作成の基礎資料とするための、山腹斜面の風化部、地盤のゆるみの箇所、またその程度を把握する手法を御教示願いたい。

(六甲砂防工事事務所)

(回答)

広範囲な斜面の崩壊危険度を把握するためには、個々の斜面の安定性を調査することと、その詳細な調査を行うべきエリアを特定することが必要になる。ここでは、個別斜面の調査としての急傾斜地崩壊危険箇所点検手法と、面的な調査としてのリモートセンシングによる調査事例を紹介する。

地震によって発生したゆるみに関しては、個別箇所ごとのゆるみの把握が一般には困難であり、ゆるみと崩壊発生危険度の関係が明らかになっていないわけではない。ただし、直接的に地盤のゆるみを評価することは困難であるが、地盤のゆるみという現象が斜面周囲の亀裂や小崩壊の発生という形で現れることも考えられるため、これらの現象に十分留意して現地を見ることが当面可能な対応と思われる。このため、地震後の斜面の危険度評価にあたっては、通常行っている斜面の点検手法を準用するのが現実的である¹⁾。

ここで参考までに斜面調査の種類と流れを示す(図1)¹⁾。ここで示したものは急傾斜地崩壊防止工事の施工のために必要な調査事項を示したものであり、必ずしも防止工事の施工を目的としない場合には、それぞれの目的に応じた段階まで調査を行えばよい。例えば急傾斜地崩壊危険箇所のゾーニングにあたっては予備調査まで行う必要があると考えられる。ここに危険箇所点検調査の項目を示す(表1)¹⁾。この調査項目による危険度判定についてはファジィ理論を用いた斜面危険度評価手法によって行っている。斜面崩壊のように種々の要因が相互に関連し合って発生する現象に対して、経験者がその危険度を判定する場合、斜面の高さ、遷急線の有無、横断形状といった諸要因を個々に組み合わせながら過去の経験と照合させて判断している。ファジィ理論を用いた斜面崩壊危険度判定手法は、この斜面調査専門家の思考過程をもとに、人間の主観的判断にもとづく曖昧な情報からファジィ理論を用いて解析を行うことにより斜面崩壊の危険度を定量的に算出する手法である。

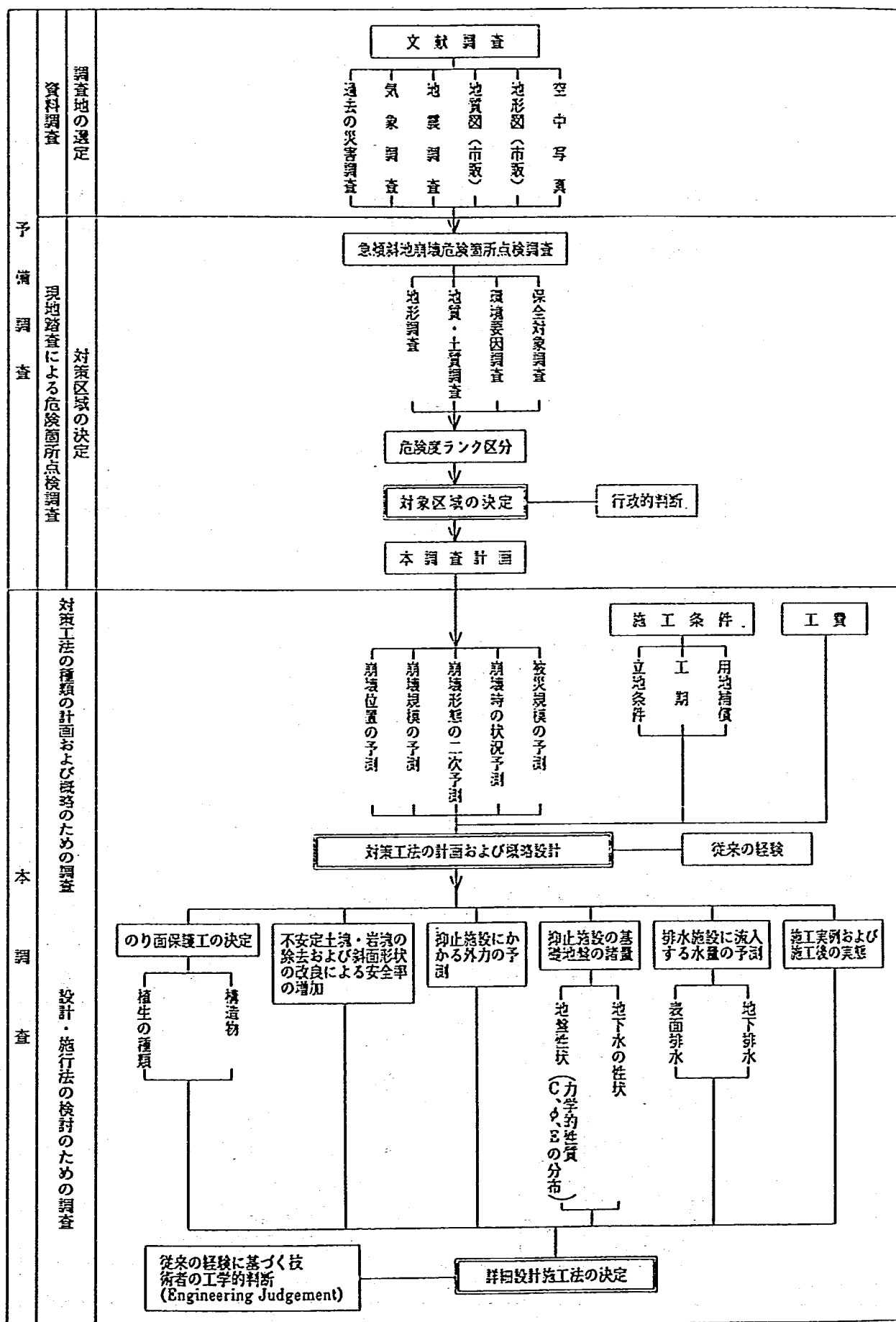


図 1 斜面調査の種類と流れ

表 1 急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表

箇所番号 26		斜面区分 自然斜面 人工斜面		箇所名	
位置		都・市		町・市	
		大字		小字	
急傾斜地崩壊危険箇所の延長		m			
地形要因	傾斜度				
	斜面の高さ	m			
	斜面方位	1. 東向き斜面 2. 南東向き斜面 3. 南向き斜面 4. 南西向き斜面 5. 西向き斜面 6. 北西向き斜面 7. 北向き斜面 8. 北東向き斜面			
		1. 凸形尾根斜面 2. 直線尾根斜面 3. 凹形尾根斜面 4. 凸形直線斜面 5. 直線直線斜面 6. 凹形直線斜面 7. 凸形谷斜面 8. 直線谷斜面			
	横断形状	1. オーバーハングがある 2. 斜面上部に凹凸がある 3. 斜面全体に凹凸がある 4. 斜面下部に凹凸がある 5. 平坦な斜面である			
	逕急線	1. 逕急線が非常に明瞭 2. 逕急線が明瞭 3. 逕急線が不明瞭			
地質土質要因	地表の状況	1. 亀裂が発達、開口しており転石、浮石が点在する 2. 風化、亀裂が発達した岩である 3. 礫混じり土、砂質土 4. 粘質土 5. 風化、亀裂が発達していない岩である			
	表土の厚さ	cm			
	地盤の状況	1. 崩積土 2. 火山砕屑物 3. 強風化岩 4. 段丘堆積物 5. 軟岩 6. 硬岩			
	岩盤の亀裂	1. 亀裂間隔が10cm以下 2. 亀裂間隔が10~30cm 3. 亀裂間隔が30~50cm 4. 亀裂間隔が50cm以上			
	斜面と不連続面の傾斜関係	1. Aタイプ 2. Bタイプ 3. Cタイプ 4. Dタイプ 5. Eタイプ 6. Fタイプ 7. Gタイプ			
	基盤・破砕帯	1. 明瞭な断層・破砕帯あり 2. 明瞭な断層・破砕帯なし			
	植生の種類	1. 植生がない(裸地) 2. 草地 3. 竹林 4. 針葉樹 5. 広葉樹 6. 針広混交			
	樹木の樹齢	1. 10年未満 2. 10年~20年 3. 20年~30年 4. 30年~40年 5. 40年~50年 6. 50年以上			
	伐採根の状況	1. 伐採根のある斜面 2. 伐採根のない斜面			
環境要因	調査履歴	1. 古い崩壊地がある 2. 新しい崩壊地がある 3. 崩壊地は認められない			
	斜面状況	1. 下部斜面の崩壊 2. 斜面中部の崩壊 3. 上部斜面の崩壊 4. 斜面全部の崩壊 5. 崩壊なし			
	隣接斜面状況	1. 古い崩壊地がある 2. 新しい崩壊地がある 3. 崩壊地は認められない			
	湧水	1. 湧水が常時ある 2. 降雨時に湧水がある 3. 斜面が常時ジメジメしている 4. 斜面は乾燥している			
	対策工	1. 対策工に異常あり 2. 対策工に異常なし			
	対策工上部の状況	1. 10m以上掘削したままの斜面あり 2. 5m以上掘削したままの斜面あり 3. 5m未満掘削したままの斜面あり 4. 掘削したままの斜面なし			
	斜面上部の土地利用状況				
保全対象	人家戸数				
	公共的建物	公共施設			
	がけ下人家戸数				

今回、六甲山系において必要な「ゆるみ」の調査はかなり広い範囲を対象とすることとなるため、個別箇所の詳細な状況把握は前記手法に準じればよいが、概況調査にはリモートセンシングによる把握が有効と考えられる。最近、砂防関係で行われたリモートセンシング調査としては、実際に地表面に生じた変動を把握するためのものとしての合成開口レーダ（SAR）による地形計測、表層土層内部の変動実績を把握するためのものとしてのランドサットTMデータ等を用いた植生活力の低下度調査などの事例がある。

SARによる調査²⁾では、雲仙普賢岳の溶岩ドーム周辺の地形変化状況を迅速に把握するために、干渉縞画像を作成することで地表面の標高を計測することに成功した。使用するマイクロ波の波長を選択することで地表植生の影響を排除することも可能であり、また、地形的高低差と陰影の強調された画像が得られることから³⁾、空中写真を用いた計測では把握できない森林部分の地形変化も把握可能である。ただし、雲仙普賢岳における計測では対象地域が立ち入り禁止区域であったため標定点が少なく、標高値についてはRMS誤差が2 m程度あった。したがって、六甲山系で対象とするような微少な変化を追跡するためには、リフレクター等を密に配置するなどして計測精度を十分上げる必要がある。

TMデータによる調査^{4)・5)}では、平成3年に九州北部地域で発生した風倒木災害地でのその後の斜面崩壊発生状況とNDVI値（植生活力を表現する指標）を対比させ、表層土層の強度低下地域の把握可能性を示した。この調査は、表層土層の振動・攪乱により樹木の毛根が切断され、一定期間経過後に植生の活力度が低下することを利用するものである。TMデータは過去に遡って入手可能であり、イベント（台風、地震等）発生後のデータと比較して植生活性度低下状況を把握することで、崩壊発生の危険度の高くなった地域の推定が可能になる。

（急傾斜地崩壊研究室・砂防研究室）

（参考文献）

- 1) (社)全国治水砂防協会：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例－急傾斜地崩壊防止工事技術指針－、本編PP69～89、平成8年7月
- 2) 石川芳治・小山内信智・矢島重美・安江朝光・阿部宗平：Topography of Mt. Unzen Measured by Synthetic Aperture Radar. PROCEEDINGS of THE INTERNATIONAL SABO SYMPOSIUM, pp. 223～230, 1995
- 3) 日本リモートセンシング研究会：図解リモートセンシング。(社)日本測量協会, 1994
- 4) 片山哲雄・松村和樹・栢木敏仁・山口真司：風倒木地域における植生状況と崩壊の関係。平成8年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 129～130, 1996
- 5) 栢木敏仁・松村和樹・片山哲雄・山口真司：風倒木地域におけるリモートセンシングの活用性について。平成8年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 131～132, 1996

2. 砂防樹林の機能評価

(質問)

近年、自然と調和した砂防事業への関心が高まるなか、「都市山麓グリーンベルト事業」を推進することとしている。しかしながら、樹木の樹幹・根系の斜面崩壊に対する抵抗力についての定量的評価手法は十分に確立されていない。

そこで、根系の斜面崩壊に対する抵抗力、樹幹の落石・土石流等の衝撃力への抵抗力、山腹砂防樹林の砂防計画への組み込み手法等について考え方を御教示願いたい。

(六甲砂防工事事務所)

(回答)

I.

健全な森林に覆われている山腹斜面では、様々な種類の木本・草本植物などが生育している。これらは、高さごとに階層構造をなして生育しており、樹高の高い樹木群で占められる高木層（高さ8m〜）の下には、高さの高い順に、亜高木層（高さ4〜8m）、低木層（高さ1〜4m）、草本層（高さ0.01〜1m）、コケ層という階層が成立している¹⁾。

斜面の地表面には、落葉落枝などの植物遺体やそれが破碎・腐朽したものからなる有機物層（A層と呼ばれている）が堆積し²⁾、さらにその下には、根系の生長・枯損や小動物の活動などの影響を受けて孔隙に富んだ土壌が厚く形成されており、A層を含めて森林土壌と呼ばれている。

さらに、その森林土壌中には、木本・草本植物の根系が分布し、特に高木層を形成する大径木の根系は深くまで伸長している。

ここでは、今述べたような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、森林のどの部分が、どのように作用しているのかを簡単に説明したい。

(1) 基岩の風化緩和機能³⁾

健全な森林が成立している場合、基岩は、森林土壌で厚く覆われているため、凍結、熱等の機械的な風化作用からは保護をされている。観察によっても、森林土壌に覆われた箇所では機械的な風化が顕在化しておらず、基岩が露出した箇所でのみ、砂礫生産に連なる直接的な風化が進展していることが見いだされる。

またその一方で、樹木の根系には、基岩の割れ目の中へ伸長して基岩を破碎する作用があるが、森林土壌が厚くなると根系の破碎作用も発揮されにくくなる。

このように、健全な森林は、基岩を厚い森林土壌で覆い、基岩を露出させないことによって、基岩の風化を緩和する。具体的には、基岩の風化によって生じる土砂礫生産量の減少や落石の発生防止という形で効果を発揮する。

(2) 表面侵食の防止機能⁴⁾

降雨による表面侵食は、通常次の二つの過程により生じる。

- ① 雨滴の衝撃力により、露出した土層表面の土粒子が剥離し、分散し、飛散する。
この形態で発生する侵食現象は、雨滴侵食と呼ばれるものである。

また、雨滴の衝撃力には、土層表面を締固める作用と分散した細粒土が土層中の大中孔隙を目詰まりさせる作用が存在し、これにより土層表面の透水性が低下し、表面流が発生しやすくなる。

- ② 表面流が発生すると、次に、その掃流作用により土粒子の剥離、移動が起こる。
また、雨滴侵食で飛散した土粒子も表面流で運搬される。

この侵食現象は、斜面上部では理論上、面状侵食として発生することも考えられるが、通常雨水が集中し、リル侵食の形をとる。さらに斜面下部ではリル侵食が発達してガリ侵食となり、侵食土量は飛躍的に増加する。

健全な森林は、このような発生機構により発生する表面侵食の防止に関して、次のように作用する。

- ① A層や林床植生（低木層、草本層、コケ層から成る）が、土層表面を覆って雨滴侵食を防止する。
- ② A層を含む森林土壌は孔隙に富んでおり、透水性が高く、表面流の発生を抑えて表流水による侵食を防止する。
- ③ 主に樹冠部分において、降雨は遮断され蒸発するため、地表に到達する雨水の量は減少する。これにより、雨滴侵食や表流水の発生は緩和される。しかし、樹冠により再配分された雨滴の直径は遮断前のものより大きくなることもあり、その衝撃力はむしろ増加してしまうようである。
- ④ 森林地でも踏み固められた歩道等では、表面流が発生することあるが、A層や林床植生が存在すれば、流水に抵抗し、掃流作用を緩和する。
- ⑤ 林内に面状侵食やリル侵食が発生した場合でも、表層に集中する樹木根系がリルの発達を防止する。

以上のように、豊かな森林土壌を持つ健全な森林は表面侵食防止機能を持っており、その中でも発達したA層の存在は特に重要である。

（３）表層崩壊の防止機能⁵⁾

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。この防止効果は、森林伐採と表層崩壊との関係を統計的に分析した研究により認められている。なお、深層崩壊は、森林の影響とは関係なく発生する。

一方で、樹木根系が持つ表層崩壊に対する抵抗力を具体的に評価しようとする研究も進められており、かなりの進捗を見せているが、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検討・評価する試みは、まだ完全には成功していないというのが実状である。

これは、根系分布を表現するモデルの提案を含めた、樹木根系の分布状況に関する調

査研究があまり進んでいないことが原因の一つである。また、根系に関する調査研究が進まない理由としては、根系の分布形態が、樹種によって大きく異なること、また根系の生長というものが、地質・地形、基岩の割れ目の有無、土壤水分等の現場条件に強く影響を受けるため、同一樹種であっても、分布形態に大きな違いが見られることや、調査のために根を掘り返すという作業には多大な労力が伴うことがあげられる。

今まで述べてきたように、健全な森林には、①基岩の風化緩和機能、②表面侵食の防止機能、③表層崩壊の防止機能、の三つの機能が備わっており、土砂災害防止という観点で山腹斜面を健全な森林で覆うことは、国土保全上極めて重要なことである。

制度上砂防樹林帯の整備が可能な斜面においては、斜面がどのような状況にあるのかを把握し、上記三つの機能のうちどの機能を発揮させることが有効なのかを十分に検討した上で、それに最も適した整備方針により整備を行うことが重要である。

砂防樹林帯の整備によって将来達成される土砂災害防止効果を定量的に評価する標準的な手法は現段階では確立されていないものの、樹林帯のもう一つの効果と考えられている土砂堆積促進効果を期待した整備手法として、「緑の砂防ゾーン」の整備は近年全国各地で行われている。そこで、樹林帯の土砂捕捉効果に関連する知見を以下に示す。

II.

樹木の破壊には、根から倒壊するものと、地上部で折れるものがある。

樹木の倒壊強度に関しては、杉の現地静的引き倒し実験結果^{6)・7)}より、根元での最大曲げモーメント $M(\text{tf}\cdot\text{m})$ が次式で求められる。

$$M = 170 \cdot \phi^3 \quad \dots(1)$$

ここに、 ϕ ：樹木の根元直径(m) である。

また、樹木の屈折強度については、断面を円と仮定すると、次式のように最大曲げモーメント $M(\text{tf}\cdot\text{m})$ を求めることができる。

$$M = 0.098 \cdot \phi^3 \sigma \quad \dots(2)$$

ここに、 ϕ ：樹木の直径(m)、 σ ：曲げ強度(tf/m^2) である。

木材の強度は自然状態で含水比が高い場合 $\sigma \approx 500 \sim 700 \text{kgf}/\text{cm}^2$ とされており、 $\sigma = 600 \text{kgf}/\text{cm}^2 = 6,000 \text{tf}/\text{m}^2$ を式(2)に代入すると次式を得る。

$$M = 588 \cdot \phi^3 \quad \dots(3)$$

ここに、 ϕ ：樹木の直径(m) である。

式(1)、(3)を比較すると最大曲げモーメントに約3.4倍の差があり、一般的には、立木は屈折するよりも先に根返りを起こして倒壊することが分かる。

また、同じ試験地で行った衝撃载荷試験^{6)・7)}でも、全てのケースで根の浮き上がりで破壊が起こった。その際の最大衝撃荷重は、静的最大荷重の2～5倍と大きくなっている。これは、最大衝撃荷重が立木の慣性力と衝突点の局部応答により生じているものと考えられる。

すなわち、一般的に立木の耐力は根返りに対する最大曲げモーメントで検討すればよいと考えられる。ただし、樹林帯全体としての耐力については今後の研究課題である。

Ⅲ.

樹林帯による土砂堆積効果を評価する研究としては、水理模型実験によって立木の抗力係数を求める検討等^{8), 9)}がなされており、以下にその結果の概要を示す。

(1) 土砂濃度と樹林帯の抗力係数

① 樹林帯内を流下する流れの土砂濃度は、樹林占有面積が大きくなるにしたがい減少する。

② 樹林帯内での土砂濃度は、

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} - \frac{\rho \beta C_o F_r^2}{2 \cos \theta (\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)}$$

$$\beta = \frac{h \phi_o}{l^2 - \pi \phi_o^2 / 4} \quad \dots(1)$$

ここに、 C_d ：土砂濃度、 ρ ：水の濃度、 σ ：砂の密度、 ϕ ：内部摩擦角、
 θ ：河床勾配、 F_r ：フルード数、 β ：樹林の密度に係わる係数、
 h ：波高、 ϕ_o ：立木の径、 l ：立木の間隔、 C_o ：立木の抗力係数

と表されるとして、実験値から抗力係数を求めると、 $C_o = 0.5 \sim 1.5$ となった。

(2) 土石流の堆積過程および樹林帯の規模

① 土石流の堆積勾配は、樹林帯があることにより大きくなる。その関係は次式で表される。

$$\frac{\tan \gamma}{\tan \gamma_o} = 4.6 (b_s / d_{max})^{-2.6} + 1 \quad \dots(2)$$

$$\tan \gamma_o = \frac{C_s (\sigma - \rho) \tan \phi}{C_s (\sigma - \rho) + \rho [1 + 0.52 (q_o^2 / g d^3)^{1/3}]} \quad \dots(3)$$

ここに、 $\tan \gamma$ ：樹林帯内での集合流動の発生限界勾配、

$\tan \gamma_o$ ：樹林帯無しの場合の集合流動の発生限界勾配、

b_s ：樹林の純間隔、 d_{max} ：堆積土砂の最大粒径、

C_s ：堆積物中の粒子の容積濃度、 q_o ：堆積層上の流量、 d ：粒径

② 土石流の流入条件、土砂量、樹林の純間隔が与えられると、式(1)、(2)から樹林帯内の土石流の堆積勾配が求められ、堆積過程を時間的に追っていくことで土石流の堆積長

が推定でき¹⁰⁾、樹林帯の必要長さを求めることが可能である。

ただし、樹林の間隔を小さく計画すると、下流側での河床洗掘が生じるので注意が必要である。

IV.

山腹砂防樹林の砂防計画上の位置付けとしては、土砂生産抑制工と土砂流出防止工（捕捉工）の2つに区別して考えればよい。

いわゆる山腹工と同様に扱えるような条件（土砂生産区域とみなせる急勾配斜面であり、溪流に土砂供給を行う場合）の箇所の場合は、土砂生産量を低減する効果を計画上見込めばよい。ただし前述のとおり、現在のところ定量的な評価手法が確立しているわけではないので、対象地域における過去の面的な災害発生事例等を基に植生状況の違いによる崩壊土砂量の違いを評価して、低減率を決定すればよい。

山腹斜面下部の勾配変化点付近の樹林帯は、斜面から発生した土石流等を捕捉するための施設と考える。すなわち、土石流対策ダム、沈砂池、遊砂地、あるいは擁壁工の代替施設と考えればよい。ただし、想定規模の土砂流出に対して樹林帯のみでは対応が困難な場合は、パイル工やマウンドなどを組み合わせて対処する必要がある。

（急傾斜地崩壊研究室・砂防研究室）

（参考文献）

- 1) (社)砂防学会監修：砂防学講座第3巻斜面の土砂移動現象、山海堂、pp. 37～38、1992
- 2) 塚本良則編：森林水文学、文永堂出版、pp. 22、1995
- 3) (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、pp. 14、19、1993
- 4) (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、pp. 257～260、1993
- 5) (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、pp. 260～273、1993
- 6) 水山高久・石川芳治・鈴木浩之：立木の衝撃緩衝効果に関する試験報告書、土木研究所資料第2560号、1988
- 7) 水山高久・栗原淳一・鈴木浩之：立木の衝撃緩衝効果に関する試験報告書（Ⅱ）、土木研究所資料第2737号、1989
- 8) 水山高久・井良沢道也・福本晃久：樹林帯の土石流制御効果に関する水理模型実験報告書、土木研究所資料第2837号、1990
- 9) 水山高久・天田高白・栗原淳一・小林幹男：樹林帯の抵抗特性と土砂堆積促進効果、新砂防Vol. 42, No. 4(165), pp. 18～22、1989
- 10) 高橋保・吉田等：土石流の停止・発生機構に関する研究（1）、京都大学防災研究所年報、No. 22B-2, pp. 315～328、1974

1. RC床版の補修補強工法

(質問)

RC床版の損傷度については、ひびわれの間隔、形状、幅、密度より算出し、ランク付けがなされていると思いますが、その判定からの工法選択に至る基準（各工法の長短所も視野に入れたもの）を御教示願いたい。また、「損傷対策マニュアル」に従って、概略設計→詳細調査→工法選択→施工したものの事例も御教示願いたい。

(大阪府土木部)

(回答)

ご質問にある「損傷対策マニュアル」とは、「橋梁点検要領（案）」（土木研究所資料昭和63年7月）のことと思われる。この中では、橋梁点検に関わる目的、種別、実施の流れ、頻度・方法、実施体制、点検項目等を示すとともに、損傷度の判定基準と各部材毎の判定基準（案）を提示している。床版についても判定基準を示しており、損傷度を判定する場合に参考となる。

RC床版の補修・補強方法としては、縦桁増設、鋼板接着工法、上面増厚工法、下面増厚工法、炭素繊維シート接着工法などの方法が代表的であるが、床版の損傷度に応じて、どの工法が有利であるといったことを示すような包括的なマニュアル的な資料は現在のところ存在しない。これらの工法は、一般的には、以下のような特徴および長所短所を有している。

・縦桁増設

床版のたわみ抑制に効果があるため従来より用いられている。床版そのものに対しては直接的な補修補強効果はないが、たわみ抑制により劣化損傷を遅らせるとともに活荷重の支持機構の補強になる。やや死荷重増になる。

・鋼板接着工法

従来型の床版補強として最も施工例の多いものである。鋼板による直接補強であり、施工直後には信頼性が高いが、耐久性上からは鋼板腐食等の問題があるとともに、施工後の床版の劣化損傷の進行を調査点検することが困難といった欠点を有する。また、鋼板の接着面の腐食を防止するために床版上面からの水の浸入を防ぐことが肝要であり防水工との併用が望ましい。鋼板上面の腐食などの影響により、鋼板のはがれといった問題が生じることもある。なお、かなりの死荷重増となる。

・上面増厚工法

最近、日本道路公団等でよく用いられる工法である。アスファルト舗装を薄くし、床版コンクリートの上面にファイバーコンクリートを打設するもので、輪荷重により生じるせん断系の損傷に対しても補強効果がある。また、上面に打設するため防水工の機能も一部負担させることができる。施工は、必然的に交通規制を伴う。減ずるアスファルトと増厚するコンクリートとの差だけ死荷重の増加となる。

・下面増厚工法

一部の現場で採用されている工法である。モルタルと補強鋼材等を併用することで床版のRC的補強が可能となる。防水工とともに施工することが基本である。限られた交通規制により施工することができる。吹き付けモルタル等に特殊な材料を用いる場合が多いため、特定の業者しか施工できないという問題がある。やや死荷重増になる。

・炭素繊維シート接着工法

非常に新しい補強工法で、炭素繊維シートをエポキシ樹脂系の接着剤で貼る工法であり、床版下面からのRC的補強となる。補強量は、積層数を変えることにより調整することが可能である。また、交通規制や死荷重の増加をほとんど伴わずに施工できるという特徴がある。一方、抜け落ちの恐れがあるなど損傷が激しい時の補強効果についてはまだ明らかにされていないこと、水の浸入がシートの接着に与える影響、補強後の劣化損傷の進行の点検等について課題を有する。

・その他の工法

その他、下面を鋼構造で支える工法などが提案されており、橋梁形式や損傷程度によっては有効な場合がある。

なお、現在、土木研究所で上記の主な工法の補強効果については、実際のトラック走行をシミュレートする輪荷重走行試験により試験中であり、床版の損傷度に応じた各工法の補強効果を含めて検討することを目標としている。

(橋梁研究室)

2. PC上部工の高強度コンクリートの使用

(質問)

PC部材のコンクリートの許容応力度は道示Ⅲでは $\sigma_{ck}=500\text{kgf/cm}^2$ までの記述となっている。これは現時点では $\sigma_{ck}=500\text{kgf/cm}^2$ を超える高強度コンクリートの使用は望ましくないことを意味しているのか、また、高強度コンクリート使用時の注意点および設計基準強度の現時点での上限値等を御教示願いたい。

(福井県土木部)

(回答)

道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編のp.153にはプレストレストコンクリート橋に一般に用いられる設計基準強度について範囲を設けた旨が記されており、道路橋示方書に示された設計基準強度以上のコンクリートを設ける場合には許容応力度を別途定めるよう記述している。これについては、土木研究所コンクリート研究室とPC建協の共同研究報告書が作成されており、参考として頂きたい。

なお、平成8年の道示改訂ではこの部分が改訂される予定であり、本文（通達部分）において設計基準強度 600kgf/cm^2 まで、解説において 800kgf/cm^2 までコンクリートに関する規定を設けることを検討している。ここで、 600kgf/cm^2 を超える高強度コンクリートでは、適切な配合の設定および練り混ぜ、運搬、打ち込み、養生などの一連の製造工程について特に行き届いた管理が必要とされるため、今回の改訂では優れた品質管理が可能となる工場等において製作されるプレキャスト部材を対象とする方向で考えている。

(コンクリート研究室、橋梁研究室)

環 境 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 河川浄化施設としての 遊水池の利用方法	河川部河川調整課	河川環境研究室	 35
2. 河川浄化対策処理方法	大和川工事事務所	河川環境研究室	 37
3. 環境面を考慮した取水呑口の形状	和歌山工事事務所	河川環境研究室	 41
4. 騒音のLeq予測	道路部計画調整課	交通環境研究室	 44
5. 道路交通騒音の測定方法	滋賀国道工事事務所	交通環境研究室	 45
6. 脱硝装置の開発状況	浪速国道工事事務所	交通環境研究室	 46
7. 低層遮音壁の設置条件	和歌山工事事務所	交通環境研究室	 48
8. 道路交通振動の測定方法	滋賀国道工事事務所	構造研究室	 49

1. 河川浄化施設としての遊水池の利用方法

(質問)

遊水池へ河川水をポンプで取り込み沈殿させて上水を越流堤より排水する沈殿地としての機能を利用した浄化を計画している。

①滞留のため富栄養化を起し、水質が悪化する可能性があるかどうか

②もっと有効な浄化法はないか検討願います。

施設概要 滞留時間 1.1日 池容量22000立米

(河川調整課)

(回答)

遊水池を浄化施設として使用するときには以下のような問題が考えられるので、注意する必要がある。

①堆積汚泥の嫌気化

沈降させた汚濁物質中の有機物濃度が高い場合、堆積した汚泥は嫌気化し、硫化水素などのにおい、ユスリカなどの虫が発生する。特に遊水池が住宅地などに隣接する場合に注意する必要がある。

②堆積汚泥の処理

汚泥堆積状況によっては治水容量が減少したり、頻繁なる排出作業を伴うことがある。メンテナンスをどのように行うかも含めて堆積する汚泥の取り扱いについてあらかじめ考慮する必要がある。また出水時に導水されたとき堆積した汚泥が巻きあがり、出水後の放水時に汚濁負荷を増大させることも予想される。その運用についても同様である。

③富栄養化現象の発生

富栄養化現象の発生により水が汚濁することがある。遊水池内での滞留時間が長い場合、河川水に含まれる栄養塩類の量によっては藻類の異常発生などの富栄養化現象が発生することが予想される。

また遊水池を沈殿池として設計する場合、以下の点を考慮する必要がある。

①対象となる汚濁物質の沈降特性を把握する

対象となる河川水の汚濁の沈降特性を考慮する。沈殿池内の流速が早すぎる場合、十分沈降せず、浄化効果が発揮されないことも予想される。

②遊水池内の流況に注意する

河川水を導水した場合に、遊水池内の流況によっては汚泥の堆積状況に偏りができたり、一部に長期間滞留する箇所ができて、その部分で富栄養化現象が発生するなどの問題が発生することがある。

さて、以上をふまえて、質問に回答すると以下の通りとなる。

質問①：滞留のため、富栄養化現象を起し、水質が悪化する可能性があるか

河川水に含まれる栄養塩類などの量にもよるが、おおむね3日以内の滞留時間であれば、大きな問題にはならないと考えられる。よって施設概要にあるように、滞留時間1.1日とのことであれば、浮遊性藻類の発生などはあまりないと思われる。

ただし、遊水池の形状によっては、流況によって池の一部に滞留時間の長い部分が

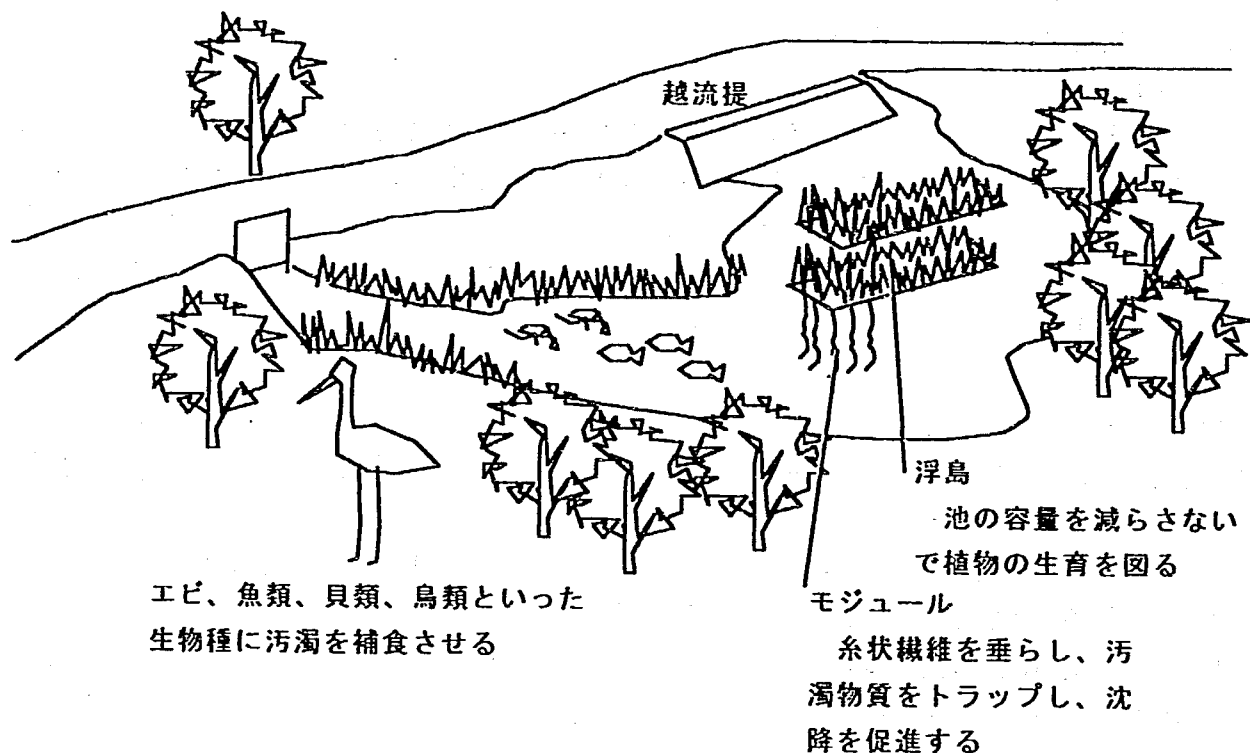
できることがある。このような場合には、その部分において、富栄養化現象が発生するおそれはある。池の中の流況についてあらかじめシミュレーション等により把握し、問題があれば改善しておく必要がある。

また、付着性藻類の発生についてみると、河岸がコンクリートなど付着しやすいものの場合、アオミドロなどの付着性藻類が発生し、これがはがれて流出し、見た目をきわめて悪くすることがある。河岸をヨシ原などの付着しにくいものにする、遊水池からの流出部でそれらをトラップするなどの対応が必要かもしれない。

質問②:より有効な浄化方法があるか

浄化に的を絞り、治水の問題をひとまず棚上げして回答する。

図にイメージ図を示した。浮遊物質の沈降を促進するためにモジュール類を配し、全体を多自然化して河川系外への物質移動をねらった遊水池である。モジュールに付着した汚泥と、栄養塩類を吸収した付着性藻類は、遊水池内に生息するエビ、魚類が捕食し、さらにそれらを鳥類が系外へと搬出することで浄化をはかるシステムである。



さて、質問②で回答したように、遊水池の利用の一つとして多自然型遊水池が今後有望であると思われる。遊水池はエビ、底生魚等の生息場になり、また大型魚の産卵場や稚魚の生育場、鳥類の採餌場などとして利用可能である。多自然化をはかる中で、物質循環を促進し、その結果として水質浄化に寄与する方向が今後の遊水池利用であろう。このような観点からの計画が望まれる。

(河川環境研究室)

2. 河川浄化対策処理方法

(質問)

河川浄化対策における処理技術の最新の動向及び効果を挙げている事例などについて教示願います。

(大和川工事事務所)

(回答)

物理的浄化は、分離、希釈、沈殿、ろ過、吸着作用等を利用した浄化であり、生物化学的浄化は、好氣的微生物による酸化等、生態系を利用した物質の凝集作用などを利用したものである。

1) 物理化学的浄化手法

① 汚水分離

対象区間の水質保全のため、河道内に分水路を設けて排水を別に流下させるものである。

汚水を地下の水路に流し、地上の排水路にはきれいな水だけを流す二層式の水路もこれに該当する。汚水を分離して流下させるため効果はあるが、閉鎖性水域などの浄化に対しては有効ではない。

② 底泥浚渫

河口域や都市内低平地河川、湖沼などで、溶存酸素の存在により生物的な分解が行われなくなった場合、分解されない汚濁物質が底泥（ヘドロ）となって河床に堆積する。堆積した底泥からの栄養塩類の溶出、水中の酸素消費量の増大、硫化水素などの悪臭発生、黒いヘドロによる景観悪化などの問題が発生する。これらの原因を直接除去するために浚渫が行われる。しかし、浚渫した底泥の乾燥や処理に莫大な時間と費用がかかることが大きな課題となっている。

③ 濾過

マイクロストレーナーなどの膜によって、懸濁性の汚濁物質を除去する濾過は、中小河川、用水路等で検討されている。膜を使った方法には、目づまりの問題が残されている。

④ 吸着

活性炭あるいは木炭等の吸着剤を使い、物理、化学的性質を利用して懸濁性物質を吸着させる方法が用水路等で実施されている。効果の持続性について明確な結論は得られていない。

⑤ 沈澱

堰等による湛水域は、懸濁物質の沈澱池としての役割をもつ。さらに、沈澱以外に堰越流水や落差工からの流水によるエアレーションが期待できるとともに、出水時のフラッシュも期待できる。堆積物の嫌気性分解による悪臭の発生が問題点である。

⑥ 導水

汚濁の進んだ水域に対して、他の流域から清浄水の導水により希釈する。導水し

た水による酸素供給の効果も大きい。水源の確保が問題となる。

2) 生物的浄化

① エアレーション

エアレーション施設は水中の溶存酸素を増やし、生物的な分解を活発にさせるために低水路内に曝気装置を設置するものである。汚濁が進んだ河川では局所的な効果しかなく、これのみでの効果は小さい。

② 薄層法・せせらぎ等の河床改造

薄層流法、せせらぎ河床、玉石や人工芝を河床に貼る等の河床改造による浄化対策は水深を浅くあるいは流れを乱すことにより、水中の溶存酸素を増加させ、自浄作用を促進しようとするものである。薄層流状態で下水を処理する実験によると、アンモニア性窒素等の除去は良好である。しかし、河川の場合、層流状態が保てるか、また河川水質に対してどの程度効果があるのか明らかではない。これらの方法は出水に対する河道の維持の問題、出水時の土砂による閉塞等の問題がある。また運用時の清掃について、その方法・頻度などが問題となる場合が多い。

③ 礫間接触酸化法

礫の間を河川水を浸透させる手法である。本手法では、河川水中の汚濁物質のうち、無機的な砂・泥・有機物などは沈殿などの物理的作用により除去され、小さな有機物質のうち、比較的大きな固形分は物理的作用により礫間に捕捉された後、生物により無機化される。また溶解性の有機物は生物作用により無機化される。接触酸化法の中では技術的にある程度確立された手法である。一般的な接触時間は1時間半程度である。

本手法の適応にあたっては、捕捉された無機質を貯留するよう容量を確保することと、有機物を酸化するのに十分な酸素を供給すること、河川水は多くの土砂分（特に雨天時）を含むので、土砂分の流入を防ぐことなどに留意する必要がある。

④ その他の接触酸化法

木炭、ひも状接触材・プラスチック材などさまざまな材内部に河川水を浸透させる手法である。近年、多くの技術が開発され、ろ材も単一なものばかりでなく、種々のろ材が組み合わされたものもあらわれている。システムや対象とする水質によって除去効果は異なり、一概にどの接触材が良いかはいえない状況にある。概念としては礫間接触酸化法と同じである。

3) 自然浄化手法

本手法は、生態系を利用して汚濁物質の除去を図るものである。汚濁物質は、生態系内において植物、動物に摂取されることにより無機化が行われる。ただし、生態系による浄化については、不明な点も多く今後の研究が期待されるところである。

① 湿地浄化

湿地に汚濁水のある期間貯留し、懸濁物質の沈降、湿地内での生態系により汚濁物質を堆積、貯留、分解する手法である。本手法では、汚濁物質は湿地内の微生物

物、藻類をはじめとして魚類、鳥類へと至る生物循環の中で、湿地外への拡散、移行が期待される。湿地を創造することも重要であるが、流域の湿地域を総合的に保全する姿勢も期待される。広い面積がとれる所では有効であるが、対面積負荷を大きくすると機能しなくなる。アメリカでは有機負荷量100kg～200kg/day/ha程度で計画されている。

② 酸化池

河川に流入する前に汚水を池に導き、水を滞留させ浄化する手法である。池中に発生する藻類や空気中から供給される酸素によって有機物を生物的に分解する。沈澱の効果も大きい。

深い場合には底部が嫌気性となり嫌気分解が起きる。これをラグーンと呼ぶ人もいる。近年、湖沼の流入支川対策として期待されている。

③ 土壌浄化法

土壌の吸着作用、ろ過作用、生物作用を利用した浄化手法である。一般の手法では除去しにくいリンなどの物質も処理できる強力な浄化手法である。日本では色の除去のために行われている。

短所としては目詰まりをおこすので、維持管理や養生期間の設定などが必要となる。複数系列を利用した断続的運用が望まれる。

④ 瀬・淵など河川の自然形態を利用した浄化

本手法は、瀬や淵を創造あるいは保全することにより、瀬におけるばっ気、酸化、浸透による浄化、および淵における沈澱作用などを発揮させ、さらに河川生態系における生物量を増加させることにより、汚濁物質を生物循環の中に取り込み、河川水質を浄化するものである。効果の定量化は未だ行われておらず研究が期待される分野である。

なお建設省技術評価制度において、河川直接浄化技術について民間企業の技術进行评估している。表-1にその概要を示した。また、土木研究センター、国土開発センターなどが建設省から評価機関として認定を受け、それぞれ独自に民間企業の開発した河川直接浄化手法について評価を行っている。これらの評価に当たってはモデル河川において実物大実験を行っており、ある一定の技術水準に達しているものについて、認定を行っているものであるから、参考にとよい。

ただし、これらの民間技術の導入を考える場合、対象となる河川の汚濁性状によって適応条件が異なることがあるので、その点注意する必要がある。特に、汚濁の性状として、それが懸濁態であるか溶存態であるかによって除去効率が大きく異なるので、十分な検討、できることであれば予備実験を実施することが望ましい。

なお、今後の課題であるが、現状ではある一つの技術を一カ所に適応するような考え方によって事業が考えられているが、数種の技術を組み合わせ、より効果的なシステムを考えていく必要がある。

(河川環境研究室)

表－１ 技術評価制度によって評価された技術概要

浄化システム名 【申請者】	システムの概要
ジャリッコ浄化 【アクアテック株式会社】	・球状碎石集合体(ジャリッコ)を施設全体に充填するシステム ・流速差を利用した流離及び接触沈殿により浄化する方法
I S N接触酸化装置 【石垣機工株式会社】	・濾布状接触材を流水方向と平行に充填する施設にエアレーションを付加したシステム ・接触沈殿と濾布表面の生物の接触酸化により浄化する方法
バイオクリーン 【共和マテリア工業株式会社】	・ひも状接触材を施設全体に垂下充填するシステム ・接触沈殿とひも状接触材表面の生物の接触酸化により浄化する方法
木炭水質浄化システム 【株式会社ジェーシーサズ】	・木炭を施設全体に充填するシステム ・ろ過と木炭表面の生物の接触酸化により浄化する方法
D B ケー ジ ・ ビ ッ ト R - W 法 【株式会社ビー・バイ・ビー】	・プラスチック接触材及び不織布を施設全体に充填するシステム ・接触沈殿と接触材表面の生物の接触酸化により浄化する方法
プラスチック製波板平行板型充填材 を用いた自然流下型接触酸化方式 【三菱樹脂株式会社】	・プラスチック製波板平行板を施設全体に充填するシステム ・接触沈殿と平行板表面の生物の接触酸化により浄化する方法
多孔板溝隙接触酸化システム 【株式会社協和エクシオ】	・プラスチック接触材を充填する施設とその周囲に碎石を充填するシステム ・接触材表面の生物による接触酸化により浄化する方法
バイオフィロア工法 【日建工学株式会社】	・プラスチック製接触材を充填する施設にエアレーションを付加したシステム ・接触材表面の生物による接触酸化により浄化する方法
NKK河川浄化システム 【日本鋼管株式会社】	・ひも状接触材を充填する施設にエアレーションを付加したシステム ・接触材表面の生物による接触酸化により浄化する方法

3. 環境面を考慮した取水呑口の形状

(質問)

揚排水樋門の呑口(排水口)における魚(あゆ)の迷入防止対策および河道整備のあり方について、御教示願いたい。

(和歌山工事事務所)

(回答)

(1) 仔アユの迷入問題について

1) 既往の知見

一般的に、アユは秋(南方では10月下旬~12月)になると下流に降り、中流~下流の境目にある瀬で産卵する。卵は生みつけられてから約2週間前後で孵化し、仔アユ(孵化してから鰭の条数が成魚と同じになるまでの個体)として卵嚢中の栄養分を消費しながら海に向かって降下する。仔アユについては、小山らがその特性を実験水槽で調べ以下の特性があることを示した。

- ・遊泳力が非常に弱く流れにのって降下する。
- ・5千ルクス程度までは正の走光性を示すが、それ以上になると負の走光性を示す。

実際の河川を対象とした調査では、霞ヶ浦導水工事事務所が行った那珂川における仔アユの流下分布調査が参考になる。この調査は那珂川18.5km地点で行われ、図一のような位置で仔アユの採捕を行い、その降下特性について調査している。結果の概略を以下にまとめた。

- ・降下時期は3カ月程あるが、ピークは10月中旬~11月中旬の1カ月である。
- ・ほとんどの仔アユは19時~翌朝の7時ぐらいに降下している(観測地点では)。
- ・横断方向の流下位置は昼夜に関わらず河道中央に多い。
- ・鉛直方向の流下位置は左岸、右岸では大きな差が見られないが、中央では中層、下層に多い。また、昼夜を比較すると夜間の方が鉛直方向の拡散が大きい。
- ・走光性試験の結果、ある程度の流速内(0.1m/s程度)では横方向にも若干の遊泳力を持つ。

2) 迷入問題の考え方と必要な調査

迷入問題に対しては、まず、①調査を実施し、必要なら、③対策を講ずる。必要な調査としては、

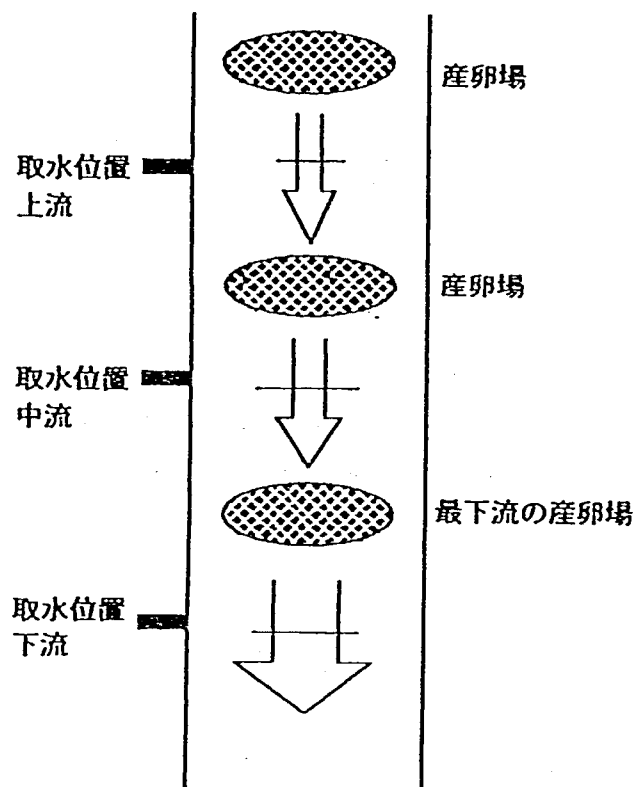
①降下分布(縦断、横断、鉛直)に関する調査

②降下時期・時間帯に関する調査

③流況に関する調査

の3つがあろう。どの調査項目も、具体的な対策を考える際の重大な情報となる。また、調査方法については、前述した調査内容が参考になる。ここでは、補足的に特筆すべき項目について説明を加える。①の降下分布は、横断、鉛直だけでなく、縦断方向の分布を調査することが望ましい。通常アユの産卵場は図一に示すように、縦断的に数カ所存在するため下流仔アユの降下量が多くなる。従って、取水位置により河口まで降下する仔ア

ユの全個体数に対する迷入する個体数の割合が大きく変わるので注意が必要である。この割合が10%なのか0.1%なのかによって対策の意義も変わってくるし、取水位置と産卵場の関係がこの数値に最も影響する。また、取水地点の変更が可能である段階なら、上流に取水地点をずらすことが効果的な対策にもつながる。調査は、産卵場の最下流部と取水予定地点の2断面で行えば十分であろう。③では、取水予定付近の流況を概略把握し、流心の位置や止水域等の把握する。降水量の横断分布調査は、流心の位置を1測定地点として行うと良い。



3) 対策の考え方

対策を考える場合には、上述したように、迷入すると予測される個体数の割合がどの程度なのかを考え、本当に対策を講ずる必要があるかどうかをよく考えることが重要である。迷入する割合の予測は、最下流断面と取水予定断面との割合、取水予定断面において迷入する割合、を考えて行う。迷入する割合は、降下の平面分布にも依存するが、仔アユが流れにのって降下する特性があることを考え、概ね取水量に比例すると考えて良いであろう。

迷入防止対策としては、1) 取水位置、取水量、取水時期の変更、2) 呑口部対策、3) 物理的強制帰還方式、の3つが考えられる。1) は降下特性に合わせて取水方式を変更するものである。那珂川の調査結果から解るように、仔アユの降下時期や降下時間帯は限定されており、例えば、仔アユの最も降下する1カ月間の夜間だけ取水量を減らす等の措置は、迷入量を減らす最も効果的な手法である。また、産卵場が取水予定地点のごく近傍にある場合には、ほんの少し上流に移動するだけで迷入量を大幅に減らすことができ

る。2)では、対象魚に遊泳力がある場合には、視覚、聴覚、電気刺激を利用した迷入防止策が考えられるが、仔アユはほとんど自力で泳げないため効果が期待できない。考えられる対策としては、①呑口部の形状変更による流速の低減、②スクリーンネットやフェンス等による遮断、であろう。ただし、単に流速を低減させただけではあまり効果が期待できない(仔アユの場合迷入は流量に比例すると考えられるから)ので、流速の低減とスクリーンネットやフェンスを併用することにより対策を行う必要がある。また、仔アユの鉛直分布に特徴がある場合には、その水深域を中心とした部分だけにネットを張ることも考えられる。3)の強制帰還方式は、呑口部に迷入した仔アユだけを分離し、帰還水路で本川に返す手法である。仔アユが傷つきやすい魚体であることを考えると、ネット等を用いて物理的に仔アユを分離することは難しい。仔アユが持つ走光性を利用し水面付近や片岸だけにこれを集め、帰還水路に導く手法が考えられるが事前に検討を重ね、予備実験等を行う必要があるであろう。

以上、対策について述べてきたが、まず、必要な調査を行い、当該河川における迷入の深刻さ、対策の必要性から議論を行う。そして、対策を行う場合には、一つの方法だけでは完全に迷入をゼロにすることは難いため複合的に手法を用いて対策を行うことが重要である。

(2) 河道整備のあり方

別添の空中写真によると河岸沿いに寄州があり、これを掘削するものと思われる。掘削するときのポイントは、連続する寄州が生物にどのように利用されているか、を明らかにすること、そして、原則としてミティゲーションの考え方を導入すること、である。まず、生物の利用の面だが、掘削する場がどのようなハビタット(生物の生息場所)の分類に当てはまるのかを調査し、必要なら併せて生物調査を行う。ヒアリング等の結果から貴重な生物が生息しない場合には、ハビタット調査だけで十分だが、工事期間等はそこに生息する生物の営巣期間等をハビタットから予測して検討を行うべきであろう。ハビタットの分類は、水際域、陸域について行い、この場合、前者は魚類の、後者は鳥類を対象として行う。

ミティゲーションの手法としては、回避、最小化、修復・再生、代替があるが、本工事はその性格上、掘削を行うことが必須であるので、“代替”を行うことが必要となる。代替の基本的な考え方としては、ごく近傍に、同じようなハビタットを模倣することが最も適切とされる。河道特性上代替地を維持できるか、治水上の問題をクリアーできるか、等を総合的に勘案し、その場所を決定する。

尚、ミティゲーションについては、第49回建設省技術研究会論文集「建設事業におけるミティゲーションの評価手法」を参考にしてほしい。

(河川環境研究室)

4. 騒音の L_{eq} 予測

(質問)

国道43号の最高裁判決において、生活妨害の判断基準が L_{eq} (24h)で示されたことから、環境基準等の見直しの動きがあり、今後 L_{eq} の予測が必要となってくるため、 L_{eq} の予測式等について、ご教示願いたい。

(道路部 計画調整課)

(解答)

1. 騒音の L_{eq} 予測式

<一般部>

現在、日本音響学会が道路交通騒音の L_{eq} 予測式として提案しているエネルギーベースの道路交通騒音予測計算法(ASJ Model 1993)を利用することが考えられる。具体的には別紙を参照されたい。ただし、自動車1台の平均的な騒音パワーレベル式の適用できる走行速度は60~120km/hであるため、今後、その適用範囲を30~140km/hに拡張する必要がある。

<複断面構造、沿道に建物が立地している区間>

日本音響学会においては、トンネル坑口、掘割、インターチェンジ、複断面構造等の特殊箇所へ上記予測計算法を適用するための検討を進めており、これらの結果をみて、利用していくことも検討する予定である。

2. 環境基準等の見直しの内容、状況等

環境庁では、平成8年7月25日に、中央環境審議会に対し、道路沿道地域を含む騒音の環境基準を見直すため諮問を行った。同庁では、本年度内に答申を得て、来年度には環境基準の改定を実施したい考えと聞いている。今回の諮問では、騒音の評価指標の見直しが中心で、現行の中央値(L_{50})から等価騒音レベル(L_{eq})へ変更されるのではないかと見られる。

(参考文献)

橘・佐々木, 小特集-道路騒音の予測: 道路一般部を対象としたエネルギーベース騒音予測法(日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会報告)-II 予測計算法の概要, 日本音響学会誌50巻3号(1994), pp. 229-232

高木・山本・吉久, 小特集-道路騒音の予測: 道路一般部を対象としたエネルギーベース騒音予測法(日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会報告)-IV 道路交通騒音予測における伝搬計算法, 日本音響学会誌50巻3号(1994), pp. 240-249

(交通環境研究室)

5. 道路交通騒音の測定方法

(質問)

平成7年度から、環境センサス調査(旧、直轄国道管理調査)において、 L_{eq} を測定するようになった。最近鉄道の L_{eq} の測定方法が変わった(長時間当たりの L_{eq} を測定)。道路騒音についても、測定方法が変わる可能性があるか。今後の見通しはどうか(測定方法に併せて測定機器を購入する必要があるため)。また、苦情処理や道路改築の事前・事後調査においても、 L_{eq} を測定する必要があるか。また、この時の測定方法は、環境センサスの測定方法でよいのか。

(滋賀国道工事事務所)

(解答)

環境庁では、平成8年7月25日に、中央環境審議会に対し、道路沿道地域を含む騒音の環境基準を見直すため諮問を行った。同庁では、本年度内に答申を得て、来年度には環境基準の改定を実施したい考えと聞いている。今回の諮問では、騒音の評価指標の見直し为中心で、現行の中央値(L_{50})から等価騒音レベル(L_{eq})へ変更されるのではないかと見られる。

環境基準の評価指標が L_{eq} に変更になれば、苦情処理や道路改築の事前・事後調査等を含め道路交通騒音の測定・評価等は、基本的に L_{eq} で行うことになると思われる。また、 L_{eq} の具体的な測定方法の詳細は、今後、改正される騒音に係る環境基準等により示されるであろうが、測定機器としては積分型騒音計の使用が推奨される可能性が高い。環境センサスの測定方法でよいかどうかは現時点では分からない。

(交通環境研究室)

6. 脱硝装置の開発状況

(質問)

道路環境対策として、近年 NO_x の低減手法が着目されており、当事務所において事業中の道路についても、地元住民等から脱硝装置の設置を強く望まれている。

現在、脱硝装置については研究・開発中であると聞いているが、現在の進捗状況、今後の予定、実用化の見込み、問題点、今後の課題等についてご教示願いたい。

(浪速国道工事事務所)

(回答)

道路環境対策としての窒素酸化物(NO_x)の低減技術については、総合的な NO_x 低減対策のうちの一手法としてその効果が期待されており、現在いくつかの機関で研究・開発が行われている。

建設省では、「低濃度脱硝技術」として道路技術五箇年計画の中にも位置づけ、道路トンネル換気塔周辺の局地対策としてトンネル換気塔から排出される NO_x を脱硝する技術の開発を行っている。

低濃度脱硝技術については、平成2～6年度に行われた「大都市圏の窒素酸化物低減に関する調査委員会」の中で大都市圏における窒素酸化物の低減に係る各種対策について総合的に検討する中で、その一つの方策として低濃度脱硝技術についての検討を行ってきている。その一環として、平成4年度から平成6年度にかけて、実大システムの1/100程度のスケールのシステムによるフィールド実験が首都高速湾岸線東京港トンネルの13号地換気所と大井換気所において行われた。これは、実験参加者を募り、それぞれの独自のプロセスを用いた実験装置(計6システム)を製作して行われたものである。フィールド実験で用いられた脱硝方式を表1に示す。その結果、 NO_x については1週間の平均で82～100%、二酸化窒素(NO_2)については55～100%の脱硝性能を確認している。また、その他の物質についても、浮遊粒子状物質は82～92%、二酸化硫黄は90%以上の除去率があることがわかっている。

これらのフィールド実験は、脱硝性能の確保に主眼をおいたシステム構成で行われており、実大システムをスケールダウンしたシステムとはなっていないため、安全性、耐久性、騒音・振動、維持管理、スペース、エネルギー、コストなどの課題についてさらに検討を行っていく必要がある。また、実大システムを仮定した仮想設計によると、特にスペース、エネルギー、コスト等について大幅な低減を行う必要がある。

そこで、これらの課題の解決に取り組むため、

表1 低濃度脱硝技術の
フィールド実験の脱硝方式

電子ビーム照射法
オゾン酸化、乾式吸着、SCR法*
乾式吸着、SCR法
オゾン酸化、乾式吸収法
乾式吸着、炭化水素添加分解法

*SCR法：選択触媒還元
(大気中の汚染のうち NO_x について、アンモニアと接触させる)
ことにより、無害な水と窒素に還元する方法

現在、装置を構成する全ユニットを組み合わせた実際の装置に近い規模での実験（パイロットスケール実験）に着手しているところである。

パイロットスケール実験は首都高速道路湾岸線の京浜島換気所で行われる。平成7年度は、パイロットスケール実験の実験実施者を選定し（乾式吸着、SCR法）、同年度後半に脱硝設備を製作した。平成8年度には現場への据付けが行われ、同年度後半からの実験開始に向けて着々と準備が進められているところである。

今後の予定としては、平成8年度後半から2年程度にわたりパイロットスケール実験を行い、安全性、耐久性、騒音・振動、維持管理、スペース、エネルギー、コスト等の課題を解決するための各種の実験が行われることとなっている。

なお、その他の脱硝技術としては、微生物や光触媒を用いたNO_xの低減技術が研究・開発されている。微生物脱硝は、土壤中に汚染空気を送り込んで土壤中に存在する脱窒素細菌などの働きを利用して脱硝するものであり、沿道の環境施設帯や掘割道路にふたをするような形で設置が考えられている。ただし、所要の処理量を確保するためには広大なスペースが必要とされるため、一層の効率化が課題となっている。

また、光によりNO_xを分解する触媒を建材等に用いて、道路沿道の建物や構造物に用いることによりNO_xを分解することも考えられている。これについては、NO_x等の分解能力や耐久性などの検討が今後の課題となっている。

微生物脱硝、光触媒脱硝についてはそれぞれ大阪府が現在実用化に向けて検討を行っているところである。

（交通環境研究室）

7. 低層遮音壁の設置条件

(質問)

市街地の歩車道境界に低層遮音壁を設ける場合、道路環境と交通安全対策の観点から、どのような条件で設置すべきか御教示願いたい。

(和歌山工事事務所)

(解答)

植栽柵等を活用した高さの低い遮音壁による道路交通騒音対策について、道路技術五箇年計画及び道路環境技術開発三箇年計画の研究課題の一つとして現在研究を行っているところである。これは、沿道アクセスや景観の観点から通常の遮音壁が設置できない都市部の平面道路等にも設置することが可能であり、現在その効果及び設置方法について研究している。

低層遮音壁の設置については、道路構造、歩道幅員及び沿道状況等により、設置する低層遮音壁の構造を変える必要がある。歩車道幅員が狭い等、設置幅員が確保しにくい場所では、厚みの薄いパネルタイプを、幅員に余裕のある場所では奥行きのある植栽柵タイプを採用する等、現場の状況に応じて使い分けることが重要である。

低層遮音壁の設置位置は、一般的には、可能な範囲で高さの高いものを車道に近接し、さらに、植樹帯の全幅員を利用して設置するのが効果的である。また、できるかぎり個々の設置延長をのばし、隣同士の間隔を小さくする等、連続性を高める工夫が必要である。ただし、沿道とのアクセスのある場所の近傍では交通安全上必要な視距が確保できるよう留意する必要がある。

低層遮音壁を設置する場合は、騒音低減機能のみでなく、設置する地域全体の景観性(美観性)を高めるなどその他の機能についても充分に考慮すべきである。

交通環境研究室では、現在研究を行っているところであり、今後、その効果を取りまとめて低層遮音壁の設置要領を作成する予定である。できた時点でお知らせしたい。

(交通環境研究室)

8. 道路交通振動の測定方法

(質問)

苦情処理や道路改築の事後調査の道路交通振動調査は、Z成分しか測定していません。一方では環境センサス調査(旧直轄国道管理調査)においては、X、Y、Z成分を測定しています。

国道43号線の裁判の関係からも、振動についても、X、Y、Z成分を測定し、データを持っていたほうが良いでしょうか。それとも、Z成分のみで、振動の値を判断できるものでしょうか。また、振動についても、 L_{eq} の測定は必要でしょうか。そして、その時の測定方法は、どのように行うのか。

(滋賀国道工事事務所)

(回答)

振動規制法施行規則(昭和51年総理府令第58号)では、振動の測定において、振動感覚補正回路として鉛直振動特性を用いることとされており、また振動レベルは測定値80%レンジの上端値 L_{10} とされている。現時点においては変更の予定は無い。従って、一般にはZ成分のみで十分と考えられ、また特に L_{eq} を計測する必要は無いものと考えられる。

(構造研究室)

河 川 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. サイホン等のプレキャスト化	琵琶湖工事事務所	河川研究室	 51
2. 樋門・樋管の継手間隔	淀川工事事務所	河川研究室	 52
3. 遊水池堤防の構造	木津川上流工事事務所	河川研究室	 53
4. 河道から地下に河川水が 流出する場合の調査方法	大和川工事事務所	水文研究室	 54

1. サイホン等のプレキャスト化

(質問)

河川を横断するサイホンの管渠部（BOX断面）について特に小断面の場合、内部型枠の解体、搬出が非常に困難であることから、プレキャスト化を実施したい。この際の留意事項があればご教示願いたい。

(琵琶湖工事事務所)

(回答)

現行の河川砂防技術基準（案）のサイホンの構造は現場打ちの鉄筋コンクリート構造物を前提に書かれている。このため、鉄筋コンクリートの必要かぶり厚等を確保するため、施工性を考慮して最小部材厚を35cmとしたものである。この最小部材厚の基準は、河川砂防技術基準（案）ではサイホンに限らず「床止め」の水叩き、「堰」、「樋門・樋管」などにも記されているが、いずれも現場打ち鉄筋コンクリートの施工性から来たものであり、良好な施工性が確保された工場製作のプレキャスト製品等には適用されない。このことは小規模な樋門・樋管について、「最小部材厚は、良好な施工性が確保される範囲内で35cm以下とすることができる。」と記されていることから明らかである。

プレキャスト製品の利用については、「柔構造樋門・樋管設計マニュアル（案）」がまとまっているので参考にするとよい。

(河川研究室)

2. 樋門・樋管の継手間隔

(質問)

樋門・樋管の継手間隔は、従来より30mとされてきたが、コンクリートの収縮、縦方向のモーメント増等によって、現行基準では、クラックが生じやすい。

ついては、現行基準 $l_{\max} = 30\text{ m}$ の根拠と今後の考え方についてご教示願いたい。

(淀川工事事務所)

(回答)

鉄筋コンクリート構造物の継手間隔としては、道路の擁壁については温度伸縮を考慮して20m以下という基準がある。地下埋設構造物の場合は温度変化は小さいので温度伸縮のみを考えればこれより長くすることができる。

また、道路のボックスカルバートでは、基礎の条件に関わらず10～15m程度の間隔に伸縮目地を入れることを原則とし、この場合には縦方向の応力計算は行わなくてもよいこととされている。長さが15m以上の場合や基礎地盤がよくない場合には弾性床上の梁として縦方向の検討を行うこととなっている。

弾性床上の梁として縦方向の検討を行う場合、引張力は鉄筋で持たせるのであり、通常コンクリートのクラックを生じさせない設計にはなっていない。クラックが生じても開きが大きくなり破壊に至ることがないように盛土後の変位量を予測し（予測誤差も考えておく必要がある）、継手間隔の設定など管渠の設計に生かしたり、グラウト等のメンテナンスを行う必要がある。

一方、河川構造物である樋門・樋管の継手間隔を30m以下としているのには、樋門・樋管には通常水が流れており、漏水上の弱点となる可能性のある継手の数を極力少なくするという考えがあるものと思われ、地盤条件の良い所でも最大30mを限度にジョイントを設けるべきであるということである。30mは最大長であり、これより長くすることを排除しているもので、30mで設計することを推奨しているのではない。現地の条件をよく検討して適切な継手間隔を設定するべきである。

(河川研究室)

3. 遊水池堤防の構造

(質問)

遊水地の堤防は、現在の計画ではHWL以下は通常の堤防同様な規模の定規断面と定めHWL以下にコンクリート護岸を施工する計画となっている。しかし遊水地堤防は流速がないため環境を考えた構造は考えられないかご教示願いたい。

(木津川上流工事事務所)

(回答)

護岸は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る。遊水地の場合、越流堤周辺を除けば早い流速が生じることはないので、堤防の損傷の原因としては流水による浸食ではなく浸透水による破壊を考えておけばよいと考えられる。したがって、本川堤防と同様の断面を有しているのであればコンクリート護岸を設ける必然性はなく、遊水地内の水の滞留時間、浸透水の挙動を勘案して必要に応じドレーン等の浸透水対策工を施工すれば堤防の安全性は確保されるものと考えられる。

なお、囲繞堤の場合は本川側の水位が低い場合の安定性についても確認しておく必要がある。

(河川研究室)

4. 河道から地下に河川水が流出する場合の調査方法

(質問)

河道の2点間において低水時に流量の整合がとれない区間があり、地下水として河道から流出していることが明らかであるが、その位置が特定できない。このような調査方法を御教授願いたい。

(大和川工事事務所)

(回答)

質問のように、分流や合流のない区間で低水時に流量が低減（あるいは増加）する場合、地下水として河道から流出（あるいは流入）していると考えられる。その場所を特定するための最も現実的な方法は、同時流量観測を数カ所で行うことである。その他に直接浸透（湧出）量を測定する方法、地下水流動から判断する方法があるが、限られた条件でのみ可能な方法である。以下に、これらの手法の概要と特徴を解説する。

(1) 同時流量観測

同時流量観測により流量の低減を把握しようとするときは、当該区間で横流入がないことが前提となる。この方法の最大の長所は、2カ所だけの流量観測で当該区間の伏没量を知ることができることである。伏没場所は、同時流量観測の区間を徐々に狭めることにより特定できる。この方法で注意すべきことは、伏没量の絶対値は河川流量と比較して小さいため流量観測の精度が要求されることである。従って、流量観測はできるだけ観測しやすい断面で測線を増やした精密観測を実施すべきである。流量観測精度は同一断面での繰り返し観測、近隣断面での流量観測結果との相互比較から相対的に類推することができる。

適切な水深（水面から約60-70cm及び河床から水深の約10%相当部分が観測不能となるため、おおむね3m以上の水深）と流速（水深方向の観測ピッチやデータの平均化処理方法によって観測精度は異なるが、おおむね10cm/s以上）のあるところでは、現在実用化調査中の超音波ドップラー流速プロファイラー（ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler）の利用が効果的である。現在実用化調査中の無線遠隔操作ボートに搭載したシステムを写真-1に示す。ADCPは、本体が発射した超音波パルスが水流と共に流れる浮遊物質で反射したときの周波数変化を感知することにより流速分布を測定する。ADCPによる流量観測システムを利用する長所は、測定が迅速かつ簡単に行えるため、短時間に繰り返し観測ができることである。

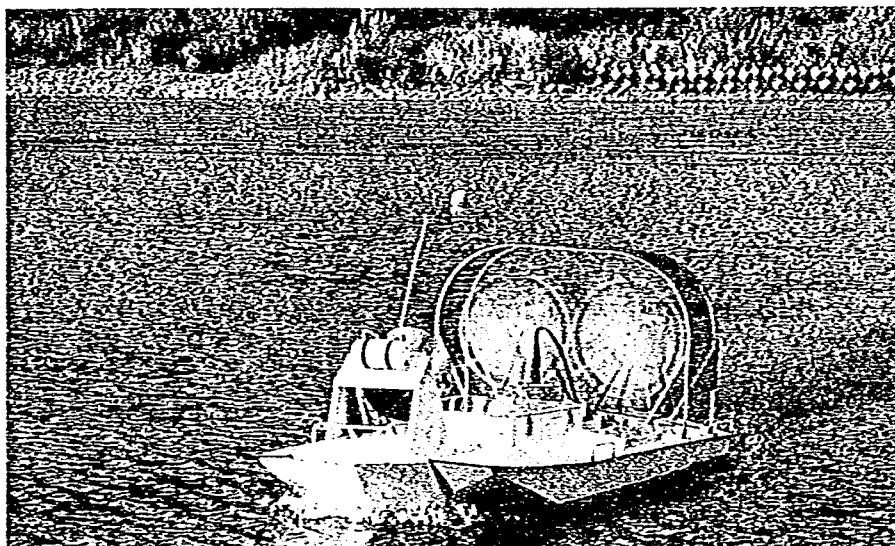
(2) 直接伏没量を測定する方法

河床からの伏没量を直接測定した事例はないが、湖底への地下水湧出量を測定する事例を応用することが可能と思われる。湖底への湧出量の測定には、図-1に示す缶を半分に切ったような装置が用いられる（文部省環境科学特別研究 環境要因としての地下水、昭和58-60年度）。これはシーページメータと呼ばれ、缶の上部に取り付けた袋に湧出水が補足される。これを河川水伏没量調査に応用する場合、若干の改良が必要である。伏没量を測定するには、袋にあらかじめ水を入れておき袋中の水の減少分を測定すること、河川水の流れによる圧力を袋が受けないよう装置の外側にカバーを作ることが必要になる。この装置を設置するには、缶の先端を

しっかりと埋没させ河川水の漏水がないようにする必要があるが、これを砂利の河床で実施するには非常に手間がかかると思われる。この装置を設置できたとしても、この方法はある区間での河床全体から均等に河川水が伏没あるいは還元する場合にのみ適用できる。伏没が特定の場所で発生している場合、偶然伏没箇所にあたるまでこの装置を設置しつづける必要があり、これは非現実的である。

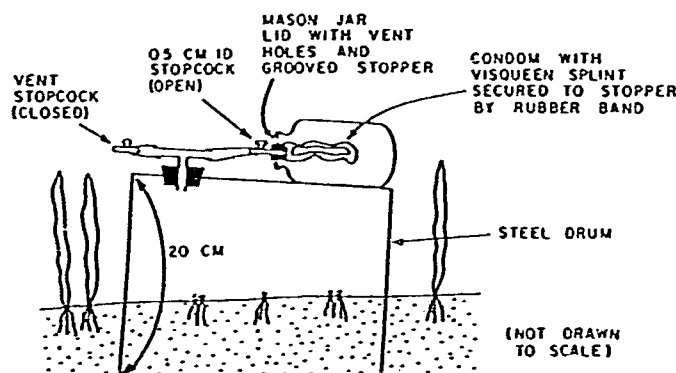
(3) 地下水観測による方法

河川の周辺に井戸があり、河川周辺の浅層地下水の動水勾配の面的分布（地下水位コンター図）が把握できる場合、地下水涵養源、すなわち河川水伏没箇所を特定できる可能性がある。しかし、これを行うためには多数の浅層地下水水位を観測できる井戸が必要である。観測井戸が数本しかなくても地下水流向流速計による観測から地下水涵養源を把握できる可能性もある。しかし、河川周辺で浅層地下水を取水利用している場合、動水勾配は取水の影響を大きく受けるため伏没箇所の特定は困難になる。



写真—1 ラジコンボートに搭載した ADCP

(ラジコンボートは北斗測量製作、写真は阿賀野川における観測風景)



図—1 湖底湧出量観測のためのシーページメータ

(水文研究室)

下水道部門目次

	(質問者)	(回答者)
1. 下水処理水の活用	国営明石海峡公園工事 事務所	三次処理研究室 57

1. 下水処理水の活用

（質問）

当公園では、トイレの洗浄水および植栽地の灌水の一部に下水処理水を再利用する計画であるが、下水処理水の臭気を簡単な方法で取る手段についてご教示願いたい。

（国営明石海峡公園工事事務所）

（回答）

水需要の逼迫している地域等においては、水資源の有効利用の観点から下水処理水の再利用が行われている。例をあげれば、東京新宿副都心や福岡市中心部のビルにおける水洗トイレ用水利用、水量の低下した河川（東京都の玉川上水や城南河川など）への環境用水利用などである。再利用の際の水質基準については、「下水処理水循環利用技術指針（案）」（建設省、昭和56年）および「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル（案）」（建設省・高度処理会議、平成2年）の中で示されている。

下水処理水の再利用に際して、臭気を除去する方法としては以下のようなものがある。

- ・活性炭吸着
- ・オゾン処理
- ・好気性ろ床法（生物膜処理法の一つ）による処理

活性炭吸着は、活性炭に臭気成分を吸着させて臭気を除去するものであるが、使用とともに吸着能力が低下するため、定期的に活性炭を取り替える必要がある。また、オゾン処理は、オゾンの強い酸化力によって臭気成分を分解するものであるが、設備費・維持管理費ともに割高である。好気性ろ床法は、生物の作用により臭気の除去を行うものであり、曝気用ブローアールとろ床の逆洗ポンプが必要であるが、構造が比較的簡単であり、維持管理の難度も高いものではない。実際の臭気除去方法の選定に当たっては、これらの方法の臭気除去効果と設備・維持管理費用を考慮して決定することになる。

なお、下水処理水からの臭気の除去方法については、現在、建設省・高度処理会議において、技術の取りまとめ作業を行っている。

（三次処理研究室）

ダ ム 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. ダム基礎岩盤グラウチング 施工の効率化	大滝ダム工事事務所	ダム構造研究室 フィルダム研究室	 59
2. ダム導水トンネルの設計に おける水理的な留意事項	猪名川総合開発工事事務所	水工水資源研究室	 61
3. ダム流入量の把握精度の向上	淀川ダム統合管理事務所	水工水資源研究室	 63
4. 集客型水源地域整備事業施設 における排水処理設備	紀伊丹生川ダム調査事務所	三次処理研究室	 66

1. ダム基礎岩盤グラウチング施工の効率化

(質問)

ダム基礎岩盤のグラウチングにおいて施工の効率化を図るための留意点について御教示願いたい。

(大滝ダム工事事務所)

(回答)

ダム基礎岩盤のグラウチングは岩盤の特性によってその施工数量が大きく変化するため、ダム工事を工程計画どおり実施するためには、グラウチングによる改良度を事前に十分把握しておくことが何より増して重要である。特にコンクリートダムのコンソリデーショングラウチングは、堤体コンクリートの打設工程と直接競合するため最も影響を受けやすい。また、フィルダムのブランケットグラウチングは堤体盛立の開始前に終了させなくてはならない。このため、これらのグラウチングの工程計画については予め十分検討しておく必要がある。

グラウチングの自動化については、グラウトの計量、混合、圧送、注入圧力、注入速度の制御は、既に10年ほど前から集中管理する方法が用いられている。また、最新のシステムでは、コンピュータに注入仕様のデータを入力するだけで、グラウトの製造から注入作業およびその記録作成まで一連の作業を自動化することが可能となっている。また、注入プラントのアジテータのグラウト残量の管理、グラウチング終了後の注入管の洗浄を自動的に行う機種も開発され、自動化技術はかなり進んでいるといえる。

ところで、グラウチングの効率的な施工を考える場合、グラウチング孔の配置計画、改良のしやすさ（追加孔の多寡）、グラウトの注入仕様などを的確に計画しておくことが重要である。このため、既往の地質調査資料、グラウチング試験の結果、類似基礎岩盤における施工実績などに基づいてグラウチングの方法、仕様について十分に検討を行っておくことが必要となる。以下に、グラウチングの効率的な施工のための留意点について述べる。

(1) 堤体コンクリートの打設との競合

コンソリデーショングラウチングは、岩盤が良好でリークを生じずに確実な施工ができる場合には、堤体コンクリートの打設との競合を避けるため、仕上げ掘削前の基礎岩盤から施工することも可能と考えられる。しかし、この場合、確実なグラウチング効果が得られるかどうかの見極めが大変重要である。また、着岩面付近が確実に改良されているかどうかを確認するため、必ず堤体打設面からチェック孔を実施する必要がある。一方、リーク、変位が発生するような岩盤では、堤体コンクリートを上載荷重として利用して数リフト打設した（カバーコンクリート）上から施工する必要がある。いずれも場合にもグラウチング工と堤体工との関連を画一的でなく、細部にわたり検討把握し、十分余裕のある整合性のとれた計画が必要である。

(2) 孔配置および次数

グラウチング工事は、施工自体が一種の試験であり、中央内挿法によって順次改良効果を確認しながら必要なグラウチング孔数を決定していく。グラウチングの改良効果を系統だてて把握するためには、1次孔、2次孔、3次孔と順次次数を上げて施工していくことが望ましいが、次数を多く設定すると注入順序の規制によって待ち時間が長くなり、施工の効率化を損なう原因ともなる（図－1参照）。そこで、施工の効率化を図るためには、グラウチング試験や類似基礎岩盤における施工実績を勘案し、最小限の次数を設定し、グラウチング孔の削孔、注入の待ち時間を減じることが有効である。このような観点から、最近ではコンソリデーショングラウチングの孔配置として1次孔と2次孔の組合せからなる孔配置を採用している例が多くなっている。

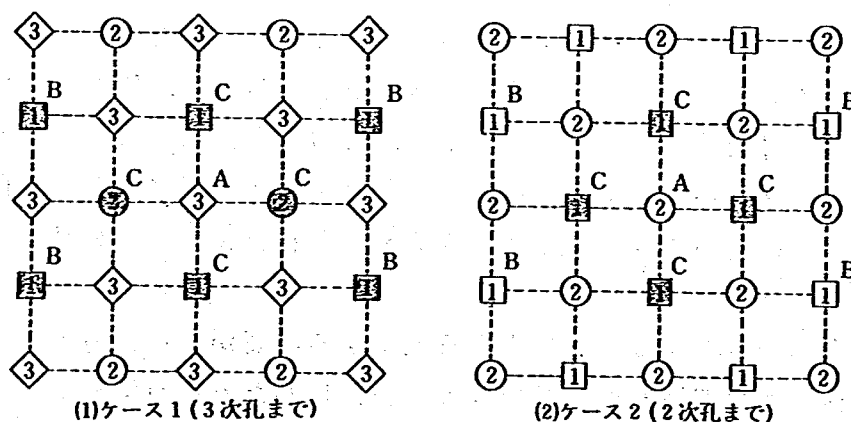
(3) 施工実績を踏まえた仕様の見直し

グラウチング工事は施工自体が一種の試験であり、予め定めた仕様が最も効率的な仕様であるとは限らない。このため、施工実績を踏まえて、適宜その仕様について見直しを行い、最も効率的な仕様に変更していくことが重要である。注入仕様の見直しを行う項目としては、セメント、混和材料、グラウト濃度、注入圧力、注入速度などがある。なお、超微粒子セメントは単価が高いが、注入特性に優れているため、追加孔数の削減に効果的な場合がある。

(4) その他の留意事項

グラウチングの効果判定方法は、それ自体施工の効率化と直接結びつくものではないが、追加孔の必要性を的確に把握し、追加孔の実施位置を速やかに指示するため、グラウチングの効果判定、追加基準を予めしっかりと定めておくことが重要である。また、各孔の注入実績、ルジオン値等が速やかに把握可能にしておくことも重要である。なお、追加基準は一般に、①大部分の注入孔で改良目標値が達成されていること（最終次数孔の超過確率85～90%以上）、②改良目標値に達していない注入孔が連続して存在しないこと、③改良目標値に大きく及ばない注入孔が存在しないことの3つの原則を満足するように決定する。

（ダム構造研究室・フィルダム研究室）



図－1 規定孔の孔配置

2. ダム導水トンネルの設計における水理的な留意事項

(質問)

隣接する流域から導水する間接貯留方式のダムでは、導水のためのトンネルが必要になりますが、トンネル線形や断面を検討する際に考慮すべき水理的な留意事項について御教示願います。

(猪名川総合開発工事事務所)

(回答)

近年、ダムへの直接流域以外の流域から洪水を含む流水の一部を導水し、洪水調節及び水資源の確保を行う例が多く見られるようになっていきます。この場合、導水を行うための水路はトンネル水路となるのが通例であり、その計画・設計は、洪水調節が関係することから河川砂防技術基準(案)(以下、これを「基準(案)」と言う。)のトンネル河川に関する規定に基づいて実施されています。

基準(案)及びその解説では、トンネル河川は原則として圧力トンネルとならないように設計すべきとされ、水路の設計流量、必要空面積、設計流速などが比較的細かく規定又は記述されています。従って、基準(案)及びその解説の記載事項に基づいて検討していけば、トンネル断面の諸元は記載の流れに沿ってそれ程悩むことなく決定することができます。ただし、ダムの導水トンネルでは、ダムの計画・設計上ダム設計洪水流量に対応する導水流量についても検討しておかなければならないので注意が必要です。当然のことながら、この点に関する記述はトンネル河川にはありません。計画上導水する流量ではないことから、ゲート設置の必要性、操作(管理)方法についても十分検討しておく必要があります。ゲート操作を行わない場合、ダム設計洪水流量に対応する導水流量は取水施設構造の影響を受けますが、通常は分流地点においてダム設計洪水流量相当の流量が流下する場合にも、取水構造の適切な設計により導水量をトンネル河川の設計流量である「計画で配分される計画高水流量の130%流量」以下に収めることが可能です。従って、これによりトンネル断面が大きくなることは考えなくてよいでしょう。

基準(案)及び解説の記載に沿って検討すればそれ程悩まなくて設計できると書きましたが、実際には地形や地質などの種々の条件を考慮した線形の決定等様々な試行錯誤的な検討が必要になります。トンネル線形として直線形状が選定できれば、基準(案)及び解説に示されている流速や空面積値、マンニングの粗度係数などを用いてそのまま断面を設定することができます。その際、経済性を考慮すれば、許容される範囲内でできるだけ流速を大きくとり、断面を小さくするのが有利になります。

一方、地形・地質の関係などから湾曲形状を採用しなければならない例も多くみられます。こうした湾曲部の影響として、基準(案)の解説には、

「曲線部分では、一般に v^2/gR (v ; 流速、 R ; 曲率半径、 g ; 重力加速度) に相当する横断水面勾配(常流の場合)がつくので、特にカルバートタイプのトンネルの場合、天

井部分に水面が接触しないよう設計するものとする。」

と記述されています。ここで、「常流の場合」という表現が用いられていますが、よく知られているように、湾曲部の影響は流れのフルード数 F により異なります。 F は断面平均流速と擾乱の伝播速度の比を表す無次元数であり、次式で定義されます。

$$F = Q \cdot T^{1/2} / (g^{1/2} \cdot A^{3/2})$$

ここに、 Q ；流量、 T ；水面幅、 A ；流積を表します。最も大きな分類は F が1より大きい小さいかの分類分けであり、1より大きい射流の場合には湾曲部において衝撃波が生じ、この衝撃波が下流の長い区間に亘り存在し、水面を乱す原因となります。この衝撃波の影響は、例えば水路線形によりある程度低減することができますが、衝撃波による水面の上昇量等も含め、水理模型実験等を通じた注意深い検討が必要になります。射流の場合について、基準(案)解説では、

「トンネル内では跳水現象が生じないように、必要に応じて模型実験で検証するものとする。」とされていますが、上記のような湾曲などの擾乱の原因が考えられる場合には、これら原因による乱れの程度やその下流への伝播状況に対する十分な検証が必要と考えられます。なお、湾曲線形の外、擾乱の原因として取水口での縮流の影響や流下に伴う粗度の変化などが考えられます。先に述べました直線水路の場合にも、縮流等の影響が考えられる場合には、やはり実験等による検証を実施していく必要があるものと思われます。

F が1より小さい場合、すなわち常流の場合には、前述の基準(案)の解説に基づく検討を行えばよいと考えられます。ただし、 F が1周辺(0.8~1.1)では、図-1に示されるように、湾曲により水面の波浪高が大きくなる場合(実験結果)がみられており、 F を0.8程度以下として設計している場合が多いようです。 F が0.8より大きい場合には F が1より大きい場合と同様、やはり水理模型実験等による断面・線形の検証が必要なものと考えられます。

先にも述べましたように、流速、すなわち F が大きいほど断面を小さくできる可能性があります。しかしながら、 F が大きい場合の水理特性や設計手法については十分検討されていないのが実情です。トンネル長が大きい場合には、その経済性に与える影響も大きくなるものと考えられますので、 F を大きく設定した場合について、水理模型実験等による検討を考慮することも必要かと考えます。

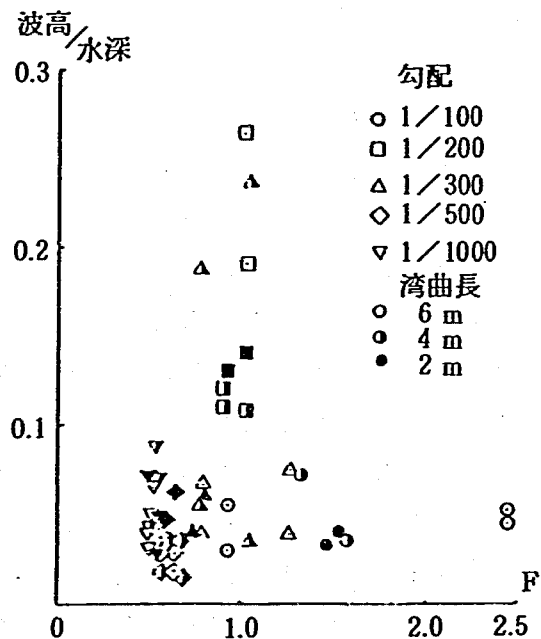


図-1 波高水深比とフルード数

(水工水資源研究室)

3. ダム流入量の把握精度の向上

(質問)

上流の堰の放流や揚水発電等の影響により貯水面が変動する場合にダム流入量を安定的に精度良く算定する方法について御教示願いたい。

(淀川ダム統合管理事務所)

(回答)

ダム流入量は貯水池管理における最も重要な情報の一つであり、一般に一定時間内におけるダム貯留量と延べ放流量の合計量からダム流入量を求める方法がとられています。この場合、観測された貯水位にはゲート操作に伴う水位変動や風浪などによる波動成分が含まれるため、貯留量、流入量を求める際の誤差の発生要因となります。また、観測された貯水位データの変動が頻繁である場合には、定水位制御、定量放流制御等の制御時にハンチングやゲート開度の頻繁な変更等が生じる等の支障がでる場合もあります。

この対策として、水位計の構造を工夫したり、貯水位データからこうした波動成分を除去するために、ダム情報処理設備（ダムコン）において移動平均に用いるデータの時間間隔を大きくとるなどの平滑化処理が行われています。移動平均とは、現時点から過去一定時間（通常 $T = 10$ 分）の複数個の観測値（時系列）を単純平均するものですが、計算貯水位が $T/2$ 時間だけ遅れが生ずることと、長周期成分（10分以上）の除去が困難なことが問題となります。特に、制御の安定化のために平滑化時間を長くすることは、流入量の増加が急激な場合に必要以上の洪水貯留を招くことから採用は難しいのが現状です。

そこで、単純な移動平均法に対して、過去の観測値（時系列）から回帰式を作成し平滑貯水位を算出する多項式法や、観測値のうちの特定の値を用いて算出する多点法などが検討されてきています。

また、観測データに含まれる短・長周期の変動成分を除去するために、水文観測データの処理などに用いられ、観測値に含まれる短・長周期の変動成分を全て雑音と見なして、誤差項の分散から推定誤差修正ゲイン（カルマンゲイン）を求め、既知量（過去の観測値（時系列）及び現在時刻の観測値）を用いて現在時刻における最適な推定値を算出するカルマンフィルター法や、観測された全データをフーリエ級数展開（三角関数の合成関数の和）し、最長周期以下の周期を有する三角関数を波動変動成分と見なして除去するフーリエ級数法などの適用が試みられていますが、種々の貯水池の特性に対応できる方法については未だ確立されたものとはなっていないのが現状です。

従って、個々の問題に対しては、発生する貯水面の変動特性を十分に把握の上、平滑化処理方法を検討する必要があるものと思われます。そのためには、対象となっている事象発生時の貯水位の多数点での同時観測が必要な場合も考えられます。

個別に発生している問題については、上記のように現象を十分に把握した上での対応が必要であり、土木研究所としても個別に対応していきたいと考えています。一方、現象の発生を事前に把握し対応を考えておくことも大切です。このことを考慮し、ゲート操作や洪水流入等により発生するであろう貯水位変動を予め予測し、その対応策を講じておく方法について、現在検討を実施しています。

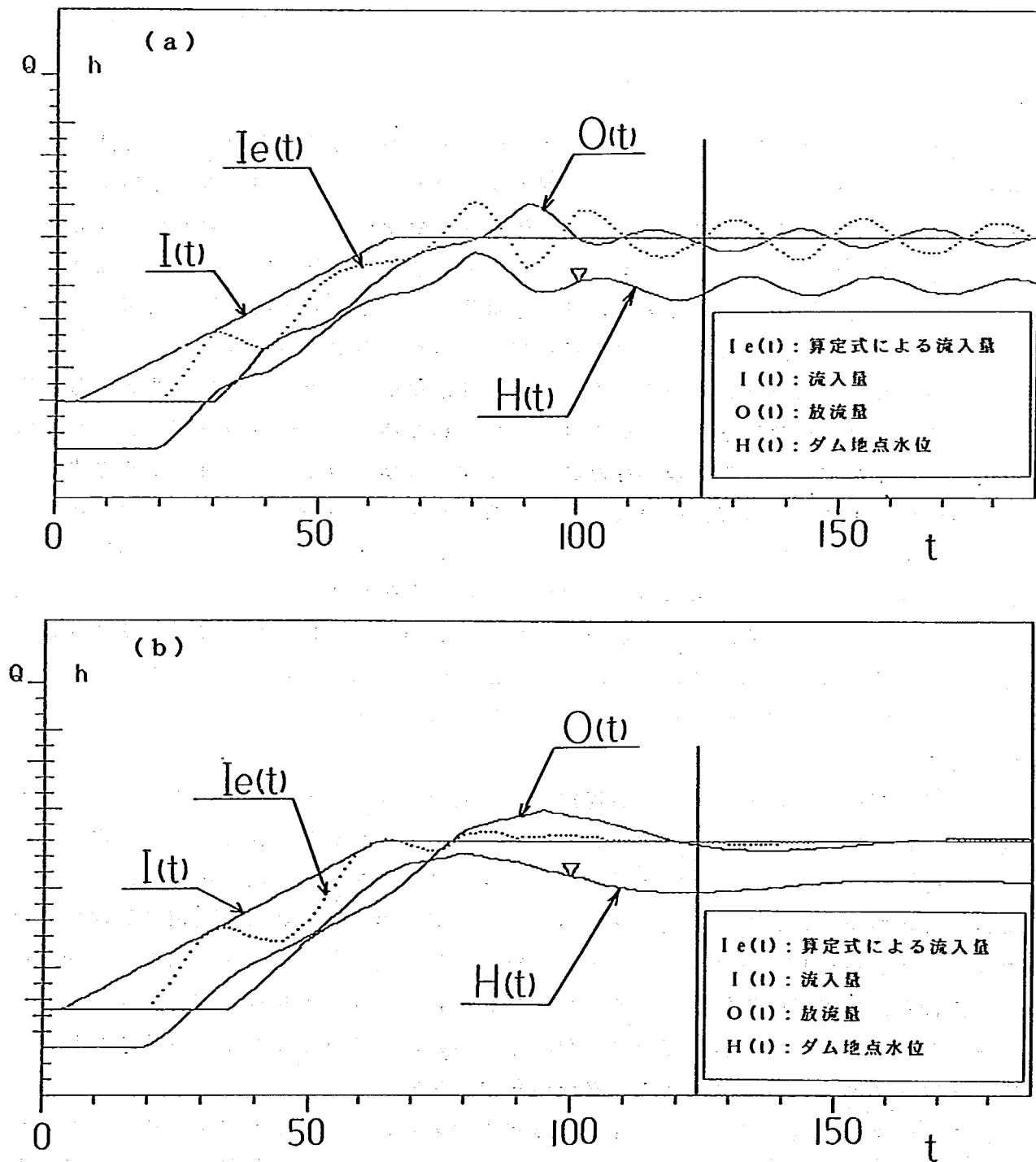


図-1 一次元不定流数値計算モデルによる貯水池の挙動解析例

図－１は、ゲート操作により定水位制御を行った場合の貯水池の挙動を一次元不定流計算モデルを用いて再現したものです。ステップ化されたゲート操作により定水位制御を行う場合には、貯水位の平滑時間に相当する流入量算定時間やゲート操作方法と貯水池特性（湛水長、水深、縦断勾配など）の関係により、（a）に示されるように、ゲート操作に伴って発生した長周期の水面変動が貯水池内に持続する場合があります。この場合には、算定流入量が増減を繰り返す結果、ゲート操作が頻繁に行われ放流量が安定していません。

これに対して（b）は、（a）と同様の条件でゲート操作方法のみを変えることによって制御を安定化させた例です。土木研究所では、このような数値解析を通じ、実際の貯水池内に発生する水位変動現象を把握するとともに、安定かつ精度の高い貯水池運用のための水位平滑化方法やゲート操作方法などに関する検討を実施しています。検討成果については今後報告していきたいと考えており、ご質問の問題に対しても参考になるものと思われます。

（水工水資源研究室）

4. 集客型水源地域整備事業施設における排水処理設備

(質問)

ダム湖周辺に誘致される集客型施設は、積極的な振興策の水源地域整備事業として期待されるが、貯水池水質の保全上から排水処理が欠かせないところである。事業の安定運営上、維持管理の容易かつ安価な処理施設の選定法等ご教示願いたい。

(紀伊丹生川ダム調査事務所)

(回答)

質問内容にあるような集客型施設においては、平日と休日の利用者数が大きく異なるのが特徴である。この特徴は、当該施設から排出される汚濁負荷量にも反映し、休日に負荷量が多く平日に少ないという特徴となって現れる。

一方、処理をする側から見れば、平日と休日で負荷量が大きく変動するのは安定的処理にとってマイナスである。それは、ある汚濁負荷量を処理するには、それに見合った生物量が処理施設内に存在することが必要であるが、平日に負荷量が少ないと少量の生物しか存在できず、休日の大負荷量を処理しきれない可能性があるためである。

このため、汚濁負荷量の変動が激しい場合には、污水調整槽の容量を大きく取り、なるべく流入負荷量の平滑化を図るとともに、休日にため込んだ排水を平日に流入させるような運転を行うことが望ましい。

処理施設としては、浮遊生物型、付着生物型の2種類があるが、負荷量変動が大きな場合には浮遊生物の沈降性に問題が生じることも考えられるため、付着生物型の方が適当であろう。維持管理内容としては、污水調整槽から処理施設へのポンプ送水量の調整、曝気量の調整、発生汚泥の搬出等があり、これらは良好な処理を行う上で必要不可欠なものである。前2者については自動化も可能である。

処理水については、ダム湖の富栄養化防止のため、ダム湖には放流せず下流側に放流することが必要である。また、下流側の水利用によっては、さらに高度な処理を行う必要性も生じるため、下流側の条件についての事前検討が必要である。

(三次処理研究室)

砂 防 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 地すべり調査・観測手法の 開発に関する最近の動向	大和川工事事務所	地すべり研究室 新潟試験所	 67
2. アンカー工法の選定	兵庫国道工事事務所	地すべり研究室	 70

1. 地すべり調査・観測手法の開発に関する最近の動向

(質問)

地すべり事業におけるすべり面調査や地下水調査あるいは移動量調査に関して新しい調査・観測手法の開発や研究の最近の状況について教示願いたい。又、防止工事における新材料使用の実績あるいは研究段階の新材料等についても併せて教示願いたい。

(大和川工事事務所)

(回答)

すべり面調査には、すべり面位置(深度)を把握するものと、変位量を把握するものの2つに大別することができるが、前者の方法として感圧式すべり面検知器、後者の方法として移動量計測用ケーブルや埋設型三次元変位計、さらに、位置と変位量両方が計測できるものとして形状記憶ケーブルなどが開発・実用化されている。

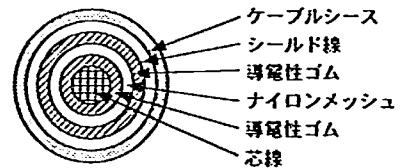


図-1 感圧ケーブル断面図

感圧式すべり面検知器は、図-1に示す同軸ケーブルをボーリング孔内に埋設し、入射したパルスの反射時間によってせん断を受けた位置を把握するものである。

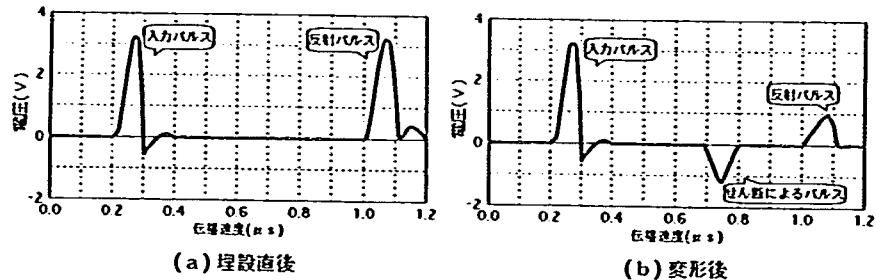


図-2 感圧式すべり面検知器の観測結果

図-2は埋設直後および変形が生じた場合での結果を示したものであるが、設置直後では入射パルスとほぼ同様のパルスが返ってきているのに対し、変形が生じた場合は入力パルスと逆極性のパルスが生じ、反射パルスが減少していることがわかる。この逆極性のパルスの反射時間によって、数センチオーダーですべり面位置を確認することができる。このケーブルは耐圧性に優れており、特に大規模な地すべりのすべり面位置の把握に関して効果を発揮する。

移動計測用ケーブルは、図-3に示す形状のもので、計測方法は縦型伸縮計と同様であるが(図-4)、耐圧性に優れているため約200mまでの土圧に耐えることができ、また、縦型伸縮計や後述する移動量計測用ケーブルと併用することにより、すべり面位置と変位量を観測することができる。

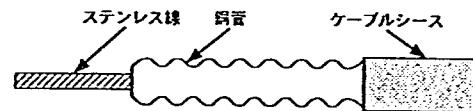


図-3 移動計測用ケーブル

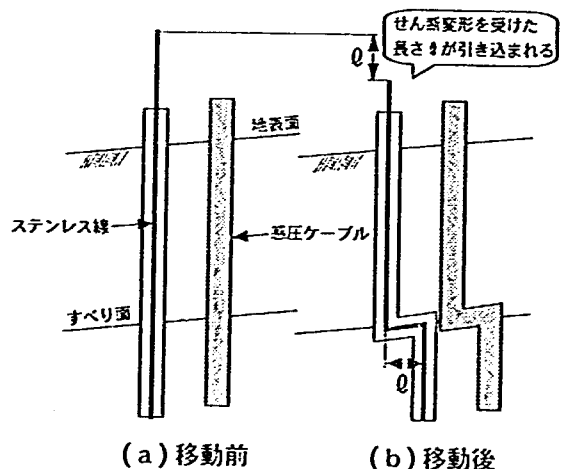


図-4 移動計測用ケーブルの観測原理

埋設型三次元変位計は、概ねすべり面位置が把握できている地すべり地において、図-5に示す構造のユニットを連結してボーリング孔に埋設し、正確なすべり面位置の把握あるいはす

べり面の三次元的な変形状態を連続的に知ることができるものである。図-6は、新潟県沖見地すべり地において挿入型孔内傾斜計と併設して得られた結果であるが、孔内傾斜計の方はガイドパイプの影響を受けて約1.5mの幅で変形しているのに対し、埋設型三次元変位計の方は、約40cmの幅で変形しており、移動方向についても正確に知ることができる。

形状記憶ケーブルは、形状記憶合金で作った計測用ケーブルを数本まとめてボーリング孔内に埋設し、一定期間あるいは豪雨や地震等の災害直後に引き抜いて変形状態を知るものである。

写真-1は約450℃で実験的に加熱して形状を記憶させたものであり、写真-2は約70℃で加熱、形状を再現したものである。変形に関しては数値データとして得られないため精度は低いが、実際に生じている土塊のせん断・クリープ変形や沈下などが目視によって観察することができ、また、メンテナンスが不要であるなどの利点がある。

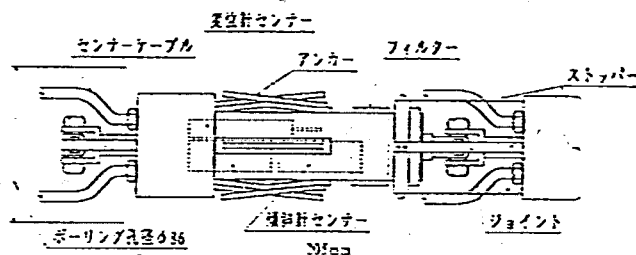


図-5 埋設型三次元変位計詳細図

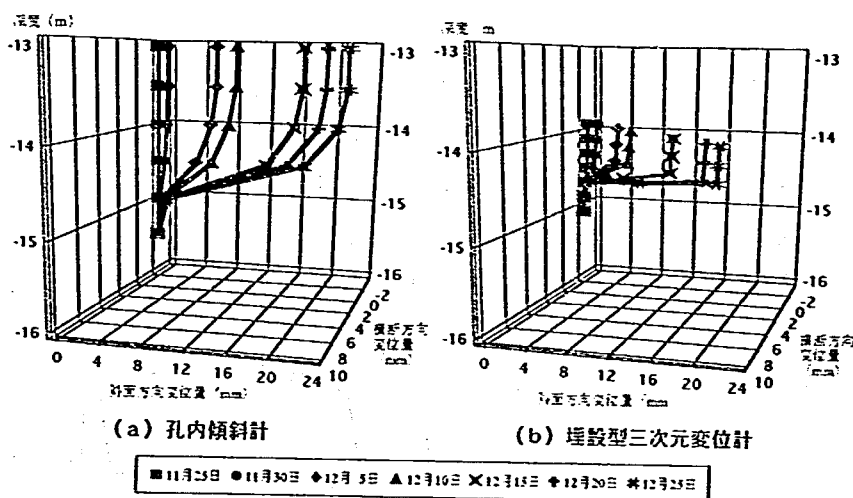


図-6 すべり面変位の観測結果の比較

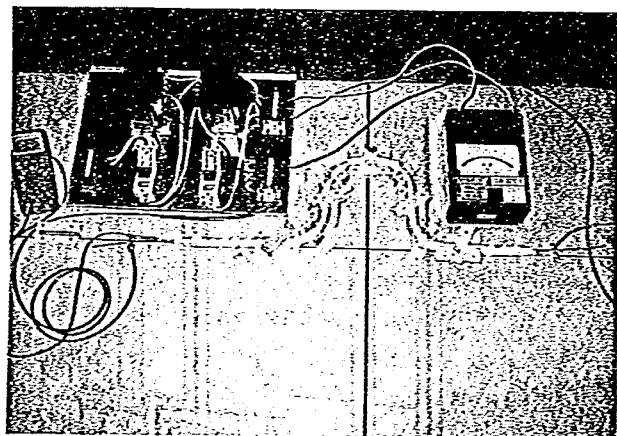


写真-1 形状記憶過程 (約450℃に加熱)

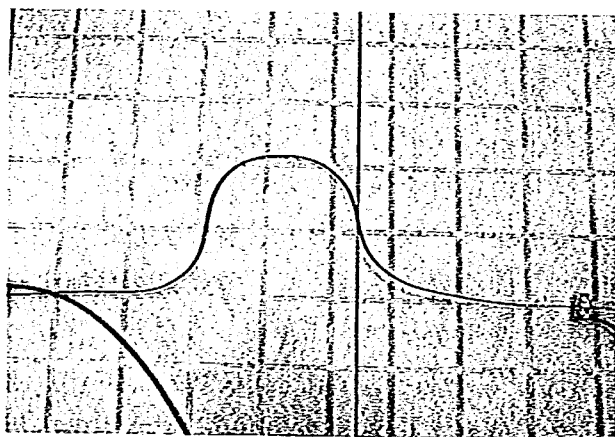


写真-2 形状再現過程 (約70℃に加熱)

新たな地下水調査方法として、光ファイバーを応用した地下水温度検層がある。この方法は、写真-3に示す塩化ビニル管にファイバーケーブルを巻き付けたセンサーをボーリング孔内に挿入し、数センチ間隔の精度で、しかも短時間 (約10分程度) で流動層を知ることができる。

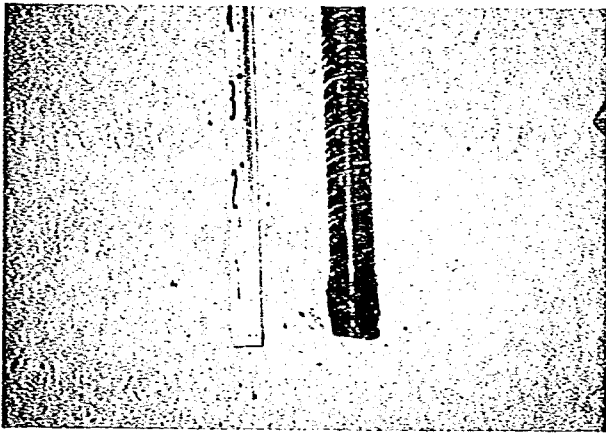


写真-3 温度計測用センサー（らせん部分）

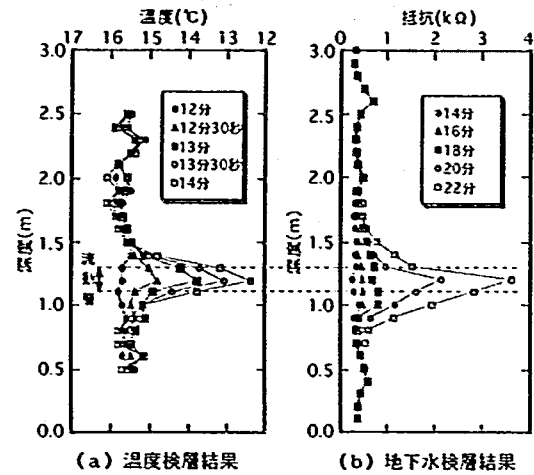


図-7 検層結果の比較

図-7は、一般的に行われている食塩を用いた地下水検層との比較実験を行った結果であるが、温度検層の方は流動層の幅が変化することなく、正確な位置を知ることができる。さらにこの方法は、食塩を用いた地下水検層で生じるデータ読みとり時のタイムラグがなく、亀裂等の薄い幅の流動層も正確に捕らえることができる。

防止工事に関する新たな施工事例として、大口径排水ボーリング工、ジオメンブレンによる降雨浸透防止工法が挙げられる。

大口径排水ボーリング工は、これまで一般的に行われてきた直径66mmの排水ボーリングで生じる、地すべり移動に伴う保孔管のせん断、ストレーナの目詰まりを解消するものであり、効率的に地下水排除を行うことができる。写真-4は、新潟県沖見地すべり地で施工された直径40cmの実施例であるが、融雪期や豪雨時には大量の地下水を排除しており、排水機能の長期的維持が可能な工法として注目されている。

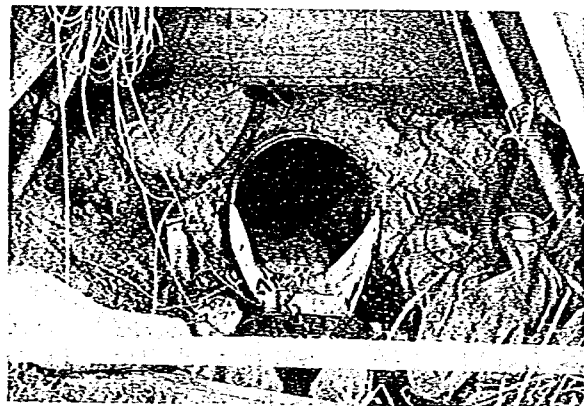


写真-4 沖見地すべり地に試験施工された大口径排水ボーリング



写真-5 ジオメンブレンの試験施工状況

ジオメンブレンによる降雨浸透防止工法は、ジオメンブレン（ゴム製のシート）を小規模な地すべりに対して地表面を整形して敷設し、地表からの降雨浸透を防止する工法である。この工法の実験的な敷設状況を写真-5に示すが、降雨による浸透水を面的に排除するため、排水ボーリング等と比較しても非常に大きな効果が期待できる。

（地すべり研究室・新潟試験所）

2. アンカー工法の選定

(質問)

数多く有るアンカー工法の定着地盤の土質に合ったアンカーの支持方式の選定方法について御教示願いたい。

(兵庫国道工事事務所)

(回答)

アンカー工法の形式として表-1のように分類することができ、アンカー体から地盤への力の伝達方法(支持方式)として以下の3タイプがあげられる(図-1)。

(1)摩擦方式(引張り型、圧縮型)

アンカー体の周面摩擦抵抗によって、アンカーの引抜き力を地盤に伝達させるもの。

①引張り型

定着区間全長にわたってグラウトとテンドンとを付着させるもの。

②圧縮型

定着区間下部、先端付近にのみグラウトとテンドンとの固定部を限定するもの。

(2)支圧方式

アンカー体の断面に働く受動土圧(支圧)によって、アンカーの引抜き力に抵抗するもの。

(3)複合方式(摩擦+支圧)

(1)と(2)の方式を複合したものであり、拡孔型アンカー等がこれにあたる。

摩擦方式は、現在一般的に多く用いられているアンカー工法であり、摩擦抵抗の期待できる地盤に使用される。引張り型は、緊張荷重が増大するとグラウトとテンドンとの付着破壊の進行が心配されることがある。適用定着地盤としては砂、土丹～硬岩まで使用することができる。圧縮型は、グラウトにテンションクラックが生じないものの、軟弱地盤内での座屈や岩盤内の軟弱挟み層における圧縮破壊の心配がある。適用定着地盤としては固結した軟岩以上での使用が望ましい。

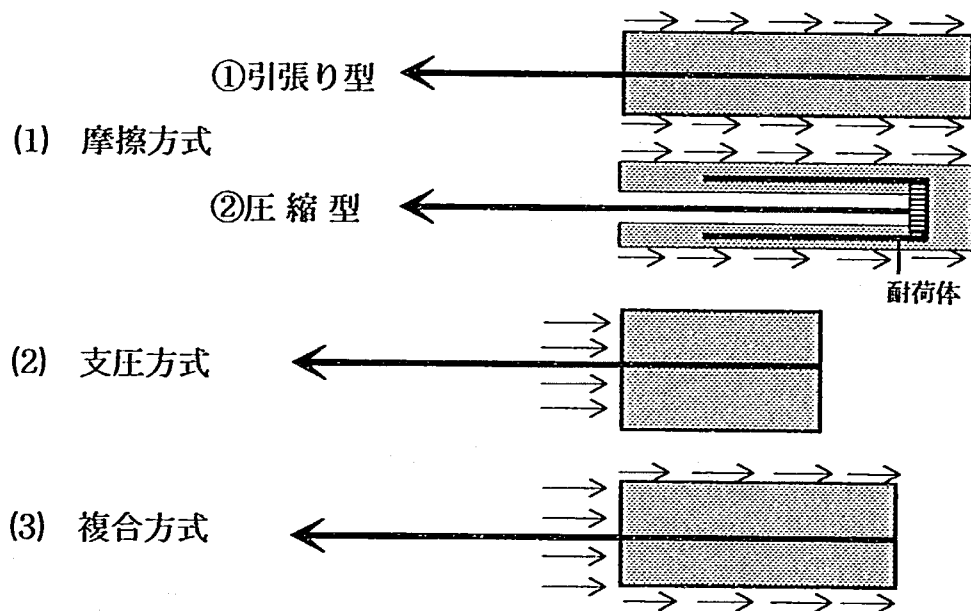
支圧、複合方式は、摩擦抵抗の小さい軟弱地盤に対して適用するアンカー工法が多く、一般的にはN値の小さな土丹および拡孔可能な泥岩、シルト岩の風化軟岩程度の地盤において使用される。また拡孔型アンカー工法については、定着地盤の削孔時において自立可能な地盤でないと施工が困難であり、削孔内が崩壊するような地盤では使用できない。

(地すべり研究室)

表－1 アンカーの分類

分 類	種 類	備 考	参 考 図
① 対 象 地 盤	○ソイルアンカー ○ロックアンカー		
② 供 用 期 間	○仮設アンカー ○永久アンカー		
③アンカーの支持方式	○摩擦 ○支圧 ○複合	引張り型、圧縮型 摩擦+支圧	図－1
④アンカー体の形状	○ストレート ○単一拡孔 (ストレート) ○多段拡孔 (ストレート) ○単一拡孔 (ベル) ○多段拡孔 (ベル)		
⑤グラウトの種類	○セメント系 ○合成樹脂系	レジンモルタル	
⑥注入圧力・加圧	○無加圧 ○低加圧 ○高加圧	10kgf/cm ² 以下	
⑦頭部の定着方式	○くさび ○ナット		
⑧引張り材料	○PC鋼線 ○PC鋼より線 ○多重PC鋼より線 ○PC鋼棒 ○新素材		
⑨除 去 式		(仮設アンカーの一種で 供用後にテンドン除去)	

地盤工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説」



図－1 アンカーの支持方式による分類

地盤工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説」

道 路 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 樹木チップ材の公園内 園路舗装としての活用	飛鳥国営公園出張所	舗装研究室	73
2. 排水性舗装の維持補修	大阪国道工事事務所	舗装研究室	74
3. 排水性舗装	三重県土木部	交通環境研究室 舗装研究室	75
4. 低騒音舗装（排水性舗装）の 端部排水装置	大阪市土木部	舗装研究室	77
5. 低騒音舗装（排水性舗装）の 排水処理	大阪市土木部	舗装研究室	78
6. 低騒音舗装（排水性舗装）の補修	大阪市土木部	舗装研究室	79
7. 低騒音舗装（排水性舗装）の 機能回復	大阪市土木部	舗装研究室 交通環境研究室	80
8. シールド工事が地盤に与える影響	大阪国道工事事務所	トンネル研究室	81
9. トンネル地山区分における 高密度電気探査の有効性	京都府土木建築部	トンネル研究室	83
10. 橋面緑化技術の応用	奈良国道工事事務所	交通安全研究室	84

1. 樹木チップ材の公園内園路舗装としての活用

(質問)

当公園内の園路（人、自転車、管理用車両が通行する）舗装は、現在、真砂土舗装、アスファルト舗装で施工している。今後、公園内の維持管理において、公園内の密集樹林を適切な密度の樹林に管理するために、密集している樹木（主に杉、桧）の間伐を行うが、それにより相当量の間伐材が発生する。資源の有効利用の面から、間伐材をチップ化し園内舗装の材料としての利用化について検討を進めたいと考えている。検討にあたって施工事例、技術的な検討項目等について御教示願いたい。（近畿地建飛鳥国営公園出張所）

(回答)

木材チップを舗装材料として利用するための検討例として、2つの施工事例を紹介する。

一つは、木材チップと特殊ゴム入り

表-1 木材チップを用いた舗装の例

	舗装 A	舗装 B
木材チップの種類	針葉樹 (杉、唐松など)	針葉樹
木材チップの形状 (長さ×幅×厚さ)	30×20×3 mm ～50×30×5 mm	50×10×5 mm 以下
バインダー	特殊ゴム入り アスファルト乳剤	湿気硬化型 ウレタン樹脂
骨材、その他	砂（粗目砂） 硬化材、顔料	砂（粗目砂）
施工方法	人力施工	人力施工

アスファルト乳剤を主原料とした常温混合による舗装（以下、舗装 A とする）である。粗目砂の混入量により弾力性の調整する。施工は人力により行い、表面保護を目的としてトップコート材の塗布を行っている¹⁾。もう一つは、パルプ工場で使用する木材チップをさ

らにファイバー状に破碎し、バインダーとして湿気硬化型ウレタン樹脂を用いた舗装（以下、舗装 B）である^{2) 3)}。砂は目詰め材、表面化粧材として混入している。さらに骨材の飛散抵抗性向上のため、施工後、表面に砂を散布して表面強度を高めている。いずれも常温混合型バインダーと砂を使用した透水性の歩行者系道路舗装である。

木材チップの適用にあたっての検討事項として、チップの大きさ・製造方法、混合物の粒度、バインダーの種類などの材料について、さらには混合物の製造方法、敷きならし・締固め・養生などの施工方法の検討が考えられる。また舗装 A および B では、いずれも骨材の飛散・はく離対策を行っており、木材チップを利用するにあたって特に検討すべき点であると思われる。さらに、木材チップ舗装の適用箇所としては第一に歩行者系道路舗装が考えられるので、弾力性（GB、SB 反発係数）やすべり抵抗性など歩きやすさについての検討が必要である

最後に、木材チップに関らずこのように新しい材料を検討するにあたっては、その補修の容易性、リサイクルへの適合性についても検討すべきである。（舗装研究室）

[参考文献]

- 1) 小田謙成、木材チップを活用した舗装—アスウッド舗装—、舗装、1996、Vol.31、No.4
- 2) 小林昭則、歩行者に配慮したウッドファイバー舗装、舗装、1994、Vol.29、No.4
- 3) 秋山匡史、森 雅克、五島泰宏：市街地内公園におけるウッドファイバー舗装の適用例、第20回日本道路会議論文集、P.598

2. 排水性舗装の維持補修

(質問)

近年排水性舗装が増えており、従来の舗装のような部分的補修はできないといわれているが、実績は何もない。どのように考えて維持補修や占有物件への指導に当たるべきか御教示願いたい。

(大阪国道工事事務所)

(回答)

排水性舗装の場合、わだち掘れや骨材飛散などの舗装の破損の他に、空隙つぶれや空隙詰まりによる機能低下によって維持修繕が必要となる場合がある。

塵埃等による空隙詰まりにより排水機能等が低下しているが、舗装体自体は健全と判断される場合は、空隙内に詰まった塵埃等を除去すればよいと考えられる。これについては、高圧水による洗浄とバキュームによる吸引を組み合わせた機能回復機器が開発されており、平成6～7年度の建設技術評価制度では4社の機能回復機器が開発目標を満足しているとの評価を受けている。現在、これらの機器について、実道における使用性や回復作業の実施頻度に関する検討が行われている。

骨材の飛散などにより部分的に排水性舗装が破損している場合は、切削オーバーレイ等により修繕を行うか、パッチングを行うことになる。パッチングを行う場合、排水性混合物を用いることが望ましいが、少量の排水性混合物を安定して製造することは困難である。したがって、部分的な補修の場合は、通常のアスファルト混合物でパッチングを行い、その部分は排水性舗装としないという対応が一般的と思われる。なお、常温型の排水性混合物も提案されており、これを試験的に導入するという方法もある。ただし、パッチングを行ってもその境界から再び骨材飛散が生じる可能性が高いため、予算上、施工上の問題がなければ切削オーバーレイによる修繕の方が確実である。

空隙つぶれにより所要の機能を満足しなくなったり、わだち掘れ等により所要のサービス水準を確保できなくなった場合は、いまのところ切削オーバーレイ等による修繕しか方法がない。ただし、高粘度改質アスファルトを使用した場合、通常のアスファルト舗装よりも耐久性が向上する場合もあり、空隙つぶれによる機能低下が生じているだけあれば、通常の舗装としては供用できる。

(舗装研究室)

3. 排水性舗装

(質問)

一般に排水性舗装において、車両騒音の低減が二次効果として現れるようであるが、実際dBでどのくらいの数値の低減があるのか実地試験の資料があれば御教示願いたい。また、空隙詰まりなどにより、排水性等の効果が低減した際のメンテナンスによる復元度、耐久性についても試験の結果があれば御教示願いたい。

(三重県土木部)

(回答)

第48回建設省技術研究会道路部門指定課題「排水性舗装の車道への適用に関する調査研究」によれば、使用粗骨材を変化させた試験舗装個所での騒音レベル差の経年変化は図-1のとおりである。

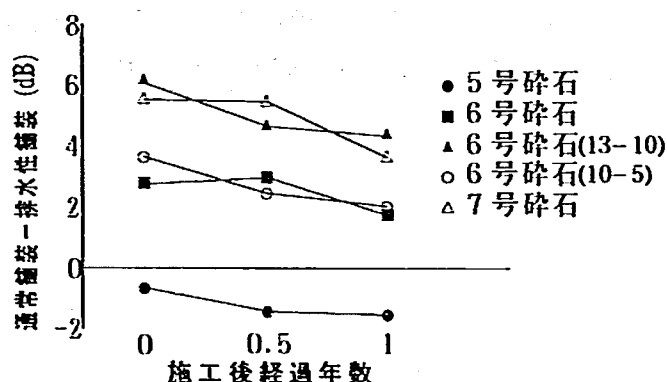


図-1 騒音レベル差の経年変化

第48回建設省技術研究会道路部門指定課題「排水性舗装の車道への適用に関する調査研究」によれば、近畿地方建設局管内で実施された機能回復効果

は、現場透水量試験により400㎖の水が何秒で浸透するかで示すと表-1のとおりである。この表を見る限り機能回復効果は明確ではないが、土砂回収量を調べると640㎡の作業面積に対して0.015㎥の土砂が回収されており、空隙に詰まった塵埃等の除去は確実に行われていることがわかる。平成6～7年度に実施さ

表-1 機能回復効果

		作業前(秒)	作業後(秒)
浸透時間	地点A	166	140
	地点B	67	64
	地点C	12.4	14.9
	地点D	5.7	6.0

れた建設技術評価制度の課題である「排水性舗装の機能回復機器の開発」においては、土木研究所舗装走行実験場内に施工された排水性舗装工区において砂と石粉と水を混ぜて人工的に空隙詰まりを生じさせ、機能回復機器の性能を評価した結果、回復作業前で400(cc/15sec.)であった現場透水量が回復作業後は1000(cc/15sec.)以上となり、明らかな機能回復効果が確認され、評価書も出ている。今後は、開発された機能回復機器を用いて、機能回復作業の頻度と機能回復効果の関係等を検討し、効率的な機能回復手法の確立を図る必要がある。

騒音低減効果の回復効果については、施工後2年程度経過した排水性舗装個所で機能回復機器による洗浄を実施して確認したが、洗浄作業前後に測定された騒音レベル差は±1dBの範囲内であり、洗浄による機能回復は確認されなかった¹⁾。

高压水により洗浄作業を行う場合、水压による骨材飛散が懸念される。開発された機能回復機器の場合、水压はおよそ $100\sim 150\text{kgf/cm}^2$ であるが、これが 300kgf/cm^2 程度になると骨材の飛散が見られるようになる。また、 100kgf/cm^2 の水压であっても維持管理用にコア採取した後の埋め戻し材充填個所で骨材の飛散が見られたので、既設の排水性舗装の状況を観察した上で、適切な水压を設定する必要がある。

なお、交通荷重などにより排水性混合物が変形して生じる空隙つぶれに対しては、こうした機能回復作業による回復効果は期待できない。したがって機能回復作業前には機能低下原因が空隙つぶれか空隙つまりかを確認する必要があるが、適切な確認手法はまだ確立されておらず、現場での判断によっているのが現状である。

<参考文献>

- 1) 明嵐、鉢峰：排水性舗装の洗浄による騒音低減機能回復、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第5部、pp. 630-631、1995年9月

(交通環境研究室・舗装研究室)

4. 低騒音舗装（排水性舗装）の端部排水処理

（質問）

低騒音舗装施工時には、その機能を十分発揮させるために流末に排水装置を設けなければならないことはよく知られているが、車線数（幅員）、縦横断勾配等を考慮して、具体的にどの程度（形状、大きさ、材質）のものを施工すればよいのかが不明確であると考えられるため、施工していく上での基準等について御教示願いたい。

（大阪市土木部）

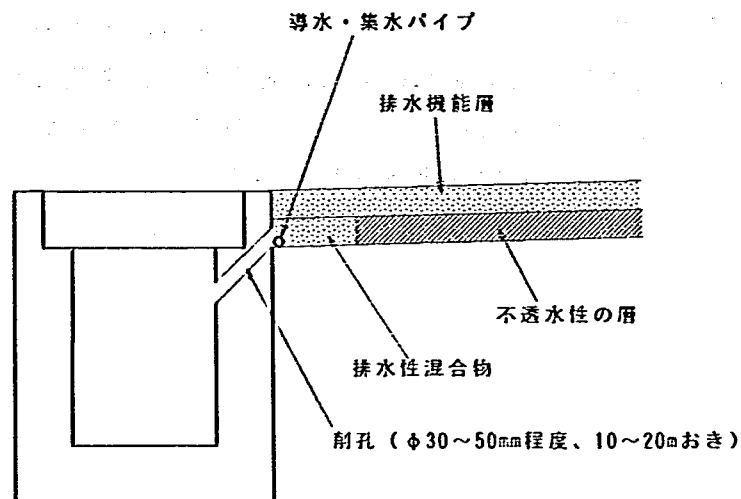
（回答）

側溝の大きさなどはその地域の降雨量に依存するため、舗装の種類が通常のアスファルト舗装か排水性舗装であるかは問題ではない。ただし、切削オーバーレイによって既設の舗装を新たに排水性舗装とする場合は排水面が変化するために注意が必要である。U字型側溝を例にとると以下のような対応が一般的である。この図では、路肩部での雨水の溢れを防ぐために路肩端部の基層部分50～70cmを排水性混合物もしくは透水性樹脂コンクリートで施工する例を示している。

この基層部分からU字型側溝に向かってφ30～50mm程度の削孔を10～20m間隔で設けており、この削孔への集水能力を高めるために基層端部にスパイラルドレーンなどの導水・集水パイプを設置している。基層の排水性混合物の施工幅や削孔の径、頻度などについては特に定まった規定はなく、一般的な実施例を示しているに過ぎない。

基層部分の排水性混合物の施工幅や削孔の径、頻度などが理論的に計算できないかというのが質問の主旨と思われるが、これについては、供用中に排水性舗装の排水機能が低下することもあり、画一的な計算方法は確立されていないのが現状である。現状では、図に示したような例を参考に現場で工夫を重ね改良を加えているのが現状である。したがって、この方法が良いという標準的な端部排水装置の構造は定まっていない。

（舗装研究室）



5. 低騒音舗装（排水性舗装）の排水処理

（質問）

低騒音舗装導入時には、新設道路以外の道路では切削、オーバーレイの補修工法が主流と考えられるが、この際、切削跡の凹凸が低騒音舗装の排水処理に少なからず影響するものと考えられる。良好な排水処理を行うためには、切削跡の路面に何らかの処理を行う必要があるのかどうか。また、処理を行う場合にはどのようなものがあるのか等について御教示願いたい。

（大阪市土木部）

（回答）

排水性舗装を本格的に施工しはじめた平成2年頃は切削オーバーレイにより既設舗装を新たに排水性舗装とする場合、その切削後の凹凸が排水能力に少なからず影響を与えると考えられていた。当時一般的に採られていた対策は、切削機の作業速度を通常よりも遅くして切削溝をできるだけ平滑にするとともに、タックコートにゴム入りアスファルト乳剤を使用しその被膜厚さを厚くすることで、タックコートにより切削溝のレベリングを図るというものであった。その後の排水性舗装の施工実績の蓄積にともない、切削溝に滞留する水が舗装体の強度や排水能力にほとんど影響を及ぼさないことがわかってきたが、切削面をできるだけ平滑に仕上げることは今年（社）日本道路協会より発刊された「排水性舗装技術指針（案）」でも推奨されている。

（舗装研究室）

6. 低騒音舗装（排水性舗装）の補修

（質問）

低騒音舗装施工部における局所的（およそ200㎡未満）な補修は、合材の出荷量等から、低騒音舗装用合材（開粒度）で施工することが困難であると考えられるため、この際の補修方法について御教示願いたい。

（大阪市土木部）

（回答）

骨材の飛散などにより部分的に排水性舗装が破損している場合は、切削オーバーレイ等により修繕を行うか、パッチングを行うことになる。パッチングを行う場合、排水性混合物を用いることが望ましいが、少量の排水性混合物を安定して製造することは困難である。したがって、部分的な補修の場合は、通常のアスファルト混合物でパッチングを行い、その部分は排水性舗装としないという対応が一般的と思われる。なお、常温型の排水性混合物も提案されており、これを試験的に導入するという方法もある。ただし、パッチングを行ってもその境界から再び骨材飛散が生じる可能性が高いため、予算上、施工上の問題がなければ切削オーバーレイによる修繕の方が確実である。

（舗装研究室）

7. 低騒音舗装（排水性舗装）の機能回復

（質問）

低騒音舗装は、供用後、空隙部分に土砂等が堆積し、排水性や騒音低減効果が低下する空隙詰まりが起こる。しかし、これを取り除くための方法はさまざまなものが考えられているにも関わらず、最良な方法および頻度が確立されていないように思われるため、現在考えられている最も有効な方法とその頻度等について御教示願いたい。

（大阪市土木部）

（回答）

排水性舗装の機能回復手法としては、

高圧水による空隙詰まり物質の除去

バキュームによる空隙詰まり物質の吸引

高圧水とバキュームの併用

圧縮空気による空隙詰まり物質の除去

過酸化水素水による空隙詰まり物質の洗浄

などが考えられているが、作業性や回復効果を比較すると高圧水とバキュームの併用が最も有効であるとされている。平成6～7年度には建設技術評価制度において「排水性舗装の機能回復機器」が課題として取り上げられ、4社によって機能回復機器が開発されたが、すべて高圧水とバキュームの併用型であった。圧縮空気による方法では高圧水を使用した場合ほどの効果が望めないこと、過酸化水素水による方法は過酸化水素水が周辺的环境に影響を与える恐れがあるとともに、他の方法に比べてその効果発現までに時間がかかることなどからこれら2方法については提案がなかったものと考えられる。

機能回復作業の頻度については、

- ・排水性舗装の機能の持続性が高粘度改質アスファルトの品質改良や施工業者の技術の蓄積により年々延びてきていること
- ・大型車交通量や沿道環境などにより機能の持続期間に違いがあること

などにより、一概に決めることはできない。現在、土木研究所交通環境研究室と近畿地方建設局が共同で、低騒音効果に着目して機能回復頻度に関する調査を実施しているところである。

（舗装研究室・交通環境研究室）

8. シールド工事が地盤に与える影響

(質問)

共同溝をはじめ、下水管などでもシールド工事が増えており、共同溝などで沿道家屋が傾いたと言われた場合、水位が高いところや軟弱な地盤、通常の地盤とどのように影響があるものでしょうか？

(大阪国道工事事務所)

(回答)

シールド工法は、大別して開放型と密閉型に分けられる。最近の都市内のシールド工事においては周辺構造物への影響を少なくする工法として密閉型の泥水式シールド工法や土圧式シールド工法が多く用いられているが、密閉型シールド工法においてもトンネル周辺地山の沈下を完全に避けることは困難である。

シールド工法における沈下はシールド進行方向の前方に発生する先行沈下とシールド進行後シールド後方において発生する後続沈下からなり、先行沈下は切羽圧力と地山圧力との不釣りや、砂質土における地下水低下が主な原因で発生する。先行沈下は良質な地盤ではほとんど現れないが、軟弱な地山では掘削前方にシールド到達以前に沈下が発生することが多い。後続沈下はテールボイドの発生による応力解放が主な原因で発生し、この沈下は軟弱な粘性土層などの地盤において、その影響範囲は大きくかつ長期にわたる。これは、軟弱な粘性土では、応力解放に基づくせん断変形によって土の乱れが生じ、圧密沈下が発生するためであると言われている。一方、良好な砂礫層などにおいては後続沈下の影響範囲は小さく比較的早期に安定する。以上のように、軟弱な地盤と良質な地盤では発生沈下量は異なり、これまでの実測例によれば、地表面沈下量は硬質地盤で10mm以下であるのに対し、軟弱地盤では30～50mmとの報告もある。また、地表面沈下量は地盤特性の他土被りによっても大きく異なり、土木研究所が実施した調査では図-1のような結果が得られている。

トンネル周辺の既設構造物への影響を低減するには、沈下の原因となる現象をできる限り排除する事が重要であり、切羽での土水圧不均衡防止対策として切羽の安定管理、テールボイド沈下対策として同時裏込め注入、二次注入の実施、地下水位の低下対策としてセグメントの継手、裏込め注入孔などからの漏水防止等が考えられるが、シールドの施工方法を工夫するだけでは不十分な場合は、既設構造物の補強、あるいはトンネルと既設構造物の中間地盤に対策を行うことが必

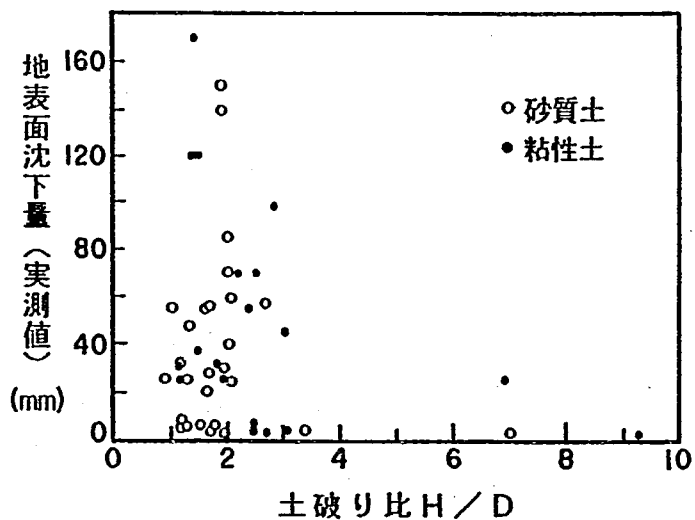


図-1 地表面沈下実測値(シールド工法)

要となる。また、トンネル周辺に沈下が許されない既設構造物がある場合には、トンネル掘削前に予め過去の実績や有限要素法等による予測結果を基に管理基準値を設定するとともに、それを指標にして施工時に計測管理を行うことが重要となる。計測管理は、通過前、通過時、通過後の3段階を追って実施する必要がある、特に、既設構造物に近接する区間の手前の類似の地盤条件の地点で通過前計測を行い、予測解析手法の妥当性や施工方法の是非を確認しておくことが重要である。通過時の計測は既設構造物の安全を監視するために行い、計測値が管理基準値を上回った場合は、シールドを停止し、原因を究明するとともに、施工方法の修正、応急対策を講じる必要がある。

(トンネル研究室)

9. トンネル地山区分における高密度電気探査の有効性

(質問)

トンネル設計に高密度電気探査がどの程度有効なものかご教示願いたい。

(京都府土木建築部道路建設課)

(回答)

電気探査法は、岩石や地層の比抵抗がその構成鉱物の種類、乾湿の状態、風化・変質の状態、温度などによって支配される性質があることを利用して、地下の比抵抗分布から地質構造を推定する探査方法であり、比抵抗を求める方法としては直接電流を流す電気探査法その他、磁場と電場の両方を用いる電磁探査法がある。電気探査法自体は新しい探査方法ではないが、近年、電子計算機を用いた種々の解析手法の開発に伴い、従来断面的に表示していた見掛けの比抵抗値から地下構造の2次元的な比抵抗値分布を精度良く求めることが可能となっている。

電気探査法のトンネル設計への活用方法については、現在は電気探査法から得られる比抵抗値データやボーリングデータの収集を行い、両データの対比により比抵抗値から地山区分を行う研究が各研究機関で始まった段階であり、従来から用いてきた弾性波速度に代わって比抵抗値だけから地山区分が行えるレベルにはまだ至っていないが、現段階での電気探査法の活用方法としては以下のことが考えられる。

①泥岩・頁岩などを除く多くの岩盤では、岩石そのものの比抵抗が高いため、比抵抗値は、主に間隙の量とその中の地下水の比抵抗に左右される。したがって、岩種が同じで地下水面下にトンネルルートがあることが明らかな場合は、比抵抗値が低い値を示す領域には間隙が大きい発達した亀裂や断層破碎帯が存在するものと考えることができる。

②粘土鉱物は極めて小さな比抵抗を示すため、岩石が熱水変質の結果、粘土鉱物を含んでいる場合には比抵抗値は小さくなる。したがって、地下水面下で比抵抗値が新鮮な岩石に比べて著しく低くなっている場合は変質程度が大きいものと考えることができる。

③電気探査法を弾性波探査法とあわせて実施する場合には、岩種が同一であれば比抵抗値と弾性波速度とを対比して比抵抗値と弾性波速度との関係を見い出すことにより、土被りが大きくて弾性波速度が測定できない領域や高速度層の下にあって弾性波速度が検出できない低速度層の地山区分を推定することができる。

(トンネル研究室)

10. 橋面緑化技術の応用

(質問)

橋面緑化を分岐部等に採用することにより、衝突緩衝機能を発揮できないか御教示願いたい。

(奈良国道工事事務所)

(回答)

分岐部で迷走車両等が衝突した場合、正面衝突等の衝撃の大きな事故になりやすい。また、分岐部はコンクリート製の剛性構造物が設置されている場合が多いので、衝撃はさらに大きくなる。

車両は、車両の変形のみである程度の衝撃を吸収するが、この吸収にも限界があり、道路側でも衝撃を和らげるような工夫を行うことが、衝突時の運転者の被害軽減、防止には必要である。従って、分岐部に衝撃吸収能力の高い施設等を設置することは有効な手段といえる。

車両が衝突した場合に衝撃を効果的に吸収するものとしては、土木研究所による過去の実験によれば、土嚢、サンドクッション、クッションドラム等を設置することで、乗用車の速度60km/h程度までの衝突に対しては効果があることがわかっている。

ご質問の橋面緑化技術を分岐部に応用した場合の緩衝性能については、これまで植栽の緩衝効果について研究した事例がなく明確に回答することはできないが、これまでの知見等から判断して、緩衝効果は緑化部分の施設構造に大きく左右されるものと考えられる。

乗員の衝撃を吸収し緩衝効果を高める構造としては、車両の持ち込むエネルギーを徐々に吸収し、発生加速度を小さく抑える構造が望ましい。この点で、大和高田バイパスで実施されている橋面緑化の例は、まず低層の地被区で衝撃を和らげ、次第に土層を厚くし、植栽も地被区から低木区へと連続する構造であることから、エネルギーの吸収が効果的に行われるものと判断される。ただし通常の分岐部では、分岐部の前に余裕がない場合が多い。このような限られたスペースで緩衝効果を得るためには、車両バンパー部程度以上の土層厚を確保し、土層による衝撃吸収を行うことが望ましい。植栽による緩衝効果は不明な点が多いので、土層による衝撃吸収についてみると、土壌を軽量の人工土壌、土層厚を60cmとした場合、5～10m程度の奥行きがあれば乗用車の衝突程度に対してはかなりの効果があるものと考えられる。このとき土層を抑える型枠は、木製やプラスチック等のような剛性の低いもので、強度に問題のない範囲で薄い枠を用いるのがよい。

設置にあたっては、衝撃吸収は土層や低木、灌木類で行うのがよく、高木はかえって被害を大きくする場合もあるので、留意する必要がある。また、緑化部側面からの衝突に対しては、防護柵等を設置することが車両の誘導性からみて望ましい。

(交通安全研究室)

材 料 施 工 部 門 目 次

	(質問者)	(回答者)	
1. 土留め内での狭小な空間の埋戻し	琵琶湖工事事務所	土質研究室	 85
2. 軟弱地盤対策としての基礎 ブロック工法	近畿技術事務所	施工研究室	 87
3. 補強土壁工法の適用	三重県土木部	施工研究室	 89
4. 擁壁工設計に用いるかさ上げ 盛土土圧	三重県土木部	施工研究室	 91
5. 擁壁の滑動に対する対処法	三重県土木部	施工研究室	 93

1. 土留め内での狭小な空間の埋戻し

(質問)

開削工法で盛土や地盤内に構造物を築造する場合、鋼矢板等で土留めを行って構造物を設けることが多い。その際、構造物と矢板の間の狭小な空間においては、埋戻し材を十分に転圧することが困難であり、埋戻し材のゆるみが構造物の損傷や周辺地盤の沈下などの悪影響を引き起こす恐れがある。そこで、このような場合の対策手法についてご教示願いたい。

(琵琶湖工事事務所)

(回答)

通常、鋼矢板等の土留め材と構造物との間には、砂質土を投入して締固めを行のが一般的である。ただし、土留め材と構造物との間隔が狭い場合や、鋼矢板のように土留め材の表面が凹凸の形状になっている場合には、隅々まで十分な締固めを行うことは極めて困難である。

そこで流動化処理土のような、締固めを必要としない埋戻し工法を用いることが有効である。流動化処理土は、土砂に水（または泥水）と固化材を混合した安定処理土であり、硬化前は高い流動性を持つので、狭い空間や形状の複雑な箇所でも容易に充填が可能である。また、締固めを必要としないので施工の省力化も図ることができる。すでに共同溝の埋戻しなどに流動化処理土を用いた事例（図－1，写真－1）があり、このような用途への適用性が高いことが確認されている^{1)～5)}。

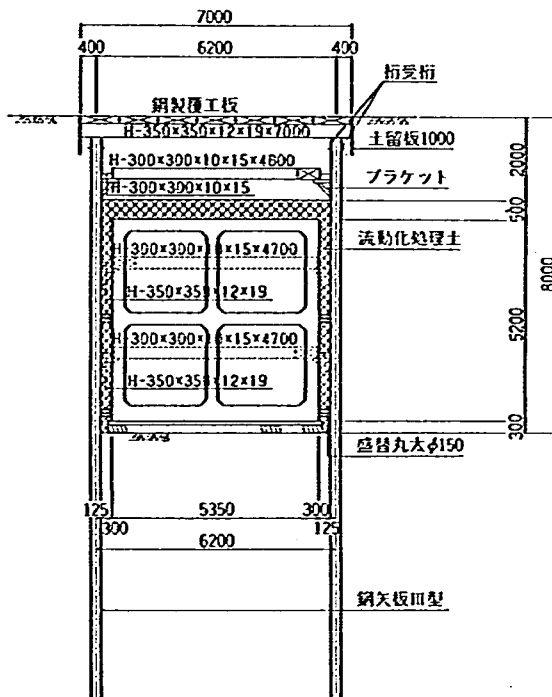


図-1 共同溝の埋戻しへの適用
(東京国道工事事務所)



写真-1 共同溝と鋼矢板との間
への処理土の打設状況

埋戻し材として流動化処理土を用いる場合、その強度は一軸圧縮強さ q_u で評価するのが一般的である。強度の大きさについては、土かぶり圧や周辺地盤からの土圧に対して十分な強度を持ち、かつ再掘削が容易な範囲として、 $q_u=2\sim4(\text{kgf/cm}^2)$ 程度に設定することが多い。また流動化処理土の流動性については、充填性および施工性が良好な範囲としてシリンダー法(JHS A 313)によるフロー値で160mm程度以上あれば良いと考えられる。

なお埋戻し後に矢板等を引き抜く場合には、流動化処理土が硬化する前に引抜きを行うと、矢板の引抜き跡にも処理土が充填され、周辺地盤への影響を防止することができる。また施工条件などから、硬化する前に矢板の引抜きを行えない場合には、矢板引抜き跡に生じた空洞にモルタル等を注入・充填するなどの工夫をするとよい。

<参考文献>

- 1) 大下角治・今西英二：流動化処理土を用いた埋戻し工法，第48回建設省技術研究会指定課題論文集，1994
- 2) 久野悟郎・三木博史・森範行・岩淵常太郎：流動化処理土の利用技術の開発，土木技術，Vol. 49, No. 8, 1994
- 3) 三木博史・森範行：土の流動化処理工法の各種用途への利用技術，土木技術資料，Vol. 37, No. 9, 1995
- 4) 渡辺三郎：15号東蒲田共同溝他2共同溝－流動化処理土による埋戻し工法－，土木技術，Vol. 50, No. 10, 1995
- 5) 吉池正弘：流動化処理土による施工について，第21回日本道路会議，一般論文集(B)，1995

(土質研究室)

2. 軟弱地盤対策としての基礎ブロック工法

(質問)

軟弱地盤の対策工法として、コマ型基礎工法などが開発されているようだが、その現状と問題点についてご教示願いたい。

(近畿技術事務所)

(回答)

コマ型基礎工法は、図-1に示すように構造物の基礎地盤表面に特殊な形状のコンクリートブロックを敷設する浅層地盤改良工法の一つで、日本建築の基礎地盤に玉石を用いていた原理を応用したものである。このブロックはコマの形状をしたコマ型コンクリートブロック（マイ独楽）で、敷き並べた隙間に採石を充填して締固める。各ブロックは、ブロックの頭部鉄筋（連結筋）を井桁状に配置した鉄筋（筏ユニオン）と、組鉄筋（筏マット）で相互に連結されている。

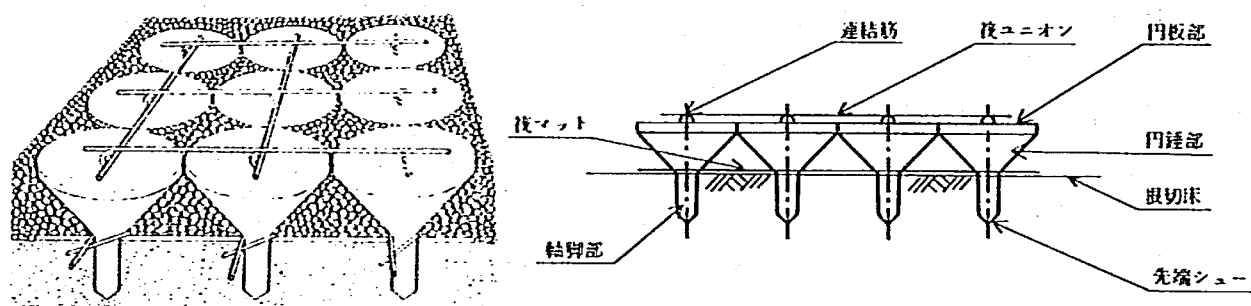


図-1 トップベース工法の概要¹⁾

この工法は、側方流動の抑制に伴う即時沈下・圧密沈下の抑制や、支持力の増大に効果があり、砂地盤の液状化³⁾や耐震性⁴⁾にも効果があることが実験的に報告されている。

現場での施工が容易であり、施工に伴う振動や騒音の発生が少ないことから、構造物が比較的小規模で、しかも地盤がやや軟弱であるとか構造物が若干の沈下を許すような場合に、長尺の本格的な杭基礎の代わりに適用されることが多い。

主な適用構造物は、カルバート、水路、鉄塔、橋脚、橋台、擁壁、盛土、大型建築物、民家の基礎や、路床路盤である。平成7年現在の施工実績は、現場数約15,000件、施工面積約820,000m²である。

本工法の設計・施工法は、(財)土木研究センター、全国マイ独楽工業会「トップベース工法設計施工マニュアルーコマ型コンクリートブロック基礎工法ー」に明記されている。

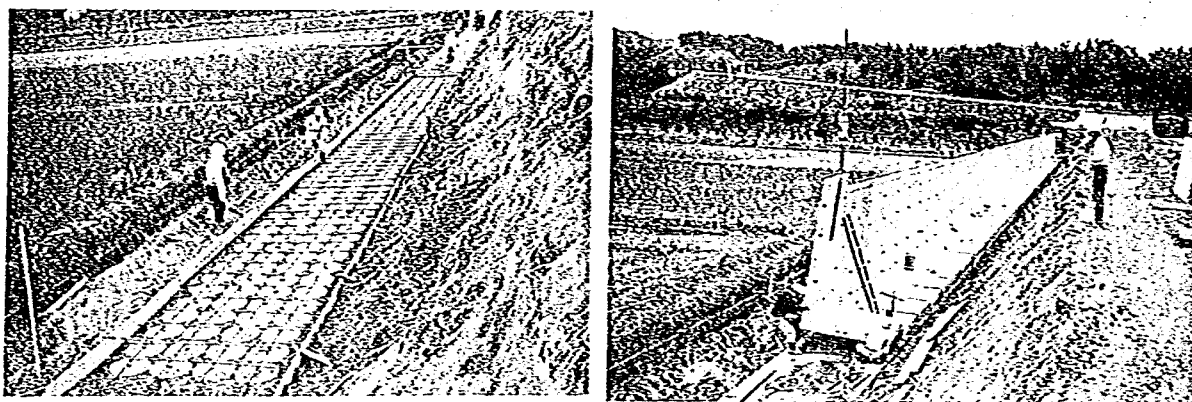


写真-1 擁壁基礎への適用例¹⁾

このマニュアルには、工法の効果を生かすために、設計段階での適切な地盤強度の推定と、施工段階での確実な施工に留意することが書かれている。

設計時には、作用荷重と地盤強度に応じてコマ型ブロックの選定やブロックの層厚を決定する。設計荷重が大きく、当初設計したコマ型ブロックでは支持力が不足する場合、コマ型ブロックの敷設を2層にするか、敷設面積を増やすことで対応する。しかし例えば擁壁基礎に適用する場合で、粘性土で $2 \leq N < 4$ 、作用荷重が 12.5 tf/m^2 より大きいときは、詳細な設計検討が必要である。

施工時には、コマ型ブロック円錐部下端付近で間詰め碎石の充填不足が起こりがちであるので、十分な締固め作業を行うことが必要である。また、碎石の撒きだしを行わないで直接軟弱地盤上にコマ型ブロックの敷設を行うと、端部のこまの安定が悪いことがあり、間詰め碎石の充填、締固め作業に困難を伴うことがある。その場合、筏ユニオンの施工を行ってから碎石の充填・締固めを行うとか、コマ型ブロックの位置固定のために端部や中心部のみの筏ユニオンの配筋を行っておき、その後できるだけ均等に締固めを行う方法をとる。

【参考文献】

- 1) (財) 土木研究センター，全国マイ独楽工業会：トップベース工法設計施工マニュアルーコマ型コンクリートブロック基礎工法ー，平成2年3月
- 2) 全国マイ独楽工業会：改訂版トップベース工法設計資料，昭和63年
- 3) 安田，伯野，小林，永瀬，吉田：こま型基礎による液状化対策の効果の検討，地盤の液状化対策に関するシンポジウム，平成3年
- 4) 安田，伯野，小林，永瀬，吉田：マイ独楽基礎による耐震対策に関する振動台実験，第8回日本地震工学シンポジウム，平成2年

(施工研究室)

3. 補強土壁工法の適用

(質問)

補強土壁工法については、建設省等では試験的に使用されているようですが、まだ全国的に普及していません。当工法を適用するに当たって考慮すべき留意事項等について教示されたい。

(三重県土木部)

(回答)

用地の制約が厳しい場合など、急勾配ののり面を形成する必要がある場合がある。このような場合に補強土壁工法が用いられる場合が増えてきている。補強土壁は、のり面勾配が1:1よりも急な補強盛土のことである。垂直に近い壁面工を構築することができる点が特徴である。

補強土壁は従来の擁壁とは異なるメカニズムで安定を保つ土留め構造物であり、規模も従来の擁壁に比べて大規模なものが構築できるが、採用の検討に際しては以下のような点に留意する必要がある。

①全体安定の検討

補強土は従来の擁壁に比べて柔軟な構造であるため、従来の擁壁よりも大きな規模の土留めを構築したり、比較的軟弱な支持地盤上で杭基礎を省いて直接基礎としたりできる。このような条件下で採用する場合には、補強土の外的な安定検討および支持地盤も含めた全体的な安定検討が重要となる。

②補強材と盛土材の適合性

補強土は土中に敷設した補強材が発揮する補強材力と土圧を釣り合わせて安定を保つ構造物である。補強材としては帯状鋼材や高分子材料のジオテキスタイル、または支圧板プレート付き鋼棒などがある。前者は裏込め材と補強材の摩擦により、後者は支圧板の支圧抵抗力により補強効果を発揮する。一般には砂質土系の材料が適しているが、現地発生材料を用いる際には補強材の種類によって補強効果が発揮されにくいものもあるので、留意が必要である。

また材料と土質によっては腐食等の化学的な安定性も考慮する必要がある。

③変形に関する問題

補強土は補強領域の変形に対して受動的に補強材が補強効果を発揮するメカニズムを有している。従って重要構造物に近接して施工される場合など、変形が厳しく制約されるような条件下では留意が必要である。また垂直の壁面を構築する場合や表面に凹凸の少ない平面的な壁面を構築する場合では、施工終了後に変形が生じた場合にわずかな変形が目立つため、周辺に多大な不安感を与える場合がある。あらかじめ若干の勾配を付けるなどの対策が必要となる。

以上のような得失を考慮した上で補強土壁を適用することが重要である。

また補強土壁はその性能が施工条件によって大きく左右される場合がある。実施工に当たってはその点を十分に理解した上で入念な施工を行うことが必要である。

(施工研究室)

4. 擁壁工設計に用いるかさ上げ盛土土圧

(質問)

道路土工指針において、かさ上げ盛土高15m程度までの、上部に長大なのり面を有する擁壁に作用する土圧については、かさ上げ盛土高比1として試行くさび法を用いて算定してもよいことになっていますが、15mを超える場合の設計方法を御教示願いたい。

(三重県土木部)

(回答)

下図に示すような長大なりの面を上部に有する擁壁に作用する土圧を算定する場合、道路土工指針では、かさ上げ盛土高($h + h_1$)が15m以下の場合にはかさ上げ盛土高比(h/h_1)を1として土圧を算定してもよいこととしている。これは過去の実験の結果や経験から長大のり面を有する比較的小規模な擁壁については、擁壁に変状が生じてもすべり土塊はそれほど大きくはならず、またのり面全体の崩壊には至らないと考えられることから定められた考え方である。

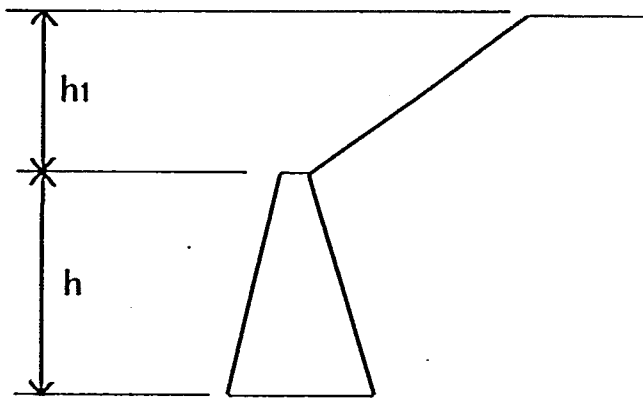


図1 かさ上げ盛土高

かさ上げ盛土高が15mを超えるような擁壁については、擁壁自体の高さが8m以下であっても実際のかさ上げ盛土高に基づく設計を行う必要がある。

擁壁上部に長大なりの面を有する擁壁に作用する土圧を試行くさび法により算定すると、非常に大きな土圧が作用する結果が導かれる場合がある。この理由としては以下のようなものが考えられる。

①すべり線形状の問題

実際ののり面ではすべり線は円弧である場合が多いが、試行くさび法では簡便化のためにすべり線を直線で近似している。そのため、長大なりの面を有する擁壁ではすべり土塊が非常に大きくなり、土圧が実際の値よりも非常に大きな値になる場合がある。

②土質定数の問題

擁壁の設計は土質試験の結果に基づいて行うことを原則としているが、8m以下の規模の小さな擁壁で土質試験を行うことが困難な場合には土質分類に基づく定数の推定値を用

いてもよいこととしている。この推定値は粘着力を考慮していないが、実際の盛土材料が粘着力を有している場合にはより急勾配で安定することがある。このような場合に試行くさび法を適用するとすべり土塊の大きさが実際よりも大きくなり、土圧が実際の値よりも非常に大きな値になる場合がある。

いずれにせよ、計算を行う条件が実際の条件と合致していないためにこのような現象が起こると言える。このような場合には土質試験などを行った結果に基づいて設計を行なうことにより、実際に擁壁に作用する土圧と計算上の土圧が大きく異なるということとはなくなると考えられる。

(施工研究室)

5. 擁壁の滑動に対する対処法

(質問)

擁壁の滑動に対する対処法として、底版に突起を設ける方法等がありますが、適用、信頼性、施工管理上の注意点について教示されたい。

(三重県土木部)

(回答)

擁壁の安定性は滑動、転倒、支持地盤の支持力について検討を行うこととなっている。重力式擁壁やもたれ式擁壁で滑動の安全率が所定の基準に満たない場合、底版に突起等を設けて対処する場合がある。

この場合の基本的考え方は「道路土工 擁壁工指針」に示すとおり、堅固な地盤や岩盤に対して、これらの地盤を乱さないように、また周辺地盤との密着性を確保するように施工されてはじめてその効果が期待できるものである。しかし実際には複雑な形状の掘削を行う際に支持地盤を乱してしまったり、入念な施工ができなかったりして期待通りの性能を発揮しないおそれがある。また施工に際しても掘削などの作業が複雑になる等の欠点がある。特に砂層や土丹等の未固結層を支持地盤とする場合、地下水位が高い場所や河川に面した擁壁など、長期的に支持地盤の強度の低下が懸念されるような条件下での使用は特に注意を要する。

なお突起を付ける場合は底版の中央付近に設けることとし、支持地盤に十分な貫入長を確保すること、突起について部材としての応力検討を行うことが必要である(図1)。

設計の詳細については「道路土工 擁壁工指針」指針の記述を参考にされたい。

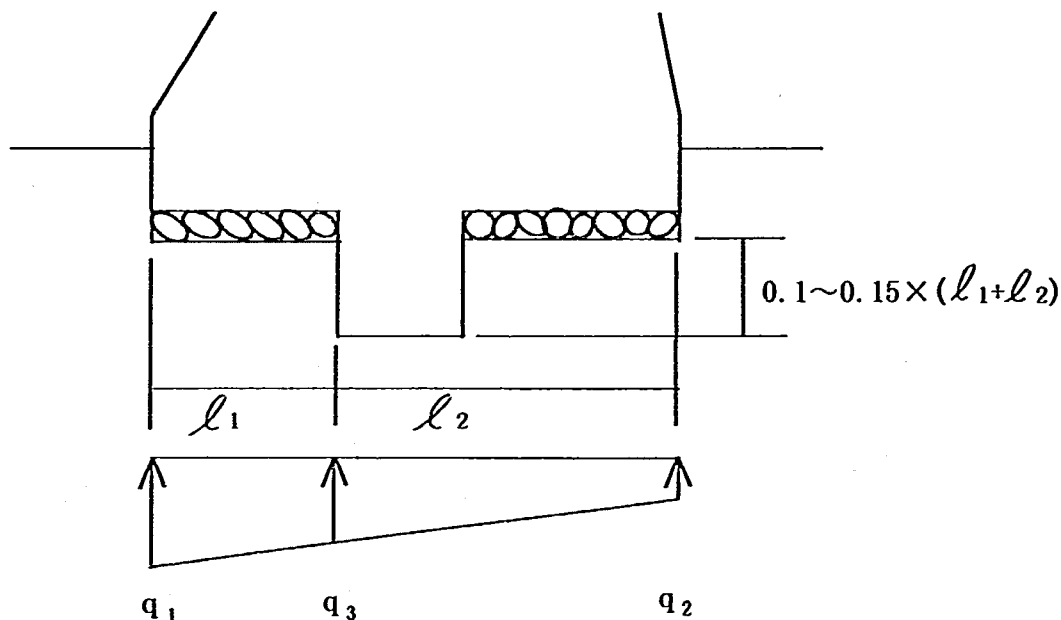


図-1 底版に突起を設けた場合

(施工研究室)

構造橋梁部門目次

	(質問者)	(回答者)	
1. PC上部工のコンクリート 許容応力度	道路部道路工事課	橋梁研究室	 95
2. 橋梁のコンクリート床版 のひびわれ	福知山工事事務所	橋梁研究室	 96
3. 単径間橋梁の落橋防止構造	兵庫国道工事事務所	橋梁研究室	 97
4. 海岸部に位置するPCげたの補強	紀南工事事務所	橋梁研究室	 98
5. 橋梁の床版への膨張コンク リートの採用	福井県土木部	橋梁研究室	 99

1. PC上部工のコンクリート許容応力度

(質問)

現在、PC中空床版橋のコンクリートは 350kgf/cm^2 を使用していますが、道路橋示方書等には 300 、 400 、 500kgf/cm^2 の記載しかなく 300kgf/cm^2 と 400kgf/cm^2 の平均値を採用しています。今回、JIS改訂により 350kgf/cm^2 が 360kgf/cm^2 になったことからコンクリート応力度の諸定数をどのように決定したらよいか御教示願いたい。

(道路部道路工事課)

(回答)

コンクリート橋の設計時において用いるコンクリートの物理定数、許容応力度については設計基準強度に基づき定めるのが基本である。この時には、ヤング係数については直線補完すればよいことになっており、許容応力度については定められた値を用いることとなる。地方建設局等においては、設計基準強度 350kgf/cm^2 を用いる場合があるが、この場合の許容応力度は直線補完を行ってもよい。

一方、施工においては、JISに従ったコンクリート強度を選択することとなるが、JISのレディミクストコンクリートの強度は呼び強度であることに注意されたい。道路橋示方書の許容応力度の考え方に従えば、コンクリート強度が設計基準強度以上である場合は、ごく一部の例外的なケース（鋼製橋脚の充填コンクリートなど）を除いては問題がない。すなわち、コンクリートは設計基準強度以上の呼び強度を持つコンクリートを使用すればよい。

なお、呼び強度が 10kgf/cm^2 程度大きいメリットが活かされないなどの議論は、コンクリート強度そのものがもともと骨材や施工管理、材令等により相当ばらつきが生じることを考慮すると、机上のものと思われる。

(橋梁研究室)

2. 橋梁のコンクリート床版のひびわれ

(質問)

平成5年より上部工（鋼ニールセンローゼ橋、橋長127m）を発注し、コンクリート床版を平成6年10月に打設しましたが、平成7年3月、地覆に一部ひびわれが認められ、9月の調査では幅0.2mm程度のひびわれが相当数発生し遊離石灰も数多く認められました。床版全体においてコンクリート材質、施工方法等について調査を行いました、主たる発生原因はわかりませんでした。

これらのひびわれ防止方法として材料の面、施工方法等における対策工法および補修工法を御教示願いたい。

(福岡山工事事務所)

(回答)

一般的に、橋梁上部構造のRC部材におけるひびわれの主な原因は、乾燥収縮や温度変化、それに種々の荷重である。また、まれに、コンクリートの品質や養生が悪くて通常以上のひびわれが生じることがある。

RC部材はもともと引張り領域でのひびわれを容認する部材であるが、過度のひびわれは構造物の耐久性等に悪影響を与えることもある。生じたひびわれの幅や密度が大きすぎるのではないかと疑われる場合は、コンクリートの材質や施工方法、部材が受ける荷重を慎重に調べ、原因を推測することが必要である。今回の場合は床版そのものに有害なひびわれが生じたのかどうかをまず確認することが必要と思われる。地覆には通常ひびわれが生じるので、余程過度でなければ構造的には問題となることはない。ただ、景観上やメンテナンス上に問題がある場合は、なんらかの対策を施すのがよく、例えば、設計段階では地覆の鉄筋量を上げておく、施工段階では十分に養生をするなどの措置が有効と思われる。遊離石灰については水の浸入を防ぐことでほぼ防止が可能である。

なお、ひびわれが甚大で床版そのものの疲労耐久性に大きく悪影響があると判断される場合の対処方法としては、まず橋面防水工が挙げられる。補強工法としては、橋面からの水の浸入を防ぐ効果も有する上面増厚工法その他、床版下面からの鋼板接着工法や炭素繊維シート接着工法などがある。

いずれにしても、個別のケースで、地方建設局レベルで対応の難しいような特殊な問題が生じた場合には、土木研究所に正式に技術指導の依頼をして頂くのがよく、簡単な意見照会で済ませることが妥当でない場合がある。

(橋梁研究室)

3. 単径間橋梁の落橋防止構造

(質問)

落橋防止構造は、復旧仕様によると S_E の確保と二重の落橋防止装置の設置を行うこととなっていますが、単径間橋梁では地震による相対変位が小さいこと、また、上部工が橋台のパラペットにはさまれ上部工の移動を制限することにより落橋しにくい構造と考えられます。橋梁の規模（橋長・橋台の高さ）等によって異なると思われますが両側に橋台がある単径間橋梁への対応について御教示願いたい。

(兵庫国道工事事務所)

(回答)

復旧仕様では、ご指摘のと通りの記述となっており、両端橋台の場合も特に緩和の規定は設けられていない。道路橋示方書の改訂が行われるまでの当面の措置として、新設橋梁に対してもこれを準用することとなっている。

現時点（9月初旬）での、道路橋示方書V耐震設計編の改訂（案）では、両端が橋台支えられる一連の上部構造からなる橋（I種地盤ではけた長50mまで、II種およびIII種地盤ではけた長25mまで）で、橋軸直角方向への落橋の可能性が少ない構造的条件を有する場合には、落橋防止装置（落橋防止構造と改称）の設置に対して緩和規定が設けられている。

(橋梁研究室)

4. 海岸部に位置するPCげたの補強

(質問)

塩害によるひびわれが発生しているPCげたの補修、補強を行うに当たり、一般的に行われている断面修復工法およびプレストレス導入工法（外ケーブル工法）の有効性について御教示願いたい。

(紀南工事事務所)

(回答)

塩害によりひびわれが生じている場合にはそのひびわれの内部でPC鋼材や鉄筋の腐食が相当進んでいることが考えられる。特に、鋼材の破断が確認されたPC橋は構造系として非常に危険な状態であり、程度によっては上部構造全体を架け替えるのが基本と考えるべきである。比較的程度が軽く今後も当該橋梁を補修して使用する場合は、コンクリート断面を修復するとともに、減少したプレストレス量を新たに与える必要があるが、専門的な知識や高度な技術を要するため、土木研究所や（財）道路保全技術センター等に相談することが望ましい。

補修の順序としては、損傷箇所をはつり損傷の程度を調査することが基本となる。この調査結果に基づき、豊富な経験とPC橋に関する十分な知識を有する技術者が、塩害による損傷が橋の耐荷力や耐久性に与える影響を判断した後で、補修方法を含め対処方法を決定しなければならない。補修によると判断された場合に用いられる工法としては、断面修復にはプレパックドコンクリート工法、プレストレス量を増加する場合には外ケーブル工法を用いるのが一般的である。PC橋の補強として炭素繊維シート接着工法によるRC補強を行うこともあるが、技術としては研究段階であり現時点では一般的ではない。また、補修後に再び塩害による損傷を生じさせないようにコンクリート表面への塗装やエポキシ樹脂鉄筋、プラスチックシースの使用などの併用も行われているが、コンクリート表面に塗装等を施す場合は、通常こうした塩害橋ではコンクリート中に塩化物イオンが既に十分含まれていることもあり、施工の是非の判断は慎重に行わなければならない。最近ではアメリカ合衆国で実績のある電気防食などを使用している補修現場もあるが劣化損傷の状況に応じた適用が必要である。なお、外ケーブルを用いる場合には外ケーブルに対する防食にも留意しなければならない。

外ケーブル工法は日本海沿岸部の塩害の厳しい直轄国道でも使用された実績があるが、定着部や緊張力の導入量等について高度な技術が用いられており、詳細な計測による長期的な監視も同時に行われている。外ケーブル工法による補修は塩害橋には有効な場合も多いが、安易に適用すると主げたの座屈や定着部の損傷などが生じるおそれがあるため、この工法の採用にあたっては慎重に行って頂くようお願いしたい。

(橋梁研究室)

5. 橋梁の床版への膨張コンクリートの採用

(質問)

日本道路公団試験所報告Vol. 27p. 45(1990)によれば、膨張コンクリート床版は初期ひびわれの防止、低減に効果があることが確認されています。現在、福井県では橋梁の鉄筋コンクリート床版上にはシート防水を施工することとしていますが、施工的、経済的に負担が大きく、膨張コンクリートの効果が明確であるならば今後施工方法を変更したいと考えております。そこで膨張コンクリートの効果について御教示願いたい。

(福井県土木部)

(回答)

膨張コンクリートは乾燥収縮等を原因とするひびわれを防止低減する効果を有することがわかっており、最近ではプレキャスト床版の継目などに用いられている例がある。鉄筋コンクリート床版においては劣化損傷の過程としてひびわれが伸展するが、膨張コンクリートや無収縮コンクリートの使用により乾燥収縮等の初期ひびわれを抑制することは床版の耐久性を向上させる上で有効である。しかしながら、鉄筋コンクリートは活荷重に対してひびわれを発生させることとなり、膨張コンクリートによる若干のプレストレス（ケミカルプレストレスと呼ばれる）が作用しても、これを完全に防ぐことはできない。一方、防水工は水そのものを防ぐ機能を有するものであり、床版コンクリートに発生するひびわれへの水の浸入を防止することができる。この意味では、膨張コンクリートの使用のみで防水工の役割を十分に担うことは難しく、代替措置としての位置づけを行うには検討すべき課題が残っていると思われる。

(橋梁研究室)

耐震技術部門目次

	(質問者)	(回答者)	
1. 構造物底面の液状化に対する対策	企画部企画課	動土質研究室	 101
2. 道路のり面の地震防災上の課題	企画部企画課	動土質研究室 土質研究室	 103
3. SHAKEの適用範囲の考え方	神戸市交通局	振動研究室	 105

1. 構造物底面の液状化に対する対策

(質問)

構造物は杭により支持されることになっているが、地震動による液状化により構造物の底面が空洞化し、長期的に見て不等沈下等のおそれと考えられる。構造物底面の液状化にあらかじめ対応するための手法等を御教示願いたい。

(企画部企画課)

(回答)

構造物自体が杭により十分支持されている場合は、構造物底面の液状化による空洞化が当該構造物の安定にとって特に問題とならないことがある。しかし、河川堤防における樋門・樋管等においては、構造物自体が安定であっても、地震による液状化による構造物の底面の空洞化によりパイピング、破堤など二次災害の発生を引き起こす可能性があり、特に問題となることが多い。このように、対象とする構造物の種類によりそれらの構造特性、建設位置、要求される耐震性等異なるため、一律に述べることは難しく、したがって、ここでは液状化による構造物底面の空洞化・不等沈下が特に問題となる例として、樋門・樋管の液状化対策について説明することとする。

1. 液状化対策の基本方針

堤防と一体構造物である樋門・樋管での地震被害事例は少ないが、これらはいずれも、基礎地盤の液状化に伴う地盤および樋門・樋管と接続する堤防の変形に引きずられたと考えられるものである。また、地震による液状化により構造物自体の健全度が保たれたとしても、二次災害の危険が生じるような事態になることもあり、逆に、樋門・樋管の耐震性のみを向上させることにより、周辺堤防自体の治水機能を低下させることもあり得る。以上から、樋門・樋管の耐震設計の目標としては、地盤の液状化および液状化による影響を防ぐことで、樋門樋管の若干の変位を許容しても二次災害の発生防止することに重点を置くべきであり、そのため、樋門・樋管の周辺堤防の耐震性の確保を優先して実施する。したがって、地震後に樋門・樋管だけが抜けあがるなどの特異な挙動とならないように、隣接する河川堤防の耐震設計との整合性をはかる必要がある。

樋門・樋管の耐震対策の方法を、既設樋門・樋管を補強する場合、および新たに改築する場合に分けて示す。

2. 既設構造物に対する対策

既設構造物を補強する場合は、一般に直下改良は困難であるため、接続する堤防の耐震補強を行うことにより地震時に接続する堤防が沈下することを防止し、結果として堤防横断方向の亀裂の発生を防ぐ。この場合、空洞化を防止できるという保証はないので、併せて前面の止水矢板を増強することにより構造物底面への浸透流を防止する。さらに、定期点検も重要である。

3. 新設構造物に対する対策

樋門・樋管直下の地盤を液状化しにくいように改良するのが最も確実である。この場合、対策工法としては締固め・固化工法等が有効である。しかし、固化工法を採用するにあたっては、その部分のみが固くなり、周辺地盤とのなじみが悪くなる可能性があることに十分注意する必要がある。樋門・樋管と接続する堤防の耐震性との整合をはかるため、周辺堤防の一定の区間においては、法尻部に液状化対策工を施す。これにより、砂質土層に液状化が生じても堤防の沈下を抑制することができ、さらに沈下を抑制することで堤防への横断亀裂の発生も同時に抑制することができる。

(動土質研究室)

2. 道路のり面の地震防災上の課題

(質問)

今後、山地丘陵部における高速道路網の建設がますます増えてくるものと考えられるが、昨年の兵庫県南部地震における道路のり面の被害状況について、ジャンル毎にまとめられていれば御教示願いたい。

また、今後の地震防災上の課題や設計基準の考え方について御教示願いたい。

(企画部企画課)

(回答)

1. 道路のり面の被害状況

(1) 盛土のり面

直轄国道の盛土については目立った被害は見られなかった。それ以外の兵庫県内の道路盛土について災害復旧申請を行っているものを対象に資料収集を行った結果を以下に述べる。

全被害箇所35のうち、盛土本体やのり面が崩壊に至っているような大規模な被害が11箇所が生じた。それらはいずれも斜面上の盛土であり、かつそのうち3箇所が沢部を横断する盛土、6箇所が谷側あるいは山側に池が面している盛土であった。これらの箇所ではいずれも水が被害を大きくしたと想定される。沢部及び山側に池がある場合には盛土内に地表水が浸透し、盛土自体の強度が低下していたと考えられる。谷側に池がある場合は盛土周辺の地下水位が高く、盛土及び支持層の強度が低かった可能性がある。これらの地形条件は、最近の北海道における3地震による盛土の被災箇所と同様の傾向である。逆に、平地部の盛土はいずれも路面に亀裂が入る程度の軽微な被害であった。また、沢部及び周辺に池がある箇所以外では2箇所を除いて軽微な被害であった。

(2) 切土のり面、自然斜面

表六甲自動車道(延長4.8km)、裏六甲自動車道(延長4.1km)および県道82号大沢西宮線について被害状況を調査した。表六甲は急峻な斜面を複雑に湾曲するが、裏六甲は沢沿いを小さく蛇行する。

表六甲および裏六甲において、のり面崩壊、自然斜面崩壊および落石が発生した被災総数は、それぞれ28箇所、56箇所であり、裏六甲が2倍程度多く被災している。また、谷地形、尾根地形、直線地形という地形分類別に発生頻度を整理すると、表六甲、裏六甲ともに尾根地形における崩壊の発生頻度が高いことが認められ、尾根地形における崩壊は谷地形の崩壊の2倍近く発生している。

県道82号は切土部の吹付のり面に変状が見られた。変状は吹付に縦クラックが入るものが多く、表六甲および裏六甲と比較して崩壊の発生は1箇所程度と少なかった。

地震による斜面災害は凸型の斜面(尾根部)に多いが、今回の調査もこれを裏付ける結

果となった。また、個別ののり面崩壊について整理するといずれものり肩の風化が進行した部位が崩壊しており、崩壊の形態は次の2種類に大別されることがわかった。1つはのり面が土砂化したことにより地震時に安定勾配を保つことができなくなり崩壊したタイプである。もう1つは岩盤内に節理が発達したのり面がブロック上の落石崩壊を起こすタイプである。

2. 地震防災上の課題、設計基準の考え方

のり面・斜面の地震時の安定については、通常規模の地震においては被害が限定的であること、および橋梁等の鋼あるいはコンクリートでできた構造物に比べて復旧が容易であること等の理由により、これまで特別の場合を除き必ずしも力学的な耐震設計がなされていなかった。しかし、兵庫県南部地震を契機として、道路をはじめとする公共土木施設の地震に対する安全性のより一層の向上が求められるようになったこと、また、道路のネットワークとしての機能を考慮すれば、橋梁、トンネル、のり面・斜面等の土工部においても従来以上の耐震性を確保することが望まれる。

ただし、のり面・斜面は延長が膨大であるため、一律に耐震性を向上させるのは財政的制約あるいは投資効率等の観点から必ずしも現実的でないことから、確保すべき耐震性については、路線の重要度、復旧の難易度、あるいは人命・資産への影響度などを考慮して設定するのが望ましい。

さらに、地震時におけるのり面・斜面の安定については未解明の点が多く、耐震設計を明確に規定できないという技術的な制約があるのも事実であり、このような点については現時点での技術的知見を最大限に活用して対応していく必要がある。

したがって、盛土については十分な締固めや盛土内への浸透水を減少させるための排水設備の設置等を前提として、耐震設計は従来通り、円弧すべり安定計算法を用いて行うこととする。切土のり面・斜面については力学計算に基づく評価が困難であることから、地震に対して注意の必要な箇所に対しては、降雨に対するのり面对策、耐震性が高いと考えられるのり面保護工を行うこととする。

近々改訂出版が予定される「道路土工のり面工・斜面安定工指針」においても以上のような趣旨が反映されることとなろう。

(動土質研究室・土質研究室)

3. SHAKEの適用範囲の考え方

(質問)

SHAKEの適用範囲について、せん断ひずみが1%以内となっているが、その考え方、根拠についてご教示願います。

(神戸市交通局技術部計画課)

(回答)

SHAKEの適用範囲は、基本的には、SHAKEで仮定している土の挙動と土の実際の挙動が同等である範囲になります。

SHAKEは、基本的に、土が線形挙動をすることを前提とした計算手法です。土はひずみが生じると、線形挙動(弾性体のような挙動)をとらなくなりますが、SHAKEでは、土にある程度のひずみが生じた状態を模擬した形で計算するため、多少のひずみが生じた状態ならば、その挙動を計算することができます。

しかし、ひずみが1%程度を越えるような場合、ひび割れが生じたり、液状化が生じたりして線形挙動から大きく外れることがあります。そのため、SHAKEでは模擬できなくなり、計算結果が実現象を再現できなくなります。

(振動研究室)

システム部門目次

	(質問者)	(回答者)
1. データベースの今後の活用	兵庫国道工事事務所 神戸維持出張所	システム課 107

1. データベースの今後の活用

(質問)

道路管理システム(占有関係)、道路管理データベース(M I C H I)等各種データベースが整備中であるが、今後利用の利便性を図るために各種データベースの相互利用を考えるべきである。

今後、どのようなシステムを構築すれば良いものになるかご教示願いたい。

(兵庫国道工事事務所神戸維持出張所)

(回答)

従来のコンピュータシステムはホスト計算機を中心として専用端末を配置するホスト集中型のシステムであった。最近の動向として4、5年くらい前からパソコン、WS(ワークステーション)、ネットワーク等の急速な発達により、これらを相互に分散接続したC S S(クライアントサーバ)型システムが普及してきた。今後は、道路関係の各システムにおいてもパソコンやWSを中心としたC S S型システムの構築に向かっていくものと考えられる。

このような背景を踏まえ、システム構築にあたっての幾つかのポイントと、その考え方を示す。

(1) 閉鎖型システムからオープンシステムへ

ホスト計算機を中心としたシステムは、システム間でのデータ共有についてはあまり重視しない閉鎖的なものである。特に、ベンダーが異なるシステムにおいては、システム間でのデータの共有性は非常に低いものとなっている。これに対して、パソコン、WSを利用したC S S型のシステムにおいては、ハードウェアベンダーが作成したソフトウェアにのみ依存するのではなく、ソフトウェアベンダーが作成したいろいろな流通ソフトウェアを利用することが可能となっている。これら流通ソフトウェアは複数のハードウェアプラットフォームで稼働し、相互にデータを利用することも可能となっている。

各システム間でのデータ共有の実現にあたっては、例えばO R A C L EやM S - E x c e lといった流通ソフトウェアによりソフトウェアプラットフォームを統一(「オープンシステム」という)し、システム間のデータ連携が容易なC S S型システムを構築するとよい。

(2) ハードウェア技術の向上に合わせたシステム構築を

M I C H Iシステムでは、磁気ディスクで管理している文字・数値データの他に光ディスクで管理しているイメージデータがある。光ディスクは、イメージデータのように大量データの保存に最適(経済的)な記録媒体と考えられてきたが、データ転送速度が遅く、また、同時にアクセスできるユーザ数が制限されるといった制約がある。最近ではパソコンやWSの急速な普及に合わせデータを記録する媒体も急速に進化し、様々な種類の記憶媒体が普及してきており、中でも磁気ディスクは大容量のものが安価に手に入るようにな

ってきた。これにより光ディスクのもつ技術的な課題をクリアできる磁気ディスクが容易に導入できる環境が整ってきた。

このような技術革新も踏まえて、ハードウェア技術の向上に合わせた最適なシステムを構築する必要がある。

(3) 拡張性・柔軟性に優れたシステムの構築を

ユーザの中には、データベースを利用して集計や作表などの様々な処理を行いたいといった要求がある。また、各事務所で個別にシステムの機能を拡張したいといった思いもある。これらのニーズに対応するためには柔軟性と拡張性を有するシステムを構築する必要がある。例えば、C S S 型のシステムを考えた場合、パソコンに M S - E x c e l を搭載することで、集計や作表に柔軟に対応できるし、M S - E x c e l のマクロや V i s u a l B a s i c 等のプログラムにより簡単に機能拡張できるシステムとすることが可能である。

(4) 取り扱いを手軽に

汎用計算機といわれるシステムは、システムの操作や管理に関して専門的な知識を必要とするため、一般のユーザから見ると必ずしも扱いが容易なシステムとはいえない。これに対し、パソコンや W i n d o w s の普及により、コンピュータが身近な存在となり、また、ユーザのパソコンに関する知識や操作能力（「コンピュータリテラシー」という）も向上し、コンピュータの利用環境が大きく変わってきた。

システムの構築にあたっては、扱いが手軽でかつ高機能なパソコンを端末機器として活用するのが得策と考えられる。

(5) システム管理を楽に

C S S 型システムでは、C S S を構成する個々のパソコンや W S も一つのシステムと考えることができる。しかしながら、バージョンアップ等の個々のソフトウェアの保守作業が発生するので、これらの作業はできるだけ簡単な操作で行えるようにする必要がある。例えば、J A V A に対応させることで端末側でのソフトウェアのインストール作業が不要となり、保守性に優れたシステムを構築することが可能となる。（なお、J A V A は技術的に成熟した機能でないため、適用性の評価にあたっては慎重を期する。）

(6) データベースのより高度な利用を

運用中のシステムの中には、同じ内容の情報を複数のデータベースでそれぞれ管理しているものがある。データベースの維持・管理は非常に負担の多い作業となるので、これら重複するデータ項目はなるべく少なくなるよう調整する必要がある。また、大変難しいがデータベース間の連携によるデータの統合的な管理が可能なシステムを、個々のシステム単位だけでなくグローバルなシステム（例えば、I T S : 高度道路交通システムなど）として運用できるようにする必要がある。

データベースの維持・管理は大変であるがゆえにデータのより高度な利用を推進することが重要である。

(システム課)

近畿地建における一日土研資料

ISSN 0386-5878

第3456号

平成8年10月(1996)

企画部 企画課

要 旨

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

キーワード

液状化
道路法面
河道
遊水池
河川浄化
騒音
ボックスカルバート
コンクリート
舗装
サイホン

水質浄化
道路交通振動
クラック
ダム導水
排水性舗装
シールド工事
植樹帯
脱硝装置
ゆるみ
砂防樹林

アンカー工法
落橋防止
データベース
トンネル
ダム
裸地対策
グラウチング
低層遮音壁
PC桁
軟弱地盤

下水処理水
擁壁
FWD
SHAKE

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 3456 号
(平成 8 年度一日土研) 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名 印

土木研究所資料第 3456 号