図書.

建設省土木研究所
51. 3. 6
図書室

土木研究所
第1071

中国地建における一日土研資料

昭和50年11月27日(木)～28日(金)

建設省土木研究所

総　目　次

Ⅰ　河　川　部　門

1. 河川・海岸の計画管理に関する問題点……1
2. 河川等調査に関する問題点……23
3. ダムに関する問題点……33
4. 砂防・地すべりに関する問題点……45
5. 水質・下水道に関する問題点……52

Ⅱ　道　路　部　門

1. 交通公害に関する問題点……68
2. 舗装に関する問題点……81
3. 土工に関する問題点……96
4. トンネルに関する問題点……108
5. そ　の　他……114

Ⅲ　共　通　部　門

1. コンクリートに関する問題点……118
2. 構造に関する問題点……136
3. 土に関する問題点……160
4. 環境に関する問題点……182
5. そ　の　他……207

1　河　川　部　問

1. 河川・海岸の計画管理に関する問題点……1
1－1　テレメーター雨量観測所の配置計画について……1
1－2　山間部の河道特性について……1
1－3　急流河川における安定河床について……3
1－4　旭川放水路の河道計画について……4
1－5　屈曲河道における左右岸の水位上昇について……6
1－6　流砂について……8
1－7　河川敷の開放に伴う諸施設の治水に与える影響について……10
1－8　堰の低水管理……12
1－9　ダム建設による河川の従前機能の水理的変化について……13
1－10　河口閉塞と継続流量について……15
1－11　海岸事業の離岸堤テトラポットの大きさについて……19
1－12　湖岸堤の水理的機能と環境のバランスある構造について……21

2. 河川等調査に関する問題点……23
2－1　分合流機構に関する大型模型実験について……23
2－2　水理模型実験の活用について……25
2－3　漏水の簡易的な調査方法と工法について……28
2－4　地盤沈下と地下水汲上げの関係究明について……29
2－5　導流堤・離岸堤の堤体沈下と洗掘深の測定方法について……31

3. ダムに関する問題点……33
3－1　岩盤せん断試験結果における純せん断強度と内部摩擦角の関係について……33
3－2　岩盤試験方法の統一について……34
3－3　岩盤における安全率の取り方について……35
3－4　貯水池の水位降下速度と貯水池周辺地すべりについて……36
3－5　貯水池における水質の面から見たコンジット，ゲートの呑口のあり方について……37
3－6　ダムの水質問題について……39

4. 砂防・地すべりに関する問題点……45
4－1　砂防ダムの下流法勾配について……45
4－2　砂防ダムの安定計算について……46

4－3　砂防ダムの水叩厚の決定方法について……48
4－4　河口閉塞防止の導流堤の延長方向の決定方法について……49
4－5　すべり面における間隙水圧の決定について……50

5.　水質・下水道に関する問題点……52
5－1　水質分析データの精度について……52
5－2　三次処理の現況と見通しについて……55
5－3　海域負荷量の推定について……62
5－4　下水道におけるテクノロジーアセスメント手法について……65

1. 河川・海岸の計画管理に関する問題点

1－1　テレメーター雨量観測所の配置計画について

（質　問）

テレメータの配置計画については，マスキンガム法あるいは標準偏差による方法その他気象庁小林氏の研究等それぞれあるが，マスキンガム法，標準偏差による方法は，利根川，木曽川，北上川等のような大流域に属するものには該当するように思えるが，中国地方のように小流域に属するような場合の計画にはどのような方法が適切か，お伺いする。

また，流域平均雨量の相対誤差何％とよくいわれているが，相対誤差は通常何％を取ればよいのか，中国地建ではマスキンガム法，標準偏差による方法のどちらかパーセントの小さい方１０％を目標に計画を進めている。　　（河川管理課）

（回　答）

面積雨量（流域平均雨量）の精度を評価する方法には大別して，①間引き法と②標本論的方法の２種類がある。いわゆるマスキンガム法は，標本論的方法と同一のもので，洪水追跡で有名な「マスキンガム法」とも混同しやすいのであまりこの名称は用いない方がよいと思われる。

質問にあるように，小流域の場合に標本論的方法を適用するには，大河川と異なった配慮が必要である。最も大きな要因は継続時間の問題で，小流域では比較的短かい継続時間を対象としなければならない。対象とする継続時間が短かくなるにつれ，同一の降雨でも降雨の場所的なバラツキ工合（面積的変動係数）は大きくなってくる。

流域平均雨量の相対誤差は何％が良いかは，流域の流出特性，懸案地点河道の水理特性などから決定されるべきものである。

参　考　文　献

橋本　健，佐藤一郎「面積雨量の精度と雨量観測所数」，土技資Ｖａｌ．１６，№１２，昭和４９年

（水文研究室長）

1－2　山間部の河道特性について

（質　問）

現在，太田川では，上流山間部の直轄編入にともない，上流部の河道計画を検討しているが，この山間部の河道は激しい蛇行，多くの狭搾部があり，河道貯留が考えられるが，この効果はどの程度考えられるか。これを，定期的に把握した例（河川の実績，水理実験，不定流計算等の水理計算での追跡）があれば紹介願いたい。

又，河道改修による流出の変化（量，時間）はどの程度か。　　（太田川工事）

（回　答）

太田川ばかりでなく，山間部の直轄編入にともない，その河道計画に苦慮している河川の例は非常に多い。通常このような区間では，高水位以下に家屋や道路があったり，岩質で掘削や拡幅に困

難があったり，あるいは堤防用地が欠如していたりすることが多い。また，河道の激しい蛇行，狭搾部や平担地，およびかすみ堤などが多く，種々雑多な問題が横たわっている。

設問の主旨は，このような河道における河道貯留の問題である。基準地点における計画流量は，河道貯留の効果を見込んだものであることが多いが，これを考慮していないときには，基準点の上流では危険側，反対に下流側では安全側ということになる。そして，これは計画洪水波形に関係する。

河道貯留の概略の効果は，一般に不定流計算により推定することができる。ただし，一次元的に近似しうる河道であることが必要である。また，急勾配で距離が長い（１０～２０Km以上）場合には誤差が大きく，粗度係数も精度が要求される。これは通常の計算法の場合であるが，特種曲線法による場合も長波の伝播速度の影響を精度よく考慮したものでなければならず，実際に計算を実施することはかなり大変なことである。通常の計算法では，計算区間の下流端の影響が，その伝播速度を十分組み入れていないために，瞬間に上流端に現われることが大きな問題なのである。

山間部河道の不定流計算を実施した例としては，筑後川や信濃川などがある。また，渡良瀬川ではかすみ堤の効果などについて検討中である。筑後川の場合には，アナログ計算と数値計算を実施した。筑後川工事事務所において，河川における実績との比較なども行われているものと思われる。

この他にも，河道の不定流計算を実施した河川は多くあるものと思われる。また，実際の洪水資料による検討も行われているであろう。観測体制もかなり整備されてきているので，今後は河川における精度よい観測値に基づく多くの検討が期待される。

河道における不定流特性について，実験的に検討することは望ましいことである。これまでにも，利根川下流部（０～７０Km），および北上川一ノ関遊水池などの実験例がある。実験では河道の粗度係数を調整し，厳密にフルードの相似則を満足させることが最も大切である。北上川遊水池の場合は河道の長さが１０Km余りであるので，計算精度は十分あったが，下流端の条件がH－Qであり，越流等があるので，多くの水理条件に対して現象を知ろうとするときには，経費的にも実験の方がすぐれていることが判明した。利根川の場合には，河道距離が長いので非常に多くの問題があったようであるが，流量ハイドログラフの時間変化が大きくなければ，それなりの精度は得られるようである。

また，河道を改修することにより，貯留の効果は減少するが，第一近似としては不定流計算により推定することが可能である。とくに，河道が長くなく，かつ，ボリュームの連続条件が満足されていれば，一般に大きな誤差とはならないので，それなりの信頼性は存在するものと解釈してよい。

参　考　文　献

1）堀川一雄：霞堤防の遊水効果に対する一計算法　　建設省技術研究会．　S．３９
2）毛利嘉之：内陸河川の計画　　建設省技術研究会．　S．４２

（河川研究室長）

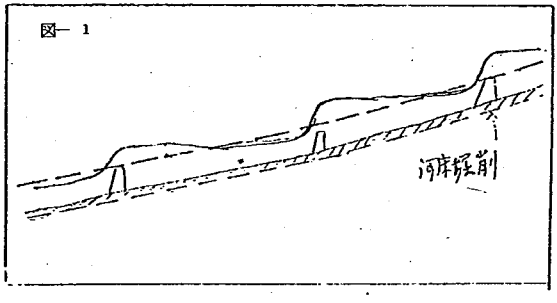
1－3　急流河川における安定河床について

（質　問）

(1)　佐波川は，直轄区間内に１６ケの固定堰があり，流過能力を減少させており，将来はすべて可動堰化し，計画河床まで下げなければならない。この場合，河床は急勾配となり，河道の維持に問題がある。

急勾配河川の河床安定の為の検討事項（留意点）を御教示願いたい。

(2)　堰を改築していく過程での問題（上下粒部への土砂堆積，洗掘）に対して，どのような暫定的河道計画とすればよいか。



（山口工事）

（回　答）

佐波川の山間部１.５Kmの区間には１６の固定堰があり，取水も行われている。勾配は$^{1}/_{300}$～$^{1}/_{1,000}$，川幅は１００～２００mで，蛇行もしているということである。問題の主旨は，疎通能力増大のため，河床を掘削し，固定堰を可動堰に改築する計画であるが，河床安定のための検討項目と施工途中の暫定河道計画について問題である。

(1)　河床安定のための検討事項

河道特性を十分把握したうえで考案をすすめる必要があるが，ここでは一般的事項について述べておく。

a．現状河道の解析

現状河道の縦断勾配の安定性，蛇行に基づく砂州の消長，固定堰上下流の局所洗掘，および災害実績などにより現河道の綜合的な安定性について検討する。また，洪水時の水位縦断曲線および各固定堰のエネルギー負担分などについても計算しておく。

b．上流からの供給土砂量の検討

上流からの土砂量とその粒径は河道安定上，重要な要素であるから，現状量と将来の変化を予測しておく。

c．可動比の数を減らすことの可能性

もし，現在の河床が安定であるとすれば，極端な場合には，１６の固定堰で負担しているエネルギー減殺量を１カ所の落差工にもたせ，現在と同じ水面勾配を有する河道とすれば一応の安定河道となる。どの程度の合口取水が可能か，またそのために生じる副次的影響，たとえば地下水位や排水，橋脚や護岸などの構造物に関する調査を行う。

d．河床掘削部のボーリング調査（粒度分布）

e．粗度係数の推定

f．河床変動計算

落差工を設けることが不可能で，洪水時の水面勾配が急になる場合には，当然河床が低下し，可動堰部では局所洗掘が発生する。また，河床低下部での蛇行は激しくはないが，その下流部においては，逆に，河床が上昇し，砂礫堆が発達して河道が不安定となる。特にわん曲部が存在する場合にはその影響が大きいので留意する必要がある。

このような問題を検討することは，そう容易ではないが，手始めに二次元現象を仮定して，河床変動計算（流量時系列１０年程度）を行ってみることである。このとき，平衡横断形の計算も同時に行っておくとよいであろう。また，河床低下の過程ではアーマーコートが発達するはずであるから，混合流径としての取扱いが必要である。

g．安定河道の推定

最終的には可動堰上下流で局所洗掘が生じ，可動堰間の河床勾配がゆるくなって，現在の水面勾配に近づく方向で安定することになるが，その特性について量的に時間変化を含めて計算により推定しておく。

急激な河床変動の影響は上下流に波及するので，その検討も必要である。

(2) 施工途上の問題

全体の河道計画の樹立後，実際の施工期間は相当の年数を要することになるであろう。一部施工の段階では流れのエネルギーが特定の区間および特定の構造物にかかることとなり，非常に困難な問題の発生が予想される。一般に，固定堰を一つはずすと，その直上流に大部分の負担がかかることとなる。したがって，この限りにおいて最上流端から施工すればよいことになる。しかし，そのために，さらにその上流では急激な河床低下が予想されるし，その河床変動の影響は下流にも波及する。とくに，直下流の固定堰上流には大きな堆積をみることになり，水位も上昇して安定化に向うことになるであろう。このような現象を逐一検討しておく必要がある。

この問題は，現在の固定堰が大きく，かつ大規模の掘削計画であると，非常な難問題である。現地資料および現地事情に基づいた十分な検討が望まれる。　　（河川研究室長）

１－４　旭川放水路の河道計画について

（質　問）

(1) 放水路の低水路法線形，低水路幅，高水敷高の決定にあたって，水理的に特に考慮すべき事は何か〔一般論，河川の特色による分類（流出土砂の多少）等〕。

(2) 模型実験により検討を加える予定であるが，その場合移動床ですべきか，固定床ですべきか。
又，一般的に移動床，固定床の実験はそれぞれどのような場合に行なわれるのか。

（岡山河川）

（回　答）

旭川放水路の河道計画については，S．50年度より大型の模型実験が実施されることになっており，現地河川の特性の調査および水理計算など多角的な綜合検討が予定され，合理的な河道計画の樹立が期待されている。質問内容はこの大型プロジェクトに関連した一般事項である。

(1) 低水路法線形

既設の堤防があり，局所的な一部の引堤は可能であっても，全体的には堤防法線の変更を行わない場合には，低水路の法線形として次の3通りの考え方がある。

a　センターライン方式

b　洪水主流部流線方式

c　その他（高水敷利用，構造物，取水等の他の条件を優先させるもの）

直線水路であっても，水深に対して川幅が大きく，上流からの流送土砂が多い場合には，交互砂州などが発達して水路内で蛇行するようになる。これは堆積傾向の河道では顕著である。これに対して，既設の堤防を有する河道では過去の蛇行により，一般に屈曲河道となっていることが多い。したがって，低水路法線形に対しても，蛇行特性を無視して論じることはできない。

複断面河道では，一般に高水敷は固定床，低水路は移動床と考えていることが多く，全河道容量中に低水路の占める割合はいろいろある。しかし，河道内の砂州発達は，程度の差はあるが，蛇曲状態を示す点で一致している。このような河道における洪水流の主流部は，蛇曲堤防法線の影響で，蛇曲河道における流れと同様のものとなる。センターライン方式では一定の高水敷幅を確保することができるが，高水敷に乗り上げる流れと，低水路に戻る流れにより高水敷の荒廃を招き，河道全体の粗度も大きくなるであろう。これに対して，洪水主流部に低水路を合わせる方式には，洪水流に対して合理性がみられる。しかしながら，洪水の規模により法線形が多少変化すること，低水路が堤防に近づくこと，および砂州発達とその流下現象には，別途十分なる検討が必要である。

図　蛇曲河道の洪水主流部（斜線）
点線は既石の低水路位置

洪水流は，水深とフルード数の増大に伴い，流線の直線化傾向があるが，固いものにぶつかったときのはねかえりも強くなるので留意する必要がある。また，水衝部では護岸の強化を計る必要があるので，水衝部位置が大きく移動しないように砂州発達を予測し，それを制御する対策を考えておかなければならない。

その他の条件により低水路法線を決定する場合には，特に，堤防の安全，高水敷の維持，水衝部位置の固定と局所洗掘，および形状による損失水頭などに配慮が必要である。

(2) 低水路幅と高水敷高

水路により条件が異なるので,一般的記述には困難があるが，計画上配慮すべきことは次のようである。

a．不等流計算による疎通能力の検討

b．河床変動計算および平衡河道計算による安定河道の検討

c．将来の計画規模増大に対する余裕

d．低水路の蛇行と砂州の移動および維持の方法（流出土砂量）

e．高水敷のかん水頻度

f．局所洗掘と低水護岸工費および堤防の安全

g．維持流量

h．取水位と地下水位

i．内水の排水

j．高水敷の利用計画

k．下流からの悪水および塩水等の逆上，滞流

l．橋脚，埋設構造物

m．土工量最少となる複断面形

(3) 旭川放水路の模型実験による検討

水理模型実験による検討項目としては次のようなものがある。

a．堤防付近の流況と堤防の安全（水理上）

b．高水敷上の流速と荒廃の程度

c．低水路の蛇行特性

d．わん曲部の局所洗掘

e．わん曲部の横断水位

f．わん曲部の損失水頭

g．低水路の護岸計画

模型実験はその目的に応じて計画される。固定床の実験は河床変動が微少であることが前提である。しかし，移動床実験では相以上の問題があり，たとえば河道の粗度を完全に一致させることは困難であるから，水位や流速分布の検討は固定床実験により行った方がよい。旭川放水路の場合は，主として移動床（低水路部）模型により，実験を行い，必要に応じて固定床的な実験を加味していく必要があろう。

（河川研究室長）

1－5　屈曲河道における左右岸の水位上昇について

（質　問）

屈曲河道における左右岸の水位上昇について，現在，一般的に使用されている理論式を紹介（適用範囲，考え方のポイント）していただきたい。

（出雲工事）

（回　答）

わん曲部では形状損失による水位上昇のほかに，遠心力に基づく外岸側の水位上昇（常流状態）がある。最近では，河道計画上このような遠心力に基づく水位上昇分を考慮するようになってきたことは好ましいことである。

河道わん曲部で，流路幅に比し水深が十分小さい場合には，流路中心線上の水位がほぼ平均水位を示すことが知られている。また，わん曲部における横断水面勾配 $2H/2r$ は，鉛直線上で平均した平均流速Vを用いて，

$$\frac{2H}{2r} = \frac{V^2}{gr} \qquad (1)$$

と表わされる。ここに，　はわん曲中心からの距離（流線の曲率半径）および g は重力加速度である。この式は近似式であるが，精度はかなりよい。流路中央の水位をHcとすれば，任意のr点の水位Hは

$$H = Hc + \int_{rc}^{r} \frac{V^2}{gr} dr \qquad (2)$$

となる。横断方向の平均流速がわかれば，横断水位は(2)式により求められる。簡単な例として，横断方向に一様な流速分布（V＝const）の場合には，左右岸の水位差△Hは

$$\triangle H = \frac{V^2 B}{g r c} \qquad (3)$$

である。ここに，rcは流速中心と曲率半径，およびBは流路幅である。また，自由渦（Vr＝const）の場合には，

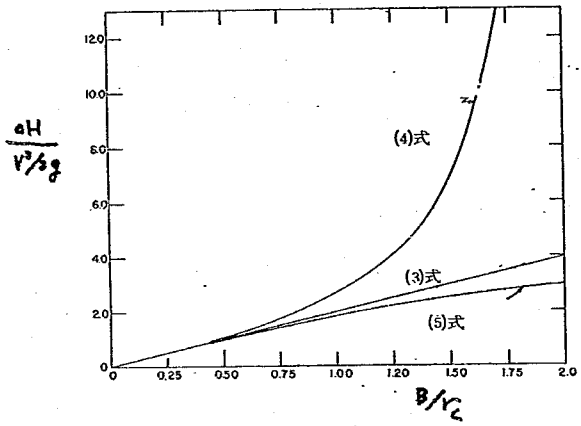
$$\triangle H = \frac{V^2 B}{g r c}\left(\frac{1}{1-\frac{B^2}{4rc^2}}\right) \qquad (4)$$

であり，強制渦（V/r＝const）の場合には，

$$\triangle H = \frac{V^2 B}{g r c}\left(\frac{1}{1+\frac{B^2}{12rc^2}}\right) \qquad (5)$$

である。これらの関係を図示すると次図のようになる。すなわち，自由渦の場合が最も水位差が大きくなり，大きいと思われていた強制渦の場合は意外に水位差はつかないのである。通常のわん曲部では，上流端付近で自由渦，中間で一様流速，わん曲部の十分下流の区域および末端部付近で強制渦に近くなる。河道の水位分布を精度よく推定するためには，模型実験が望ましいが，模型実験によらない場合には，流速分布についての予測に基づいて水位の計算をしなければならない。多くの河川において，わん曲流入部を除いて，(3)式による計算値が比較的合うようである。ただし，わん曲の度合が複雑な場合とか，場所的に大きな渦が発生し，乱れているような場合には，別途十分な検討が必要である。また，時流状態では，しょうげき波の影響も大きく，内岸側の方が水位が高

くなる場合もあるので留意すべきである　　（河川研究室長）



1－6　流砂について

（質　問）

(1) 斐伊川において，掃流砂量を実測しているが，土研式のものでは流速が $2\,m/s$ 程度が限度であり，1,000㎥/s 以上の洪水に対して計測することができない。大洪水時（1,000㎥/s以上）の観測方法があれば紹介していただきたい。

(2) 今までの資料では800㎥/s 程度の出水までデーターがとれているが，流砂公式を作るためには，どの程度の洪水まで必要か。又，現段階での資料で検討した場合，精度的にどうか。

(3) 一般河川における，掃流砂と浮流砂の割合について，流量規模，河床材料流出土砂量の多少等による比較をお願いしたい。

（出雲工事）

（回　答）

流砂は掃流砂（滑動，転動，サルテーション），浮遊砂およびウォッシロードと分けられており，線型現象としての取り扱いがなされている。しかし，それぞれの流砂型式の定義は明確でなく，非線型性も存在するものと思われる。流砂現象は上流からのインプット（流砂量と粒径），河床状態（底質の粒度分布，アーマーコート，サンドウェーブ）および水理量との関係で把握されるべきものと思われる。そして，本来，総流砂量と粒径との関連において総合的に解明されたうえで，河床変動，ダム堆砂，砂防ダム堆砂，白濁，あるいは河口堆砂など，目的に応じて，粒径と流砂型式との関連において検討されなければならないのであろう。

(1) 大洪水時における掃流砂量の観測方法

土研式の掃流砂観測器は，ウィンチなど機械力を用いても流速が2 m/s 程度が限度といわれている。ほかに長い区間の河道変動量から推定するもの，河床に掘り込んだマスを用いるもの，砂防ダムのクレストから越流する流砂を導水路によりとり出すもの，ダム堆砂量から推定するもの，あるいは床田などを利用して光電管，電磁波および超音波などにより測定するものなど考案され，一部実施されたものもあるが，中途半端なものでは容易に観測できないことが判明している。このうち，マスは大規模に本格的な観測体制をしけば，かなり可能性はある見通しであるが，相当の費用を必要とするであろう。単純な原理で，容易に観測でき，かつ高精度が期待できる適当な観測方法がないのが現状である。

(2) 流砂公式の作成

斐伊川では800 m^3/s 程度までの洪水に対する資料があり，流砂量の実用公式が検討されている。大洪水に対する実測値があれば最良であるが，河床変動に対しては，1～3年確率程度の洪水の影響が大きいことを考えると，この程度の規模の洪水時の資料が望まれる。しかし，大洪水時の観測は容易でないから，洪水前後の河床変動状況を長い区間にわたって検討するなどして，実用公式の信頼度を高めることは可能であろう。

(3) 掃流砂と浮流砂の測定

川によって，すなわち，河床材料・粒度構成，河床状況（砂州，アーマーコート，勾配等），水理量および上流からの供給土砂量とその粒度分布などによって相当異る。一般には浮遊砂がかなり多い。ロールセン公式によれば，U_x/W_0 が2より大きくなると急激に浮遊砂が増大することが示されているが，これは河川の実測によりさらに検討する必要があろう。

参 考

Laursen（ロールセン）の式

$$\frac{\overline{C}}{\left(\frac{d}{h}\right)^{7/6}\left(\frac{\tau_0'}{\tau_c}-1\right)}=f\left(\frac{u_*}{w_0}\right),\quad \frac{\tau_0'}{\rho}=\frac{v^2}{(7.66)^2}\left(\frac{d}{h}\right)^{1/3},\quad \tau_c/\rho=\psi_c\cdot(\sigma/\rho-1)gd \qquad (5.51)$$

ここに $\overline{C}$：重量で表わした平均濃度（%）すなわち，$\overline{C}=265q\tau/q$，$f\left(\frac{u_*}{w_0}\right)$：図に示すような U_*/W_0 の関数，τ_0'：有効掃流力，τ_c：限界掃流力，Ψ_c：限界掃流力の無次元表示

$\Psi_c = 0.03 \sim 0.05$ ）である。

k や浮流限界濃度 Ca* などを量的にきめにくい現状では，実験結果に物理的な考慮を入れた実験式が有用であろうとする立場からLaursen は水路実験資料を整理して，前の関係式を導いた。前式を書きかえると

$$q_T/u_*'d = \frac{7.66}{265\,\psi_c}\left(\frac{\tau_0'}{(\sigma/\rho-1)gd}-\psi_c\right)\cdot f\left(\frac{u_*}{w_0}\right)$$

となり，図中の点線がほぼ掃流砂量を表わし，点線と実験曲線との縦距離が浮流砂量を示している。

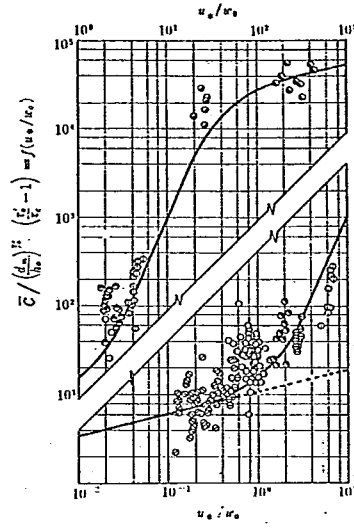


図　Laursenの図表f（U*/Wo）

（河川研究室長）

1－7　河川敷の開放に伴う諸施設の治水に与える影響について

（質　問）

河川のオープンスペースを広く一般に開放するため従来河川において許可していなかった施設等の完備が要求されるようになった。これらの諸施設は治水上どの様に影響するのか，下記の事項につき具体的に教示いただきたい。

1）高水敷および堤防における植樹（高さ，位置，樹種等）

2）高水敷上の自転車道〔Ａｓ舗装〕（位置，路側の処理等）

3）砂場，池　（深さ，構造，位置等）

4）低水路における雑立木等の効果　（伐開すべきか）

5）低水護岸構造（階段式護岸，捨木や玉石による護岸）

6）もぐり橋および簡易なリクレーション施設

（河川管理課）

（回　答）

まず質問全体に対してのお答えは，

1. 昨近の都市化に伴うオープンスペースの需要増や，本来河川がもっている環境機能増進の面か

ら，堤防を含めた高水敷の整備，利用が実施されているが，あくまでも治水機能を阻害しない範囲で実施されなければならない。その基本になるものは河川管理施設等であると考えられる。

2　とはいっても，本問の内容は非常にむずかしいものであり，実施しようとしている施設が構造令にしたがったものかどうかの判断はなかなかつけがたい。個々の河川の状態に応じてその判断は変化するものと思われる。その意味でも，また本質的にも以下の解答は，とても満足のいくものでないことを始めにおことわりしておく必要がある。

3　私見になるが，本来の河川環境機能と高水敷を利用した河川公園としては，一方は自然，水辺との触れあいを基調し，一方はオープンスペースを第一義とする点に於いても，大きく差異があり，性急な河川公園化はさけたい。十分な治水上の検討，オープンスペース需要の把握を行って，実施していただきたい。

- 高水敷および堤防における植樹については，専用許可準則および河川改修事業関係例規準の「河川等の植樹について（案）」に詳しいので，これを参照されたい。なお堤防については，堤防定規断面内での植樹を禁じているが，これは管理不十分より来る樹木の枯死，それからの漏水，および風による倒木を懸念したもので，根が張って逆に強固になるといった利点をおさえている。この種の実例の有無については，情報を逆に輸入したい。

  なお環境上は是非木陰が欲しいものであり，可能な場合では側帯等の有効利用が望まれる。

- 高水敷上の自転車道〔Ａｓ舗装〕については，現在河川局と道路局の間で，調整を行い，近く公表される予定であるので概要に触れれば，原則として堤防上とし，やむをえずして高水敷に設ける場合は，堤防際は護岸がある場合，専用許可準則に則っとること，低水護岸近くは，護岸がある場合護岸天々高より５ｍ以上，護岸がない場合１０ｍ以上はなして作ること，また堤防に護岸がない場合は補装してはいけないことなどが規定されている。この他路側には芝を張る等のことも規定されている。

- 砂場，池については，高水敷土質にもよるが，現在施行されている程度のものについては，例えば４９年９月１日の多摩川および荒川の洪水の際にも局所的な洗掘は受けこそすれ，河川管理施設に対する支障はなかったようである。

- 低水路における雑立木等については，それこそ判断にお任せするしかないが，たいがいは支障にはなるまい。

- 低水護岸構造，階段式護岸については，いまのところ実例では水衝部をさけて作られているようであるが，あまり問題はないようである。コスト高ではあるが，夏の水浴場，花火のかんらん席などとして好評であり，活用がはかられてよいであろう。ただし，護岸には変りはないがある種のエコシステム破壊は避けがたく，やみくもな利用はさけたい（実例，長良川，淀川，愛媛県石手川）。

- もぐり橋については，本来有堤部についてはあまり好ましいものではないが，相応の渓流河川については，相応の検討を行って実施することは，はばかるまい。

（都市河川研究室長）

1－8　堰の低水管理

（質　問）

河口より17Km地点，河床勾配 1／2,000 程度の地点に20 m程度の堰を設置したとき，

1）径間長20 m程度のローラーゲートにより，ゲート開度約5 cm～20 cmの低開度，Head 差（$H_1 - H_2$）が35 m程度の状態において，放流を行なう場合，その時に起こる影響について

i）ゲートに生ずる振動は如何か

ii）振動が生ずるとすれば，堰柱及び付属設備に与える影響は如何か

iii）ゲート（ℓ＝20 m程度）の撓みは如何か

iv）そのゲート撓みがあるとすればその放流量の誤差は如何か

v）またゲートをある開度（たとえば5 cm）にセットしたいとき，そのゲート開度を正確にチェックする方法はいかなる方法がよいか　（岡山河川）

（回　答）

長径間ゲートの微小開度放流は，それによって生ずる現象ならびにその影響の予測が困難なため，これを避けるように計画することが原則である。これは，質問(1)および(2)に示される微小開度放流にともなう振動現象の推定およびその影響の予測が困難であり，この効果をゲートの設計において考慮できないことおよび実用上このような微小開度を正確に設定し所定の精度で流量調節を行なうことが困難なことによる。

したがって，質問の堰が現在計画中である場合には，ゲート規模について再検討すべきであって，ゲート半開放流が必要な場合にはゲート径間長を越流形式の放流が許容される場合にはゲート構造を再検討すべきである。また堰が既設構造物である場合には，放流試験を行なって機能を調査することが最良の手段であり，それによって流量調節限界あるいは構造の改良方法を知ることができる。

長径間ゲートを微小開度で放流する場合には，ゲートにあらゆる方向（前後，上下および回転方向）の振動が生ずる恐れがあり，どの方向の振動が卓越するかはゲートの構造，支持形式あるいはゲート下端からの流れの状態等に支配されるため，一般的な表示は困難であり，その把握は実物の放流試験によらざるを得ない。また，振動が生じた場合の堰柱および付属設備に及ぼす影響についても同様である。とくに，長径間ゲートでは流れの状態が横断方向に一様でなく，ゲートの動特性にはこの効果が顕著に現われるものと予想されるため，小径間の同種のゲートとは異なる性状を示すことに注意しなければならない。

ゲートのたわみは，水門鉄管技術基準第2章第21条の規定により径間の 1／800 以下にすることが原則であり，長径間ゲートにおいては水密，構造安定，振動等に対して適切な考慮が払われている場合にはその最大限度を 1／600 に引上げてもよいことが示されている。

したがって，径間長20 mの場合の最大たわみは3 cm強となることが予想される。しかし，このたわみはゲートに生ずる最大たわみであって，放流量の設定誤差に直接影響を及ぼす上下方向のたわみ量ではない。ゲート上下方向のたわみについては，実際の荷重状態を想定して算定することが必要であるが，ここでは放流量の設定誤差の概算値を求めるための試みとして，上下方向にこの最大たわみが生ずるものと仮定すれば，径間平均のたわみ量は2 cm程度となるから，ゲート開き5 cm

のときの放流量の誤差は約４０％，２０cmのときの誤差は約１０％となることが推定される。しかし，これらの数値はあくまで概算値であって，ゲートの構造形式あるいは形状によって大幅に減少する性質のものである。

ゲートを微小開度に設定する場合のゲート開度のチェック方法については機械的に行なうことが可能であり，適切な検出機械を設置すれば所定の精度で読み取ることはできるが，ゲート本体を所定の微小開度に正確に設定することは容易ではない。これを行なうためには，ゲートの巻上げ速度を通常の場合より大幅に減速することが必要であるとともに開閉装置の設計に入念な配慮が必要である。

なお，ここではゲート形式をシェル構造の長径間ゲートと想定したが，ゲート形式あるいは規模（高さ）によってはこれらと異なる場合があることを付け加えておく。

（篠崎試験所長）

１－９　ダム建設による河川の従前機能の水理的変化について

（質　問）

一般にダム建設を行うことにより，河道貯留効果の減少，洪水伝播速度の増大があげられており，河川の従前の機能維持をはかるためにその対応措置を操作規程で定めることとなっているが，これらの現象は水理的にはどのように証明されるべきか，

またダム下流部はダムの設置により，流速，洪水量，水位，到達時間等がいづれもダム設置前に比較し増大されると云われているが，ダム設置とこれらの流況変化に因果関係があるとすれば，水理的にどのように関係するのか，従前の機能維持のためにはどのように対処すればよいのか，具体的に指導願いたい。

（河川管理課）

（回　答）

発電，工業用水，上水等の利水を目的とする利水専用貯水池で，ダムが洪水吐ゲートを有する場合には，洪水時に河川の従前機能の維持のための操作が要求される。

これは，利水専用の貯水池が洪水時に単に利水の目的を満たすための満水状態を維持する操作を行えば，洪水の伝播を早めたり下流の洪水規模を増大させる恐れがあり，河川管理上好ましくないからである。したがって，この種の貯水池に対しては，ダムの設置あるいは操作にともなう人工的な災害（ダム災害）の発生を防止するために，洪水時には少なくとも河川の従前の機能を維持するような貯水池操作を行なうことが義務づけられる。なお，このような操作は実際にはダム洪水吐に設置されたゲートの開閉によって行なうこととなるので，ゲートを設置しない貯水池にはこの規制は適用されない。

河川の従前の機能としては，河道貯留の効果と洪水伝播速度とが問題となり，わが国の一般のダムサイトのように河床勾配が $^{1}/_{1,000}$ 程度より急なところではこれらの効果は近似的に次のように求められる。

$$\frac{\alpha Q}{\alpha t} + u\left(\frac{5}{3} - \frac{2}{3}\cdot\frac{A}{PT}\cdot\frac{\alpha P}{\alpha y}\right)\frac{\alpha Q}{\alpha x} = 0 \qquad (1)$$

ここに，tおよびxは時間，空間座標　uはその断面内の平均流速であって，nをマニングの粗度係数，iを河床勾配，Rを径深として次式で与えられる値とする。

$$u = \frac{1}{n} R^{2/3} \; i^{1/2} \qquad (2)$$

また，Qは流量，Aは流積，Pは潤辺の長さ，Tは水面幅，hは水深である。

この(1)式より洪水の伝播速度ωは

$$\omega = \frac{dx}{dt} = u\left(\frac{5}{3} - \frac{2A}{3PT}\cdot\frac{\alpha P}{\alpha h}\right) \qquad (3)$$

と求められ，x－t平面上においてこの線に沿う洪水流量の低減はない（dQ＝0）ことがわかる。

これらは摩擦勾配の効果が支配的な河床勾配の急なところの洪水伝播の近似解であるが，わが国のダムサイトは一般に，この仮定を満たしかつ幅の変化も緩るやかであるのでこれらの結果が十分適用できる。

ダムの設置によって河道が貯水池に変化すると，河道の洪水伝播特性に支配的な影響を及ぼした摩擦勾配の効果が小さくなり，洪水の伝播速度も著しく大きくなる。この場合の伝播速度は解析的には有限な値として算定できるが，実用的には瞬時に伝播するものと考えてよく，貯水池上流端における流量をQin，下流端の流量をQout，水位をH，水位Hにおける貯水池湛水面積をArとして次式が成立する。

$$Qin - Qout = Ar\frac{dH}{dt} \qquad (4)$$

ここで，dH/dt＝0すなわち定水位制御を行なえば，Qin＝Qoutとなり，ダム下流には貯水池区間（湛水区間）の洪水伝播に要した時間だけ短縮されて洪水が伝播する。したがって，河川の従前機能を維持するためには，洪水吐は湛水区間が河道であったときに洪水伝播に要した時間だけ放流を遅らせる操作が必要になる。

この場合，河道では前述のように洪水伝播にともなって洪水流量の低減はないものと仮定できることから，実際の操作は　$Qout(t)=Qin(t-t_0)\ (t_0>0)$　（ここに　Q(t)は時刻tの流量Qを表わす）となる。このt_0は貯水池が河道であったときに洪水伝播に要した時間であって，湛水長をLとして次式で求められる値である。

$$t_0 - \int_0^L \frac{dx}{\omega} = \int_0^L \left\{ u\left(\frac{5}{3} - \frac{2}{3}\cdot\frac{A}{PT}\cdot\frac{\alpha P}{\alpha h}\right)\right\}^{-1} dx \qquad (5)$$

また，このような時間遅れt_0の操作を行なうためには，

$$Qin(t) - Qout(t) = Qin(t) - Qin(t-t_0) = Ar\frac{dH}{dt} \qquad (6)$$

となり

増水期　$dQin/dt > 0$　では　$dH/dt > 0$

減水期　$dQin/dt < 0$　では　$dH/dt < 0$

となるため，利水専用貯水池といえども河川の従前機能の維持のためには洪水調節容量が必要になる。

なお，(5)式により求められる to は一定値ではなく貯水池水位および洪水流量の関数となるが，予め計画対象とする水位および流量を定めこの状態に対して満足するように決定しておけば通常の場合は満足できるものと考えられる。

ダムの設置にともなってこのようなゲート操作を行なう場合には，ゲートの操作間隔あるいは流量調節（増減の操作）の程度が問題となる。この問題は，利水，治水を問わずすべての貯水池に共通する問題であって，自然河道では洪水流量の増減は連続的かつ滑らかに推移するのに対して，人為的なゲート半開放流では不連続かつ段階的に実施せざるを得ないことによる。このために，ダム直下流のある限られた区間では，洪水流が段波状に伝播することになり，洪水がある水位から次の水位に急激に変化する結果となる。

このような段階的な流量の増減はゲートの操作上やむをえないものであるから，実際の操作ではできるかぎり，この差を少なくするように放流することが必要であり，標準操作規程にも，この許容限界に関する規程がある。

なお，この場合，段波状になって伝播するとしても，この伝播速度は(3)式に示される値と同程度であり，摩擦の影響により急速に低減する性質のものである。また，河道の流れ自体も摩擦勾配の支配的な流れであるから，ダム設置前と比較して，流速，水位あるいは到達時間等が増大あるいは短縮される性質のものではない。　（篠崎試験所長）

1－10　河口閉塞と継続流量について

（質　問）

河川維持流量の決定要因の一つに河口閉塞があるが，この「流量と河口幅」の関係についてお願いしたい。　（鳥　取）

（回　答）

設問の主旨は維持流量の問題ではなく，河口閉塞に関連して，流量と河口幅の関係を論ずることにある。

平常時の河口砂州変動を支配する主要な要素は，波浪（波高，周期，波向），海底勾配と河口付近の地形，底質の粒径，漂砂量とその方向，潮位変動，平水時の流量，入退潮流，洪水の頻度とフラッシュの程度，河口付近の河川流の蛇行，塩水の遡上状況，河口からの流出土砂量（洪水時および平水時），飛砂および人工要素（構造物・維持しゅんせつ，砂利採取）など，非常に多く存在する。これらの要素の間には従属関係にあるものもあるが，時間的に独立に作用するものもあり，砂州消長の現象を複雑にする。しかも，これらの作用によって引き起される現象は非線型であり，一般に，二変数あるいは三変数相関はよくない。ただし，場合によっては単純な関係が実測資料によ

り明らかにされている河川もあるが，それぞれ，それなりの理由が存在するわけで，同様の手法をただちに，他の河川に適用できるというものではないことに留意する必要がある。

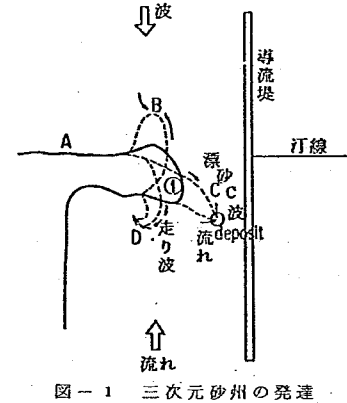
以下，処理工により積極的に河口の維持を計っていない場合について，砂州の変動特性の一般的事項について考えてみることにする。

(1) 河口砂州の発達

洪水により，河口砂州がフラッシュされた後の状態から考察する。洪水によりフラッシュされた砂は，短かい出水期間中に遠く沖合い迄運搬されることは少い。一般に，掃流砂は舌状に前進し，ステップが形成される。浮遊砂は密度流効果により，広い範囲にわたって掃流砂の場合よりは沖に沈積する。ウオッシロードは河口流出流にのって，さらに遠方迄輸送される。これらは，河口付近の蛇行流，砂州の侵食の度合，沿岸流および波などの影響を受ける。

河口砂州の発達は洪水終了直後から始まる。それには大別して二つの形態がある。二次元的なものと三次元的な砂州発生の仕方である。初期の段階では，洪水後の河口前面の浅瀬が，波によって，再び河口に押し戻される現象が卓越する。これは波の条件に関係し，時間スケールの短かいことが特徴である。砂の移動は主に河線に直角方向で，二次元的な砂州発達に近似される。

二次元的砂州発達が落着くと，三次元的な発達が顕著となる。これは河口水深がある程度深い場合に現われる。砂州発達の仕方は，砂州を回る漂砂が砂州を延長し，流れと砂州を回る波の力が釣合う所（流速が遅くなる所）に砂を堆積させることにより砂州が伸びるというものである。図－1に示すように，波が強いと州は河口内に入り込み，流れが強いと海側に延びる。特に波が強いときには，砂州の1点を削り取り，河川側の奥まで入る回析波によって砂州はD型のような鎌型になり，開口部を広げることもある。流れが強いときには波は河口内に入れず，州を削った土砂はB型のように堆積する。波と流れがうまく釣合うとC型のように州が延びる。



図－1　三次元砂州の発達

この場合，海水と淡水の密度差による塩水くさびの影響は大きい。特に海水がくさび状に河道内に侵入している場合には，河口では表面流速が速くなっていることに注意を要する。三次元砂州の場合，河口幅が小さくなる時河口水深が変化しない。図2に最上川の例を示す。この場合，最深部の土砂はほとんど動かず，走り波による側面からの補給砂だけで河口幅を減少していく。特に裏日本の大河川は毎年決まって来る融雪出水によって春先に断面が大きくなり，秋期，冬期の季節風による波高増大によって河口幅が小さくなるため，この傾向が顕著である。このような河川は最上川，江の川，米代川，荒川，阿賀野川等で見られ，大平洋側でも旧北上川，川内川などで見られる。このような状態の河口変化を持つためには，河口水深4 m以上が

必要なようで，上述の河川はすべて水深 4 m 以上となっている。

二次元的砂州の場合は，平衡海浜に近づく方向で変化する。この場合は波によって砂が打上げられ，波の打ち上げ高さまで砂州高が高くなる。砂州先端部では砂州を乗り越える波により土砂が流れによって先端部に堆積する。対岸で流れによって侵食されるような場合には，河口位置の急激な変動が生じることがある。

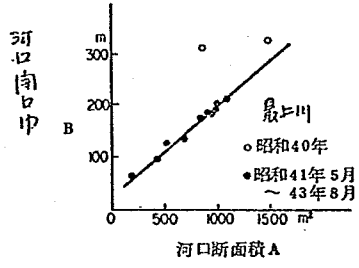


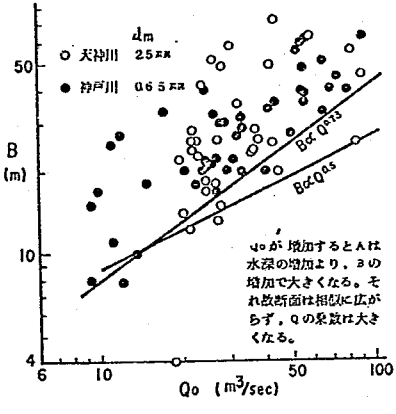
図 2 — 河口開口幅

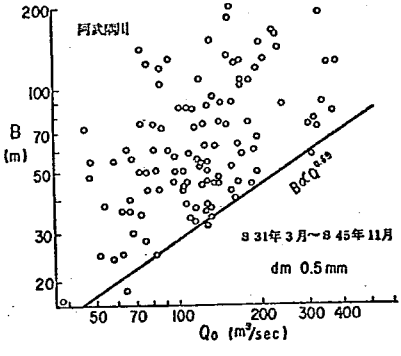
二次元砂州か三次元砂州かの判断は，現地踏査，川幅，河積関係図，河口砂州変遷図により行なうことができる。

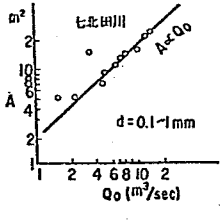
(2) 開口幅と最狭部断面積平衡状態を取扱う必要があるが，その定義がむずかしい。

開口幅・最狭部断面積を調べる場合，まず始めに対象河口の波および河川流に対する応答の時間スケールを調査する。二次元的砂州ができる場合にはその応答は早いが，三次元的砂州の場合は遅い。つまり二次元的砂州の方が，波と流量に応じた平衡状態に移行しやすい。

図－3，図－4および図－5は，河川個有流量 Q_0 と開口幅Bおよび道水断面積Aとの関係を示す。







図中の下限線は，波が大きくても流量によって維持しうる河積を示し，両対数紙上では直線となることが多い。この図を作成する場合，洪水時の資料は入れないようにする。

山本によれば

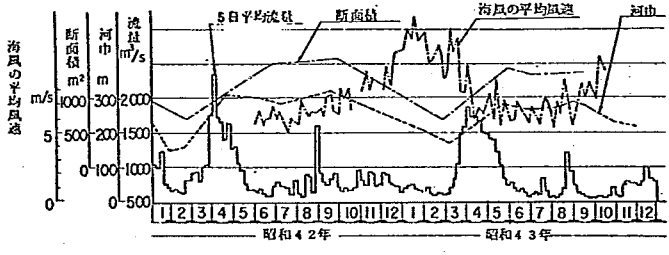
$$B \propto Q_0^{0.6\sim0.7}$$

$$A \propto Q_0^{1.0\sim1.2}$$

になることが多い。

流量による断面積の増大は，水深より川幅の寄与率が大きい。それゆえ，断面は相似に拡がらず，流量の乗数は大きくなる。

なお波や河川流による動的な河口状態を知るためには単に，川幅，流量，波，風等の資料を単相関的に図化しても，対象河川の実体を把握することはできないことが多い。それには，各資料を時系列的に並べ，これを同一図面に描くことによって，河口変動が何によって支配されるかを知り，河口変動の速さをかなり明確にすることができる。



図－6　最上川の砂州変動

(3) 河口閉塞限界

河口が閉塞すると砂州上流水位は砂州頂水位まで上昇することがあり航行不能ばかりでなく，内水排除が困難になることがある。また悪水が河口付近にたまったり，魚が河口から遡上できなくなったりする。

対象河川の閉塞限界は，流量と河幅関係図によって知ることができる。

北海道開発局で調べた結果によると，閉塞限界として次のようなことが言われている。

1) 年に1回程度以上完全閉塞をみる河川は，渇水流量がおよそ10 m^3／sec 以下の河川である。

2) 河床材料の平均粒径が数㎜の河川を中心に完全閉塞を生じやすい傾向があり，粒径がそれより小さくても大きくても完全閉塞を生じにくくなっている。

3) 計画波高と河床材料平均粒径の比で5,000 程度に，完全閉塞をみる河川の上限がみられる。

4）瀬戸内海や湾等で波浪の小さい海岸に開口する河川には完全閉塞はみられない。

（河川研究室長）

1－11　海岸事業の離岸堤テトラポッドの大きさについて

（質　問）

皆生海岸では，離岸堤を汀線から約１００～１５０mの位置に設置し，効果をあげている。この離岸堤の位置は水深４.０～４.５mで，理論的には砕波後の波は０.７８Hから，設計波高H＝３.５mとし，ハドソン公式よりブロック重量を求めた。W＝１０.５ tの計算結果となるが，安全性を見て現地では１６ tのテトラポットを使用している。

しかし，昭和４９年９月に，離岸堤の崩壊状況を調査したところ，離岸堤１基９１０個使用のうち約２００個が，また飛散の最大距離２５mがあり，かなり散乱している状況である。

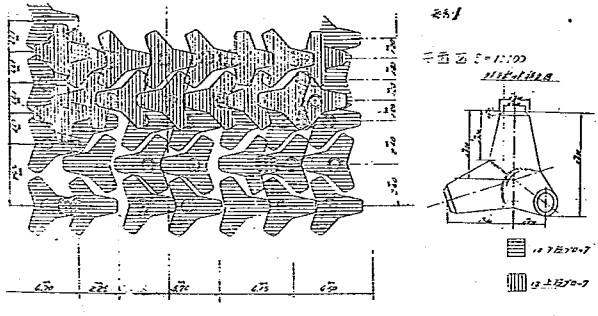
以上のことからブロックの大きさ，離岸堤の断面構造など今後の維持管理面にも問題が残されている。

妥当なブロックの大きさはいくらか教示願いたい。

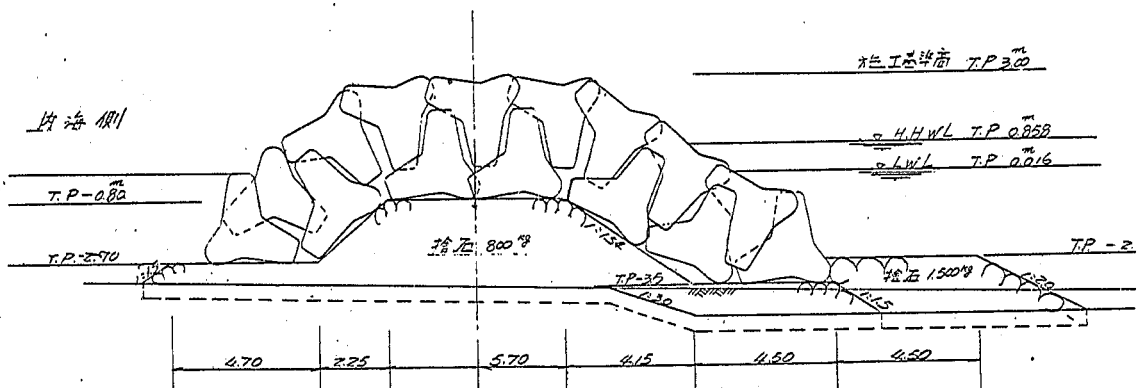
（注）　Ｓ４５年１月３１日の台湾坊主による

観測地点（汀線から７００m沖）　波高＝６.０m

沖浪　　波高＝４.５m



標準横断図


竣工基準面 T.P 3.00m
H.H.W.L T.P 0.858m
L.W.L T.P 0.016m
T.P -0.80m
T.P.-2.70
T.P -2.
捨石 800kg
捨石 1500kg
T.P-3.5
4.70
2.25
5.70
4.15
4.50
4.50

（回　答）

波の作用に抵抗するブロックの安定重量については一般にハドソン公式が用いられているが，この公式は一定勾配の斜面上におけるブロックの安定重量を求める場合に使用すべきである。すなわち比較的急斜面にブロックが積まれ，各ブロックは上下左右のブロックとかみ合い，しかも上部からのブロック重量によっておさえつけられた状態にあり，したがって下部が移動しないことが必要である。一方離岸堤のブロックを考えてみると，法面に存在するブロックはこの条件を満足しているが，法肩や法尻のブロックについては上部又は下部にブロックが存在せず不安定な状況にある。これまでは適当な公式がないためにハドソン公式を準用してきたが，法肩や法尻部のブロックでは経験的に重量を割り増す必要があろう。十分な資料がなければ模型実験などによる検討を行えばよいであろう。この他に公式の適用に際しては，離岸堤の前面の水深が浅い場合入射波は沖で砕波するために，前面で存在できる波の波高が安定計算の波高として採用される。この波高は前面水深や海底勾配によって決まるが，大きな波の来襲する場合には洗堀によって前面が深くなり，入射波高も大きくなる。したがって設計では一応洗掘量も予想して，波高の設定を行なわなければならない。

（海岸研究室長）

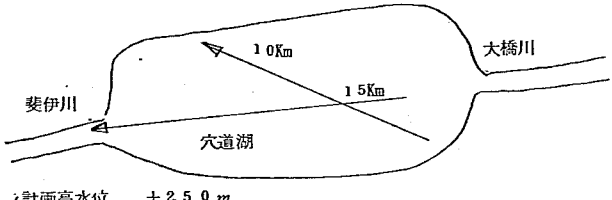
1－12　湖岸堤の水理的機能と環境とのバランスある構造について

（質　問）

穴道湖においては，下記のような湖岸堤の計画をしているが，環境とバランスを考えた上で，波浪の減衰効果を期待できる構造はどんなものがあるか。表法勾配を緩くすることはどの程度の効果があるか。

又，穴道湖のように水深の浅い湖での，波浪の考え方について御教示願いたい。

（計画概要）



計画高水位　＋２５０ m

計画築堤高　＋３５０ m

浅海域の有義波高をMolitor 法で求めると

風速 25 m/s の場合　$H^{1/3}$ ＝ 1.52 m　（F＝15Km）

穴道湖の水深　最大　約６ m

平均　4.5 m

（出　雲）

（回　答）

湖岸堤によって湖水の堤内への侵入を波による越波を防止する場合に，その構造としてはいろいろなものが考えられる。波浪の減殺効果を中心に考えれば直立堤防で波を反射させるものと，緩傾斜または小段を設けた堤防で波を砕けさせるものがある。堤防にうちあげる波の高さは堤防ののり勾配が直立から5分，1割と緩くなるにしたがって増加し2割で最大となり，それより緩くなると減少する。3～4割より緩くなれば直立堤よりうちあげ高は低くなる。小段を設ける場合にはその高さおよび長さが問題となるが適当な寸法を選べば効果は十分ある。高さとしては水面より高いものが，また長さとしては堤防前面での波長の1／4 程度あればよいであろう。堤防付近の空間はいろいろな形態で利用されており，それらの利用を阻害しない構造が望ましいが，一般には直立堤の大きなものは景観も悪く，種々の利用に不便である。したがって具体的に現地の状況を十分調査し，環境に合う緩斜面形式のものを数種類考えて，それらについて必要とする高さを次のような方法で求め，各案の比較を行なうのがよいであろう。

まず入射波については実測値があまりないと考えられるので風によって波浪推算を行なう。これは近くの風の観測資料をもとに風速を決め，その風によって発生する波を水理公式集（46年改訂版）の図－1.5（486p）によって波高と周期を求める。堤防への波のうちあげ高については海底勾配，堤防の前面水深，堤防のり勾配と入射波の波高，周期から求める。堤防前面水深が浅い場合にはうちあげ高は堤脚水深によってほぼ決まり，水深を浅くするほどうちあげ高は低くなる。ブロックなどでうちあげ高を低くすることも可能であるが，ここでは波もあまり大きくならないし，また景観もよくないために用いない方がよいであろう。

（海岸研究室長）

2. 河川等調査に関する問題点

2－1　分合流機構に関する大型模型実験について

（質　問）

斐伊川では，中流部より2級河川神戸川へ2,000m^3/s 放流する放水路計画があり，分流点の処理については模型実験により検討を加えようとしているが，実験開始までに，どのようなデーター（量，質）を整備すべきか御教示願いたい。　（出　雲）

（回　答）

斐伊川から神戸川への放水路計画があり，分合流点の水理機能に関する大型模型実験の準備がすすめられている。一般に，分流点では水の流れや土砂の運動は複雑な三次的な現象を呈するので，重要な問題については模型実験による検討が望まれる。分流点における水理上の問題で注目すべきことは次のようであろう。

a．流況のパターン（流線，らせん流，流速分布）

b．水位の縦横断分布

c．横越流のパターンと横越流計算法の検討

d．水理上の分流点の位置と検討

e．砂州変化と河床変動，それに基づく流況変化

f．粒径毎の流砂配分（掃流砂，浮遊流砂）

g．越流係数

h．減勢機能

i．沈砂池と放水路流頭部の水理機能（形状と流況）

j．流木の流況とその対策

k．スクリーン

模型実験により，以上のような現象を調査したうえで，分流点位置，分流堰の細部（高さ，長さ，幅，勾配，固定堰と可動堰）放水路流頭部，および護岸構造などの詳細な検討を行うわけである。模型実験の結果，得られた水位縦断や流砂配分の資料は，不等流計算や河床変動計算に反映されて，全体の予測精度の向上に資するはずである。また，局所的な流況や砂州の消長は，計画を立案するうえに，合理的なアイディアを引き出す源ともなりうるわけで，模型実験の別の効用についても期待を寄せることができるであろう。

以上は，分流点の問題について述べたが，合流点についても同様に多くの期待しうる問題が存在する。分流点の下流では，これまでとは異質の河道となるが，神戸川と放水路の合流点では，それ以上に，全く異質の河川が合流することになり，このことは特に留意されなければならないであろう。

模型実験はこのような複雑な三次元問題を考察するときには非常に効果的な検討手段となりうるものであり，これまでも数多くの実積が存在することは周知のとおりである。しかし，相似律やその他の実験技術上の問題が全て解決されているわけではないので，精度のよい結果をうるためには，

現地の実測資料が不可欠である。質問の主旨は，特にこの点についてのものである。

模型実験を行うにあたって，必要な現地資料は次のようである。

a．流域概要と河川のシステム

b．河道の平面図（大縮尺 $^{1}/_{2,500}$ と小縮尺）

c．河道の縦横断図（１００m間隔）

d．河床変動変遷図（最深河床および平均河床の経年変化）

e．平均低水位経年変化

f．砂礫堆およびよお筋の経年変化

g．古地図および航空写真を蒐集

h．河床材料調査（よお筋部，砂州部

i．流砂量（浮遊流砂および掃流砂量とそれぞれの粒径）の実測値および計算値

j．構造物（形状，材料，および根入深さなど）

k．局所洗掘の詳細な形状とその変動

l．河道の粗度係数

m．計画流量とそのハイドログラフ，および異常洪水流量

n．１年．２年．５年および１０年流量，融雪洪水流量

o．流量マスカーブ（１０年～３０年くらいの実績）支配流量

p．H－Qカーブ（模型下流端）

q．不等流計算結果

r．洪水こん跡水位

s．洪水前後の河床変動状況，航空写真による表面流道分布の観測

t．災害記録

u．ダム堆砂資料，および山地荒廃状況調査およびそれに基づく流出土砂量の検討

v．砂利採取資料

w．地盤沈下資料（分流の場合は堰堤高は特に重要）

x．堤内地盤高と利用状況

y．地元状勢および社会環境等副次的影響調査

z．計画河道案（平面形および縦横断形）とそれの検討資料（不等流計算，河床変動計算，安定河床計算）ならびに年次施工計画や維持管理の方法等

以上は模型実験について，必ずしも全部が必要ではないが，一般に必要な項目である。斐伊川放水路の分合流模型実験では，このほかに地先に特有の問題，たとえば，地質やカット面勾配などの調査資料が必要となるであろう。しかし，大きい計画であれば一層のこと，河口から山岳部までを一貫した全体の計画の中での位置づけが不可欠で，それが十分に固まっていることが望まれる。

（河川研究室長）

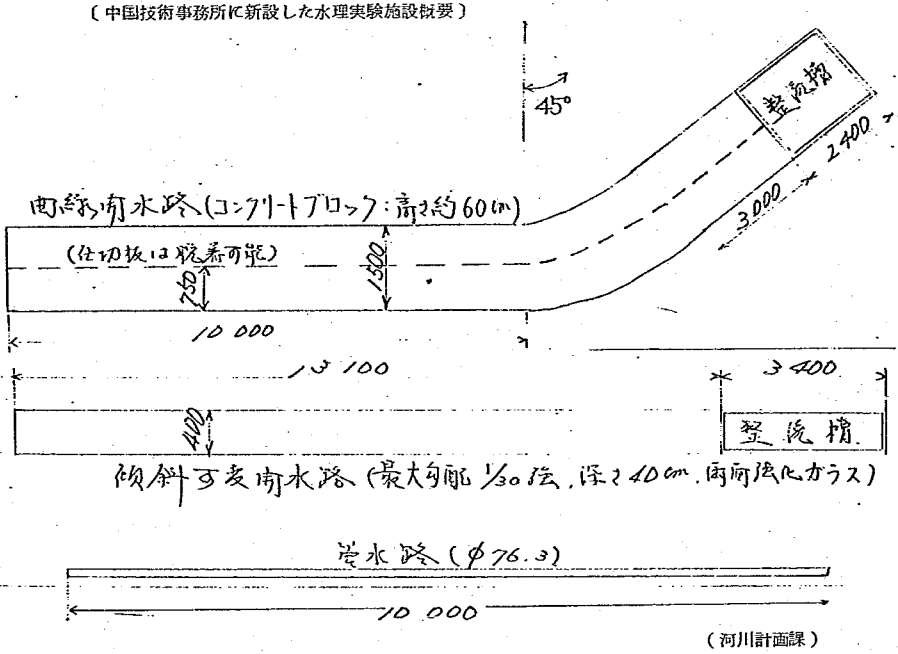
2－2　水理模型実験の活用について

（質　問）

(1) 水理模型実験の役割，活用法，その問題点（現地調査との比較を中心として）及び模型実験における一般的留意事項について御教示願いたい。

(2) 水質の模型実験は可能であるか，現在の状況をお聞かせ願いたい。

〔中国技術事務所に新設した水理実験施設概要〕



（河川計画課）

（回　答）

中国技術事務所において，全国の地建に先がけて，水理実験施設が新設されたことは誠によろこばしいことである。関係各位の卓見と御協力に敬意を表するものである。

近年，大学および研究所等においては，電算処理によるシミュレーションが非常に活発に行われている。いっぽう，各現場においては，ソフト的な面が先に立ち，現象面の調査研究にまでは，なかなか十分に立ち入って行けないというのが現状のようである。現象をシミュレートする手法を研究したり，物を作る場合にソフト的な面を検討することは非常に重要であることは論をまたない。しかし，ハードである現象面の調査研究は，その基礎を与えるものであって，その重要度において相違があるというものであろう。

中国技術事務所では，水理実験施設を当初，研修用に活用する考えのようである。実験を通じて，

新しい現象を知り，現象の見方を修得することによって，実際の河川の現象に対するものの見方，考え方，および川を計画，施工，管理等に大きな期待が寄せられる。こうして培われる層の厚さ，河川の技術者のポテンシャルとの高揚は，必然的に研究的な発想に基づく実験を行い，また，手軽に模型実験を行うことによって納得のいくまで現象を調査し，その結果を河川事業に反映させてゆくという方向に発展するであろう。模型実験というものは，たとえ現象の数式化が不可能でも，現象のイメージを立体的に，かつ時間的に与えるので，それが判断の重要な示唆となるのである。

実験場を発展させるためには，担当の技術者と指導者，およびテーマと予算などに適性を期さなければならない。地道な努力の積み上げによって基礎づくりから始め，幅広い支持のもとに発展されることを切望する。

(1) 模型実験の特質と役割

実際の問題に関連して，対象とする現象を研究する方法としては，現地資料の解析，解析的方法，数値計算，アナログ量による実験，および水理模型実験などがある。これらの研究方法の相互関係は完全に異質のものではなく，相互に多少のオーバーラップがあり，それぞれの研究方法の，全体の系の中における位置づけが必要である。一般に広く認識されているように，水理模型実験の意義するところは，とくに三次元的な局所現象の解明であり，水理模型実験を行なえば，他の方法による研究を必要としないということではない。

水理模型実験の目的は，関係する基礎方程式を模型を用いて解くことであり，近似解であることに変わりはない。その結果，実物において起った，あるいは起るべき現象を必要な精度で詳細に知り，あるいは予知することである。この場合，その対象とするところは，河川，水文，発電水力，砂防，かんがい，海岸，港湾，海洋，船舶，流体機械，航空，気象，土質，上下水道など，およびその他の分野の流体に関する現象を全て包含する。本論においては，河川水理模型実験の範囲を，河道および河川構造物の水理機能に関するものに限定する。

模型実験の種類としては各種のものがあり，目的等に応じて使いわけが行なわれている。それらは，a．固定床実験と移動床実験，b．定流実験と不定流実験，c．歪模型と歪のない模型による実験，d．二次元実験と三次元実験，e．縮少模型，実物模型（現地試験ー通常実測および航測など）と拡大模型による実験　，f．水流，混層流（浮遊流，密度流および空気混入流など），空気流と油流などによる実験，などである。

つぎに，模型実験が他の研究方法に比して比較的得意とする二次元流と三次元流であり，具体的な水理現象としては，局部的な流況（流量，流速分布，水位，エネルギー損失，渦と剝離現象，および流線と水あたり）および局部的な土砂流送特性に基づく洗掘と堆積の現象である。過去の模型実験実施側から判断して，河川計画上模型実験から有力な設計指針の得られる具体例としては次のようなものが挙げられよう。すなわち，護岸と水利，導流堤，樋脚，床固，水門，せき，河口堰，大型仮締切，分流と合流，捷水路，わん曲，みお筋や州の消長，狭搾部，各種形状損失，河口砂州，河口処理工，波浪遡上，取排水（密度流）などであろう。

模型実験の特質としては，以上の考察に基づき，容易に次のような特徴を挙げることができよう。それらは

a　解析的あるいは数値的な解の得がたい場合でも実際的に解きうる。

b　模型においては複雑な境界条件でも比較的容易に作ることができる。

c　多数のケースを比較的容易に研究することができる。

d　流れによる境界の変化，さらにその変化による流れの変化を研究することができる。

e　研究の時間が少くなくて済み，費用も僅少ですむ。

などである。模型実験のその他の利点としては，実際に模型上の現象を眼で見られるということである。模型上においては，いろいろの現象が再現され，問題を検討するための素材が与えられる。場合によっては，模型は当該地域の住民にも開放され，その理解のたすけともなりうる。複雑な物理現象が容易に理解され，素人わかりするのがよい。そして問題を考える時間が与えられることにもなる。模型実験の依頼者は，しかるべき機関に実験を依頼すれば自然に解が得られると考えるべきではない。模型実験を実際に見，討議に参加することを怠っては，実際の意義は半減するというものであろう。模型上の三次元現象には，いろいろの見方がある。それによって新らたな問題点の発見にもつながり，改修上の有益なアイデアを生み出すことにもなり得るのである。

(2)　模型実験の問題点

模型実験は活用範囲も広いが，また問題点も多い。その詳細をここで記すことは避けるが，文献1）に次の各項目についての解説がある。すなわち

a　相似律

b　模型実験計画の基礎

c　模型実験法の推移と問題点

d　歪縮尺の影響

e　移動床実験の時間縮尺

f　検証方法

模型実験については，わかってきたこともかなり多いが，未解決なことも多い。また，定量的な内容が要請されるようになると，それによってまた新しい問題が発生するなど，実験技術の終着．最高峰は存在しないのであろう。このとき，実験技術の発展に最も功献するものは，現地の現象の詳細な精度よい観測資料であるといえる。

(3)　水質の模型実験

遊水池や河口など新しい模型実験もどんどん行われるようになった。また，扇状地などの混合粒径で，かつ縦断変化する移動床実験なども検討を始める気運にある。そして，水質の模型実験も可能である。湾や湖沼などについては計画され，検討が始められている。ただし，相似条件や精度にもまだ問題もあり，施設も一部を除いて十分とはいえない。主な問題点を列挙すれば次のようである。

a．移流はよいが，乱れの現象は相似にならない。（現地と模型の拡散係数がフルードの相似則に従わない）。

b．生物．化学変化を伴う現象の取扱い。

c．成層流はよいが，それ以外の混合状態はフルード則に従わない。

d．実験装置の問題（歪の程度，潮位変化，風，波，密度流，粗度など）

参 考 文 献

1）須賀堯三　河川水理模型実験の最近の進歩　土木学会水工シリーズ　S．49．

（河川研究室長）

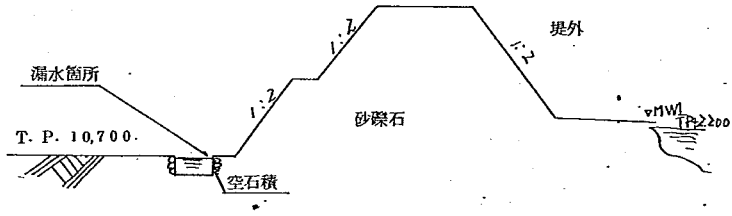
2－3　漏水の簡易的な調査方法と工法について

（質　問）

該当河川は，高梁川，吉井川だが，平水時において，部分的に漏水を生じている箇所がある。その対策として部分的に川表の低水護岸部にコンクリート張を施工したこともあるが，完全に防止できない。これ等の漏水箇所を発見する方法はいろいろあると思うが，簡単な調査で，適確に発見できる方法があったら御教示願いたい。

又，地質は砂礫層で矢板が打ちにくい状況だが応急対策工法も併せて教示願いたい。

（例）



（岡山河川）

（回　答）

河川からの漏水は砂質地盤のところに起こるが，そのような地盤のところでも全面的に漏水がみられるわけではなく漏水個所は限られている。つまり部分的に透水性の大きい個所や地表の不透水層（あるいは難透水層）の薄い個所，俗に言う「水みち」にあたるところなどに漏水が生じやすいと考えられるが，このような土質状況の不均一な個所を簡単に見出すことは困難であるから，漏水の可能性のある地域を推定することはできても，その地域内のどの地点から実際に水が出て来るかを明らかにすることは不可能である。

したがって漏水個所は現地調査において発見する以外にその存在を知る方法はないわけであるが，これには詳細な視察を行なうのが最良であり，特に装置等を利用した発見法はないのが現状である。漏水個所を発見することあるいは湧水または水たまりの個所が河川からの漏水の結果であるかどうかを判定することが困難なのは，平水時においては漏水がみられないか，あったとしても顕著でな

いためであるから，現地の観測は河川水位の上昇した時に行なうのがよい。平水時における堤内池の水の浸出状態が出水の影響を受けて変化すれば漏水が生じていることが明白であるが，その変化があまり明らかでないときは河川漏水であるとの判定は簡単にはできない。トレーサを使った河川水の追跡，放射能測定による方法などがあるといわれているが，いずれも大がかりな調査となるため河川漏水調査での実施例は聞かない。

次に対策工法であるが，堤外地のみに施工するという条件で矢板が打設困難であれば，堤外のり尻における場所打ち止水壁が適切と考えられよう。セメント，ベントナイト等を利用してパイル状のものを連続して作る地中壁状のものと，トレンチ掘削をして同じような材料で埋めもどして不透水壁を作る方法が考えられるが，いずれも止水壁の下端が不透水層に到達していないので下部に厚い透水層が残ったり平面的にパイル相互の間があいていたりすると止水効果があまり期待できなくなる。止水壁の厚さはあまり厚くする必要はない。工事の簡単なのはトレンチ掘削（スラリートレンチ工法）であると思われるがこの工法ではあまり深い部分まで止水壁を作ることができないのが難点である。

（土質研究室長）

2－4　地盤沈下と地下水汲上げの関係究明について

（質　問）

鳥取平野の地盤沈下は国土地理院の水準測量結果から年平均３３㎜とかなり大きな値を示しており各所で地盤沈下現象が顕著である。

この原因が市街中心部での温泉水を始めとする地下水の過剰揚水によるものかどうか明確でない。

このため地盤沈下原因究明の諸調査の一つとして地下水調査を実施するものであるがどの様に調査を進めればより的確なデータが得られるかご指導願いたい。

（鳥　取）

（回答－１）

地盤沈下で話題になっている川崎市，千葉県船橋市の例を見ても判るように，地下水の大量揚水地域では地下水位の低下現象が見られ，この地下水位の低下が地盤沈下の主原因であることは良く知られている。しかし，地下水位低下と地盤沈下との因果関係は定性的であって，定量的な解明はなされていないのが現状である。石川県七尾湾や千葉県市原市では地盤沈下に影響を与える諸因子を各種の調査によって決定し，その諸因子を用いて地盤沈下のシミュレーションを試みているが，まだ多くの問題点が残っている。また，同じ量の地下水を揚水しても取水帯水層を一層に限定した場合と無作別にストレーナーを設けて多層から取水した場合では，後者の地盤沈下量が前者より大きくなるといわれている。

このように地下水（温泉水）汲上げを地盤沈下との因果関係を明確にすることは困難であるが，一般的には次のような調査が実施されている。

① 地盤沈下の動向（沈下速度，沈下区域）を確実に把握する。水準測量の結果の整理

② 精密水準測量による沈下量の調査（３年以上）

③ 資料調査，新規ボーリング等により地盤沈下地域の地質構造および土質常数の把握

④ 地下水（温泉水）の汲上げの現状すなわち汲上げの対象となっている地層の層準（どの帯水層

から汲上げているか），汲上量とその経年変化を把握する。

⑤ 温泉水の温度変化……泉水の汲上げ量と温度変化の関係を求める。

⑥ 古井戸や新規ボーリングを利用しての地下水位と水質の調査

⑦ 地下水汲上げに伴なう地盤沈下シミュレーション

地下水観測井は既存井戸や，新規ボーリング等によるが，観測井の分布はできるだけ調査域内に平均的に分布し，かつ，各観測井を結んで得られる三角形は正三角形に近いことが望ましい。一般に地下水面図を作成するためには，観測井は1 km² に4点以上が必要だといわれている。また，新規ボーリングに当ってはボーリング孔の穴曲りに注意し，特に帯水層となっている砂礫層をボーリングする時は井戸の透水性をそこなわないようにしなければならない。

いずれにしても地下水の調査は長い年月と費用を要するが，根気よく調査を進めることが必要である。また質問の地域のように温泉揚水との関連を求めるには，温泉水の帯水層と普通の地下水帯水層とが区別できるかどうか，その相互の関係はどうか，また人工かん養の可能性があるかどうかなど，一段と複雑な問題があるように思われる。

参 考 文 献

1）地下水調査観測要領（案） 河川局河川計画課

2）地下水資源の開発と保全 椎 根 勇 水理科学研究所

3）地下水資源学 水収支研究グループ 共立出版KK 等

（地質研究室長）

（回答－2）

地盤沈下と地下水汲上の関係究明について

地盤沈下原因究明の諸調査の一つとして行う地下水調査は次のように2段階にわけて実施することが考えられる。

i 概略調査

a）地下水位の分布（既調井戸による）

b）地盤沈下量（観測値があれば）

c）井戸調査（揚水量，井戸深さ）

d）地質図（ボーリング資料，井戸資料等から）

以上によって，問題の大きさ，調査区域，調査内容等が決定される。この段階でも地盤沈下が地下水の過剰揚水によるものかどうかは，ほぼ推定される。

ii 地下水，地盤沈下のシミュレーションの実施

a）帯水層の調査（揚水試験，試掘，物理試験，土質試験等）

b）揚水量の把握（過去にさかのぼって）

c）かん養量の把握（季節変化も加えて）

d）井戸による地下水位観測（既設井戸又は観測井による）

e）既往地下水位，地盤沈下量の資料収集

f）地下水，地盤沈下シミュレーションの実施.

地下水シミュレーション は，b），f）項の既往資料の有無によってその精度を大きく支配される。資料がない時はまず観測体制を確立し，数年間程度の資料の蓄積をはかるべきであろう。

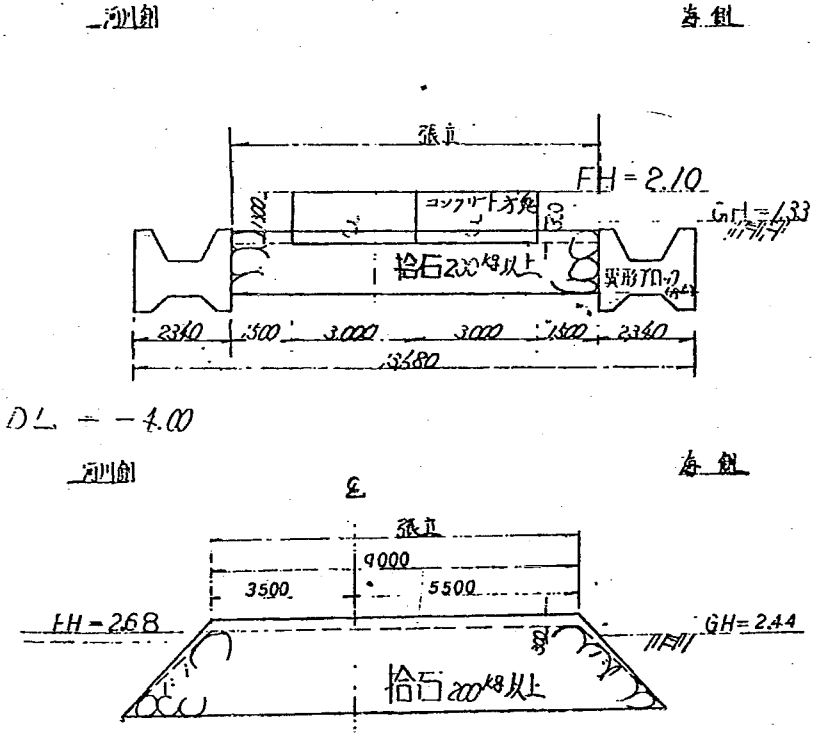
（水文研究室長）

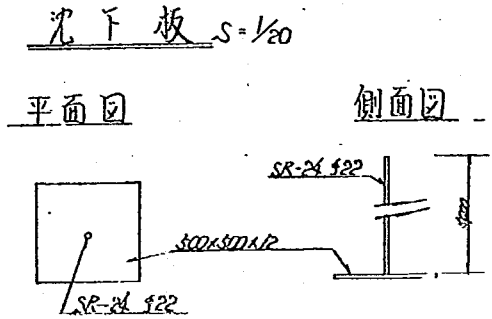
2－5　導流堤・離岸堤の堤体沈下と洗掘深の測定方法について

（質　問）

上記の一般的な堤体構造は，捨石（500 Kg/ヶ 程度）でマウンドを作りブロックを被覆するがこの場合，捨石の沈下量（海底地盤からのメリ込み）が，設計変更時問題となる。又堤体設計上，波浪時における最大洗掘深を把握したいので観測器機，測定方法についてお聞きしたい。

（鳥　取）





（回答－１）

捨石の沈下量を測定する方法についてはあまり適当なものがないが，ここでの測定の目的は堤体の沈下を防止するための捨石が必要な幅，長さ，厚さを持っていることを確認することであろう。したがって最も簡単なのは捨石施工位置の海底の測量を行ない，高さおよび捨石の拡がっている範囲を調べるのがよいであろう。またそちらの図面にある沈下板を用いるのもよいであろう。

導流堤や離岸堤前面の洗掘深の調査方法については，最も簡単なのは台風や低気圧による波がおさまった直後に前面水深を測るものである。大きな波によって洗掘された場合でも小さな波が来ると回復するが，海底は１日程度であれば暴風時の洗掘深とあまり変化していないであろう。暴風時に測定する方法については皆生海岸でアイソトープを利用した方法で調査したことがある。設計のために調査するのであれば例えば１週間々隔で前面水深を測定し，その頻度分布から設計洗掘深さを決めることもできよう。

（海岸研究室長）

（回答－２）

盛土による地盤の沈下量を観測するには質問にあるような沈下板を用いるのが最もよいが，この場合のように捨石がかなり大きい場合には，施工中に鉛直ロッド（鉄筋）が曲げられたりする可能性があり，また捨石の間の空げきが，５ｍの鉛直ロッドが通るだけまっすぐにあいているかどうか疑問がある。この２点が解決されるならば，捨石のめり込みを測定するのには，質問の方法は非常によいと思われる。

なお，このような沈下は，相当ばらつきのあるものと考えておいた方がよいので沈下板の数はかなり多くしてのり肩，中央部にいくつか設置してそれぞれの平均値をとるようにするのがよい。通常の盛土ではのり肩と中央部では沈下量が異なるのが普通であるが，このような捨石堤では捨石のかみ合わせの程度によって，均一な沈下となるか，不等沈下となるか明確でないので一応，のり肩と中央部で測定をしておく。

（土質研究室長）

3. ダムに関する問題点

3－1　岩盤せん断試験結果における純せん断強度と内部摩擦角の関係について

（質　問）

弥栄ダムで岩盤せん断試験を行い，岩級別グループの試験値を最少自乗法で整理した結果，内部摩擦角が45度より大きくなった。しかし設計に用いる場合，他のダムの例に45度より大きい値を採用した例がないと思う。このため45度を目安として純せん断強度を大きくしてはいけないか。又ダムの安全性から考えて，52度（試験結果）を45度として用いる方が妥当なのか意見を聞かせていただきたい。

（弥栄ダム）

（回　答）

岩盤の内部摩擦角が45°以上になることは理論的にもあり得ることで，岩級区分原位置試験が正しく行われ，得られた試験結果が$\tau=\tau_0+\sigma\tan\phi$の直線関係を満足しているときは，当然それから得られた内部摩擦角を用いるべきである。

一般に中古生層の堆積岩，花崗岩などの硬岩の場合には内部摩擦角は45°以上で，風化花崗岩や，新第三紀の堆積岩のように固結度の低い軟岩のときは45°以下である。

しかし，岩盤は場所によるバラツキが著しく，$\tau=\tau_0+\sigma\tan\phi$のきれいな関係が得られることは稀である。これは

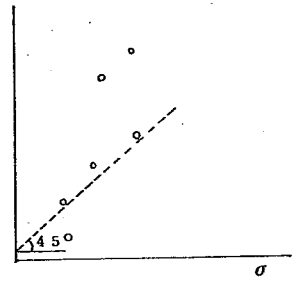
a）岩級区分は横坑の側壁で行われ試験は横坑の底面で行われることが多い。このために岩級区分と試験地点の状況とが一致しないことがある。これは試験地点で試験の前後に面の入念の観察を行えば或る程度避け得る。

b）現在行われている岩級区分方法は一般的に適用し得る規準を示しているので個々の地点では最も適当な区分方法でない場合がある。これは試験地点の入念な観察と，試験結果の入念な検討を行えば，試験結果に強い影響を与えている因子を見出すことは可能であり，その結果をもとに再区分を行えば解決可能なことが多い。

c）試験の巧拙

これは破壊面の観察，荷重一変位曲線を検討すれば判定可能である。

などによると考えられるが，ここに述べた検討を行えば解決出来ることが多い。しかしこれらの検討を行っても$\tau=\tau_0+\sigma\tan\phi$のきれいな関係が得られないことがある。このような場合に最小自乗法を用いて整理するのは危険側の推定をする可能性があるので，図－1に示すように，極端な値を除外し，内部摩擦角を45°に仮定し，測定値を下側に包絡するような直線



図－1

を引き，せん断強度の設計値を得る方法を便宜的にとっている。

しかし基本的にはa）～c）に述べた検討により解決すべきものである。

前述した便宜的方法を用いたときに注意すべきことは，行われた試験の破壊時の垂直応力がダムと基盤との接触面上の平均鉛直応力がσmよりいづれも上回っているときは図－2に示すようにσmのときの破壊強度を過大にとる結果になる。このため，せん断試験を実施するに当って，破壊時の垂直応力がσmを下廻るものも含むように配慮する必要がある。

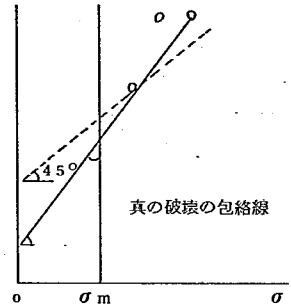
このσmは

ダムの高さ　H＝150m　σm≒15㎏

H＝100m　σm≒10㎏

H＝　50m　σm≒　5㎏

で，100m以上のダムではこのような試験を行うのは容易であるが低いダムではσmが小さくなるのでせん断ジャッキを低角度で取付けなければならず，曲げ生じ易くなり難かしくなるので注意を要する。



図－2

弥栄ダムの場合，せん断試験結果をみるとCHおよびCM級の岩盤については比較的正しい$\tau=\tau_0+\sigma\tan\phi$の直線関係を得ている点，実際にダムに作用する鉛直応力の範囲内での測定値を数多く得ている点からみて，$\phi=52°$ および$\phi=52°$ として得られる純せん断強度を用いて設計するのが妥当な方法と考えられる。（ダム部長）

3－2　岩盤試験方法の統一について

（質　問）

岩種や岩級により岩盤の力学的性質が異なるために，岩盤せん断試験等の岩盤試験方法については，岩盤とコンクリートの接着面，荷重速度，荷重の適用範囲等をダム毎に変えて試験を行っていることが多い。

同じ地質のダムがあっても試験方法に違いがあれば，試験結果をダム間で比較することができず，設計に用いる岩盤の定数（τo，f，E等）はダム毎に独自のものになってしまう。

したがって岩盤試験方法の統一ができれば，ダム毎の試験値の他に同じ地質の他ダムの試験値も参考にでき，設計に用いる岩盤の定数はより客観性を増したものとなるが，岩盤の試験方法の統一は考えられないか，教示願いたい。（弥栄ダム）

（回　答）

原位置岩盤試験を行なう目的は主として2つに分けられる。

1　設計に用いる岩盤の変形係数，強度の値を知りたいため

2　岩盤試験等の岩盤の挙動を観察し，岩盤特有の弾性，粘性，塑性，破壊機構等を明らかにして，ひいては，安全なる構造物の製造に役立たせる。

このうち，２の目的で行なう岩盤試験はその着眼する点に応じて試験の細目が異なるのは当然であろう。

１の場合は，特定のサイトでの設計値を得るための試験であるから，そのサイトの実情（載荷方向，応力レベル等）に合った，ダム築造後の岩盤の強度，変形性の真値を得るに最も適当な方法が最良の方法ということになる。従がって，個々のサイトで設計技術者の思想に基いて様々な方法が取られるのはある程度は仕方がない。

しかしながら岩盤試験を行なう基本理念は上述のようなことであるにしても，同程度の岩盤を有する他ダムの岩盤試験の結果を試験方法が異なるために厳密な意味で比較し得ないことは，質問者が指摘するように由々しきことであるのは事実である。

そこで，土木学会岩盤力学委員会でも試験方法を統一しうるものについては，統一することとし，各機関で殆ど同様の方法をとっている平板載荷による原位置変形試験について，取りあえず統一することとし，近くまとまったものが刊行される予定である。

せん断試験については，試験方法（ブロックせん断，ロックせん断，３軸試験），供試体のサイズ，荷重速度，直応力の範囲，τ．ｆの整理の仕方等について定説がなく，各機関で試行しているのが現状である。

このうち土木研究所においては，現在では略，次のような整理をしている。

- 試験方法　　比較的良好な岩（ＣＭ以上）　ブロックせん断
  　　〃　不良な岩（Ｃｅ以下）　ロックせん断または３軸
- 供試体のサイズ　比較的良好な岩　　６０cm×６０cm×４０cm
  　　〃　不良な岩　　１００cm×１００cm×５０cm

いずれにしても，岩盤の種々の性質がはっきりすれば，前述したようなせん断試験の示様にしても統一した方法で行なわれるのが妥当であるので上記の岩盤力学委員会でも準備を初めている。

（ダム部長）

３－３　岩盤における安全率の取り方について

（質　問）

ダムの安全率は岩盤とコンクリートの部分で４以上としているが，岩盤の断層部および尾根の安定解析を行う場合どの程度の安全率が必要なのか教示願いたい。

（弥栄ダム）

（回　答）

コンクリートの安全率は応力破壊の条件に照らし合わせて４であり，ダムの設計の場合の岩盤の安全率は極限の状態で４であり，コンクリートの安全率とは異なる。同様の応力破壊条件の安全率（いわゆる点安全率）では，通常の重力ダムの設計では，２～２５の安全率になる部分が生ずることがすでに報告されている。

一方フィルダムの斜面の安定に対する安全率は通常１．２を用いており，これは極限状態における安全率である。ダムの安全性が社会に与える影響については同じであるから，これらの安全率が

表面異なっていても，本質的な安全率については同等でなければならない。この点については，系統だった説明をすることは不可能であるが，現在のところ表面上の安全率の差異は材料としての性質の差で説明される。

すなわち，コンクリートは安全弾性体であり一部分の降伏が全体の降伏につながると考えられる。一方フィル材料は塑性体であるから応力の均等化が生じ極限状態まで，各部分は荷重を保持し得る。

岩盤については，一応現在のところ弾性体と考えているが，岩盤内の不連続面，粘性等によって，かなりの応力の均等化は期待できるので，応力破壊の安全率をコンクリートと同様に考える必要もないであろうと思われた。

このように安全率は材料の性質に応じて所要の値を決定すべきであることがわかる。

質問の断層部の安全率については，断層の性状による点も大きいが，いくつかの断層せん断試験において，塑性的な性質が確かめられている。従って極限安全率を岩盤なみに取る必要はないと考える。しかしフィル材料なみの1．2を取ることは断層強度の推定の不確かさ，解析方法の不確かさ，断層上部の岩盤のゆるみ等を考慮すると危険であろう。2～3がこの場合の目安となる。

自然地山の安定解析については，自然の取り扱かい，解析方法等によって安全率を考察する必要があるが，一般的には，想定破壊面の材料の性質に応じて上記の値を基本にして考えるのが妥当である。

（ダム部長）

3－4　貯水池の水位降下速度と貯水池周辺地すべりについて

（質　問）

現在貯水池の水位降下速度は1m／dayが原則となっているが，弥栄ダムの場合サーチャージ水位が22mあり，この原則によると降下に要する日数は22日となり，次の洪水に対処することがかなり困難となる。したがって降下速度の増大についても検討する必要があるが，問題となるのは周辺の地すべりを発生しないかということである。現在周辺の地すべりについて調査を実施しているところであるが，降下速度と地すべりの検討を行うには水位の連続的な降下に際し，地山の間隙水圧がどのように変動するか知る必要がある。この検討方針について御教示願いたい。

（弥栄ダム）

（回　答）

貯水位の増減による貯水池周辺の地すべりの発生の事例が増加しつつあるが，特に洪水時における調節作用が誘因のひとつとしてあげられる場合がある。

その発生機構として考えられるもののなかで最も重要であるとされるものは，貯水位の急激な降下によって地すべり斜面内に発生する残留間隙水圧の影響である。

地すべり斜面が水没することによって，水没斜面地表からの浸透水が斜面内の透水層を通じて圧入されるほかこれまで河床付近で湧出していた地すべり地上部からの地下水が，湧水口を失なって，地すべり斜面内に保留され，透水層付近で異常な水圧を伴なって滞留する。このため貯水位低下によって，地すべり斜面表の水圧が取り除かれた時，透水性の低い斜面内での地下水は水位低下速度

に追随して低下することができないため，地すべり斜面内に間隙水圧がそのまゝ残ることになり，地すべりの安定が損なわれ，地すべりや崩壊を発生するに至る。

したがってこのような地すべり，崩壊を防止するためには，地すべり斜面内の地下水による残留間隙水圧を考慮した防止対策を行なうか，少なくとも残留間隙水圧の発生がないような速度で貯水位を調節することが必要である。

水位の連続的な降下に際して，地すべり斜面内に間隙水圧が発生するかどうかは，地すべり斜面地層の透水性によることになるが，通常，地すべり地内での地下水の移動速度は（1～2）×10^{-3} cm/sec 程度のものが多く，一般に水位降下を1 m/day とすれば地下水の低下はこれに追随でき，残留間隙水圧が発生しないと考えられている。しかし防止工法なしに，これ以上の貯水位変化を実施せざるを得ないとすれば，地すべり斜面がこれに見合った透水性をもっているかどうかを調査することが望ましく，このために次のような検討事項が考えられる。

① 地下水の分布……基盤の形，地下水の集まりやすい位置

② 透水層の位置と透水係数

③ 透水層における地下水位……降雨の影響，ピーク水位上昇，下降の時間特性

地すべりの安定に影響の大きい地下水透水層の位置を探査し，この地下水の動向が貯水に影響されるとすればその範囲，時間はどのようになるかを，透水係数，地下水位の降雨影響から推定しようとするものである。

尚，この他，貯水による地すべり発生の原因としては次のようなものが考えられる。

① 貯水圧力の斜面に対する急激な増減

② 水位の急激な低下による斜面下方の湧水点におけるパイピング現象による不安定化

③ 浸透水による斜面上層の劣化

（地すべり研究室長）

3－5　貯水池における水質の面から見たコンジット、ゲートの呑口のあり方について

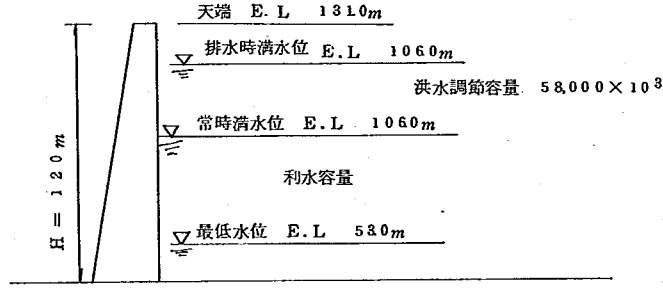
（質　問）

コンジット，ゲートの設計に当っては，水理的条件を満足することもさることながら，近年ダムの建設位置が市街部に近くなり，水質の問題が重要問題として提起されてきている。特に，洪水末期及び中小洪水の濁水対策については，濁水期間をできる限り短くする必要があると思われる。

1）効果的な濁水対策として，コンジット，ゲートの呑口の中心標高によって，対処できないものかと考えているが，実例及び検討された事例があればお教え願いたい。

2）1）の他で効果的な対策方法があれば教示願いたい。

なお，当ダムの基本的条件は下記の通りである。



（弥栄ダム）

（回　答）

濁水長期化現象は河水の貯留という利水目的を持った貯水池本来の機能に起因する現象であり，不可避の側面を持っている。この現象の原因として次の２種が挙げられる。

(1) 密度成層の強い貯水池で，中小洪水時に流入した濁水が洪水後，利水用常用放水工などにより徐々に引き出される。

(2) 受熱期後期の大洪水あるいは秋から冬にかけての放熱期に発生する循環流によって貯水池全体が濁り，懸濁粒子の沈降がほとんど起こらないまま常用放水工より引き出される。

このうち，(1)の現象では密度成層が維持あるいは短期間に再形成されるもので，表層取水機能を持つ選択取放水設備によって軽減することは可能であり現在多くの貯水池にこの種の放流設備が設置されている。

しかし，この種の放流設備は密度成層の存在を前提としたものであって(2)の現象に対しては効果が少なく，濁水長期化現象の根本的な解決策となりにくい。また，同時に，このような表層取水を行なうことによって貯水池内には従前以上に懸濁物質が残される恐れもあり，これを処理しなければ(2)の現象をより悪い方向に助長することが懸念される。表層取水を行ない常時の流水の濁度を改善すると同時に適当な時期にはこれらの懸濁物質を貯水池から放出することも考えなければならない。

一般に，洪水期は貯水池内に密度成層が形成される時期とほぼ一致するから，この時期には高濁水は貯水池底層に存在するものと考えてよい。したがって，この時期に底層取水を行なえば高濁水をある程度放流することが可能となるはずである。この場合，洪水時以外の流量調節等によってこのような高濁水を放流することはできないから，放流は洪水時に限定されることになり，この機能のためには洪水時の放流に専ら使用される洪水調節用放流設備の呑口をできるかぎり貯水池底層の取水が可能な構造とすることが好ましいことになる。

しかし，洪水調節用放流設備を貯水池底部近傍に設置することについては，

(1) 貯水池堆砂による埋没の危険が大きい。

(2) 流砂の含有量が増し，摩耗による損傷を受けやすい。

(3) 現在よりさらに高圧放流設備となり耐久性の問題がある。

などの弊害をともなうものであり，すべての洪水調節用放流設備に対して濁水放流を優先する設計条件とすることには疑問がある。

よって，今後の洪水調節用放流設備計画を行なうにあたっては，貯水池底層取水のための放流設備が将来改良が重ねられ現行の洪水調節用放流設備と同等の機能を有するものと評価されるまでは，主となる放流設備は現行の設計方針を踏襲し，これに底層取水可能な放流設備を追加するような計画が望ましいものと言える。

現在，洪水調節用放流設備を貯水池水質の改善のために利用することについては，まだ初歩的な段階にあり，これを積極的に推進するためには研究すべき点が非常に多い。また，底層取水についても，その定量的評価をはじめとしてこれを効果的に行なうための放流設備の構造形式など今後の調査研究によらざるを得ない問題を含んでいる。

しかし，貯水池水質を制御する上で，呑口標高の異なる放流設備を数多く有することはすべてが同一である場合より有利になることは明らかであるので，設備計画上単に放流能力のみを満たすだけではなくその副次的な効果を含めて総合的な検討を行なって決定することが必要である。

（篠崎試験所長）

3－6　ダムの水質問題について

（質　問）

(1) 貯水池の富栄養化についての調査方法及び事例を紹介していただきたい。

(2) 貯水池の水質改良（悪化防止）の方法について，どのような方法が考えられるか（その効果，適用範囲，問題点は何か）。又実例があれば紹介していただきたい。

（八田原ダム）

（回　答）

1. わが国の多目的ダムの富栄養化の状況

わが国の多目的貯水池（容量１００万m³以上１３０ダムを対象）について，窒素，燐，透明度を主にしてそれぞれの富栄養化の程度を概略分類してみると表－１のようになる。

対象ダムは，湖令２０年以下が大部分で，比較的若令であるにもかかわらず，約１８％にあたる２４貯水池では富栄養化が進んでいる傾向が見いだされる。

表－１　多目的貯水池の富栄養化程度

中栄養または富栄養にランクされるもの	２４ダム
弱栄養または貧栄養にランクされるもの	３７
測定値なし（大部分は弱または貧栄養とみられる）	６９
計	１３０ダム

また同じ資料について，貯水池水質に関する直接的な問題発生の種類をみると，表－2のようになり，富栄養化およびそれがもとになる腐水臭気の問題が，全ダム数の1/3 程度で発生していることがわかる。そして富栄養化による影響の内容は，上工水道，自然環境，レクリエーション，漁業，ダム管理，かんがいと広範囲におよんでいることが明らかになっている。すなわち，富栄養化の問題は，その発生のダムが決して局地的なものではなく，また影響も広範囲にわたるようになってきており，重視すべき問題であることが指摘できる。

表－2　水質問題の原因

種　類	問題ダム数／全ダム数
冷　水	7／117
濁　水	32／118
富栄養化	20／114
腐水・臭気	8／116
その他	9／116

2　富栄養化についての調査方法および事例

富栄養化とは水中のリン，窒素などの栄養塩類の濃度が高くなることであり，その結果として植物性プランクトンその他の異常増殖といった問題が生じる。ダム貯水池や湖沼など比較的水の流れが緩やかな水域では植物性プランクトンが増殖し易く，富栄養化による障害が特に顕在化しがちである。したがって，富栄養化の調査は栄養塩類の調査と生物相に及ぼす影響の調査が主体となる。すなわち，栄養塩類の負荷源，貯水池内での栄養塩類の収支，濃度の季節および経年変化，濃度の水平および垂直分布，生物相の季節および経年変化，現存数の分布，生物生産量の変化，および生物活動に大きな影響を持つ気象条件などの調査が必要である。具体的な調査方法については，河川局開発課「ダム貯水池（湖）水質調査要領」昭和50年5月を参照されたい。

ダム貯水池の富栄養化の調査事例はあまり多くはないが，小河内ダム，山口貯水池，天ケ瀬ダムなどでは比較的古くから調査が行なわれてきた。また，霞ケ浦，琵琶湖，諏訪湖など富栄養化した湖での調査は，類似の現象の調査であり，参考になろう。

3　貯水池富栄養化の改善（防止）法

貯水池富栄養化の改善（防止）法を，その対象場所によって分けると，汚濁水の排水処理，汚水流入の防止，貯水池での対策，および（用水処理）に大別され，それぞれについていくつかの方法があげられるが，それぞれの方法の選定は，流域や貯水池の特性，水質の汚濁程度，問題の発生因や発生場所，状況，そして対処側の体制などによって考慮されるべきものであるが，全体として云えることは，水質汚濁の状況を全体的に把握すべきこと，そして富栄養化防止の基本は，貯水池への汚水流入を防ぐことであることを十分念頭におく必要があるといえる。

ダム貯水池の例ではないが，湖沼の富栄養化を制御した有名な例として，米国のシャガワ湖，ワシントン湖があげられる。これらの場合も，湖への栄養塩類の流入を徹底的に少なくしたことによって成功している。

貯水池の水質改善または富栄養化防止法としては種々の方策が提示されているが，それらがわが国のダム湖で採られている例は実際には非常に少いため，わが国での適用例と実証的論証をすべての方法に対してあげることはできないが，諸外国の文献をおもに参考にして表－3に各種方

法を示し，また文末にいくつかの文献をあげることとする。

なお，わが国において水質改善または水質汚濁防止策の適用例が少いのは，わが国のダム湖の年令がまだ若いことや，流れ状態のダムが比較的多いこと，流域が小さいため汚濁負荷量が相対的に少いことなどにより，富栄養化の進行が比較的ゆるかったことによるものと考えられるが，近年土地の利用開発や生活環境の発展によって急速に水質汚濁も拡がっており，問題も顕在化してきているとはいえ，今後はつよい行政指導のもとに積極的な水質汚濁防止対策を実施してゆく必要があると痛感される。

参 考 文 献

1) 柳瀬，石毛　「曝気による貯水池の水質改善」用水と廃水　17—1　（昭51）

2) 渡辺　徹　「力丸貯水池の水質調査と取水管理」　水道協会雑誌　462号　（昭483）

3) 赤沢，橋本　「相模湖富栄養化対策についての考察」水道協会雑誌　481号　（昭49.10）

4) 津田　松苗　「富栄養化は救えるか」用水と廃水　15—1　（昭481）

5) 小島　貞男　「プランクトンコントロールの原理と実際」用水と廃水　15—1　（昭481）

（水資源開発研究室長）

表－3　貯水池の富栄養化の改善（防止）対策

対処方法	方法内容	適用条件・効果等	適用例など
1.汚水源での汚水処理	○生活排水，工場排水，畜産排水の処理の3次処理	○1次処理のほか，3次処理によるN，Pの除去が必要 ○3次処理は実用化試用段階，費用大	○流域都市地域での普及促進の要 ○3次処理は米，スイスで実用
2.流入排水の流路変更	○流域の都市排水をバイパスにして下流に流す	○一般に都市排水に限られる ○下水処理も併用し下流の水質汚濁を防止する必要あり ○バイパスすることにより池への流入量が減ると利水上，水質上マイナス効果	○米欧に実施例あり，効果が大
3.貯水池の排水と再滞水	○排水管による排水と池内淡渫	○小規模の場合でかつ代替水源のある場合適用可能	
4.表層，下層水の混合促進	○パイプにより曝気（空気又は酸素）を行い成層破壊および溶存酸素の増加をはかる	○比較的小規模の貯水池に適用可能 ○池内に流れを作ることにより藻類発生抑制にも効果あり ○浮遊砂をまきあげ，濁度を助長するおそれがある	○白色貯水池（銚子市水道）[1]の例，一般に実用的
5.任意水深からの選択取水操作	○選択取水装置の設置と取水管理	○他の方法の併用で効果がより発揮される ○成層緩和効果は比較的小貯水池である	○力丸貯水池（福岡県）の例[2]一般に実用的
6.藻類の発生制御	a．流酸銅投入	○小貯水池では経済的，他への影響考慮の要	○上水専用池ではよく用いている

	b．4の方法により表層に流れを作る c．日光のしゃへい	○表層の流れを 1cm/秒 以上とすることにより有効 ○具体策はむずかしいが実験的には効果あり	○現状では現用性低い
7.栄養分の不活性化	○重金属塩，フライアッシュ，粘土投入により栄養分沈澱	○小貯水池で有効 ○濁度助長，二次汚染のおそれあり，また沈澱物除去を考える要あり	○二次汚染のため実用性低い
8.水性植物による窒素除去	○浮草などの大型植物を繁殖させそれを定期的に刈りとる ○自生水生植物の除草剤による除去 ○自生水生植物のレーザーによる除去	○新たに導入する場合は，植生環境への影響を検討の要あり ○定期的刈り取りが義務づけられる ○刈り取り植物の処分法，貯水池管理への影響のないよう予め検討 ○他への影響のない除草剤開発の要 ○枯死植物の回収，処分法の検討 ○開発中 ○水中への適用方法の研究要といわれる	○比較的効果的 ○臨機的にはよく用いられる
9.底質，沈澱物の除去	○浚渫（水中ポンプ）	○流れダムでは水質汚染への影響はあまりない ○小貯水池での適用可能	○とまりダム，小貯水池の場合
10.底層水の排水	底層附設排水管による排水	○小貯水池の場合，底層水の排水，成層破壊に効果あり ○排水管の土砂による閉塞対策の検討要	

対処方法	方法内容	適用条件・効果等	適用例など
11.負荷源の対策	a. 農肥源として，農法改善により化学肥料を少なくする	○行政指導の強化	
	b. 人糞し尿の農地還元	○同上	
	c. 合成洗剤のリンの転換	○開発研究，リン減少に効果大	○今後
12.政策的立法措置および環境保全行政の強化	○排水規制，土地利用規制 ○監視などの総合規制処置 ○保全方法，改善方法に対する行政指導，補助行政など	○強力に進める要あり	

4. 砂防、地すべりに関する問題点

4－1　砂防ダムの下流法勾配について

（質　問）

一般に砂防ダムの下流法勾配は経験上1：0.2を用いているが，堤体断面の設計に当って，その安定性，経済性を考えると，下流法勾配は，1：0.2よりゆるくする方が好ましいと思われる。この下流法勾配をゆるくする許容範囲を教示願いたい。　（倉　吉）

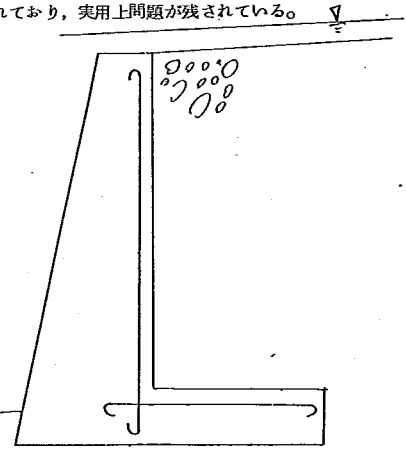
（回　答）

砂防堰堤の下流法勾配は，天端からの落石による衝撃破壊，流砂による摩耗損失等から堰堤下流面を保護するため，急勾配に設定され，建設省では一般に1：0.2を採用している。この1：0.2に設定される根拠は，あくまで経験的に定まって来たもので，明治初年頃淀川流域に設置した多数の空積砂防堰堤で下流法面を1割内外にした所，下流法面が1尺位も摩耗したとか，長野県犀川に高さ4mで下流法が2分と3分の2基のコンクリート堰堤を同時に築造した所，この渓流の流出土砂は粘土及び砂利に過ぎないにもかかわらず，わずか1年の経過で2分に施工した堰堤では少しも摩耗の跡を見ないのに，3分においては著しく摩耗したなど，その他多くの事例にもとづいて，現在では砂防堰堤の下流法勾配を1：0.2に設定されるようになっている。

この下流法勾配の決定式として次式が示されている。

$$N_{max} = \sqrt{V_g \frac{2}{g \cdot h}}$$

ただし，h；堤高，Vg；下流面を損傷する石の中で最小の大きさのものの天端を離れる速度の水平方向成分，この式でVgを設定すればNは定められるが，実際の砂防堰堤において，落石が越流水脈から離れて天端から転げ落ちる状況が観察されており，実用上問題が残されている。



下流法勾配を急にすれば，当然，安定上堰堤の体積は大きくなること，また経験上1：0.2とされるようになった当時とくらべて，現在では堤高，堤体材料等砂防堰堤の構造に変化が見られるので，今後これについて再度検討されるべきであろう。

堤体積の減少のために下流法を緩くすれば，当然現状より堤体の下流法面は天端からの落石による衝撃と流砂による摩耗の危険にさらされる。経済的な断面形は，この落石，流砂に伴なう堤体の損傷に対する危険性と，断面節減量とを比較検討することによって見い出されよう。しかし，現在の処落石による衝撃破壊，流砂の摩耗機構，その頻度，程度等未解決な点が多く，

現状では下流法勾配の許容範囲の設定は困難である。

下流法勾配を緩くするには現状では多くの問題点が残されているので，経済断面を得るには，より危険性を伴なわない点から検討される方が無難と思われる。たとえば，堤長に比べて水通し部が著しく短かい時，非越流部は落石，流砂の影響がほとんど無いので，この部分は一般の堰堤と同様下流法勾配を緩くして経済的な断面を得る事が考えられ，この方法は，数地建ですでに実施されている。その他特殊な形状では，L型タイプの砂防堰堤も考えられる。

参 考 文 献

赤木正雄　「渓流及び砂防工学」S14－5，アルス社新砂防№72，S44－4
「第2回砂防学会シンポジウム特集」砂防ダムについて

（砂防研究室長）

4－2　砂防ダムの安定計算について

（質　問）

空虚時の土石流による衝撃力を考慮した計算方法はないか伺いたい。

（山　口　県）

（回　答）

砂防ダムの安定計算において，砂防ダムは満砂状態が常態であるとして，通常は土石流による衝撃力は考慮されていない。

砂防ダムへの堆砂以前に土石流の襲来が予想される場合は土石流による衝撃を考慮して安定計算をおこなわねばならないが土石流の物理的諸性質の知識不足のため，衝撃力を算定する確定的な方法はないが，外力の決定のために参考となりそうな事柄を次に紹介する。

高橋宏治らは治山ダムを利用して人工的に洪水段波を発生させ土石流による衝撃圧を知ろうとした。この実験では土石流を発生させることは出来なかったが洪水段波も土石流について言われているのと同様に強い直進性を持ち，かつ動水圧として計算される値の1.8倍の衝撃圧が発生し，また石礫の衝突のためか瞬間的には動水圧の5.9倍の衝撃圧が生じた。（以上，土石流に対応する砂防ダムの設計荷重に関する実験的研究　新砂防VOL.24－2　より）

従って概略的に土石流による衝撃圧を計算するには次のような方法が考えられる。

① 動水圧を計算してそれを6倍する。動水圧Pは

$$P = \gamma \frac{V^2}{g}$$

で表わされる。但し

γ：流体の密度（清水の場合　$1\,g/cm^3$）

V：流体の流速

g：重力の加速度（$980\,cm/sec^2$　又は$9.8\,m/sec^2$）

② 土石流を流体とみなし，流速，比重を仮定して上と同様の方法で動圧を計算しその値をさら

に2倍にする。流速，比重の決定のための参考資料を表に示す。

上記の2つの方法は極めて限られた資料から考えたものであり，かつこのようにして設計された砂防ダムの例もなく，十分に安全なものではないかもしれず，また逆に必要以上に不経済なものであるかも知れない。

土石流の密度・速度

土石流例	速度	密度	含水率	流下勾配	分類
焼岳	5 m/sec	1.25～2.0			
Rio Reventada Costa Rica	1～10 〃	1.61	21.2～80%	16-15-8-4°	Madflood
Huascaran Peru	7.7～9.3 〃	2.16	17	90-22-5°	(地震) Mudflow
十勝岳	5.0 〃			22—9—5°	〃
Wrightwood Calif.	0.31～4.4 〃	2.4	15～30	30-20-9-1°	〃
Mayflower Gulch	15.3～16.3 〃	2.53	9.1	41-35-12-75°	〃
Beltinqe England	0.07—0.4 m/d	1.7	6.6	18—13—7°	Mudslide
Drynock Canada	0.9—2.4 m/y	2.0	2.6	8.9°	〃
Spitzbergen	0.0025 m/min	2.0	22—28	8.5 —12°	〃
Glendalough	2.4—14.3 m/s		15—40	28—22°	Debrs Slideflow
Tahoma Peak U.S.A	2.9～4.2 〃			90—5°	Flowslide
Aberfan	2.4～4.8 〃	1.9		36—12.5°	Liquefaction 〃
Orkdalsfjord	7—8 〃		3.3	9—4.5°	
Vaerdal	0.97～1.1 〃	1.7—1.8	40～50		Quick Cloy
Nicolet Canada	0.025 〃	1.7	41—68	40°	〃
Whites Road	0.01～0.1 m/d			25°	Slump-Earthflow

＊ 以外　After Hutchinson, J. N

＊　諏訪・奥田

4－3　砂防ダムの水叩厚の決定方法について

（質　問）

砂防ダムの水叩厚を決定する要素としては落差水深，礫の大きさ等があげられると思うが，現在，利用している経験式（下記の通り）は水深の与える影響が大きすぎると思われるので，この点解説を願いたい。

又，ほかによい式はないか伺いたい。

柿徳市式　$d=\alpha(0.6H+3t-1.0)$

H：ダムの有効落差

t：ダムの水透（越流水深）

α：係数0.2

d：水叩厚　　（山　口　県）

（回　答）

水叩厚を決定する柿式は，水叩の厚さは，砂防ダム天端からの落下水によって生じる前庭部の洗掘深に比例するとして求められた。ここで前庭部の洗掘深Tは，次のRiediger の式にもとづいている。

$$T=\left(\frac{V^2_m}{g}+2H\right)\cdot\frac{\gamma_1}{3-2\gamma_1}$$

$$\gamma_1=\frac{T+10\gamma_0}{T+10},\quad \gamma_0=\sqrt{\frac{ha}{he}}$$

$$ha=\frac{V^2_m}{2g}+t+a,\quad he=\frac{V^2_m}{2g}+H$$

ただし，H；上下水面落差，t；越流水深，a；射流分散の始まる断面の中点と水通し天端面との落差（≒0），V_m；ダム天端を離れる時の流速，γ_0；空気を混入した射流の比重，

γ_1＝慣入深Tにおける流体の比重

この式は流体が完全流体の場合の理論式で前庭部の河床抵抗を考慮に入れていない。この式のV_mはMatakiewieczの流速式（$V_m=2.38t^{0.7}$）を代入して，t＝1～5m，H＝1～10mの範囲で試算すると，TのH，tに関する数値表が得られる。これを整理して次の簡易式を得た。

$$T=0.6H+3t-1.0$$

そして水叩厚は，Tに比例するものとして次式とした。

$$d=\alpha(0.6H+3t-1.0)$$

上式によると流水中の空気混入量が$H+\frac{V^2_m}{2g}$に比例して増加することによって流水の比重γ_0は減少する。そのため，下流水面に流入する時の運動量は一般に考えられるようにHとともに増加しないので，この式にもとづいた柿式においてHに比べてtの与える影響が大きすぎる結果となったと考えられる。しかし，尾張等の砂礫層の前庭洗掘に関する模型実験によると，洗掘深さに影響ある因子は，流量，粒径，有効高の順であることが報告されているので，Hの効果に比べてtの影

響が大きすぎるとは，必ずしもいえない。

なお，遠藤は柿と同様の方法により，H＝1～30 m，t＝1～7 mの範囲でRiediger 式を試算し，その結果をもとに次式を得ている。

$$T=0.0279(t^{1/5}H+6.766t^{-2/3})^2$$

砂防堰堤の水叩厚さの決定に影響する要因として，天端からの落下水，落石，水叩底面の地盤支持条件，コンクリートの破壊強度などが考えられよう。水叩工は，落下水，落石による衝撃力，落下水に混じった砂礫による摩耗に耐えなければならず，かりに，水叩工は損耗するものとしても，経済的な厚さを決定するためには，落石砂礫によるコンクリートの破壊，摩耗機構が明らかにされ，さらに，落石，流水中の砂礫の水叩工表面に衝突する頻度等と水叩工の損耗速度との関係を知らねばならない。このうち落下水の水叩表面に及ぼす動水圧は，噴流理論を適用する試みが以前から数多くなされているが，砂防堰堤のように天端からの落石の影響を無視できない所では水叩工の厚さに関係する要素の解明は，ほとんどなされていない。そのため現状では実用上，水叩工の決定は，以前から用いられている経験によらざるを得ない。

参 考 文 献

柿　徳市　「治水砂防工学」

遠藤隆一　「砂防工学」

尾張安治，鐙島重雄，早川嘉一

「砂防ダムの下流洗掘」新砂防№72

（砂防研究室長）

4－4　河口閉塞防止の導流堤の延長方向の決定方法について

（質　問）

河幅の小さな（5 m程度）砂防河川において河口閉塞防止の導流堤の延長方向を決定するための調査方法について教示願いたい。

（山　口　県）

（回　答）

河幅5 m程度の小河川（砂防河川）における河口閉塞防止のための導流堤に関する問題で，その延長や方向を決定するための調査方法についての設問である。

河口閉塞の問題では，河川の規模の大小の差はあっても，海の現象に関するスケールは変らないので，調査内容を大きく縮少したり，省略することはできない。そればかりではなく，海の勢力に比し，川の勢力が弱いので，河口問題としては一層困難が伴うのが普通である。ただ，社会・環境に与える影響が一般に小さいだけのことであって，本格的な調査を行うに際しては，大河川のそれと基本的には何ら変るところはない。建設省技術研究会（S．47～S．49）で蒐集した資料を中心に，得られた成果である河口処理対策指針（案）[1]や，その他二・三の報告[2)・3)]は，このような小河川の河口問題の検討に際しても参考となるであろう。

河口においては，海と川の現象が重なり，干渉し合って，複雑な非線型現象が現われ，個々の河

川の社会環境も異るので，一般的な対処工法はないといってよい。そのため，個々の河川の特性に応じた考え方が要求される。この限りにおいて，海の現象や地形とその変動特性はもとより，河川の特性について全般的な調査が，その基本条件として要請される。それに加えて，個々の河川の特徴となる特性，例えば，河川の勾配と地盤高，洪水特性，流出土砂量，維持流量，および被害の状況などの調査を必須とする。隣接河口調査も重要な情報を提供するはずである。

河口処理対策については，処理的によっても異ることは当然である。小河川であるから，平常時および洪水時の内水および外水排除，あるいは河口位置の固定などの問題が多いであろう。このような場合の対処工法としては，人工開削，ポンプ排水，導流堤，および暗渠などが考えられ，多く実施されている。

導流堤工法はかなり一般的に採用されている。その長さや方向を決定するためには，a．それによって縮少される砂州規模の推定，b．河口の維持河積，c．洪水による砂州のフラッシュ，d．海岸侵食に与える影響，およびe．社会経済・環境などに関する調査・検討が必要である。このような事項の内容に関する記述は長くなるので省略するが，下記の参考文献などには，その説明がある。河口処理工は非常に費用のかかる事業であるから，専門技術者の助言を求めるとよいであろう。

参 考 文 献

1）治水　保，工研河川部：河口処理対策指針（案）　S．50
2）須賀堯三：河口問題と現地調査　土木学会水工シリーズ　S．47
3）須賀堯三：河口閉塞の現状とその対策　土木学会海溝シンポジウム　S．50

（河川研究室長）

4－5　すべり面における間隙水圧の決定について

（質　問）

岩すべりの安定解析を行うため，現在当該箇所の降雨（3カ月巻自記雨量計）と横坑内湧水量（パーシャルフリューム水位計）およびボーリング孔内水位（自記水位計）の測定を行っている。安定計算を行うにあたり，すべり面のせん断抵抗力と間隙水圧を決める必要があるが，特に間隙水圧の推定にあたって現位置での孔内水位等をどのように参考にしたらよいか教示願いたい。

（弥栄ダム）

（回　答）

地すべり安定解析の際に用いる間隙水圧値については，すべり面における実際の間隙水圧を実測することが困難であるため，すべり面に達した垂直ボーリング孔の孔内水位をもって代用することとしている。

孔内水位は降雨の影響を受けて上昇，下降するものであるから，安定解析に用いる値によっては安全率が変化して，その後の防止対策のための計画安全率を定めるのに支障がある。

しかし一般に地すべり活動が活発になるのは異常降雨時が多く，通常の降雨時にはなんとか安定を保っている状態にあるので，通常時の地すべりの安全率を1とし，この時の間隙水圧としては地下水位の平均値を用いることが多い。

したがって降雨時の地下水位の上昇はそれだけ安全率の低下となるわけで，防止対策による排水効果の目的は降雨時の地下水位上昇を平均水位以下に抑えることになる。

（地すべり研究室長）

5．水質・下水道に関する問題点

5－1　水質分析データの精度について

（質　問）

水域における水質の評価はきわめて重要な事であるが，水質分析はＪＩＳで定められた試験方法によって分析しても分析過程に於ける条件（保存状態，希釈水，測定個人差）等により，非常に差が大きく出てくる。これに対して現在までの水質分析精度の検討及び今後の取扱い方針について御指導願いたい。

また，湖沼のＣＯＤについては酸性法とアルカリ性法の２通りがあるがこの相関性および今後の処理方針についてもお伺いしたい。

なお，合理的な水質管理を行う上においても水質自動監視装置の精度アップ，テレメーターによる集中管理，ならびに現地における簡易な操作によって水質測定が可能な可搬式測定器等についても現状と将来性について教示いただきたい。

（出　雲）

（回　答）

水質分析データの誤差は，分析までの採水・試料の保存の過程から生じるものと，分析の過程で生じるものとがある。前者には，採水容器が清潔でなかったり，採水時に底泥を巻き上げた状態で採水することによるものなどの他，現場で行なう試料の前処理が不適切であったり，分析所に搬入する迄または分析所内における保存状態が悪いことによっても生じる。その他，誤差とはいえない性質かも知れないが，深さ方向や横断方向の水質が非常に変化している水域において，採水位置が不正確なために意図した位置の水質とは掛離れた分析結果が得られることも多い。

分析過程で生じる誤差は，錯誤による誤差，系統的な誤差，ランダムな誤差の３つに大別できる。錯誤による誤差は分析操作の誤り，データの書き間違いその他であり，他の種類の誤差に比べると発見するのも，なくすることも容易である。系統的な誤差とは正しい値よりも大きい方向または小さな方向のいづれか一方向に発生するものをいい，分析に対する妨害物質が除去できていない場合や，不正確な濃度の標準液で検量線を作成した場合などがその例である。この種の誤差は，同一の試料を他の分析者が分析するとか，他の分析方法で分析してみることなどによって発見できることがある。ランダムな誤差は正しい値を中心として大きい方向にも小さい方向にも無差別に起るものであり，これを少くするには同一の試料について数多くの繰返し分析を行ない，平均値を求めるしか方法はない。

各分析方法を用いた場合の分析精度はＪＩＳ，米国標準試験法などに示されているが，殆んどは標準液についての精度であり，上記の誤差の分類に従えばランダムな誤差に相当するものである。実際の試料については，測定された例は多いかも知れないが，公表されているものは非常に少ない。これは，実際試料の場合は真値が不明なこと，および妨害物質の存在状態が千差万別であり，誤差のあり方の一般化ができないことなどが主な理由である。したがって，実際試料についての精度の調査は，１種類の試料に標準物質を種々の濃度に添加し，これを分取していくつかの分析所で繰返

し分析を行なって誤差を調べるという方法になる。ただし，このようにして測定した誤差は，試料が異なれば違う筈であり，一般化することはできない。米国環境保護庁では上記のような方法でいくつかの水質項目について誤差を調べているが，その一例を表－1，2，3に示す。建設省でも次年度より5ケ年計画で各水質項目について同様な調査を行なう予定であり，現在，水質分析担当者会議において調査方法の検討が進められている。

また，試料の前処理方法，保存方法，保存期間も分析精度に大きな影響を持っており，河川砂防技術基準（案）の作成時に一応の標準が定められたが，調査・検討が不十分なものもあるので，水質分析担当者会議で今後更に検討される予定である。

酸性法とアルカリ性法のCODに関しては，湖沼および海域の環境基準が酸性法のCODで定まっていることから（ただし，海域B類型の工業用水および水産2級のうちノリ養殖の利水点における測定方法はアルカリ性法），原則的には酸性法のCODによるのがよい。特に，淡水の湖沼についてはアルカリ性法のCODを測定する必要性は全くないし，現在は殆んど用いられていない。しかし，海域や汽水性の湖沼にあっては，塩素イオンの影響により酸性法のCODでは測定値のバラツキが大きいので，特に農林水産関係ではアルカリ性法が広く用いられてきた。このように，塩素イオンが高濃度に含まれている水の分析を行なう場合，純技術的な見地からすればアルカリ性法の方が良いとも考えられるが，建設省が実施している水質調査の大きな目的の1つは，環境基準が遵守されているか否かを監視することであるので，原則的には酸性法のCODによるべきであろう。ただし，従来のデータがすべてアルカリ性法のCODである場合には，暫くの間両法で測定を行なって相関十分を検討しておくことが必要である。この場合，両者の間に良い相関があれば問題はないが，酸性法の方がアルカリ性法の1.5～5倍程度大きくて，一般には良い相関がないことが多い。従って，ある程度の期間両法を併用して測定した後に，その後も両法の併用でいくか，あるいは問題を残したままアルカリ法の測定をやめるか決断することになろう。

可搬式簡易水質測定器については，最近種々の形式の製品が市販され，また，実際に使用され始めている。これらの中でも比較的精度が良いと考えられるのは携帯用比色計を用いる方式のものであるが，この種のものも5種類以上の製品がある。現在，土木研究所において，この種の製品を下水の水質測定に応用した場合の測定精度を，主として重金属について調査しているが，妨害物質のマスキングが十分行なわれていない項目が多く，高々排水基準程度の濃度の測定しか満足に行なえない，或いは排水基準の濃度であっても測定が難しいというものが多い。河川水を対象とする場合にはもう少し低い濃度の測定が可能かもしれないが，いづれにしてもこれら簡便法による測定によって公定法による分析にかえるということはできない。しかし，今後の進歩によって，現場で簡便法によって試験し，疑わしい試料のみ分析所に持帰って公定法により分析するという形で利用できる可能性は大いにある。

水質自動監視装置の測定精度の向上については，河川局が水質調査担当者会議やモニター研究会を通じて今年度の重点目標として取組んでいる問題であるが，現段階では保守点検，機器の較正などを十分に行なう以外方法はないと考えられる。また，逆に云えば，水温，pH，導電率，溶存酸素などの項目であれば，保守点検さえ十分に行なえば，ほゞ満足すべき測定結果が得られると考え

られる。その他の項目，特に最も測定が必要とされる有害物質については，測定装置自体が更に改良されなければならない。また，テレメータ化については，テレメータ化すること自体には技術的な問題点はあまりないと考えられるので，テレメータによる集中管理を行なう価値のある測定ができるか否かにかかっていると思われる。

（水質研究室長）

表－1　ケルダール窒素の分析精度―― 河川水を２０分析所で延３１回分析した結果

ケルダール窒素添加量 mg N/liter	標準偏差で表わした精度 mg N/liter	正確度 偏倚 %	正確度 偏倚 mg N/liter
0.20	0.197	+15.54	+.03
0.31	0.247	+5.45	+.02
4.10	1.056	+1.03	+.04
4.61	1.191	−1.67	−.08

表－2　硝酸性窒素の分析精度―― 河川水を１５分析所で延２７回分析した結果

硝酸性窒素添加量 mg N/liter	標準偏差で表わした精度 mg N/liter	正確度 偏倚 %	正確度 偏倚 mg N/liter
0.16	.092	−6.79	−.01
0.19	.083	+8.30	+.02
1.08	.245	+4.12	+.04
1.24	.214	+2.82	+.04

表－3．オルトリンの分析精度――４種類の河川水を９分析所で分析した結果

オルトリン添加量 mg P/liter	標準偏差で表わした精度 mg P/liter	正確度 偏倚 %	正確度 偏倚 mg P/liter
0.04	0.019	+16.7	+.007
0.04	0.014	−8.3	−.003
0.29	0.087	−15.5	−.05
0.30	0.066	−12.8	−.04

5－2　三次処理の現況と見通しについて

（質　問）

近年下水道事業が各地で積極的に実施されるようになり，特に水質保全の立場から処理場における高級処理の研究および河川の維持流量確保のための河川への環元が要求されている。

処理水の目標水質によっては三次処理を必要とせぬ，効率のよい，下水再利用もあり得ると考えられるが，河川管理者として処理水を河川に環元させるためには，相当の処理設備が必要と考思される。下記の点につき，教示願いたい。

1）諸外国における三次処理の傾向

2）わが国における現況と見通し

イ）水質復元の技術的限界

ロ）実用化の見通し（m^3当りの処理費等）

ハ）N．Pの処理限界

ニ）汚泥の処理，処分，再利用

ホ）三次処理の問題点　　（河川管理課）

（回　答）

1）諸外国における三次処理の傾向

次に示す，各国の三次処理に関する情報は，文献に現われた断片的な情報，我国の専門家の海外見聞録などから得たもので，比較的情報の多いアメリカの場合を除き，必ずしもその国の実態を代表するものとは云えない。

イ）アメリカ

アメリカはこの面での研究，開発が最も進んだ国であり，１９５８年から現在の環境保護庁（ＥＰＡ）：国立環境研究センター内の下水高度処理研究所を中心に精力的に研究が進められている。これらの研究の過程において，１００以上の単位プロセスが検討されてきているが，ある種のプロセスについてはその基礎研究はすでに終り，現在では表－１～表－４に示すように，実用規模での施設の運転あるいは計画がなされつつある。

１９６８年には高度処理を行う処理場数は１０カ所であったが，１９７２年には４５５カ所に増加した。高度処理が急速に普及していった理由は次のようなものである。

① 環境問題に対する社会的な目覚め。

② 地方都市の汚水対策の認識。

③ マスキー法に見られるような，さらに厳しい水質基準。

ロ）イギリス

イギリスにおける高度処理の研究は「水質汚濁研究所」が中心になって実施されており，すでに一部では実施されている。ロンドンの北方５０Ｋｍにある人口１６万人のルートン市では，放流先の河川がロンドンの水道水源の一部となっているので，イーストハイド処理場では１９６８

年より急速砂ろ過による三次処理を実施しており，チャールトン処理場では散水沪床法による処理水をグラスプロットと呼ばれる草地に導いて浄化している。

テームズ川河川局（Thames River Authority）のブラックバード処理場では，上向流式砂ろ過により三次処理を行っている。

ハ）ノルウェー

ノルウェーでは「国立水研究所」で下水の高度処理に関する研究，オスロフィヨルドの水質汚濁防止対策に関する総合的な調査研究を行っている。首都オスロでは，オスロフィヨルド（湾）の水質汚濁を防止するため，スカルプスノ処理場において１９７１年より，ベッカラーゲ処理場において１９７３年より，二次処理の改善による処理水質の向上を目的として，凝集剤の添加による化学処理を併用している。

ニ）スウェーデン

スウェーデンでは，国が高度処理を奨励するため，処理場の建設についての補助率を前記５節に述べたように，処理効率によって変えている。

このため１９７２年から１９７３年にかけて沈殿法による処理場は１４ケ所，生物処理法は６５ケ所減少し，化学処理または生物化学処理法による処理場が１７５ケ所増加した。

ストックホルムの４つの処理場は，いずれも凝集剤の添加による化学処理を併用している。

ホ）西ドイツ

西ドイツでは，バイエルン生物研究所で高度処理の研究が行われている。オリンピックが開催されたミュンヘン市では，グロスラッペン処理場の処理水とイザール川（ドナウ川の支流）の河水を混合して養魚を行っている。また将来の増設および新処理場に純酸素曝気法を採用するための研究が行われている。

ヘ）オーストリア

オーストリアは，ウィーン市のブルーメンタール処理場において，ウィーン工科大学の研究指導により，生物学的硝化・脱窒が行われている。

ト）ナンビア

ウインドホーク市では雨量が少なく，蒸発量が多いため水資源に乏しい。そこでガンメンス処理場では，南アフリカ国立水研究所の研究に基づき，１９６８年１１月4,５００m³／日の能力を有する三次処理施設を完成させた。１９６９年１月からは正式に給水された。その後新貯水池が完成したので，現在では乾期の水不足時だけ給水されている。

チ）南アフリカ共和国

首都プレトリア市のDasport 処理場（散水沪床法）では，処理能力4,５００m³／日の三次処理プラントを設置し，１９７１年から運転をしている。種々の原水で物理化学処理を行い，その組合わせの最適化，大規模処理施設の設計基準作成のための調査研究が行われている。

ヨハネスブルグ市では，北処理場の散水沪床による二次処理水を急速砂沪過によって処理し，その１／３を火力発電所の冷却用水として利用している。

ケープタウンでは，将来の水需要の増大に備えて，三次処理水を飲料水として再利用すること

が計画されている。

リ）シンガポール

シンガポールのUla Pandan 処理場では，活性汚泥法によって二次処理をした後，沈殿，沪過，塩素滅菌を行い，１日約２万m^3を工場用水として再利用に供している。

ヌ）オーストラリア

オーストラリアの国立科学工業研究所は，メルボルンのLower Plenty処理場内に９０m^3／日のパイロットプラントを設置し，メルボルン首都圏土木局との共同研究によって物理・化学処理の実験を行っている。

首都キャンベラ市のLower Molonglo 処理場においても，生物学的硝化・脱窒を含む高度処理が研究されている。

（以上は「下水道年鑑」１９７６年版より抄録したものである。）

表－１　リン除去を実施または計画している施設

場　　所	規模 千t／日	状況
シカゴ（イリノイ州）	114	設計中
シアトル（ワシントン州）	76	〃
ポモフ（カリフォルニア州）	8	運転中
南タホ湖（カリフォルニア州）	28	〃
ピスカタウェイ（メリーランド州）	19	建設中
コロラドスプリングス（コロラド州）	8	運転中
リャードソン（テキサス州）	4	〃
ブループレインズ	1,140	〃
エルラゴ（テキサス州）	2	建設中
Hatfield Twp., Pa.	19	運転中

表－２　米国で生物学的硝化・脱窒システムを計画中の施設

場　　所	処理能力（百万ガロン／日）（m^3／日）
サルトクリーク（イリノイ州）	50　（190,000）
タンパ（フロリダ州）	90　（340,000）
エルラゴ（テキサス州）	0.5（1,900）
クレモントカウンティ（オハイオ州）	2　（7,600）
ワシントン特別区	300　（1,140,000）

表－3　米国で物理・化学処理施設を計画している施設

場　　所	規模（百万ガロン/日）（m³/日）	状　況
ロッキーリバー（オハイオ州）	10（38,000）	契約終了
ペインズビル（オハイオ州）	5（19,000）	設計中
クリーブランド（オハイオ州）	10（38,000）	〃
フィツバーグ（マサチュセッツ州）	15（57,000）	〃
ウォーターフォード（ニューヨーク州）	2（7,600）	計画終了
コートランド（ニューヨーク州）	10（38,000）	〃
クレイ（ニューヨーク州）	10（38,000）	〃
ナイヤガラフォールス（ニューヨーク州）	60（227,000）	〃
ガーランド（テキサス州）	30（114,000）	設計中
ワッソー（ミシガン州）	6（23,000）	〃

表－4　三次処理としての活性炭処理

場　　所	活性炭	有機物（mg/ℓ）		除去率（%）	有機物指標
		流入水	流出水		
ポモナ	粒状	43	10	77	COD
コロラドスプリングス	〃	43	13	70	TOC
南タホ湖	〃	12	3	75	TOC
レパノン	粉状	20	4	80	TOC
トーソン	〃	27	7.5	72.5	COD

2）我国における現況と見通し

イ）水質復原の技術的限界

設問でいわれている「技術的限界」の「技術」という言葉の中に経済性というものを考えなければ，「限界」はないといっても良い。つまり，金に糸目をつけなければ，下水からでも望むままの水質を得ることは現在でも可能である。早い話が今の技術でも適当に前処理を行なった2次処理下水を逆浸透装置で処理することにより，水道水を淩ぐような水を作ることは簡単だからである。但しその為には，逆浸透処理は勿論，前処理であるリン除去，窒素除去，有機物除去などの前処理のために莫大な費用が必要である。この様に考えると技術の中にも経済性を加味し，その限界をとらえることが必要である。しかし，これは非常に難しい問題である。現在，各地でパイロットプラント実験が行なわれ，実規模実限が行なわれているのは，まさにこの限界をさぐるためである。

ロ）実用化の見通し

河川の水質管理の立場からすると，当面の水質目標は水質環境基準ではないかと思われる。河川の水質環境基準にはBOD，SS，DOなど項目が定められているが，これらは，下水ないし

下水処理水では有機物を代表する指標としてとらえられている項目である。

したがって，環境基準達成の意味からは，河川に放流される下水処理水の有機物が重要である。有機物の除去を主体とする三次処理の手法には浮遊性有機物の除去を図るものと，溶解性有機物の除去を図るものの二つがある。前者では急速砂沪過，凝集沈殿などが有望であり，後者では活性炭吸着などが有望とされている。

一般に下水の二次処理水のＢＯＤは２０ｐｐｍで，これを急速砂沪過すると６０％が除去されて８ｐｐｍ前後となり，それ以上にＢＯＤを除去するためには活性炭吸着が必要であろうとされている。建設省下水道部が昭和４７，４８年度に推算した例によると三次処理のコストは表５のようになっている。

設問の「実用化の見通し」について申上げるならば，表１からも判るように単純な沪過のみ，または，リン除去を考慮して凝集沈殿＋急速沪過が一つの限界のように思われる。現在建設が進められている南多摩処理場（多摩川流域下水道）利根浄化センター（常南流域下水道）の実規模三次処理実験施設も，この線に沿うもので活性炭吸着は将来計画として取り入れられている。

ハ）　Ｎ．Ｐの処理限界

イ）の設問と同様，経済性を無視すれば，双方を零にすることは不可能ではない。しかし経済的な怒限度を考慮すると，Ｎの除去にあっては，①アンモニアストリッピング，②不連続点塩素処理，③選択的イオン交換，④生物学的硝化脱窒素法が※有望であるとされている。けれども①～③にあっては除去可能な物質はNH_4－Ｎであり，他の形態のＮについてはほとんど無力である。従って二次処理で硝化が促進される夏季にはNO_2+NO_3—Ｎが主体となるため①～③の処理では意味がない。④では３段階式のプロセスを用いる※ことによって流入総窒素の９０％，残留濃度で２ｍｇ／ℓまで除去可能であるといわれている。又⑤についてはこれまでのパイロットプラントの実験で０．２～０．１ｍｇ／ℓ，⑥については０．５ｍｇ／ℓ程度までの除去は可能のようである。富栄養化を起生せしめる限界濃度はＮの場合０．３～０．５，Ｐの場合０．０１～０．０２とされているから，Ｎ．Ｐが零の水で十倍以上の希釈が必要ということになる。

※　Ｐの除去にあっては⑤石灰凝集沈殿，⑥金属塩（ＦｅやＡｌ）による凝集沈殿

ニ）　汚泥の処理，処分，再利用

三次処理を行なうことによって発生する汚泥には①凝集沈殿に伴なう薬品汚泥，②生物学的硝化脱窒素などからの生物汚泥，③脱塩処理からのブラインに大別される。急速沪過や活性炭吸着プロセスの逆流洗浄で生ずる濃厚浮遊物も沈降濃縮すれば汚泥となりうるが，通常この洗浄排水は一次処理プロセスに戻されるので省略する。又②の生物汚泥の処理処分再利用については現在の二次処理施設から発生する余剰汚泥と同様に扱うので，ここでは省略する。

そこで①の汚泥であるが，「灰汚泥」については汚泥の主体が$CaCO_3$（炭酸カルシウム）であり，これにＣａとＰの化合物$Ca_5(OH)(PO_4)_3$（カルシウムヒドロキシアパタイト）や$Mg(OH)$（水酸化マグネシウム）などが混合したものなので，比重の差を利用して遠心分離機によってまず$CaCO_3$を回収する。次に回転速度を高めてアパタイトなどを回収する。アパタイトは燐酸肥料として有効である。$CaCO_3$はこれを燃焼するとCaO（生石灰）とCO_2（炭酸ガ

ス）になるので前者は水を加えて消和し$Ca(OH)_2$（消石灰）として再利用し，後者は$Ca(OH)_2$注入で上昇した下水のpHを下げるために使用する。石灰の回収率は70％程度である。

硫酸アルミニウム汚泥等については現在の所，脱水して埋立にするより他はないがAlやPが貴重資源であるとの観点から両者の回収が考えられている。即ち，この汚泥は，$Al(OH)_3$や$Al(PO_4)_3$が主体なので硫酸を加えてpHを低下し，Alや(PO_4)を一度溶出させ，その後化学的に両者の分離を図ってAlとPを回収するわけである。まだ研究の緒についたばかりではあるが一つの方向を示すものであろう。

③のブラインは下水の脱塩処理がそれほど進んでいないので，差し当っての問題とはなっていないが，処理処分の困難さからすると将来大きな問題となる可能性がある。

塩類を濃厚に含んだ廃液であるから，有効成分の回収を図る方法が望ましいが，当面は濃縮した上コンクリートの中に混ぜるかなどの方法しかとれないようである。

なお，これらの汚泥の中には有害な重金属類も若干は含まれているので，それらに対する対策も考えなければならないが，これも今後の研究課題である。

ホ）三次処理の問題点

三次処理の問題点として考えられる事項は次の通りである。

(A) 三次処理費用の負担

三次処理を実施するには多額の初期投資と多額な維持管理費が必要である。第3次下水道財政研究委員会の報告「下水道財政のあり方について（提言）」によれば，「下水道はナショナル・ミニマムとして，また水管理システムの重要な構成要素として公共性の強い施設であるから，建設費については汚染原因者の負担を除き，公費で負担することを原則とし，維持管理費（雨水に関するものを除く）については使用料で回収するものとする。三次処理に要する費用は特定排水（工場排水等企業活動に伴なう下水で一定水量以上のもの）を除き公費で負担すべきである」としている。したがって方向としては公費負担が原則となろうが，三次処理の目的によってはこの原則はくずれる可能性もある。たとえば下水処理水を再利用する場合には，その受益者たる利用者に負担を求めることは当然であろう。公共用水域に排出する場合には下水道使用料で三次処理迄を，再利用する場合には二次処理迄の費用を下水道使用料で負担したらどうかといった意見もあるが，この負担限度をどこにおくべきかは未解決の問題である。

(B) 省資源，省エネルギー

三次処理を行なうためには，揚水のための電力や化学薬品などが新らたに必要である。即ち，単に金がかさむといった経済的な支出だけでなく，資源やエネルギーの消耗をも伴なうわけである。一般に三次処理ではその処理程度を高めるほど大量のエネルギーが必要である。南タホ湖での試算によると処理に直接利用されるエネルギーと薬品等を製造するために使用される間接的エネルギーを合わせて比較した場合，三次処理に必要なエネルギーは二次処理までの消費エネルギーの約1.6倍にもなっている。こうした観点からいかに省資源，省エネルギー型の処理技術を開発するかが重要な問題である。このためには，資源ーエネルギーの回収を図ることを併せて考えなければならない。

(C) 汚泥の処理処分

下水道普及率の増加，汚濁負荷量の増加,処理水質の向上などにともなって，発生する汚泥量は増加してゆく傾向にある。下水処理場において三次処理を行なうことになれば発生汚泥量はさらに増大する。特に三次処理汚泥は化学薬品を含むため，使用する凝集剤によっては処理処分が非常に困難なものがある。したがって，発生量が少なく，処理処分が容易な処理方法を開発する必要がある。

(D) 環境への二次汚染の防止

三次処理の実施に伴なって，資源やエネルギーを消費することは既に述べた通りであるが，その結果として，別の汚染物質が環境中に放出される可能性がある。大気汚染，騒音，振動などのほか，heat pollution も生じる可能性がなしとは云えない。したがって，環境全体を考慮し調和のとれた処理手法を確立する必要がある。

(E) 技術開発上のその他の問題点

技術開発を行なう上で留意すべき問題点として

(a) 我国の国情から用地面積の小さなもの

(b) 維持管理が容易なもの

(c) 処理プロセス間に有機的連携がとれるものなどをあげることができる。

(F) 窒素リンに関する目標水質の設定

窒素及びリンは富栄養化の主要原因物質であり，現に瀬戸内海など各地で赤潮や青潮が生じているから三次処理して，下水放流水中の窒素やリンを除去すべきだという声は強い。しかし，それでは一体いくらの値にして放流したらよいのかというと，これに明解な回答を与える目標値がないのが現実である。藻類の異常発生現象とそのときの窒素やリンの濃度から環境基準を定めることは不可能ではなかろうが，それを維持達成するために最大限許容される負荷量を定め，排出源毎に割当てる手法が確立されていないためである。ゼロ排出思想に基づける事は簡単だが，資源エネルギーのロスを考えると単純な割切りは難しい。

（三次処理研究室長）

三次処理の維持管理費比較（推算）　単位　円／m^3

	処理規模 / プロセス	50,000 m^3／日	100,000 m^3／日	500,000 m^3／日	備考
昭和47年度推算	粒状活性炭吸着法	4.52	3.45	2.10	
	急速沪過法	2.69	1.85	0.76	
	凝集沈殿法	5.90	4.95	3.76	硫酸バンド使用
	凝集沈殿・沪過処理法	8.35	6.59	4.38	
	凝集沈殿・沪過・活性炭処理法	12.64	9.84	6.35	
	急速沪過・活性炭処理法	6.97	5.09	2.71	
昭和48年度推算	硫酸バンド添加によるリン処理	7.74	6.51	4.98	沪過を含む
	石灰添加によるリンの処理	10.29	8.71	6.30	沪過及び石灰の再生を含む
	溶存酸素回復	0.43	0.23	0.10	
	急速沪過	0.92	0.77	0.46	
	活性汚泥型硝化処理	6.24	5.25	4.23	汚泥処理を含まず
	活性汚泥型脱窒素処理	11.05	10.55	9.90	
	アンモニアストリッピング	2.18	2.18	1.90	pH調整含まず
	不連続点塩素処理	22.08	21.88	21.68	
	石灰添加＋アンモニアストリッピング	12.59	10.96	8.29	
	石灰添加＋生物学的硝化脱窒	27.58	23.34	18.03	

建設省下水道部：東京湾汚濁防止調査報告書（47年版，48年版）より

5－3　海域負荷量の推定について

（質　問）

太田川工事事務所では，昭和49年度から太田川，広島湾の特定調査として，水質保全対策調査を行なっている。この中で広島湾域も含めた水質予測シミュレーションモデルを作成中であるが，予測計算を行なう場合に，負荷量，特に海域で生産される負荷重（内部生産量）を定める推定方法があればお伺いしたい。

また，外部からの負荷量は主に河川からの流入であるが河川からの負荷量も長期間にわたって影響あるものは洪水時の負荷量と思われるが，この洪水時のＢＯＤ負荷は流域内に溜っていたものをすべて運び出しているため，低水時のＢＯＤ負荷と区別されるべきものかお伺いしたい。

あわせて湖沼および海域における富栄養化の相違点ならびに両水域において水質管理上必要な分析項目と水質基準についても教示願いたい。

更に，閉鎖水域である広島湾の海水の交換率，浄化機構，浄化率（特にＮ．Ｐについて）について教示願いたい。　（太　田　川）

（回　答）

海域などの閉鎖水域において，ＣＯＤ，ＢＯＤ，あるいはＴＯＣなどで表わされる有機性汚濁を対象として水質シミュレーションを行なう場合，その水域が富栄養化しているときには，河川などを通じて岸から流入する負荷量のみを考えては不十分であり，水域内部で植物性プランクトンの一次生産によって生産される負荷量をも考慮しなければならない。内部生産が大きなウエイトを持っているということは，現象的には霞ケ浦や東京湾の水質（例えばＣＯＤ）が，夏季には冬季の２～３倍にもなることからも推定でき，河川等を通じて岸から流入する負荷量は，夏季と冬季とではそれ程違わず，むしろ冬季の方が大きいことも多いことを考えると，植物性プランクトンの一次生産が水中の有機物濃度に大きく関係していることが想定される。植物性プランクトンは水中の炭酸ガスと窒素やリン等の栄養塩類を利用して光合成によって増殖し，生成された植物性プランクトンがＣＯＤなどとして測定されるので，岸からの有機物負荷とは無関係に水域内部で有機物負荷が生産されることになる。内部生産量は場合によっては非常に大きく，例えば東京湾では低く見積って岸からの負荷量とほゞ同程度，恐らくは更に多いと推定されている。[1)]

内部生産量の推定方法は以下に述べるようにいくつかあるが，いづれも満足な方法ではなく，現状では複数の方法で推定して確からしい値を求めるのが最もよいと考えられる。

(1)　ＣＯＤ等の年間変化から推定する方法

年間を通じてＣＯＤ等の観測を行ない，冬季には植物性プランクトンは存在しないとし，冬季に観測される年間の最低のＣＯＤとそれぞれの時期のＣＯＤとの差を植物性プランクトンによるＣＯＤとする方法である。中西[2)]はこの方法によって，瀬戸内海における内部生産は流入負荷の約７１％であると推定している。これと同様な方法として，沪過しない試料と沪過した試料の差をすべて植物性プランクトンによるＣＯＤと仮定して求める方法もある。

種々の水域での生産量をこのようにして求め，これらとその水域の冬季の栄養塩濃度との相関をとることができれば，栄養塩濃度が変化すると仮定する将来水質の予測にも応用できる可能性はあるが，あくまでマクロな予測に過ぎない。

(2)　水質シミュレーション計算による方法

太田川工事々務所の依頼により土木研究所が広島湾について行なった計算[3)]がその一例であるが，内部生産項以外の項をすべて既知の値として与え，内部生産項を種々に変えてシミュレーション計算を行なって，実測の水質分布が再現できるような内部生産項の値を求める方法である。この方法で行なう場合には，計算方式が誤差の少ないものであり，また内部生産項以外の項を正しく与えることができれば正しい結果が得られようが，そうでなければすべての誤差が内部生産項に含まされてしまう。

(3)　一次生産の実測による方法

明暗ビン法などによって水域の一次生産量を直接測定する方法もあり，参考文献[1)]の値はこの方法によっている。また，従来から生物学の分野では広く用いられている。しかし，この方法も精度良い測定を行なうのはかなり困難である。また，上記２法はある期間の平均的な値を与えるのに反し，この方法では調査当日の値しか求まらず，一次生産量は天候などの気象条件に大き

く左右されることを考えると，１日だけの測定値は必ずしも望ましいデータとは云えない。

(4) 一次生産を規定する因子から推算する方法

植物性プランクトンの増殖速度に関係する因子は，植物性プランクトンの現存量，水温，栄養塩類濃度，死亡率，高次の生物による補食率その他数多くあるが，これらの関数として一次生産量を表わそうとするものである。これは最も正統的な方法であり，我国でも多少試みられてはいるが[4)]，未だ解明できていない点が多く実用化には程遠い。

海域など滞流時間の非常に長い水域について汚濁解析をする場合には，河川のように直ちに水が流下する水域の場合とは流入負荷量に関する考え方を多少変える必要がある。河川の場合にはある時点に流れている流量とその時点に流入している負荷量によって水質が定まるのに反し，海域などの場合には対象とする時点以前のある期間の間の平均的な負荷量によって定まる。したがって，海域への流入負荷量を検討する際には，例えば河川の低水時の負荷量というような特定の時点での負荷量ではなく，ある程度平均的な負荷量を求めることが望ましい。河川からの負荷量は河川の流量によって大きく変り，通常の河川では負荷量は一定ではなく，むしろ流量にほゞ比例するという形になっていることが多い。また，洪水の初期には流域あるいは河床に堆積している負荷量が一時に流出し，極めて水質が悪化することもある。したがって，海域への河川などからの負荷量を求める際には，小洪水時における負荷量の時間変化のパターンをある程度調べておく必要がある。

湖沼と海域における富栄養化の相違点としては，発生するプランクトンの種の違いなども勿論あるが，制限となる栄養塩が，一般的には淡水の湖沼などではリンであり，海域や感潮部では窒素であるということがあげられる。ただし，これは一般論であって，個々の水域ではそうなっていない場合もある。廃水を処理して栄養塩類が停滞水域に流入する量を少なくするという対策を考えた場合，リンの除去は薬品凝集沈殿によって比較的簡単に行なえるが，窒素の除去については実用上多くの問題が残っている。したがって，富栄養化の防止は海域の方が湖沼に比べてより困難といえるであろう。実際，廃水中のリン除去を行なうことによって湖沼の富栄養化を制御した例はいくつかあるが，窒素を除去して制御したという例は皆無である。

富栄養化した水域あるいは富栄養化する可能性のある水域において水質管理上必要な分析項目は，いわゆる生活環境項目や生物調査を除くと，概ね重要な順に透明度，総リン，総窒素，アンモニア性窒素，硝酸性窒素，オルトリン，ＴＯＣ，ＩＣ，溶解性リン，溶解性ＣＯＤ，溶解性ＴＯＣ，亜硝酸性窒素，溶解性窒素などである。これら富栄養化関連の水質項目に対しては我国では環境基準，排水基準とも未だ定まっていないが，近い将来順次定められるものと考えられる。米国においてはかなり多くの水域について定められており，参考文献５）にまとめられている。

なお，窒素，リンなどの栄養塩類は，ＢＯＤやＣＯＤで表わされるような有機物とは異なり，分解して消滅することはない。（ただし，窒素については，特殊な条件の下で硝酸イオンが窒素ガスに変り，空気中に逃げて行くことはある。）それ故，窒素，リンについては自浄作用という概念は成り立たず，水中から除去されるとすれば浮遊物中に含まれている窒素，リンが沈殿して底泥にな

ることしかない。底泥として堆積したものについては，底泥からの再溶出を防ぐことができれば浄化されたことになるが，窒素については再溶出を防ぐことは非常に困難である。しかし，リンについては水質を改善することによって再溶出を防げる可能性がある。

＜参考文献＞

1）関東地建企画部「東京湾汚濁現象委員会報告書」昭和４８年３月

2）中西　弘「水質汚濁の制御手法 ── 富栄養化物質を中心として」第８回水質汚濁に関するシンポジウム講演集，日本水質汚濁研究会，昭和４９年９月

3）土木研究所水質研究室「広島湾汚濁予測計算」昭和５０年３月

4）井上頴輝「琵琶湖富栄養化のモデルについて（Ⅱ）── 湖内の水質 ──」第１１回土木学会衛生工学研究討論会講演論文集，昭和５０年１月

5）USEPA, "Control of Nitrogen in Waste Water Effluents", Tech. Transfer Design Seminar, 1973

（水質研究室長）

５－４　下水道におけるテクノロジーアセスメント手法について

（質　問）

従来の浸水対策，水洗化の促進という目的から近年は水質汚濁防止が重要されている。これに伴ない，合流式下水道の雨天時初期の汚濁下水対策，三次処理，処理水再利用，汚泥の処理と再利用，処理場の自動化等の新技術の採用が求められるが，これらの技術上の問題をアセスメントする場合の手法と諸例について，指導いただきたい。

（広島市）

（回　答）

これまで，わが国で広く採用されてきた下水処理技術は１８８４年に開発された活性汚泥法をはじめ，その多くは長い歴史を有するものであり，また，戦後長い間下水道事業の大半は下水管渠系統の整備に向けられていたため，新しい下水処理技術の開発や実用化はほとんど行なわれなかったが，１９７０年代の高度経済成長以降下水道をとりまく環境条件も大きく変化し，これに対応するための新技術が数多く開発された。

御指摘の通りこれら新技術の採用に当っては技術的な事前評価，テクノロジーアセスメントが必要である。技術評価の業務は，

1）技術のもたらす諸影響の調査

2）調査分析結果に基づく評価

3）評価結果に基づく措置（開発方向の修正）

の三つから成り立つとされているが[1]，下水処理技術の評価に関する留意点は次のように要約されよう。

1）下水処理技術の多くは公共事業である下水道事業に採用されるものであり，経済性，耐久性，実用性等公共施設として必須の条件を備えているかの評価は不可欠である。

2）下水処理プロセスは次第に複雑化しており相互に関係しているため，ユニットプロセスのみの評価だけでなく，トータルシステムの一部としての観点からの評価を行なわなければならない。

3）公害防止のための下水道が二次公害等の発生源とならぬよう，効果の面のみならず外部（環境）に対するインパクトの面からの評価が必要である。テクノロジーアセスメントは，一義的にはその技術を開発し，あるいはそれを社会に適用する者が実施すべきものであるが，この点に関しては衛生工学に留まらず工学，農学，医学，理学など広い分野の専門家の協力が必要である。

4）BOD，SS，大腸菌群数に代表される従来からの水質示標による評価から重金属類，難分解性物質，あるいはNOx，SOxなどの大気汚染物質等新しい項目も含めて検討しなければならない。

しかしながら，このようなテクノロジーアセスメントの必要性が認識されたのはこゝ数年のことであり，また下水処理技術の評価に関連する因子が多種多様にわたるため，画一的な評価手法は未だ確立されていない。これまでこの種の作業が建設省等の手で行なわれた事例として次のようなものがあるのでこれらを参照していただきたい。

1）下水汚泥の熱処理法に関する調査

2）下水汚泥の海洋処分に関する調査

3）下水汚泥の農村還元に関する調査

これらはいずれも土木学会内に土木工学，衛生工学，機械工学，金属工学，農学（土壌微生物，土壌肥料），水産学等々の学識経験者による専門委員会を組織し，それぞれの項目に関する評価を行なった。1），2）については48年度に一応の結論を得[2)]，3）については調査を完了し，50年度中に結果が報告される予定である。委員会の成果は毎年報告書の形で公表されているので詳細はこれを参考にされたい。

4）酸素活性汚泥法に関する評価

5）下水処理場の自動制御に関する評価

6）下水汚泥の処理処分に関する評価

これらはいずれも日本下水道事業団に組織された技術評価委員会が行なうものである。49年が初年度であるため未だ中間報告の段階であるが，おゝむね3年程度で一応の結論を得たいとしている。成果の公表方法は未定である。

また，下水処理が環境に及ぼす影響という観点からの評価，いわゆる環境アセスメントとしては

7）流域別下水道整備総合計画調査

があり，また49年度からは

8）下水処理場の環境保全に関する調査

が行なわれている。7）については建設省より指針が出されている。8)については国土開発技術研究センターに委託して調査が行なわれているが成果は未公表である。

＜参考文献＞

1）杉木「下水道計画に関する環境アセスメント」
土木技術資料17－9，（1975）

2）下水汚泥の処理・処分および利用に関する研究報告書，昭和４２～４７年度，土木学会

（下水道研究室長）

５－５　下水道における設計ハイエドグラフ，ハイドログラフの作成法について

（質　問）

下水道における管渠，ポンプ場の設計には５～１０年確率の降雨強度式を用いて合理式で計算されるが，調整池，滞留池，ポンプ設備の検討には設計ハイエトグラフ，ハイドログラフが必要であるが，その作成方法について御教示願いたい。　（広島市）

（回　答）

下水道における雨水への対応の仕方は次の諸点において河川の場合と思想を異にしている。

1）対象降雨を５～１０年確率のものとし，例外的な降雨による浸水はある程度許容している。これは下水道においては効率的な雨水排除の面が重視されていることによるものである。

2）対象降雨の生起確率が低いものであるため，対象降雨と同程度の降雨の実測記録が数多く存在している。このため設計対象降雨が実測記録に基づいて求められる反面，数個に集約することが困難である。

3）流出係数は排水区域内の将来変化を予測して決められており，実測結果はあくまで参考にしかすぎない。

4）排水区域が河川に比べ，はるかに小さいため，各排水区域ごとにハイエトグラフを異にする必要性は少ない。

以上のことを勘案すると，下水道の場合はラショナル式を用いて，わが国では最も標準的な降雨パターンとされている中央集中型のハイドログラフを求め設計対象とし，必要に応じて実測記録により検証するのが適当ではないかと考えられる。　（下水道研究室長）

Ⅱ 道 路 部 門

1. 交通公害に関する問題点 …… 68
1－1. 道路計画における環境アセスメント手法の研究状況について …… 68
1－2. 道路交通騒音の推定計算式について …… 70
1－3. 自動車交通騒音について …… 71
1－4. トンネルにおける騒音排気ガスの予測と対策について …… 75
1－5. トンネル換気と公害について …… 76
1－6. 自動車交通による大気汚染について …… 77
1－7. 日照および通風について …… 78

2. 舗装に関する問題点 …… 81
2－1. 舗装構成について …… 81
2－2. オーバレイするアスファルト舗装表面の事前処理について …… 84
2－3. アスファルト舗装の耐摩耗性について …… 89
2－4. アスファルト舗装の流動防止方法と施工管理上の注意点について …… 92

3. 土工に関する問題点 …… 96
3－1. 急傾斜地に道路（防災を考慮した）を築造する場合の調査について …… 96
3－2. 計画段階での法面（切土）工法選択の考え方について …… 101
3－3. 山岳道路における環境面を考慮した道路の施工について …… 104
3－4. 山腹切土のロックアンカー工法の評価について …… 105
3－5. モルタル吹付及びコンクリート吹付の σ_{28} 強度について …… 106

4. トンネルに関する問題点 …… 108
4－1. トンネル工事に伴う地下水の変動調査について …… 108
4－2. 岩質の分類による鋼アーチ支保工とロックボルト工法の選択について …… 108
4－3. 粘土層における土平の施工方法について …… 109
4－4. 上半部の崩落による補強について（破砕帯） …… 110
4－5. 既設トンネルに自転車歩行者道を設ける方法について …… 111
4－6. トンネル内の湧水対策の再検討について …… 113

5. そ の 他 …… 114
5－1. 道路景観について …… 114
5－2. 道路区画線の反射能力について …… 114
5－3. 大規模道路の交差点処理について …… 115

1. 交通公害に関する問題点

1－1 道路計画における環境アセスメント手法の研究状況について

（質　問）

道路計画における環境アセスメント手法の導入の現状と土研における研究態勢および研究状況について御伺いしたい。　（道路計画第二課）

（回　答）

(1) 環境アセスメント手法の導入状況

公共事業への環境アセスメント手法の導入のための検討は，昭和４７年６月に行われた「各種公共事業に係る環境保全対策について」の閣議了解を契機として始められており，環境庁のほか関係各省庁においても独自に検討が行われている。しかし，環境アセスメント手法は，事業の実施にともなう環境への影響を事前に予測，評価し，その対策を検討するという技術面だけにとどまらず，住民参加を含む行政手続上の問題をも含んでいるため，その実施にあたっては，技術面，手続面に及ぶ多くの検討課題が残されている。したがって現段階においては，まだ統一的な考え方にもとづく，総合的なアセスメント手法は，手法的にも，制度的にも確立されておらず，その導入例もない。しかし，アセスメント手法の研究開発を兼ねた実施例はいくつかある。また，こうした総合的なアセスメント手法ではないが，騒音，大気汚染等の個別の環境要素ごとの影響調査および予測に関しては，多くの実施例がある。

次下に参考として，環境庁及び建設省における環境アセスメント手法導入の検討状況を述べる。

○　環境庁における検討状況

昭和４８年６月－中央公害対策審議会防止計画部会に環境影響評価小委員会を設置し，環境アセスメントを実施し，これを審査するにあたっての運用上の問題点の検討を開始。

昭和４９年６月－前記小委員会は，防止計画部会に「環境影響評価の運用上の指針について」の中間報告を提出。

昭和49年12月－環境影響評価制度専門委員会を設置し，現行制度のもとにおける環境影響評価の運用の実態，技術手法の手続面へのとり込み方等が検討されている。

○　建設省における検討状況

建設大臣の諮問機関である建設技術開発会議の中に環境アセスメント手法部会を設置し，手法の開発，導入のための検討を進めている。検討は，道路，河川等の事業ごとに進められており，年度内を目標に素案を作成し，それをもとに，５１年度内にケーススタディを行ない，実施案をまとめていくことになっている。

(2) 土木研究所における研究体制および研究状況

土木研究所においては，これまで，騒音，大気汚染，振動などの個別の環境要素についての予測を主体にした研究を実施しており，調査，予測手法等において多くの成果を上げている。そしてこれらに関しては，その精度をさらに上げるために，ひき続いて研究を進めている。

一方，近年環境アセスメント手法の開発がせまられており，これらに関する研究も緊急の課題となってきている。そのため，都市環境，自然環境全般にわたる種々の研究のほか，環境アセスメントにおける技術的な手法開発のための研究を実施している。

具体的には，自然環境に関しては，リモートセンシング手法を適用して，道路が植生に与える影響を調査，予測するための研究を行なっている。また，都市環境に関しては，道路による地域分断の影響評価や，道路環境対策としての沿道整備手法および自動車の総量規制等についての研究に着手した。

さらに環境アセスメント手法に関しては，アセスメントに関する基本的な研究のほか，特に，総合評価手法についての研究を進めている。

道路計画に関して，土木研究所における各部各研究室別の主な分担を示せば，以下のとおりである。

ア，道路計画全般および総合評価手法に関して

企画部システム課，道路部道路研究室，同交通環境研究室

イ，道路交通の安全・事故等に関して

道路部交通安全研究室

ウ，騒音に関して

建設騒音：機械施工部機械研究室

交通騒音：道路部交通環境研究室

エ，大気汚染に関して

一般道路：道路部交通環境研究室

トンネル：道路部トンネル研究室

オ，振動に関して

道路部交通環境研究室，機械施工部機械研究室，同動土質研究室，構造橋梁部構造研究室，同振動研究室

カ，自然環境に関して

道路部交通環境研究室，砂防部砂防研究室，新潟試験所

キ，都市環境に関して

道路部道路研究室，同交通安全研究室，同交通環境研究室

＜ 参 考 文 献 ＞

1. 「環境アセスメント手法について」　昭和４９年３月　国土開発技術研究センター
2. 「水資源計画のための環境評価システム」　昭和４９年３月　国土開発技術研究センター
3. 「アメリカにおける環境インパクトステートメント」　昭和４９年５月　土木研究所資料　第９５１号
4. 「環境影響評価の運用上の指針について（中間報告）」　昭和４９年６月２６日
中央公害対策審議会防止計画部会環境影響評価小委員会

5. 「道路計画の事前評価手法に関する研究」 昭和50年2月 国土開発技術研究センター
6. 第8回「土木計画学講習会テキスト――環境アセスメントと土木計画――」 昭和50年9月 土木学会土木計画学研究委員会

（交通環境研究室長）

1－2 道路交通騒音の推定計算式について

（質 問）

現在，道路交通騒音の推定計算式は音響学会の式，土木研究所の略算式が発表されており，道路交通騒音調査研究委員会でこれらの推定計算式について検討されているとのことだが，その結果従来のものと変るのかどうかお伺いしたい。又，この検討されているものは，自動車専用道路について検討されているようであるが，一般国道の場合は今後どのようになるのか，これも含めて，道路計画及び騒音対策の実施に当り，推定計算を行なう場合の注意点及び問題点等についてお伺いしたい。

（中国技術）

（回 答）

道路交通騒音の推定法については，未だ多くの予測し難い点，問題点があり，現在，その研究過程にあるといえよう。これまでにも，土木研究所，日本音響学会等が独自の調査，研究データに基づいて，可能な範囲での予測方法を提案してきた。しかしながら最近の道路交通騒音問題の社会的深刻化，音源である自動車の大型化，騒音対策を目的とした新たな道路構造の計画等にともなってこれまでの予測方法の見直しと画一化が要請されてきた。このような背景から，昭和49年度に，道路関係三公団から日本音響学会へ道路交通騒音の予測計算方法に関する調査研究が委託された。この調査研究の成果は，昭和50年2月に報告書としてとりまとめられており，その概要は以下のとおりである。

ここでの予測式の適用は，交通量1,000台／h以上，速度30～100Km／h，路側々方100mまでの地上1.2mにおける騒音レベルの中央値の推定に関してであるとしている。また，対象としている道路は自転車などの軽車両，歩行者，路上駐車の車両などの影響がなく，通常の舗装状態で，近くに交通信号，交差点等のない自動車専用道路，またはこれに準ずる道路とされている。

推定のモデルは，従来より一般に用いられてきた一列等間隔モデルであり，パワー・レベル等も平均パワー・レベルとして扱っている。

平均パワー・レベルの算出方法は，従来土研で提案していた（0.2V＋C）の形であるが，その絶対値を従来土研では乗用車類は60Km／hで96dB（A）としていたが，今回，他の調査結果をも考慮して，97dB（A）とし，さらに小型貨物車類，大型車類についても従来のものより大きくし，それぞれ102，109dB（A）としている。すなわち，平均パワー・レベルは次式によるとしている。

$$LW = 85 + 0.2V + 10\log_{10}(b_1 + 3.2b_2 + 16b_3)$$

また，2車種分類でも3車種分類における各車種ごとのパワー・レベルに差異はないとして，

$$LW = 87 + 0.2V + 10\log_{10}(a_1 + 10a_2)$$

次に障壁による回折減衰については，中央値の予測に対するものであるので，線音源による実験結果から得られた減衰図表をあげており，これも，従来フレネルゾーン番号に対して与えていたものを，実際道路における周波数成分による差異は少ないとして，音響径路差のみにより得られる形としている。

切土，盛土，高架等非平面道路に対しては，従来どおり仮想障壁を想定して計算を行うが，のり面および舗装面が反射性の場合には２ｄＢ（Ａ）の補正を行うとしている。

以上，大略は従来の予測法と同様であるが，現実には仮定モデルの限界，沿道の地表面性状による影響等，現状での不確定要因があるために，このような方法で推計しても，実測値との間に差異があることが確かめられた。そこで，これまでの多くの実測データを用い，これと，今回の予測式より得られる値との差異を求め，これを不確定要因による補正値α_iとして用いることにした。これが，道路構造別にあげられている。

以上が日本音響学会から公団への報告の概要であるが，もちろん，そのなかにこれらは，現状で実用を目的としてまとめ得る範囲のことであり，今後の調査・研究によらねばならない部分が多いことも指摘している。またこの報告は公団からの受託ということで，例えば実測値との対応より得られる上記補正値α_iは平面道路を除いては，自動車専用道におけるデータによっているので，それを交通形態，道路条件等の異なる一般国道へそのまゝ適用することはできない。そこで，昭和４８年度に，日本道路協会でとりまとめた「道路環境整備のための手引き（案）」を検討するに当り今回の日本音響学会の報告を基本としながら，補正値α_iについては，従来からの試験調査等の一般国道における数多くのデータによって，一般道路に対する曲線をあげている。この手引（案）は近く刊行される予定である。

このように，日本音響学会で報告されたものについても，現状では多くの不確定点を残すものであるから，それらについては，予測をする人が，それなりの裏付となり得るデータがある場合には，それを明らかにして使用することを，日本音響学会の報告では述べている。

（交通環境研究室長）

１－３　自動車交通騒音について

（質　問）

① 騒音についても総量規制がなされるべきだとする意見があるが，その可能性と方法及びＩ．Ｃ．に於けるシミュレーションの手法の確立と対策。

② 地形，構造物等による反射音の影響について教示願いたい。

㋑ 道路が新幹線とオーバークロスする場合の反射音

㋺ 狭隘な谷間の地形などの交通騒音について

③ 逆Ｌ字型防音壁の回折減衰について御教示願いたい。

④ 各地建で採用している防音壁の厚さは種々あると思うが，これらについて実験データがあればお伺いしたい。　（岡山国道）

（回　答）

① 騒音の総量規制については，質問の主旨が良く判らないが，環境保全のための対策として，総

量規制が制度として採用されるか否かということであれば，その点に関しては知らない。また，質問の主旨が総量規制の技術的可能性についてであれば，総量規制が他に与える影響——例えば輸送効率——を全く無視すれば，技術的には可能であろうが，程度には自ら限界があるであろう。また，その方法は，発生源対策であることは当然である。

インター・チェンジのみならず，電算の普及，汎用化により，道路交通騒音についても，その予測をシミュレーションにより行うことが可能である。すなわち，対象道路をモデル化し，これに交通工学的に把握されている交通流を発生させ，任意時間毎に各々の車の位置を判別し，受音点までの距離および伝播条件を考慮して，エネルギー和として音圧を求めれば良いわけである。

しかしながら，インター・チェンジの場合には，その構造の複雑さから，受音点と，音源である自動車との位置関係を時間変動も考慮して把握することは非常に難解である。従ってある程度簡略化した条件設定でシミュレートすることもやむをえまい。

②，④，

これまでに，道路が新幹線鉄道をオーバークロスする場合の騒音に関しての研究例はほとんどないが，単に道路が新幹線高架構造体の下を通る場合（すなわち，道路が新幹線鉄道をアンダークロスする場合）のその反響音についてのみ着目するのであれば，都市内平面一般道上を自動車専用道が高架で併設される場合に，平面一般道からの音が高架構造体によりいかに影響されるか，さらに側方に家屋がある場合には，その反響がさらにどの程度増幅されるか，という研究例が2，3ある。

また，新幹線鉄道が道路の下を通る場合の反響音は如何とか，新幹線鉄道と道路の両方からの音を，いかに評価するか，すなわちピークで評価されているものと，累積頻度中央値でとらえられているものをどのように評価するか等といったことについては，これまで研究例がなく，技術的予測のみならず，騒音の住民反応と対応ずけた評価方法からも今後検討されねばならぬ問題である。

平面一般道と高架専用道の併設部で側方に建物がある場合に，平面一般道からの音がどの程度増幅されるかについての実験例を図－1に示す。[1)]

②，㊁

条件のような場所では，これまでさほど騒音が問題になることがなかったために，ほとんど研究例がない。しかし今後は，計画の段階でこのような場所においてでも問題になることが当然予想される。

このような場所ののり面が，樹木等吸音性の場合にはほとんど問題となることはないと思われるが，岩肌が露出していたり，のり面保護等で反射性の場合には当然その反響の考慮が必要になる。反射面が片側だけの場合や，両側でも反射性のり面が道路幅に比してさほど高くない場合，勾配が急峻でない場合には，仮想音源を設定して，一次反射または二次反射程度を考慮すれば良いであろう。しかし道路幅員に比べて両側反射面が高く，急こう配となる場合には，多重反射が予想され，単純な仮想音源での反射計算等では無理となり，別途の推定方法が必要となる。

この種の問題の研究例としては，山下・子安[2)]らが，切土道路での多重反射について扱っており（図―２），また，堀割道路での多重反射を面音源としてとらえた土研[3)]の実験例等がある。

1）山下・子安他：日本音響学会講演論文集（５０．５）

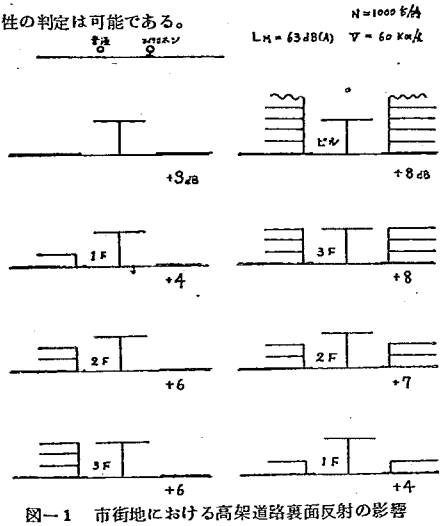
2）山下・子安他：切土構造道路における多重反射，日本音響学会講演論文集（４９．１０）

3）土木研究所資料第８０８号：堀割道路の騒音に関する模型実験（４８．９）

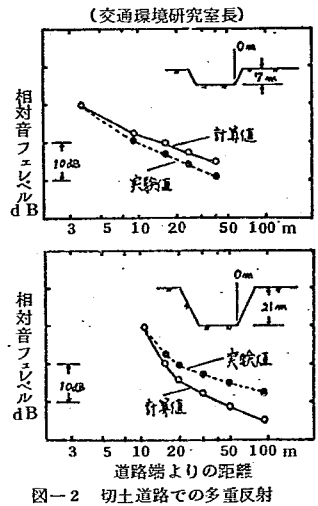
③ 逆Ｌ字型防音壁については，国鉄が新幹線鉄道の騒音対策の一つとして計画しているが，その実際の効果，推定方法，およびそれらの対応に関しての資料は知らない。

もちろん，道路騒音の場合，音源の広がり，指向特性等新幹線鉄道の場合とは全く異なるが，類例のものとして，完全な逆Ｌ字型ではないが，障壁の上部を内側へある角度で折曲げたタイプのものが実際に施工されており，その効果の特性についても模型実験がなされている。図―３に示すのがその一例である。この場合も従来の直立障壁における回折減衰の理論はそのまま適用できなく，その理論的予測の方法についての研究例はこれまでのところはない。

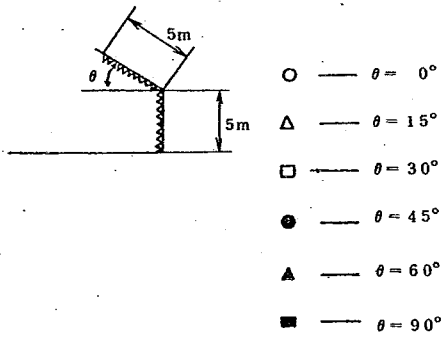
④ 一般に吸音型遮音壁は，壁前面にグラスウール，ロックウール等の繊維材を配して吸音効果をねらうが，構造的にも，透過損失確保の上からも，その背後に反射板が置かれる。このため，吸音材透過エネルギーは背面板で反射され再び吸音材に浸透する。このようにして得られる吸音性能を更に改良するために，吸音材と反射背面板の間に中間空気層が設けられる。この配置は，１，０００Ｈｚ以下の周波数領域の吸音率を特に改善する。なぜならば現在用いられている吸音材料の多くはこの周波数領域で低いのが一般である。このように遮音壁の厚さは主として，吸音材料をどのように配するか，中間空気層をいかにとるかによって音響上は決ってこよう。一般的に云えば，現在，市販されているものについては，室内実験データを検討すれば，その厚みの妥当性の判定は可能である。



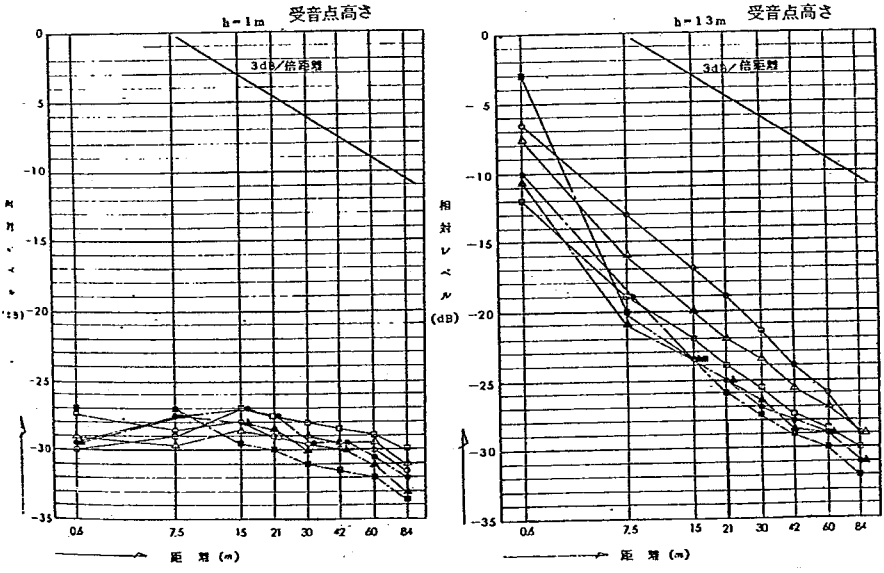
図―１　市街地における高架道路裏面反射の影響
（模形実験）



図―２　切土道路での多重反射
――回折理論での計算値と実験値との差――



図—3　吸音型遮音壁の先おれ角度による比較　(3車線)



1－4　トンネルにおける騒音、排気ガスの予測と対策について

（質　問）

最近における交通公害に関する住民意識の高揚から新規に計画される幹線道路では都市部，地方部を問わずトンネル構造が多く採用される傾向にあり，地形上山陽地域ではトンネル坑口に人家密集が多く，トンネル坑口での環境対策が新たな問題として提起されている。

その対策についての検討が必要となっているが，下記事項について御指導いただきたい。

1. 坑口からの騒音推計について

1）トンネル坑口のパワーレベル（エネルギー）の推進方法について

2）一方交通トンネル出口の交通換気力による音の指向性の取扱いについて

3）坑口からの騒音推計法について

2. 排気ガスの拡散推計について

1）三次元の拡散計算による推定値の信頼性はどの程度か

3. 対策について

1）換気口附近における騒音，および排気ガス（粉塵を含）の対策について参考例等をお伺いしたい。　（福　山）

（回　答）

次1－5の質問とも併せて回答する。

道路トンネルは自動車が原因となる騒音および大気汚染を防止する意味においても有効な構造であるが，一方では，坑口あるいは換気所に集中して騒音あるいは大気汚染の環境問題を起す可能性があり，各機関でその対策検討が進められている。[1)]

1）トンネル騒音

坑口の騒音レベルを推定する方法としてはイメージ音源による計算方法，実測による減衰曲線の波形を重ね合せる方法など各種のものが試みられているが，現在一般的に認められているものはない。これ等については下記文献2），3），4），5）を参照されたい。

2）トンネル換気による大気汚染

ここでいう大気汚染とは，トンネル坑口あるいは排気塔に近接した地域の局部汚染に限ることとする。なお，排気塔については，その位置，高さ，吐出風速，方向等を工夫することにより十分な拡散希釈をはかれば，着地濃度を限度以内に押えることは技術的には大きい問題がないので[6)]，坑口附近の問題について詳述する。

トンネル内空気中にはCO，NOx，SO2，Pb，煤煙などの有害成分が含まれているが，正常なトンネル換気運転のもとでは，その濃度はトンネル通行者に対して十分許容しうる値以下（例えば，CO：100ppm以下，煤煙：40～50％／100m，透過率（1mg／m^3程度）以下）となっている。これらの値は環境基準値（昭和48年5月環境庁告示第25号）と比較すると10倍程度の値であり，坑口に近接して居住地域等がある場合には，大気による十分な拡散が行なわれないため，局所的な大気汚染の問題が発生することである。実際に，坑口附近の生活環境に与える影響（生理的影響）に対する懸念から問題が各地で発生している。また，植物類に対する被害の事例もある（柑橘樹の果実，葉に煤煙が付着して問題を起した）。[7)]

坑口排気ガスの拡散現象については，現地調査，風洞模型実験などによるケーススタディの例が報告されており，その影響範囲は各種条件によっても異なるが，坑口から５０～１５０ｍ（道路沿い）程度である。[8] なお，排気ガスの拡散について，３次元の拡散モデルによる推計法も開発されているが，拡散場としての風の流れの推定，拡散係数のとり方など現時点では多くの問題があり，現地調査および模型実験などの結果と照合しつつ進めなければならない。

トンネル排気ガスに対する対策としては，基本的には排気ガスを十分に拡散させる方法と排気ガス中の有害成分を除去する方法が考えられる。前者には，坑口から排気ガスを出さずに排気塔からまとめて排出する換気方式とする方法（例えば，集中排気式，排気半横流式等）があり，具体的に計画，設計が進められている例がある。

また，坑口附近に緩衝区域（広場）を設けて十分な拡散を行なわせる方法も有効であると考えられる。後者は，大気汚染防止の点から抜本的な方法である。空気浄化技術の現状は，浮遊粒子状物質（煤煙）について基礎技術が開発されており，実用機にスチールアップする検討の段階にある。[9]

＜参考文献＞

1）第１２回日本道路会議特定課題論文集
　　Ｐ７８～Ｐ１１２　１９７５～１０　日本道路協会
2）立石，水谷「道路トンネル騒音実態調査資料（その１）」
　　土木研究所資料　第８０６号
3）花岡　「トンネルの騒音現地実験」
　　土木研究所資料　第９９６号
4）堀内　「トンネル騒音の特性について」
　　土木研究所資料　第９６７号　Ｐ３９～４２
5）日本道路公団　「トンネル坑口附近の内装施設における吸音効果の研究報告」昭和５０年３月
6）道路トンネル便覧：Ｐ３２４～Ｐ３２８　１９７５－１　日本道路協会
7）大気汚染研究：９－１（１９７４）Ｐ２１～，大気汚染研究全国協議会
8）今田，水谷「道路トンネル坑口附近における排気ガス拡散実験報告」
　　土木研究所資料　第９１９号
9）トンネル内の空気の集じん技術に関する研究報告書
　　１９７４－３，１９７５－２，建設電気技術協会

（トンネル研究室長）

１－５　トンネル換気と公害について

（質　問）

トンネル換気において，その発生煤煙の地域環境ならびに住民に対する影響が問題視されている現状である。

当所においてもジェットファンによる噴流式換気の計画があるが，公害発生要因のうち，特に換

気処理中の煤煙が坑口附近の植物類（当所の場合，梨木が主となる）に与える影響について，過去の事例をまじえ教示いただきたい。

また，煤煙処理の新方法があれば，あわせて教示いただきたい。　（鳥　取）

（回　答）

前項参照。

1－6　自動車交通による大気汚染について

（質　問）

(1) ＮＯｘについて，現環境基準ではＮＯ２についてのみ基準が設けられているが，将来はＮＯｘで規制される可能性があるというが，その見通し，ＮＯ２についても現在基準値が守られていないが今後の対策についてお伺いしたい。

(2) Ｏｘの成因と対策

(3) ＨＣについて，基準化の見通し，不飽和炭化水素が動植物に特に有害と云われるがその含有量についてお伺いしたい。

(4) ＮＯｘ，ＨＣ，Ｏｘの家畜及植物に与える影響

(5) ＩＣ等予想高汚染地域に測定装置を設置する場合，その管理主体と管理の方法についてお伺いしたい。　（岡山国道）

1. 自動車排気ガス中の窒素酸化物（ＮＯｘ）は，その９０％以上が一酸化窒素（ＮＯ）として排出される。ＮＯは大気中で二酸化窒素（ＮＯ２）となるといわれている。そのため自動車排出ガス規制は，ＮＯｘとして行われる。現在環境庁では，ＮＯｘの総量規制が検討中であるといわれている。これはＮＯｘの排出を規制しようとしているものである。環境基準として，ＮＯｘを指標するかどうかについては，知らない。

ＮＯ２環境基準達成のためには，前出総量規制のほか，自動車排出ガス規制の強化，交通規制，換気のよい道路構造，効率的な道路網の建設などが対策として考えられる方法である。

2. 光化学オキシダントの生成は，現在のところ次のように考えられている。大気中のＮＯ２は，日光の照射により，

$$NO_2 + hV \rightarrow NO + O$$
$$O + O_2 \rightarrow O_3$$
$$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$$

これらの反応により生じたＮＯ，NO_2，O_3などは，さらに，大気中の炭化水素などと複雑

に反応しており，これらの過程については現在研究が進められている。

光化学オキシダントは，１０％ヨウ化カリウム溶液中のヨウ素を遊離させる酸化物として定義され，成分の大部分は，オゾンであるが，他にＰＡＮ，アクロレインなどの過酸化物も含まれている。

対策として，光化学オキシダント生成の原因物質である窒素酸化物，炭化水素の大気中への排出規制が考えられ，一部実施されている。

3. 炭化水素の環境基準は，現在中央公害対策審議会で検討中で，結論はまだ出ていない。

大気環境における炭化水素の程度の濃度が，人体，植物に影響があるかは明確ではないといわれており，炭化水素の規制は，オキシダント生成の原因物質としての役割から行われている。炭化水素のうち，エチレンは，植物を枯らすといわれている。

4. ＮＯの動植物に与える影響は，実験手法が難しく，明らかではない。ＮＯは，血液中のヘモグロビンと結合しやすいといわれている。

NO_2は，動物の呼吸機能を低下させ，呼吸器の細菌感染への抵抗力を低下させる。

ＮＯ，NO_2による植物被害としては，急性の葉の黄変，落葉などが報告され，また慢性の光合性の低下などが観測されている。

光化学オキシダントの影響は，動物では目の刺激，慢性呼吸器疾患の悪化，運動能力の低下などが掲げられる。植物のオキシダントによる反応は敏感であり，オキシダントを植物によりモニターすることが研究されている。植物の被害の様子は，植物の種類，濃度などにより変化する。

大気汚染物質の動植物への影響は複雑であり詳しくは次の文献を参考とされたい。

1）窒素酸化物等に係る環境基準に関する資料
大気汚染研究　Ｖｏｌ　７，Ｎｏ３

2）鈴木武夫　自動車排出ガスの公衆衛生学的諸問題
日本機械学会誌　Ｖｏｌ　７６．Ｎｏ６５３

3）植物に関する大気汚染研究文献目録集
大気汚染研究　Ｖｏｌ　９，Ｎｏ１

5. 大気汚染の測定装置の管理については，当研究室としては，特に意見はない。

（交通環境研究室長）

１－７　日照および通風について

（質　問）

道路を建設する場合，特に，高架部分，あるいは高盛土区間において日照条件，通風条件が阻害され動植物への影響が考えられるので，この点について教示いただきたい。　（岡山国道）

（回　答）

1. 日照阻害による植物への影響

緑色植物は光の存在により，CO_2を取り込み，有機物を合成（いわゆる光合成）する。機構的には，光条件により大きく左右される明反応と温度条件により大きく左右される暗反応に分けられる。光合成の速度は，そのほかに，光の強さ，CO_2濃度，通風，水分供給量等の要因にも依存している。これら要因のなかで日照阻害は，光の強さおよび温度に対して影響を与えるものと考えられている。

(1) 明反応

光の強さと光合成量は一般に次式のような曲線で示される（図－1参照）。

$$P = \frac{b\ I}{1 + a\ I}$$

P　：　光合成量

I　：　葉面照度

a，b　：　種類や性質（陽葉[注1]，陰葉[注2]）などによってきまる係数

aおよびbを決めることにより，葉面照度Iの計算は可能であり，これによって，日照の変化によるIの変化を評価することができるが，樹木全体についての光合成量の変化は難しい問題である。

(2) 暗反応

光条件を一定にして温度をかえて光合成量を測定すると山型の好適曲線が得られる（図－2参照）。

最適温度以下における光合成速度の低下は，光合成の暗反応が温度の低下とともに減少するからである。また，最適温度以上では，酵素系[注3]が高温によって不活性化するため光合成速度は低下すると考えられている。そのため高温が持続することによる害は，ときにより回復不可能になることがある。しかし，低温の場合の被害は一般に回復可能である。このように，日照阻害については，温度変化についても考慮に入れなければならない。

2. 通風による植物への影響

通風は一般に光合成速度に対して最適点を持っており，図－3のような曲線になるが，最適風速は植物の種類により，また葉の重なり等により異なり，実証データは少ない。また盛土が谷筋を横断する場合には，山からの冷気が盛土によりさえぎられ，いわゆる冷気公害と呼ばれる現象を生ずる。低温による作物の被害は数多く報告されているので，この点には注意を要する。高架構造ではこのような現象は見られない。

以上のように構造物が植物に与える影響は複雑であり，その予測は極めて困難である。そのため，事前事後の収穫量のデータを収集して検討することが一般に行われている方法である。

3. 日照，通風による動物への影響

現在のところ，日照，通風による動物被害は報告されていないが，自動車交通による騒音，大気汚染等により，にわとりが卵を生まなくなったり，豚が太らなくなったと思われるような現象はあるが，事前の収穫量が不正確であったりすることにより，正確なデータは見られない。

なお，これらの詳細については，以下の文献を参照とされたい。

注1）陽　葉：強光下で形成される葉
注2）陰　葉：樹冠内部や北側のような比較的弱い光下で形成される葉
注3）酵素系：化学作用の速度を調節する触媒作用のある物質系

＜ 参 考 文 献 ＞

- 耕地の生態学　小田桂三郎他著　築地書館
- 森林の生態学　依田恭二著　〃
- 生態学講座　北沢右三他著　共立出版
- 道路セミナー　73／9　全国加除法令出版

（交通環境研究室長）

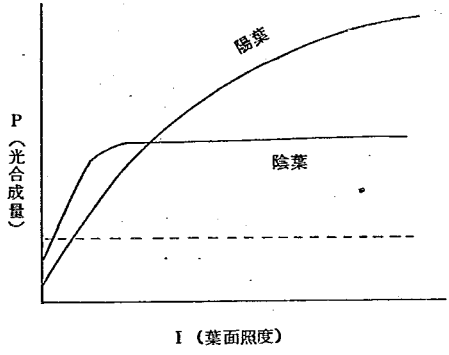


図 — 1

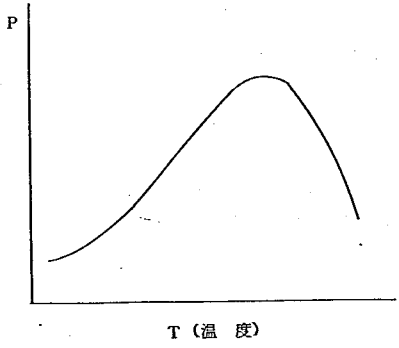


図 — 2

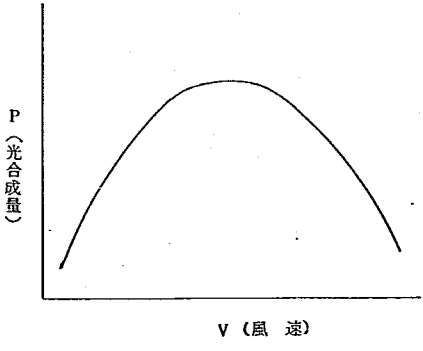


図 — 3

2. 舗装に関する問題点

2－1 舗装構成について

（質　問）

舗装厚の設計はＡＳ舗装要綱より設計ＣＢＲと５年後の推定交通量から決定しているが，現実は供用開始後５～１０年後で破壊している個所（幹線道路）もある。

現在の設計手法は，妥当か，ＡＡＳＨＯを日本風土に適用出来るものなのか，また，ＡＳ舗装要綱が改訂される方向にあるように聞いているが，改訂の主な要点について御教示願いたい。

（山　口）

（回　答）

舗装の耐久性を評価する指標として，路面が破損に至るまでの大型車累積交通量を用いることができる。

直技第２７回の調査によれば，路床土のＣＢＲ値によって分類した後，ひびわれ率の程度に応じて，ＴＡと累積大型車交通量の関係を求め図１～４の結果を得ている。これによれば，設計ＣＢＲ２％および５％の設計曲線はともにひびわれ率が２０％を超える確率が，２０％未満である曲線に近接している。したがって，現在の要綱に示された設計法で設計すれば，予想される交通量を通過させた時にひびわれ率が２０％を超えるものは全体の２０％程度であろうことが推定できる。しかし，実態は，舗設より７～９年を経過してオーバレイ時にひびわれ率が２０％を超えるものの比率は５０％以上を占めており，オーバレイまでの時期と舗装寿命１０年とには若干の喰い違いがある。

この原因としては，計画交通量と実際交通量とにずれのあることが指摘され，予想を上まわる交通量の増加によって１０年を経ないで，設計大型車累積交通量をはるかに超えてしまった結果によるものと思われる。

オーバレイ時の大型車交通量と設計ＣＢＲによって必要とするＴＡと，在来の舗装構成における実際のＴＡ（ＴＡ′とする）との比ＴＡ′／ＴＡは0.5～0.8附近のものが多い事実からもこのことはうなづけよう。

アスファルト舗装要綱の次の改訂については道路協会アスファルト舗装要綱改訂小委員会で検討されることになっているが，構造設計分科会でこれまでに取りまとめた検討事項は次のとおりである。

○構造設計分科会での検討事項（案）

(1) 構造設計法について

○現行のＣＢＲによる設計方法の見なおし

○各種の設計方法について，その長短の検討

○舗装設計法の簡明化の検討

(2) 舗装寿命について

○寿命の定義と設計法への適用の方法

(3) 舗装体系について

○舗装要綱の適用範囲について

○ステージ施工，修繕を考慮したときの設計法

(4) 設計条件と施工時の品質との対応について

○路床，路盤の施工後の評価と設計条件と差があるときの処置について

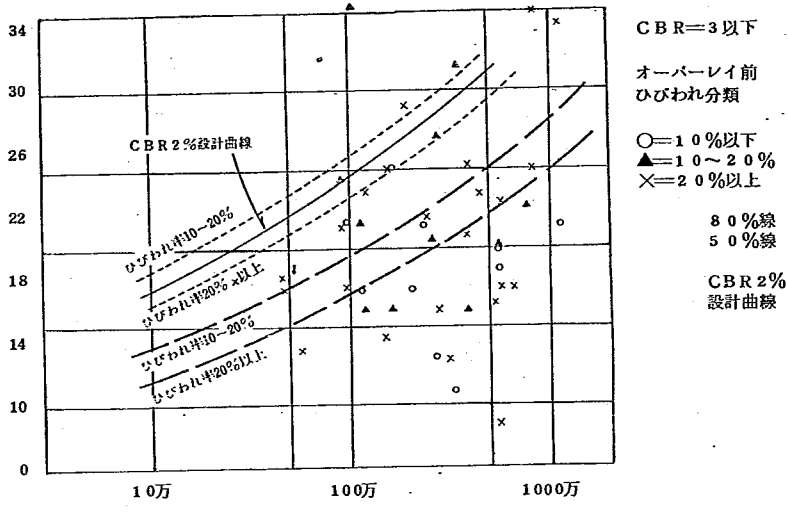
(5) 路床の評価方法と安全率

○現在の設計ＣＢＲのとり方について（ＣＢＲ試験法，路床ＣＢＲの適用範囲など）

○路線の重要度，設計ＣＢＲなどに応じた安全率をとった設計法

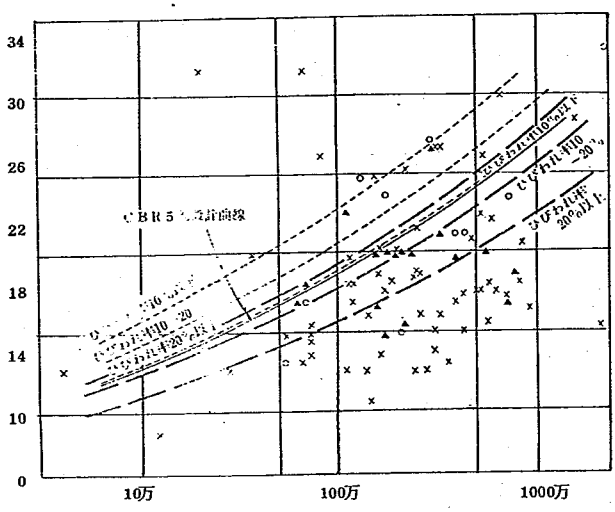
○軟弱路床の場合の設計法について

(6) その他構造設計に関するものの検討　　（舗装研究室長）



累積大型車交通量

図－１　ＴＡと累積大型車交通量（ＣＢＲ：３％以下）



累積大型車交通量

CBR ＝ 3～10%

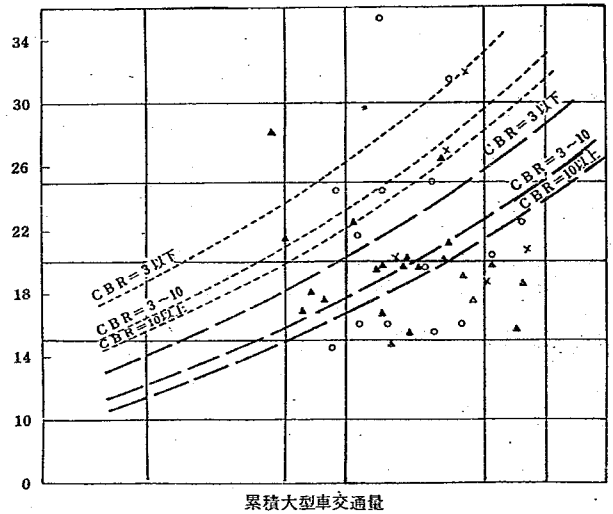
オーバーレイ前
ひびわれ分類

○＝10%以下
▲＝10～20%
×＝20%以上

80%線
50%線

CBR5%
設計曲線

図－2　TAと累積大型車交通量（CBR：3～10%）



累積大型車交通量

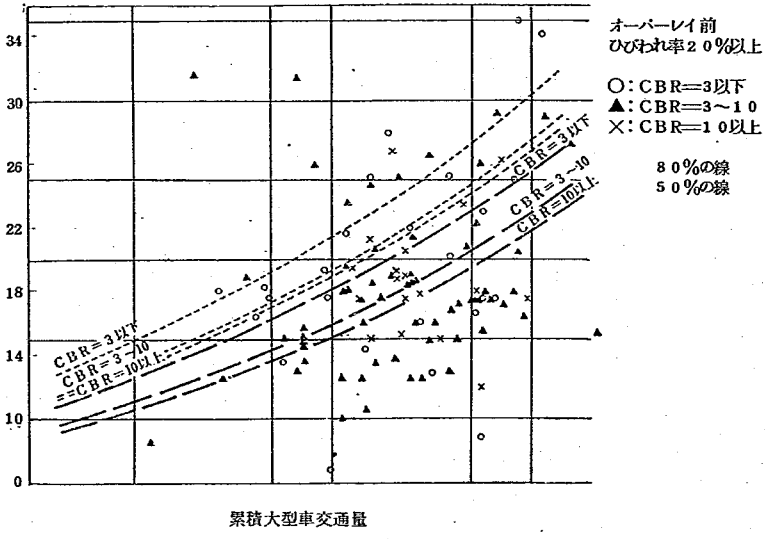
オーバーレイ前

ひびわれ率10～20%

○：CBR3%以下
▲：CBR3～10
×：CBR10以上

80%線
50%線

図－3　TAと累積大型車交通量（オーバーレイ前ひびわれ率10～20%）



図―4　TAと累積大型車交通量（オーバーレイ前ひびわれ率２０％以上）

２－２　オーバレイするアスファルト舗装表面の事前処理について

（質　問）

オーバレイする在来舗装の表面は，ワダチを生じたもの，軟化の著しいもの，ひびわれ，摩耗の著しいもの等が見られる。これらの各性状に対するオーバレイする在来舗装表面の事前処理の方法および判断基準について御教示願いたい。　（中国技術）

（回　答）

舗装は供用性が低下すると，その程度に応じて維持修繕が行なわれる。この供用性の低下をもたらす舗装の破壊現象の評価には，主として乗心地に関係する路面性状（縦断凹凸，わだち掘れ，段差など）の評価と，オーバレイ厚さの決定などにみる構造的な性状の評価の両面からなされるのが一般的である。

この内，主として路面性状に起因する理由でオーバレイがおこなわれる頻度は直技第２７回の報告によると２０％である。（１０％はわだち掘れのみが原因と思われるもの，他の１０％は縦断凹凸，振動などが原因の予防的処置）

また，わだち掘れの判断基準としては，わだち掘れ量を２０ｍｍとする例が多いようである。

流動現象を呈した舗装の合材の性状については，十分明らかにされているとはいえないが，これまでの試験調査によれば次のようである。

(1) 不適当な粒度による骨材のかみ合わせ抵抗の不足

(2) ＡＳ量の過多，したがって合材のスチフネスはほとんどアスファルト自体のスチフネスに近似している。

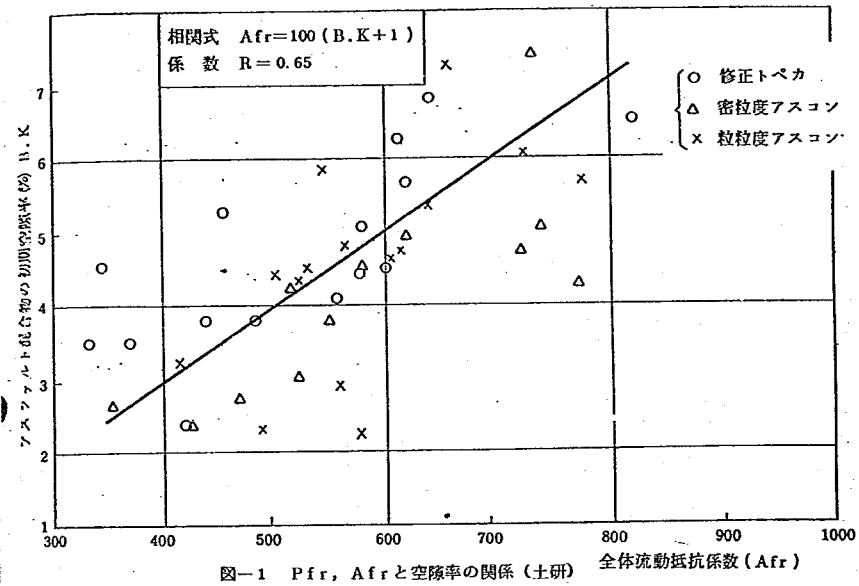
(3) 空隙率の低下（ほとんどの場合２％以下）　（図―１，２）

このような旧舗装の性状に加え，オーバレイ層が再流動する最大の原因として，オーバレイ層がかならずしも耐流動性を考慮した混合物ではなく，単なるオーバレイとしたケースが少なくないものと考えられる。

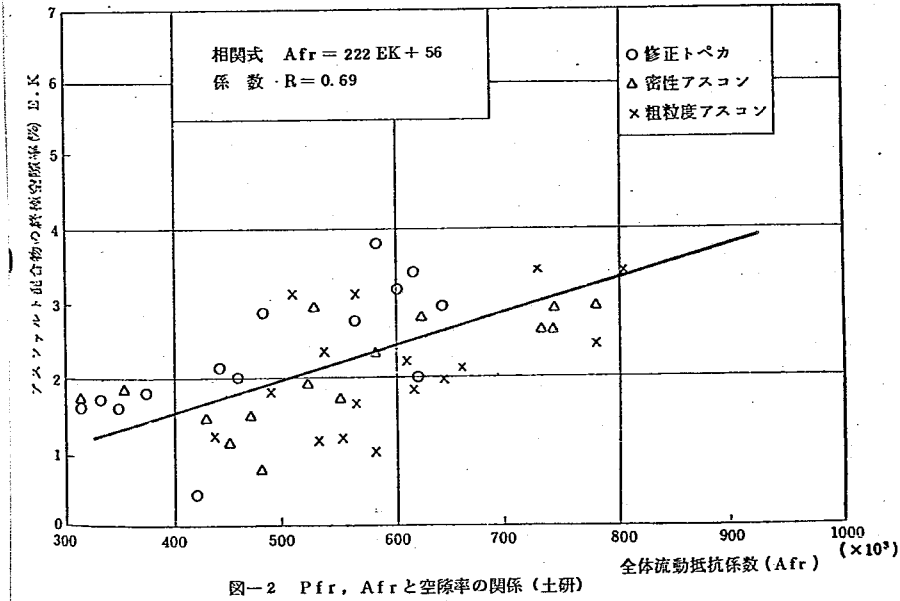
従って，このような場合はわだち部分の切削除去がまず必要になってくる。耐流動性を考慮した配合の決定の目安として，ホイールトラッキング試験による動的安定度（Ｄ．Ｓ）の利用が効果的であり，一つの判断基準としてＤＳは２,０００以上を必要とする。（図―３，４）しかし，このＤＳは温度および接地圧に依存するので，（図―５，６）旧舗装にオーバレイする層の厚さに応じた荷重分散効果を考慮して その接地圧によるＤＳを図から推定して，その大小を判断し，旧舗装の切削の要不要の判定をつけることが将来必要と思われるオーバレイの根拠のもうひとつの破壊指標に舗装のひびわれ率がある。先の直技の報告では，ひびわれ率１０％以上の割合は全体の８０％を占めているので破壊指標としてのウエートは高いといえる。

オーバレイ後のひびわれの発生は，当然オーバレイ厚にもよるが，オーバレイ前の路面のひびわれ率に影響される。（図―７）また一般にひびわれの発生は，路面のたわみ量によって大きく左右されるので，交通の状況に応じた路面の目標たわみ量を設定し，オーバレイ厚をきめることが合理的である。そのような意味では，在来路面のたわみ量分布はできるだけ一様であることが望ましく，たわみの過大な個所は事前に部分的打換えをほどこすなどの処置が必要である。これまでの調査では，無ひびわれ個所と，ひびわれ個所のたわみ量の差は約0.５ｍｍ（５ｔ）で，かりに１０cmのオーバレイを施工しても，この差の影響を無視することはできない。

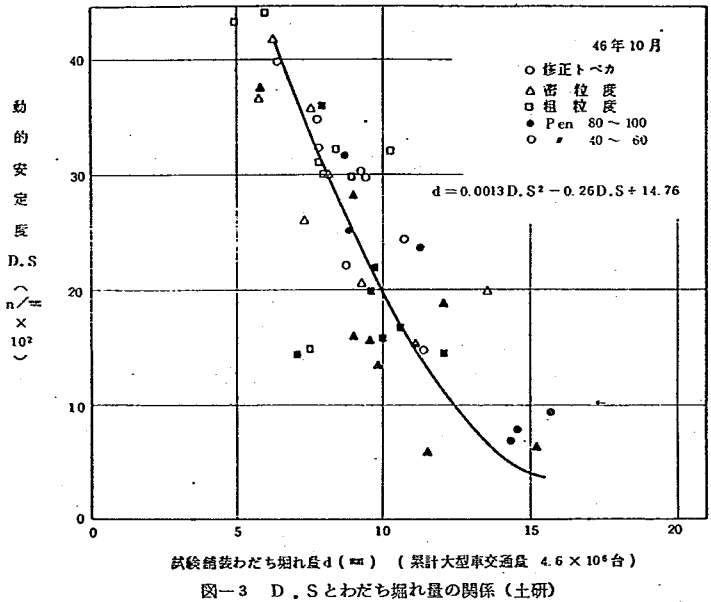
（舗装研究室長）



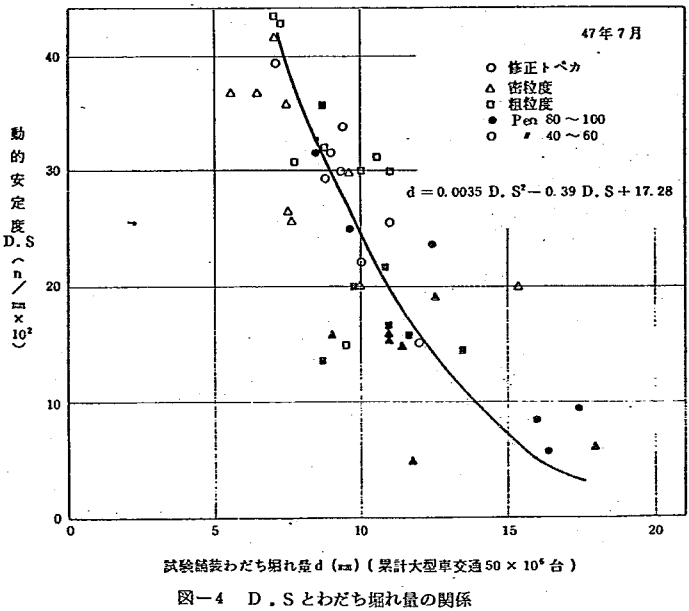
図—1　Pfr，Afrと空隙率の関係（土研）



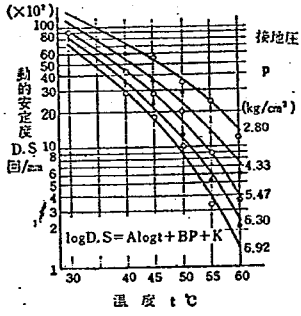
図—2　Pfr，Afrと空隙率の関係（土研）



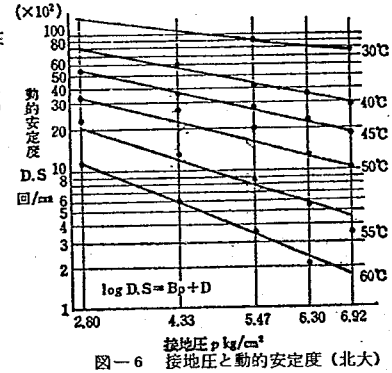
図—3　D．Sとわだち掘れ量の関係（土研）



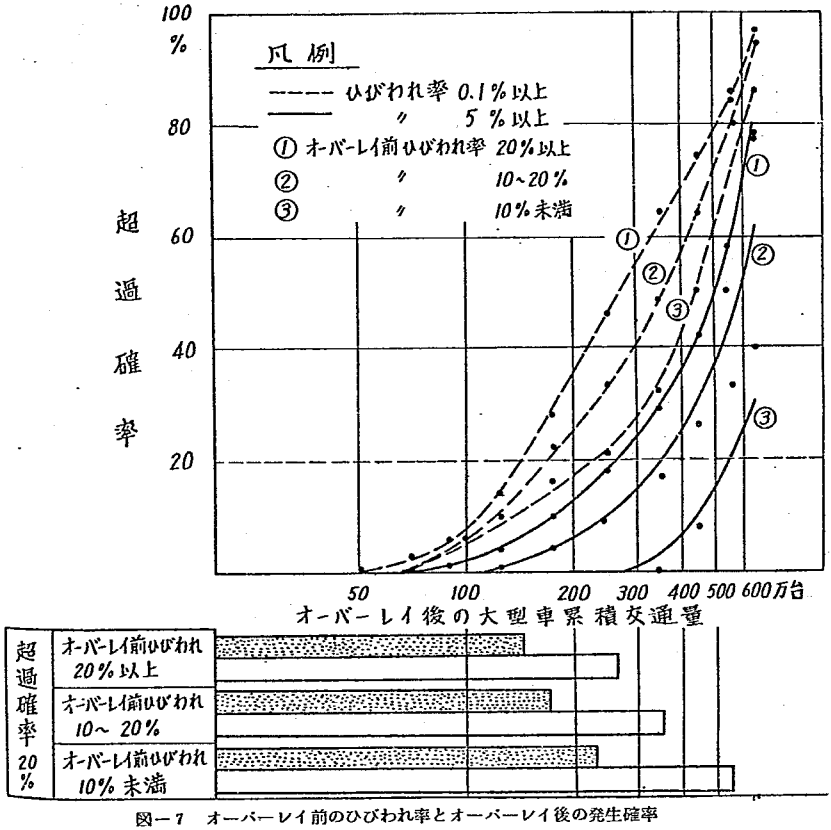
図—4　D．Sとわだち掘れ量の関係



図—5　温度と動的安定度（北大）



図—6　接地圧と動的安定度（北大）



図—7　オーバーレイ前のひびわれ率とオーバーレイ後の発生確率

2－3　アスファルト舗装の耐摩耗性について

（質　問）

アスファルト舗装の耐摩耗性と摩擦係数の調和を図るうえに設計アスファルト量を，どの程度まで下げることが出来るか。

特に密粒アスコンについて伺いたい。　　（倉　吉）

（回　答）

直轄国道調査における基準調査で，交通量と舗装タイプを考慮して選定した総個数２２３地点における舗装の縦すべり摩擦係数（６０km/hrで測定し，路面温度３５℃に補正したもの）の平均値は　$\mu=0.405$，　$\sigma=0.078$であった。しかし，この値では，密粒アスコンのすべりまさつ係数に特に問題があるとはいえない。

アスファルト混合物の耐摩耗性とすべり抵抗性は，一般に相反する性状のもので，この両者を十分満足させる混合物の配合をきめることは，通常の舗装材料を用いている限りほとんど不可能に近いものと思われる。

東北地建では，過去の試験舗装の観測結果などをもとに，図－１に示すような耐摩耗，耐すべり用の混合物の配合図を作成した。ここでの思想は，耐摩耗性を考慮する必要のある場合は，すべり抵抗性のレベルを下げ，すべり抵抗性を重視する場合はある程度の摩耗は許容しようとするもので，両者のいずれも高いレベルで満足させようとはしていない。

北陸地建では，積雪寒冷地における耐摩耗すべり止めアスファルト舗装の検討として，表１に示す材料を用い，連続粒度（Ｓ）タイプとギャップ粒度（Ｇ）タイプの混合物をそれぞれ８種類ずつ作成して摩耗およびすべりに対して検討を加えている。

この混合物の２５mm通過量と最適アスファルト量の関係は図２，２５mm通過量とすべり抵抗の関係を図３，２５mm通過量と摩耗量の関係を図－４にそれぞれ示す。これによればＳタイプは２５mm通過量が増加するに伴ないすべり抵抗は直線的に減少し，連続粒度シートアスファルトあるいはトペカタイプの混合物程すべりやすいという経験的事実を示している。一方Ｇタイプは２５mm通過量が３５％のＧ－１から通過量が増加するに伴ないすべり抵抗も増大し，５０％（Ｇ４）前後の通過量ですべりが最高を示し，その後は減少している。

また，摩耗との関係では両タイプとも２５mm通過量の増加にともない，摩耗量が増大する傾向にあり，細骨材を多量に使用する混合物ほど摩耗量が多くなることがわかる。

現実には，すべり抵抗が大きく同時に摩耗量が少ない混合物が望まれることから，個々の特性値が許容できる範囲で最適な配合を決めることとなり，Ｓ４，Ｇ４を見い出している。

（舗装研究室長）

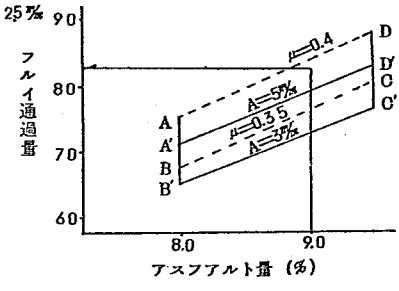
1）寒地道路の耐摩耗すべり工法調査報告書
　仙台技術事務所　昭和４６年３月

2）積雪地における耐摩耗すべり止めアスファルト舗装について
　北陸地方建設局北陸技術事務所　昭和４３年６月　〃　９

表—1　混合物の種類

種類	連続粒度（Smooth Grad Type）								不連続粒度（Gap Grad Type）							
粒径	S—1	S—2	S—3	S—4	S—5	S—6	S—7	S—8	G—1	G—2	G—3	G—4	G—5	G—6	G—7	G—8
13 mm	100	100	100						100	100	100	100	100	100		
10	80	90	95	100	100				70	75	80	85	90	95	100	
5	50	60	70	80	90	100	100		40	45	50	60	70	80	90	100
2.5	30	40	50	60	70	80	90	100	35	40	45	50	55	60	65	70
0.3	15	20	25	30	35	40	45	50	29	32	35	38	41	44	47	50
0.074	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

図—1　耐摩耗すべりを考慮した混合物の配合線

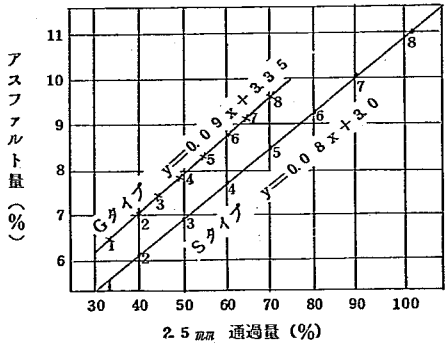


ABCD許容すべり μ=0.35～0.4

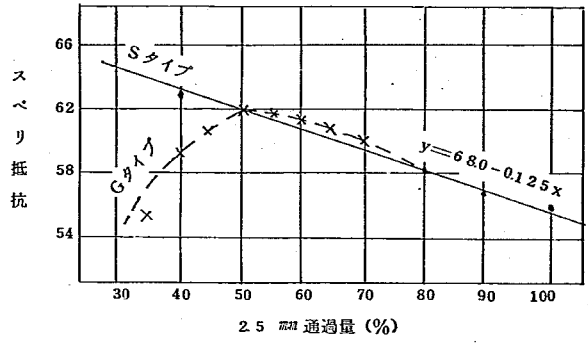
A'B'C'D'許容摩耗A=5～3%

	項目	標準値	備考
アーベル試験	フロー値1／100cm	40～70	
	安定度 Kg	450or500以上	
	空隙率 %	3～7	

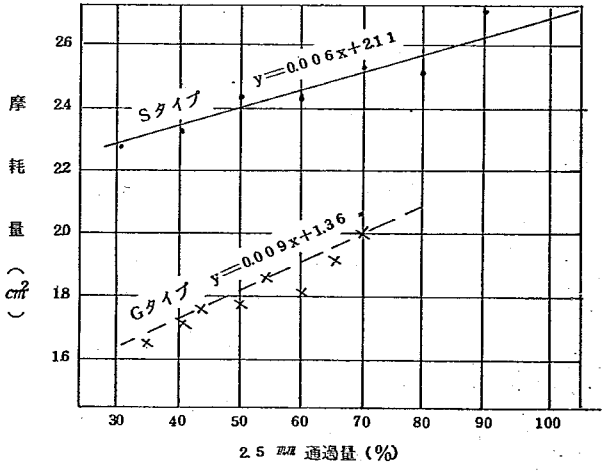
図—2　2.5 mm 通過量とアスファルト量



図—3　　2.5 mm 通過量とスベリ抵抗



図—4　2.5 mm 通過量と摩耗量



2－4　アスファルト舗装の流動防止方法と施工管理上の注意点について

（質　問）

中国地建管内の交通量の多い路線で重交通による流動，ワダチ掘れが各所に見られる。この原因，対策，施工管理上の注意点ならびに次の事項について御教示願いたい。

(1)　交通開放時の路面温度の影響について

(2)　針入度の低いアスファルトは対策上よいと言われているが，アスファルトおよび混合物の品質，施工上の注意点について　（中国技術）

（回　答）

アスファルト舗装の流動現象に対して，その原因と対策を要約すれば，表１，２に示すような関係が一般に認められている。さらに表１～２の原因のうち施工管理上留意すべき点としては，合材粒度の管理，締固め管理などが重要といえる。

(1)　交通開放時の路面温度

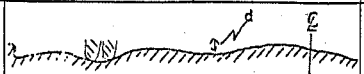
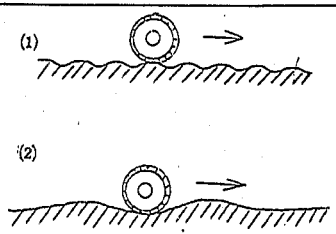
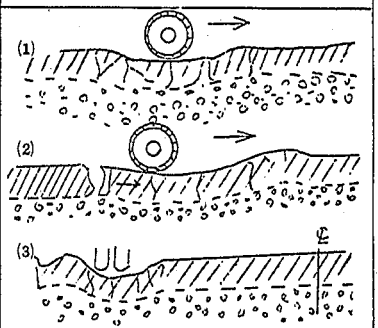
昭和４８年度に実施したシックリフト工法によるアスファルト安定処理路盤の試験施工の調査結果によればアスファルト混合物層厚が１０cmの場合の温度降下速さは平均0.６５℃／ｍｉｎであり，厚さが３０cmになれば，これが約１／６に低下している。

さらに，混合物がまだ十分冷えきっていない状態（路面温度６０～８０℃）で，５ｔｏｎ輪荷重の車を走行させ，わだち掘れ量を測定すると走行回数がわずか２０回程度の状態でわだち掘れ量が１２～２６mmに達した。このような関係から類推すれば，表層のアスファルトコンクリートの場合において路面温度が十分さがっていない状態では，塑性流動が発生することは十分予想されるので，重車両の固定法わだち跡の走行は厳しく制限しなければならない。経験的には６０℃以下の温度で開放しているようであるが，上に混合物層が更に載る場合のほかは可能な限り交通開放をおくらせることが肝要である。試験施工のデータは，混合物温度平均１５６℃，気温１３℃，路床温度６～１０℃の条件で測定したものである。

(2)　針入度４０～６０のアスファルトに関しては，関東地建管内で適用されている暫定規程を表３に示した。

施工上の問題点としては，使用アスファルトのコンシステンシーが従来のものとかなり異なるので，実測した温度一粘度曲線にもとづき混合物温度の管理を十分に行なうことが重要である。施工時期が冬期の場合には，６０～８０のアスファルトの使用も同時に認めるのが実用的であろう。　（舗装研究室長）

表—1　アスファルト舗装の流動現象とその原因（九州技術事務所）

現象	 ○交差点および踏切附近，特に流入部 ○登坂車線，バス停，交通渋滞が頻繁に起る所 ○幅員の狭い所 logN（大型車累計交通量）	 ○バス停や急カーブの手前	
原因	○交通荷重による主として表層アスファルト混合物の塑性変形 ○載荷時間の長い所→停止頻度走行速度 ○載荷位置が固定される所 ○アスファルト混合物の材料や配合が不適合 ○アスファルト量過多 ○不当な骨材粒度 ○アスファルト軟質 ○転　圧　不　足 ○アスファルト混合物のはく離	○特異な交通荷重による表層アスファルト混合物の塑性変形 ○車の制動，発進 ○アスファルト量過多 ○表層（特に薄い場合）と下層との接着不足	○過重な交通荷重による舗装全体のせん断変形 ○舗装構造の不足→載荷時の変形量過大 ○地下排水の不足→路盤支持力の低下 ○ポンピングを発生しやすい細粒なし（粘土，シルト）路床土→路盤支持力の低下 ○アスファルト混合物のたわみ性不足→アスファルト量不足 (2)○表層と下層との接着不足 ○アスファルト混合物のはく離

表－2　アスファルト舗装の流動防止対策

	対策工法	対象箇所	問題点
対策	＜塑性変形＞ ○コンクリート舗装 （載荷時間－変形の関係なし）	急な縦断勾配（登坂車線），バス停，交差点および踏切附近（特に流入部）	養生期間を必要とし現道に不向き バイパスなど新設の舗装
	○特殊なバインダーを用いる。 ・樹脂を添加したアスファルト ・ゴムを添加したアスファルト ・針入度の小さいアスファルト（40～60） ・触媒アスファルト	同上ほか，交通渋滞が頻繁な箇所 既でに，わだち掘れや波など現象が著しい箇所 対象層は表層のみ	
	○特殊なフィラーを用いる。 ・消石灰 ・セメント　フィラー全量の1／2程度使用する。 ・石綿（アスベスト）フィラーの一部として3％ （バインダーの粘性抵抗を増大させる）	〃	フィラーのサイロなどプラント設備を増設する必要がある。 米国では発ガン物質として，また国内ではケイ肺病などの問題がある。
	○骨材の粒度を粗にする。（25㎜通過量をへらす） （骨材粒子間の摩擦抵抗にたよる載荷時間－変形の関係減少） （粗骨材料を多くする）	〃	開粒度の場合水（路面水）の滞留が著しく，下層に悪影響を与えるので，下層の混合物の耐水性には十分な配慮が必要である。
	＜せん断変形＞ ○舗装構造の強化 ・路盤支持力を増大させる。 ・排水処理を十分に行なう。	せん断変形の発生が多くみられる所	舗装の打換え，排水処理など大規模な修繕となる。

表—3 舗装用石油アスファルトの規格改訂

（暫　定　規　格）

種　　類	60～80	80～100	100～120	120～150
針入度（25℃,100g,5秒）	60を越え80以下	80を越え100以下	100を越え120以下	120を越え150以下
軟化点 ℃	44.0～52.0	42.0～50.0	40.～50.0	38.0～48.0
伸度（15℃）cm	100以上	100以上	100以上	100以上
蒸発減量 % (1)	0.3以下	0.3以下	0.5以下	0.5以下
蒸発後の針入度（原針入度に対して）%	80以上	80以上	75以上	70以上
蒸発後の針入度比 % (2)	110以下	110以下	—	—
薄膜加熱減量 % (1)	0.6以下	0.6以下	—	—
薄膜加熱後の針入度 %	55以上	50以上	—	—
四塩化炭素可溶分 %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上
引火点 ℃	260以上	260以上	210以上	210以上
比重（25℃ 125℃）	1,000以上	1,000以上	—	—

3. 土工に関する問題点

3－1　急傾斜地に道路（防災を考慮した）を築造する場合の調査について

（質　問）

山間部，特に河川の狭谷沿いに築造する道路では，急傾斜地の切取りが問題となる。こうした所の施工はほとんどの場合，自然地山の法先の切取りが原因で大規模な斜面崩壊を生ずるケースが多々ある。

急傾斜地域に道路を築造する場合，地質調査を含めた調査上の主要な留意点について御教示願いたい。　（中国技術）

（回　答－1）

斜面崩壊に関する調査上の留意点はいろいろあるが，ルート選定時と工法検討時に分けて，主なものをあげる。

(1) ルート選定時の調査

Ⓐ 切取りによる大規模な斜面崩壊発生の危険度の高い場所をさける。

Ⓑ 施工後ノリ面安定工の変状，あるいは上部の自然斜面からの落石等により維持管理上困難が予想される場所をさけること。

である。

まずⒶに関して説明する。

道路の斜面崩壊の形態は表－1のように分類されるが，このうち大規模な崩壊はⅡ型及びⅢ型である。

斜面崩壊の形態分類と地質との対応は，表－2にまとめられるが，次の地質（地山）の所で，切土をすると大規模な崩壊を誘発させる危険度が一般に高く，特に30m以上の切土は避けるのが一般的には望ましい。

① 断層や破砕帯が多く存在し，全体的に岩盤に割れ目（節理，キ裂）などの不連続面が多く，しかもゆるんでいる場合。特にこの不連続面が流れ盤になっている所は危険度が高い。

Ⅲ型，及びⅠ型のうち切土量が多くてⅢ型になったもの。（表－1中の道路計画上の留意点参照）

② 崩積土層（崖錐層）が分布する場合。特に崖錐層が岩盤上にあり，しかもその境界面が流れ盤になっている場合は危険度が高い。

Ⅱ型

③ 周辺で多数の崩壊が起っている場合

自然地山の状態で，安全率が1に近いことを意味しており，切土すれば不安定になる。

Ⅱ型，及びⅢ型

次にⒷに関して説明する。

ノリ面施工直後は一応安定しているが，時間経過とともに斜面安定工に変状をきたし，維持管理にてこずることがある。これには，次のようなケースが多い。

① じゃ紋岩，緑色岩（片岩，凝灰岩），第三紀以後の凝灰岩，温泉変質した岩（第三紀の堆積岩に多い）などでは，切土による応力解放（ゆるみ），風化の進行により，漸次強度低下や吸水膨張，乾燥収縮による体積変化を生じ，これに伴って斜面安定工に変状をきたす。

② 割れ目の多い岩盤，特にそれが風化を伴う場合は，切土による応力解放（ゆるみ）が時間経過とともに進行し，斜面安定工に変状をきたす。

③ マサ，シラス，あるいは比較的ルーズな砂質地山では，パイピングにより地山が局部的に少しづつ洗い出され，斜面安定工の変状につながる。地下水位が高かったり，量が多いような所では特にこのようなことが起きやすい。

上部の斜面より落石等があり，施工後の維持管理に困難な場合があるが，このようなケースは施工前より，もともと落石が多い場合に起ることが多い。

(2) 工法検討時の調査

これは，斜面の設計，施工段階の調査であり，必要な道路の幅員を得るために切取りを行なう斜面に対して，それが安定する工法を検討するためのものである。

斜面自体は全体的に見て安定であるようにし，その後表面浸食，風化，部分的崩落の防止を行なうのが工法検討の一般的流れであり，これに従って調査の留意点も次のようなものになる。

① 最小限除去する必要のある不安定土塊（岩塊）の分布。——地表精査により調査する。

② 斜面全体の安定のためのり面の形状を決めるための調査

(イ) 岩盤，地盤の状態の調査——踏査，ボーリング，物採により地山の全体的な評価を決め，のり勾配，のり高，小段の位置を決める。（道路土工指針，のり面工と斜面安定工指針などを参考にする。）

(ロ) 不連続面（断層，シーム，割れ目，地層の境界）の方向，状態の調査——踏査，ボーリング，サウンデング，物採により調査する。特に流れ盤になっているものに留意する。

③ 崩壊形態の予測——①，②の作業により概略の斜面形状が決まった場合。この斜面がもし崩壊すればどんな形態で崩壊するかを予測するが，これは滑り面の位置をサウンデング等で想定するとともに，これと崩壊要因を合せて検討する。この際の資料はこれまで述べたものと同じであり，これを見直しするということになる。

④ 対策工の基礎地盤までの深さ及びその強度の調査——ノリ面勾配をゆるくしたり，小段をつけたりする以外に擁壁，くいなどの抑止施設が必要になれば，これの基礎につき調べる。

⑤ 抑制工の設計のための調査——地下水が多量あり，前述の力のバランス以外にこれを重視する必要がある時は，地下水脈の分布，水量を調べる。

⑥ のり表面の保護工のための調査——表面流の流路，水量及びモルタル吹付工で，良いかどうかなど，掘削表面の被覆法につき調査する。

以上述べたことは，斜面崩壊だけを対象としたが，これ以外に，土石流及び土工時に盛土が生ずる場合はこれに対する安定性の調査検討が必要である。

（急傾斜地崩壊研究室長）

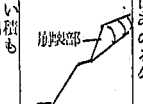
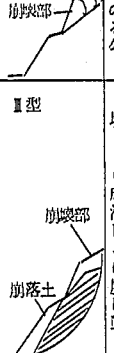
表—2　道路の斜面崩壊の形態分類と地質の対照表

地質	(表土)	粘質土 粘土 ローム	崩積土 崖錐 (段丘レキ)	シラス マサ 山砂	岩 (特殊岩) 蛇紋岩 強風化岩 温泉変質 第三紀 (特殊)	岩 (硬) 結晶片岩 破砕帯 断層 (割れ目)	岩 (軟) 第三紀 (吸水膨張 表面剝離)
分類	Ⅰ—2	Ⅰ—3 Ⅰ—1	Ⅱ Ⅲ (不透水層がある場合)	Ⅰ—3 Ⅲ—1 (不透水層がある場合)	Ⅲ Ⅰ—2 Ⅱ	Ⅲ Ⅰ—1 Ⅱ	Ⅰ—1 Ⅰ—3

表—1　道路の斜面崩壊の形態分類表（切土ノリ面，自然斜面）　（案）※

斜面崩壊の形態分類		崩壊の原因と機構	崩壊個所の地山の特徴	道路計画上の留意点	対策工・その他
Ⅰ型 （浅い表層崩壊） 斜面の表層あるいは，その1部が滑落するもの。	Ⅰ—1型 	切取りあるいは風化，乾燥・収縮又は凍上により表面附近の層理，割れ目，（節理，キ裂）が ゆるみ，これらに沿って剝離脱落する崩壊である。	①層理面，節理面の傾斜が流れ盤になっている個所 ②断層等で破砕されている個所 ③風化の進んでいる個所で崩壊している例が多い。キレツの入った硬質粘土を切取った場合にもこの型の崩壊を起こすことがある。	崩壊は岩の目（層理，割れ目）の最もゆるい部分の局部的剝落から始まり漸次側方，あるいは上方へ波及して行く場合があるので，目の発達した長大斜面ではこの型に注意。 斜面の末端部の切土量が多い場合はⅢ型の崩壊になることがあり，特に層理面，断層面が流れ盤になっている所ではこの傾向が強い。	斜面長の短かい場合や長大斜面でも少し深くなると堅岩である場合は対策工は比較的容易。長大斜面の切取りでは区間を小わけするなど，ゆるみをなるたけ少くすることが大切である。 対策工 ∘切土工 ∘ロックボルト工 ∘モルタル吹付工 ∘ノリ枠工 ∘コンクリート張工 ∘コンクリートブロック張工 （落石防止フェンス） （ナイロンネット）
	Ⅰ—2型 	自然斜面では，主に表土層が表面流の浸食等により滑落する。この場合のすべり面は地表面に平行していることが多い。 切土斜面では，表面近傍の地盤が応力解放によるゆるみ浸透水による脆弱化によりノリ面浅部が崩壊するもので，法面が比較的軟かい土，岩からなる場合にこの型の崩壊になりやすい。すべり面は円弧に近い形状をしている。	自然斜面では，表土層と基盤との境界がはっきりしていることが多い。 切土斜面では泥岩（第三紀層），キ裂の入った硬質粘土，粘土状に風化した緑色片岩にこの型の崩壊をみる。	この型の崩壊は，規模はそれほど大きくないが，斜面崩壊中最も数が多い。 表面流の流入量が多い斜面，切取りにより表面が著しく脆弱化する斜面ではこの型に注意。	切土では，相当時間が経過した後に崩壊する場合があるので，規模は小さいが，その時の復旧工事は面倒である。小段の幅に余裕があれば，崩壊後の復旧工事も容易になる。 対策工 ∘切土工　∘置換工（崩落土を除去し良質材で埋戻す） ∘ノリ枠工　∘排水工

※　この分類は設計要領（道路公団）の切土ノリ面崩壊の形態分類表に若干の修正を土研で加えたものである。

斜面崩壊の形態分類		崩壊の原因と機構	崩壊個所の地山の特徴	道路計画上の留意点	対策工・その他
	Ⅰ－3型 	透水性や侵食に対する低抗が異なる層がある場合，強い層が局部的にオーバーハングする形になり，それが崩落する。	新第三紀層などでは，泥岩と砂岩が互層になっていることがあるが，砂層は透水性が高く，固結度は低いので，わき水によって洗い出されてえぐられている場合がある。	工事は比較的容易だが施工後の維持管理が当初の予想より面倒なことがある。	吹付け工ができないので当初の予定より工費がかさむことがある。 対策工 ○不安定土塊除去 ○ノリ枠工 ○排水工
Ⅱ型 基盤におよばない深い崩壊 基盤を覆っている風化土や崩積土が滑落するもの	Ⅱ型  	基盤を覆っている風化土や崩積土（崖錐層）が主として雨水や地下水などの浸透圧の原因となり，ほぼ基盤面に沿って崩落するものである。崩落する際には基盤の一部をまきこむ場合がある。この崩壊は切土深さや勾配にあまり関係がない。	風化土あるいは崩積土（崖錐層）が堆積している沢（とくに湧水の多い沢）やアン部を切取ったときに生じやすい。 なお，土質および地形条件によって地すべりを起す場合がある。	崩積土層（崖錐層）の規模が大きい場合は切取りをさけること。 またどうしても切取が必要な時は，なるたけその上部を切取る様に計画すること。	地形条件や湧水量によって復旧工事が困難な場合がある。 対策工 ○排土工（落ちそうな部分を落す） ○石積工 ○ノリ枠工 ○排水工
Ⅲ型 基盤におよぶ深い崩壊 すべり面が大部分基盤中にあるもの	Ⅲ型  	断層，風化土と岩盤との境界面あるいは極度に弱い「目」等の不連続面をスベリ面として，ノリ面のかなり深い部分からノリ面を構成する地塊が一体となって滑落するものである。滑落した地塊は比較的原形を保っており，崩壊斜面の上部には，ほとんど垂直な滑落崖が形成される。スベリ面は急で，滑落した地塊は移動することが少ない。 切取によって発生するものがこの型の大部分を占める。	粘板岩，風化石英斑岩の個所で崩壊の例がある。 この型の崩壊はノリ面が岩からなる場合で，とくに①破砕帯，②ノリ面背後に断層がある個所を切取ったとき等におこりやすい。 地形は尾根形（凸形）でも，基盤中の弱層が沢状（凹型）に分布している場合，とくに，ここに地下水が多量に集まっている個所にこの型の崩壊が多い。	尾根形の地形で，地山の状態も比較的良好であり，切取り時に一見問題がなさそうでも，近くに断層があったり，深部に流れ盤になっている不連続（地層の境界，断層）があれば，斜面末端を大規模に切取るのはさけるべきである。不連続面が密着していても，目が通っている場合は，これを見のがしがちである。	長大斜面の切取りでは，区間を小わけするなど，ゆるみをなるたけ少くすることが大切である。 滑落土量が多いため，復旧工事には時間がかかる。 しかし，滑落土は移動することが少ないので対策は比較的容易である。 対策工 ○切土工 ○排土工 ○ノリ枠工（崩壊頭部）

（回答－２）

質問にあるような地形においては，一般に崖錐たい積物や土石流たい積物あるいは地すべり土塊などがたい積して，かろうじて安定な斜面を形成しており，わき水や地下水の水位の高いところが多いと考えられる。したがって，このような個所で切土を行なうと，斜面の安定性が失われて大規模な斜面崩壊が生ずる危険性が高いといえる。したがって，このような個所における調査としてはつぎに示すような項目について特に注意して調査する必要がある。

(1) 周辺近隣の既設の切土の実態調査ならびに類似条件での施工例などの関連資料の収集を行ない，安定なのり面および危険なのり面の区分わけをする。

(2) 地表踏査を行ない，つぎに示す地質的項目について調査する。

(イ) 地形 ―― 水の集まりやすい地形に注意を要する。

(ロ) 崖錐，段丘，強風化帯，軽石などの分布状況

(ハ) 岩石の種類および岩質

(ニ) 地層の走向と傾斜

軟らかい層が硬い岩盤上にあり，しかもその境界面の傾斜の方向とのり面の傾斜の方向が同じ場合，または透水層と不透水層とが互層をなしており，その境界面がのり面の傾斜方向と同一方向になっている場合は注意を要する。

(ホ) 岩石の変質，風化の程度および状態

(ヘ) 断層，破砕帯の規模，状態および走向，傾斜

(ト) 岩石の割れ目，層理，片理，節理の状態

(チ) 透水層の位置と性質

(3) (1)，(2)の調査結果にもとづき，危険と思われる個所が判明した場合には，弾性波探査などの物理探査およびボーリング，サウンディングなどの試験を行ない，のり面の安定性の検討を行なう。

一般には，(3)までの調査によりのり面の安定性の検討を行なうが，特に必要な場合には土質あるいは岩石試験を実施する場合がある。

以上，切土のり面の調査方法についてその概略をのべたが，詳しいことは「のり面工と斜面安定工指針」（日本道路協会）を参照するとよい。　　（土質研究室長）

３－２　計画段階での法面（切土）工法選択の考え方について

（質　問）

山岳道路における切土箇所の法面保護工について，土質及び切土面の状態における工法選択上の留意点について御教示願いたい。

（例えば）

1. 地下水が高く切取り法面から湧水の恐れのある場合
2. 透水性の層（例えば砂層）と不透水性の層（例えば粘土層）が互層になっており，その境界面の傾斜が切取面の傾斜と同一方向となっている場合。

3. 透水性の土層の下に岩盤があり，その境界面の傾斜が法面の傾斜と同一方向になっている場合。
4. 水成岩の傾斜層において，その傾斜が切取面の傾斜と同一方向になっている場合
5. 蛇紋岩，頁岩，粘板岩等の変質岩の場合
6. 断層の場合
7. 水を含んだ細粒分の多い砂層，特に真砂状に風化の進んだ花崗岩類及び退化した段丘砂礫層の場合
8. 軟かい粘土の場合
9. 毛状の亀裂をもった硬い粘土の場合　　（浜　田）

（回　答）

質問事項が多岐にわたっており，しかも問題のあるのり面についての質問なので，それぞれの項目について詳しくのべることはできないが，まとめると次のようになる。

1～9までののり面は切土のり面の標準こう配で設計すると崩壊する危険性のあるのり面であるといえる。したがって，十分な土質調査，地質調査を行ない，のり面の安定を検討する必要がある。切土のり面の場合，自然の地盤は一般に構成が複雑で不均一な成層または性質をもつ場合が多いため，通常の円弧すべりなどによる安定解析が困難である。このため，過去の実例（例えば同一条件地域における施工例，崩壊事例）を検討したうえで，のりこう配や有効なのり面保護工を決める必要がある。

質問の2，3，4の個所は，一般に不連続面にそって浸透水が集まり，この面が弱点となって崩壊したり，また流れ盤にそって崩壊する例が多い。したがって，のり面保護工としては，不安定と思われる領域が広く，大きな崩壊を起こすおそれのある場合には，擁壁などの堅固な構造物によるのり面保護工を選定する必要があるし，2の場合のような砂層の土砂の流出にとどまるような場合には栗石石張りとしたコンクリートわく工などによるのり面保護工が適切であると考えられる。のり面保護工と合せて，このような個所においては不連続面における浸透水を排除するための地下水排除工（横ボーリングなど）や図－1に示すような排水層を設けてのり面の安定を保つことが必要である。流水盤のような場合には，のりこう配は流水盤の傾斜角と等しいこう配にし，のり面の安定を保つことが望ましい。

質問の1の湧水のあるおそれのあるのり面では，コンクリートわく工または必要に応じて現場打ちのしっかりとしたコンクリートわく工にし，わく内は石詰めにするのが適切な工法であると考えられる。わき水がとくに多い場合は，のり面をじやかご，ふとんかごなどで被覆して土砂の流出を阻止する工法が用いられる。

質問の4および7のような切土後，そのまま放置すれば風化がすすみやすい岩の場合は，わき水のおそれのないところにかぎりモルタル吹付工またはコンクリート吹付工を行なうのがよい。なお，わき水個所では内側が洗掘されて空洞化したり，冬季の凍結によってひびわれしたりするので，モルタル吹付工の施工はさけるべきである。風化した花崗岩のように軟岩に近い状態，もしくはレキまじり土になっている場合は，種子吹付工などによる植生工を併用して，浮石押えとして落石防止網をかけたり，路面への落石を阻止する落石防止柵工を行なうのがよい。さらに風化がすすみマサ

状になっているものでは，客土を行ない，全面被覆の植生工，もとは良質土で埋戻したコンクリート枠工に植生工を施したり，ブロック張工などしてガリ浸食を防止する必要がある。

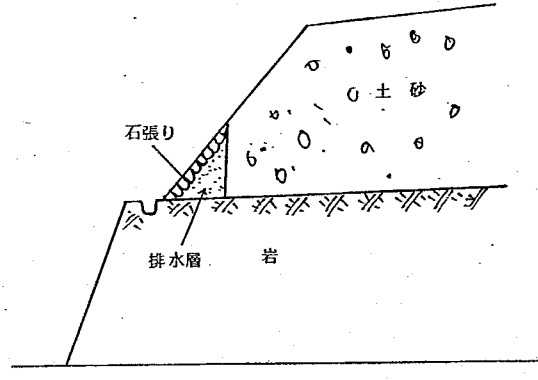
質問の7の断層の場合は，切取りにより地山が不安定になり大きな崩壊を起こす危険があるので擁壁などの堅固な構造物によるのり面保護工が必要である。

8の軟らかい粘土で比較的地山が均一の場合は，土質試験などを行ない，安定解析によりのりこう配を決定し，植生工を行なう。植生に不適な粘土の場合には客土して植生を行なうか，ブロック張工もしくは石張工を行なうのがよい。

9の毛状の亀裂をもった硬い粘土の場合は，そのままの状態では植生しても枯れるおそれがあるので，8の粘土の場合と同様に客土するが，もしくはブロック張工，石張工を行なうとよい。

質問5にあげられた岩ののり面破壊は，割れ目が発達していて，これに沿った崩壊の起こる場合，風化のため表層の崩落する場合，局部的に軟弱化した部分（破砕帯）からすべる場合などが考えられ，すべりは一般には浅い位置に生ずるが，破砕帯のある場合や，風化が表層から漸次深い部分に進行していったときには深部にわたる崩壊となることもある。いずれにしろ，亀裂や風化の認められるものについては表面処理のみで崩壊を防止することは不可能と考えられるので，小規模崩落に対しては落石防止網あるいは柵工，大規模なものには擁壁などを施工するのがよい。

（土質研究室長）



図－1　わき水のある岩盤境界面での処置

３－３　山岳道路における環境面を考慮した道路施工について

（質　問）

太田川上流に建設予定の温井ダムは，ダム軸及びダム高（H＝１４０～１６０m）決定のための地質調査を実施中である。本地域の地質は中粗粒花崗岩によって被覆されており，段丘堆積層，崖錐堆積層が分布している。ダム周辺の道路ルートは現在国道１８６号が浜田市へ抜けている。この道路の付替を施工する予定であるが，付替予定の道路付近の地形は，山腹傾斜が３５～４０度と急峻で道路ルートもこの山腹を経由して，ダムサイトまで取付けるため，カットの法長が非常に長くなる。またこの地域は各所に法崩壊をおこしている所があり，この様な地形における道路の環境対策を考慮した施工方法について御教示願いたい。

なお，道路ルートの地質調査はまだ実施していない。　　（太　田　川）

（回答－１）

山岳道路における植生破壊は切土面における植生の剝ぎ取りと捨土面における植生の埋没が大きな原因である。そのため切土面は短く，緩やかに切ること，捨土は避けることが原植生を守るために施工上大切なことである。

しかし，現実には路線の決定段階で土工工事は大概決定しており，改善の余地は少ないことが多い。そのため環境対策としてのり面緑化を行うことになる。

この地域の場合，山腹傾斜は３５～４０度であるので，切土面を緑化するためには，やや急峻であり，しかものり面が長いことは非常に緑化が困難な条件となっている。気候条件が不明であるが，霜くずれ，積雪，融雪期における表土の滑落等も考慮しなければならないと思われる。そのためのり面緑化工法の選定にあたっては，土壌条件，栄養状態，気象条件（気温，降雨（雪）量，その他），周辺植生，地形地質，経済性等を考慮して決定しなければならない。

植生工のみではのり面の安定が確保できない場合には，のり枠工等の構造物との併用が考えられるが，のり全面を構造物で覆うことは避け，スポット的にでも土壌が表われる工法を検討する必要があろう。　　（交通環境研究室長）

（回答－２）

道路の環境には無数の要素があるがここでは質問の主旨よりして周辺の植生の保全と植生の破壊された法面への植生の復旧に問題を限ることにする。

道路建設によって周辺の植生に悪影響を与える原因としては，まず第１に谷側法面への捨土による植生の破壊が考えられる。谷への捨土は植生の破壊のみならず河川荒廃等その悪影響が甚大であるので極力避けねばならない。

その他の問題としては閉鎖した森林中に空間が生じることによる凍害，乾燥害，入射光量の変化による影響等が考えられるが，凍害は現場の位置よりして恐らく問題にならず，乾燥害，入射光量の変化に対しては決定的な対策は考えられないので，自然植生が変化に対応してくれることを期待するしかない。

道路完成後の問題として通行車両による土ぼこり，排気ガスによる害が考えられるが，道路が舗装され，交通量が極端に多くさえなければそれほど大きな悪影響はないであろう。

法面の緑化に関しては，とりあえず芝の吹き付け等によって早期緑化と表面侵食を防止し，後に在来植生の導入によって安定した植生相への移行を図るのが通常の方法である。

酸性土壌等特殊な土地でなければ，通常植生導入の阻外要因となるのは，表土の侵食・移動，気温条件，土壌中の水分・養分の不足である場合が多い。

表土の侵食・移動を防止するには法面のこう配を緩くすればよいのであるが，これが困難な場合には何らかの土木的方法によらねばならない。法面を合成樹脂の網でおおう方法は場合によっては効果的であろう。マサ化した花崗岩の地帯であれば困難も予想される。

花崗岩質の土壌は粗孔隙に富み透水性，通気性は良好であるが細孔隙が少ないので水分の保持には不利である。花崗岩地帯である滋賀県田上山の山腹工事では有機物の補給もかねてワラ束の埋設もおこなわれている。

養分の不足は土工によって有機物に富む表土が失なわれるのであるから当然予想される。土工に先立って表土を剝ぎとって別の場所に保存しておき，土工終了後これで表面を再びおおうのが良い方法である。これが困難な場合は将来継続的な施肥も考慮せねばならない。

前述の田上山は昔の寺院建築等に使用した木材の伐採が荒廃の原因となったといわれているが，明治以来営々と緑化の努力が続けられているが完全に成功しているとは言い難い。

慎重な工事の実施を期待する。　　（砂防研究室長）

3－4　山腹切土のロックアンカー工法の評価について

（質　問）

山腹勾配約45度の山地部で，道路改築のため山腹切土の必要が生じた。山体の地層は，1）表土に崖錐層厚3～7m（弾性波速度0.4～0.8km／S），2）中間層の花崗岩厚15～20m（弾性波速度2.2km／S），3）基岩の花崗岩（弾性波速度5.0km／S）の地質構成となっている。

この地質の安定勾配で切土を計画すると，長大な法面となること，切土法面の減少を考えて切土勾配を7～8分で断面を考えると，切土法面長さは30m以上となり，また切土の上部分には崖錐層が残る施工断面となる。この場合，法面の安定処理工法として，法枠工にロックアンカーを採用したいと考えて，中間層又は基岩にアンカーを期待しているが，鋼棒の腐蝕や岩盤の変形を考えた場合，国道の永久法面保護工として安全な工法であるか評価していただきたい。　（三　次）

（回　答）

ロックアンカー工は，定着部を堅硬な岩盤に固定し，これに引張力をもたせようとするものであるから，次のような制約がある。

(1)　アンカーの緊張部が長すぎるとこの部分の変位が大きくなるので長さの制限を受ける。

(2)　アンカー定着部周辺の岩盤は引張り力を受ける。見かけは堅硬であっても，岩盤は一般的に潜在的な割れ目を有するものであり，マスとしての引張り強度は，せん断強度に比べ著しく小さい。

従って長期的に見た場合その耐荷力はかなり低く評価する必要がある。

このような観点から，現地の施工計画断面を検討すると，常時において必要な安全率が確保され

ており，地震時の安全率の不足をアンカーで補うものであれば，妥当であるが，常時においてもアンカーの耐力を期待するものであれば，不適当だと考えられる。

常時の斜面安定の検討をする時，現地のような自然地山では計算に必要な地盤の強度値を求めることは困難であり，このような場合，安全側であることから，実用上，現状あるいは過去の最悪時の安全率を1.0として，その強度を逆算する方法がとられることがある。この考えからすると，土砂中あるいは土砂と軟岩の境界にあると想定される滑り面に沿う崩壊の安全率を切土後，1.20以上にするには，かなりの抑止力が必要であり，これを経て，アンカーに期待することはできないと考えられる。

（急傾斜地崩壊研究室長）

3－5　モルタル吹付及びコンクリート吹付の δ_{28} 強度について

（質　問）

モルタル吹付及びコンクリート吹付を施工する場合，目的が岩の風化防止のため，σ_{28} 強度は特に定めていないが，σ_{28} 強度はどれ位に定めるべきか，またその場合の試験法について御教示願いたい。

（山　口）

（回　答）

法面保護のためのモルタル吹付けまたはコンクリート吹付けは，法面に湧水がなく，さし当り崩壊の危険性はないが風化しやすい岩，風化して剝離崩壊する恐れのある岩などに用いられている。

このような立場から，モルタルおよびコンクリートの品質は強度から定まるものでなく，耐久性または水密性，あるいは施工法といった観点から定めることが適当と考えられ，実状ではモルタルの場合水セメント比45～50％，単位セメント量420Kg／m³程度のものが，またコンクリートの場合水セメント比40～45％，単位セメント量350Kg／m³程度のものが用いられている。[1)]

法面保護に用いる吹付けモルタルまたはコンクリートの適切な品質についてはまだ十分な根拠は得られていないが，第25回建設省技術研究会における「のり面の効果ならびに選択基準に関する研究」の調査結果[2)]によれば，吹付け工の問題点は吹付け厚さ，地盤との付着の程度および湧水処理の適否にあって，施工管理の重点も従ってこれらに置くべきと考える。

吹付け厚さは，地山の状況や気象条件を考慮して定めるが，鋼材（メッシュ）の防錆や透水の面からみて7～10cm，寒冷地や気象条件のきびしい地域では10cm以上とする必要があろう。前述の調査結果でも，3～5cm程度の薄いものはほとんど破損していることが報告されている。

モルタルまたはコンクリートの品質の試験は，耐久性または水密性をもとに定めた水セメント比に対し，実際の水セメント比を直接求めるか，あるいは圧縮強度試験を行なって間接的に水セメント比を求めるかすればよい。まだ固まらないコンクリートを分析して水セメント比を求めるのには，洗い分析による方法，比重計による方法，塩酸を用いる方法などがあり[3)]，とくに比重計による方法および塩酸を用いる方法は試験方法が簡易で試験時間も短く（30分程度），現場における試験法として実用的である。

強度試験方法としては，試験パネルにモルタルまたはコンクリート吹き付け，硬化後に供試体をカッターで切り出して試験する方法などがある。[4)]

<参　考　文　献>

1）吉井，ほか：モルタルおよびコンクリート吹付けによる法面保護工の設計基準例，月刊建設，昭和４６年１２月

2）桑原，久楽：道路のり面保護工の実態調査，道路，昭和４７年８月

3）コンクリート・ライブラリー　第３８号，土木学会，昭和４９年

4）村田二郎：吹付けコンクリートの基礎的研究，セメント技術年報ＸＸⅢ，１９６８年

（コンクリート研究室長）

4．トンネルに関する問題点

4－1　トンネル工事に伴う地下水の変動調査について

（質　問）

トンネル工事に伴う地下水の変動調査について下記事項を御教示いただきたい。

(1)　井戸水，溜池等，影響範囲を把握するための有効的な調査方法

(2)　トンネル湧水量推定値と実際の湧水量との関係について　　（福　山）

（回　答）

(1)　トンネル工事に伴う地下水の流失の影響範囲は，透水層の構造，厚さ，分布範囲，透水係数，有効間隙率，流失時間等によって決まるとされているが，定説はない。透水層の構造が簡単な場合には揚水試験を行なって直接調べることができるが（各種の水理公式において観測井までの距離と水位降下量から外挿法によって求める），構造が複雑な場合は困難である。また構造を単純化し電子計算機を用いてＦＥＭ法による解析が試みられている。[1]

概念的には５００～１,０００m特に透水性の小さい場合には１５０mとされているが，地形や地質構造（谷，尾根，断層等）によって影響範囲がせばめられることが多い。

実際の施工に当っては現段階では予測が困難であり，むしろ渇水問題が生じてからそれに対処するという方法がとられることが多い。その場合，事前の状況を十分調べておく必要があることは勿論である。事前の調査は少くとも３ケ年以上とし，池や湧泉の分布，水位，湧出量や汲上げ量とを確認しておかなければならない。

(2)　トンネルの湧水には恒常的なものと突出的なものがある。

(a)　恒常的なもの……地質があまり変化せず広い範囲で同じような透水係数（見かけの透水係数でもよい）をもつ地山の場合には，ほぼダルシーの法則がなりたつ。この場合は湧水量の予測が可能で，実測値ともかなり合う。[2) 3)]

(b)　突出的なもの……地質が著しく異なり，背面に大きな滞水層がある場合には湧水は突出的なものとなる。その存在性は地質調査によって知ることができるが量を推定することは困難である。

参考資料

1）　滋賀国道工事事務所：長等トンネル調査資料

2）　高橋彦治（１９６３）：湧水と地圧　　山海堂

3）　菅原　捷（１９７５）：トンネルの湧水調査法に関する研究，土研資料１０２０号

（地質研究室長）

4－2　岩質の分類による鋼アーチ支保工とロックボルト工法の選択について

（質　問）

山陽新幹線では，ロックボルト工法が多く採用されているが，当所でも道路トンネルに採用したいと思っているので，下記の項目について御教示願いたい。

1.　岩の分類と弾性波速度で判定できるか。

2. ロックボルト工法を採用する場合，掘削方法，手順（施工機械設備を含む）

3. ロックボルトの埋込長，間隔，径及び定着方法

4. ロックボルト工法の場合の覆工について　　（山　口）

（回　答）

ロックボルトの適用できる地質条件に関しては明確な範囲はないが，ロックボルトを適用する条件としては，切端の自立性があること，ロックボルトの十分な定着力が得られることが基本である。機械的定着機構を用いたロックボルトでは比較的地質条件が良いこと（地山分類A，B程度）が条件となるが，セメント系の接着型ボルト（SNアンカー，パーホボルトなど）を用いると切端の自立できる程度の地質であれば，必要な定着力を得ることが不可能ではない。従って，ロックボルトは相当広い地質の範囲で使用することが可能である。使用の要点は地質条件にあったボルトの種類の選択であるということができる。

ロックボルトの埋込み長さ，間隔は経験的に定められるが，通常次の目安が用いられる。

ボルトの長さ：L　　$L > 2P$

又　は　　$L > \frac{W}{3} \sim \frac{W}{5}$

ただし　P：ボルトの間隔

ロックボルド工の詳細については"ロックボルト設計・施工指針"高速道路調査会を参照されたい。

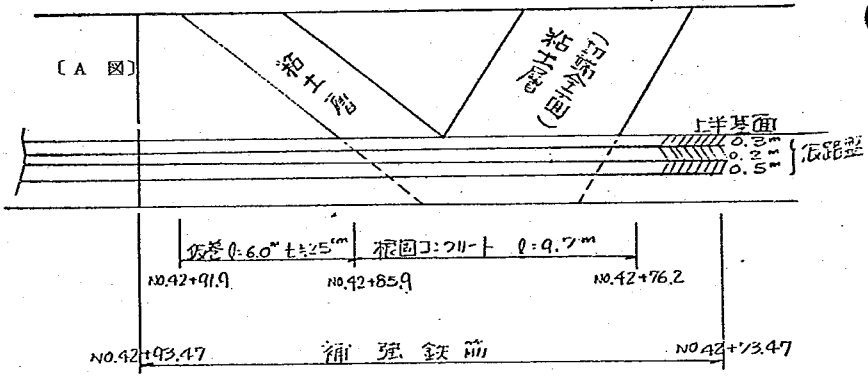
（トンネル研究室長）

4－3　粘土層における土平の施工方法について

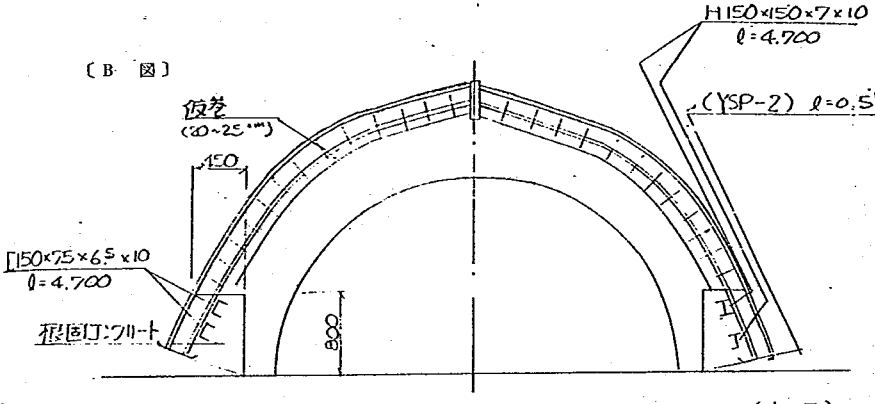
（質　問）

下図のように粘土層の補強を行ない支保工の沈下は防止（現在落ちついている）したが，下部半断面施工掘削に伴ない，アーチの沈下及び側壁掘削による側圧の影響が発生する恐れがある。これの対策工法及び側圧影響の測定方法等を御指導願いたい。

（注）　弾性波探査結果に現われていない，湧水はない。



〔B　図〕



（山　口）

（回　答）

粘土地盤の掘削工法は，基本的には側壁導坑先進工法とすべきであるが，本例のように短かい区間（約２０ｍ）に挟在する粘土層の突破のために工法を変更することは得策でないので，上半先進工法のまま進めることはやむをえないと考える。

上部半断面逆巻き工法において局部的に支持力の不足する地質ができた場合の処置は施工性の良い確実な工法がなく苦労するところである。この場合の処置としては，仮巻きまでの状態であれば，覆工打設前に側壁部にくいをあらかじめ建込んでおくなどの方法が考えられる。覆工後であれば抜き掘りの間隔を細かくしてていねいに側壁を施工することになる。地質によっては注入により側壁部地山の補強を行なうこともある。この場合は試験注入によって注入の効果を確認して実施する必要がある。

側圧の影響については支保工の変形変状を観察してその有無を確認する必要があるが，盤ぶくれを伴なう本格的な側圧に対してはストラットを設けるなど断面を閉合するようにする必要がある。

（トンネル研究室長）

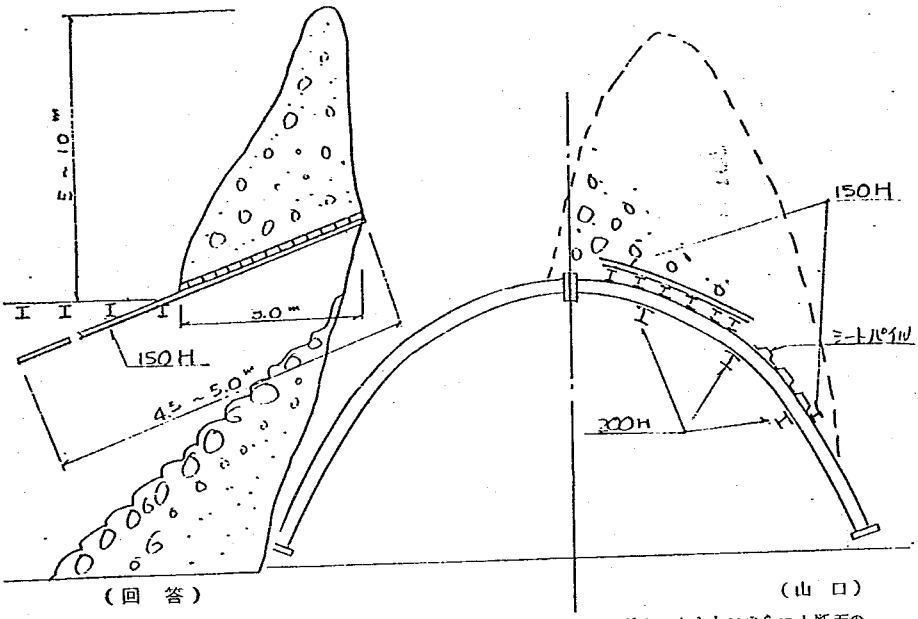
４－４　上半部の崩落による補強について（破砕帯）

（質　問）

次図のような崩落が延長１００ｍのうち大小２０箇所程度発生し，大きく崩落した箇所は，次図のようにＨ－１５０又はＡＳＰⅡ型矢板等の加工による差し込みをチェンブロック等にて行なったが，施工困難で平均１基／日（２方）の支保工建込みで進行した。（支保ピッチ６０cm）

1. このような場合の応急的対策工法は如何に
2. グラウトを施工する場合の使用材料及び配合

以上について御教示願いたい。



（回　答）　　（山　口）

破砕帯の発達している区間を上半工法で掘削する場合には，リングカットまたはさらに小断面の掘削となるよう施工し，あるいは，注入等により地盤を改良するなどして，崩落の発生を未然に防ぐことが原則である。しかし，万一崩落が発生した場合には，質問で述べられているように縫地などによって地山を押さえながら安全を確保しつつ掘削せざるを得ず，掘削の進行が遅れるのは止むを得ない。なお，支保工は左右対象荷重に対しては相当の強度を発揮できるが，偏荷重に対しては非常に弱いので，崩落により空洞ができた場合には．サンドルを組むなどして地山による受働荷重を十分とれるようにしなければならない。

グラウトの使用材料および配合は，注入する地盤の性状（土の粒径・透水性，地下水流の有無，など）を考慮して決めなければならない。注入材料としては，通常，セメントミルクおよびＬＷが使用される例が多い。注入材の配合は注入試験の結果から決める。崩落の空洞填充にはエヤーモルタルなども用いられる。

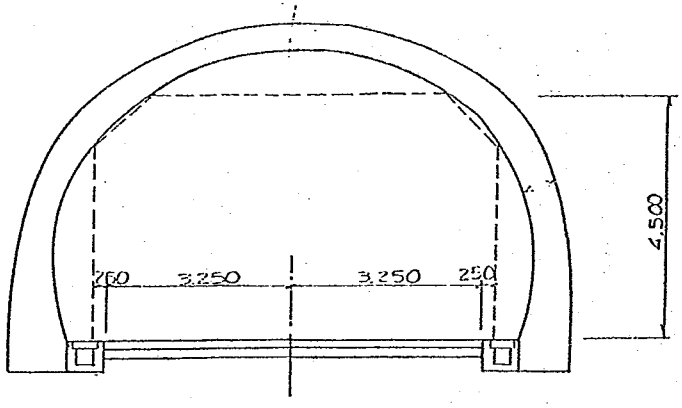
このような地質では覆工をできるだけ早く施工することが肝要である。

（トンネル研究室長）

4－5　既設トンネルに自転車歩行者道を設ける方法について

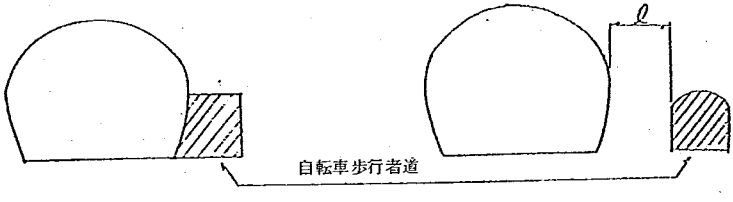
（質　問）

下図の既設トンネルに自転車歩行者道（W＝3.0 m）を設けたいが，次の事項について御教示願いたい。



設置方法と質問内容

(1) 現在トンネル拡幅案　　(2) 隣接して別線で設ける案



a) (1)の場合，力学的に構造は成立するかどうか（在来壁を等間隔に間抜する）

b) (2)の場合，接近量ℓはどの程度か。

c) 環境，公害等の関係はどうか。

d) (1)(2)各々について工法，施工性，経済性について　　（松江国道）

（回　答）

提案の"現在トンネル拡幅案"は，応力が最も集中しているところを掘削することになり，応力の再配分の結果覆工に偏圧を作用させることになるのでさけるのが望ましい。従って，"隣接して別線で設ける案"によることが推奨される。この場合の離間距離ℓは地質条件により異なるが，本線トンネルの幅あるいは歩道トンネルの幅の2倍以上取れば一応問題ないであろう。施工による発破振動の既設トンネルに与える影響については別途検討が必要である。

隣接して別線で設ける案は換気のうえからも望ましいが，防犯対策などに対する配慮が必要であ

る。　　（トンネル研究室長）

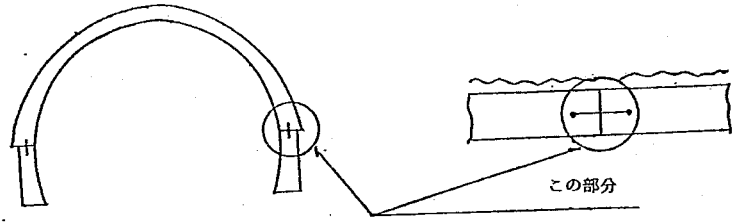
4－6　トンネル内の漏水対策の再検討について

（質　問）

トンネル内の漏水は，１００％と云っていい程見受けられ，冬期には路面凍結によるスリップ事故の原因や美観上，走行上も好ましくない。

一般的に，アーチ部と土平の継目には，止水板を挿入し，土平の裏には排水施設（シート等）を設けている。

この様な処置を行なっても数年後に漏水が起ることが多いので継目の構造，施工段階での留意点等について御教示願いたい。



（鳥　取）

（回　答）

逆巻きのアーチと側壁の打ち継目は漏水防止対策上の弱点となっており，現在の施工法では漏水を完全に防止することは非常に困難である。トンネルの漏水の防止は止水工と排水工を組合せて行なうのが基本であり，本例の場合は，側壁背面排水を十分に行なうとともに，アーチ部にシート防水を行なう場合は，シートをアーチ脚部で切断せず少し長めにしておきシートが一部側壁にかかるようにすることが考えられる。勿論，アーチと側壁の迫めは十分ていねいに行なう必要がある。

より完全に防水が必要な場合は覆工を２重巻きにし中間防水層を施工したり，内装により漏水をカバーするなどの対策が必要である。詳細については第１１回道路会議（昭和４８年）特定課題論文集「トンネル工事における湧水の処理と防水工」を参照されたい。　　（トンネル研究室長）

5．その他

5－1　道路景観について

（質　問）

道路景観の向上という観点から道路における多色化についての考え方についてお伺いしたい。

（歩道部，自転車部，横断歩道部　バス停）　（山　口）

（回　答）

道路景観は大きく分けると道路内景観と道路外景観とに分けられる。

道路内景観とは運転者にとっての景観であり，快適性，安全性等の要因で決められる。この場合には歩道部，自転車道部，横断歩道，バス停等は運転者からはっきり区別されることが必要であり，快適性を損なわない限りにおいて多色化は背定されるであろう。ガードレール，防護柵等を白等の目立つ色とすることは設置要綱等にも示されている。

道路外観とは，都市景観，自然景観の一部として，道路を外部から見た場合の景観であり，周辺環境との調和が最も大切なことである。ハーモニー（同色系）を重んずる景観を好むか，コントラスト（多色系）を重んずる景観を好むかにより結論は異なるものと思われる。

道路の多色化については，これら道路の内景観および道路外景観を考慮して検討することが必要であるが，これらに関して，道路設計上，特に指針となるべきものは作成されていないのが現状であり，今後の研究課題であろう。　（交通環境研究室長）

5－2　道路区画線の反射能力について

（質　問）

区画線のうち，白線についてはビーズを混入撒布することにより，夜間における反射能力を増加させているが，黄線にはビーズを入れても効果が少なく，白っぽく見え白線と色別しがたい状態である。

ペイント，ビーズの改良，又は添加剤等により，反射能力を上げ鮮明に色別出来る方法があれば御教示願いたい。　（松江国道）

（回　答）

夜間における黄線の反射能力を上げ，鮮明に白線と色別出来る方法はないかという質問であるが，これについては，現在，一般に設置されている区画線では，その材料全体に占める着色顔料の量が少ないというのが原因と思われる。すなわち，区画線の材料中に占める着色顔料の量を増加させれば，より鮮明に区別出来ると思われる。

しかし，区画線材料において着色顔料の単価は，他の材料に比較して極めて高く，これを区画線に多量に混入する事は，区画線の単価アップに，直ちに結びつくものと思われる。

また，着色顔料自身についてみると，ある製造業者においては，全て有機質顔料を使用しているところもあるが，別の業者においては，無機質顔料を使用しているところもある。有機質顔料と無機質顔料の相異をみると，黄色の色別判断の容易さは無機質顔料の方が有機質顔料に比較する

と判断しやすいようである。また，無機質顔料の方が有機質顔料に比較して価格も安い。しかし，無機質顔料は有害物質を含んでおり，人体に悪影響を及ぼし，公害の発生源になる恐れもある。

また，黄色に着色したガラスビーズを撒布した区画線は，ビーズが黄色に着色されているため，光が吸収されて反射率が小さく，ビーズがとれた場合には，効果がかなり薄れる恐れがある。そのため現在では，ほとんど使用されていない。

このようにみると，黄色の色別方法は，経済性を考慮しなければ，区画線材料に占める着色顔料の割合を多くすることにより，鮮明に色別出来ると思われる。（交通安全研究室長）

5－3　大規模道路の交差点処理について

（質　問）

鳥取工事事務所管内においても，近年大規模なバイパス建設が行なわれているが，既設の幹線道路との交差点の処理について路面標示，照明，信号機等の設置はそれぞれ設置基準，指針，マニュアル等により計画しているが，交差点の処理について関連する施設の一貫した設計要領がなく，苦慮している次第である。

交通工学的にみた場合の交差点の処理施設について計画設計にあたっての留意すべき点について御教示願いたい。また，このための資料として，失敗例は非常に参考となるのであわせて提示して戴ければ幸いである。（鳥　取）

（回　答）

交差点は，走行車両が一時停止，発進，進路変更等を繰返し，また，歩行者が車道を横断するなど，交通が複雑に錯綜する場所であるため，一般の単路部に比べて交通事故が発生する危険性も著しく高く，さらに，交通の円滑化も図りにくい特徴を有する。

したがって，交差点処理の計画設計にあたっては，単路部以上に諸施設に配慮を要することは当然である。現在，計画設計に用いられている参考資料としては，

① 平面交差点の計画設計　　交通工学研究会
② 路面標示の設置指針　　交通工学研究会
③ 道路標識ハンドブック　　全国道路標識業協会
④ 信号機設置運用マニュアル　　交通工学研究会
⑤ 道路照明施設設置基準解説　　日本道路協会
⑥ 防護柵設置要綱　　日本道路協会
⑦ 立体横断施設設置要領案　　日本道路協会

等があり，活用されているが，①については現在内容を充実すべく検討作業が行なわれている。

交差点は，それが立地している地理的条件，交通の特性等が各所ですべて異るため，その処理方法も一概に望ましい方策を策定することは極めて困難であるが，過去におけるいく多の経験から，交差点処理として有効と思われる基本的な事項もいくつか知られてきている。

交差点では，目的進路を異にする交通が交錯するが，可能な限り同目的を有する交通（車両のみではない）毎に区分し，それらの交通群相互間をなるべく空間的，時間的に分離することが望まし

く，最も基本的な対策である。これは，交差点部の交通現象を単路部のそれに近づける努力とも言える。

交差点の計画設計にあたって，留意すべき事項は，おおむね次のとおりである。

① 交差点の性格づけ

供用直後のみならず将来を見こして当該交差点が立地する環境および交通の条件を十分考慮した構想を同時に立案し，用地等後日対策の施しにくいものについては当初に処置することが望ましい。

例えば，当該交差点付近が遠からず市街地化するか，あるいは，長トリップ大交通の地方部の交差点としての性格を持たせるか等々により歩道のあり方（構造，規模等），車道の構造（将来立体交差するか等）などの考え方が異なる。

② 進路および進行時限の明確化

歩行者，自転車，直進，左折，右折車両等交差点を通行するものの種類毎，進行方向毎にとくに交差点内における進路を明示する必要があると同時に交差する交通間の進行可能時限を調整する。

具体的には，歩行者等については横断歩道等の整備，必要に応じた右左折車線整備，導流島の設置，交差点内の路面標示の徹底，などがこれに当るが，この場合，大規模交差点においてはいわゆる交差部をしぼる必要性が大きい場合も多い，これは車両に進路を明確にすると同時に，歩行者の横断を容易にする効果がある。

また，横断禁止箇所における防護柵の設置等安全施設の整備を図ることは無論のこと，立体横断施設等安全施設が利用しやすいよう，その設置箇所，構造等に配慮しなければならない。

③ 視距の確保

交差点部付近には種々の建築物，諸施設の設置状況または地勢等から，交差点を通行または接近する車両からの視距（見通し距離）が十分安全な程度に確保されにくい場合も少なくないが，設計速度に見合った視距（立体的に考えること）が現実に確保されるようにしなければならない。さらにスミ切り部分については，必要に応じて走行する大型車（とくにセミトレーラー車）を考慮した半径を確保することも肝要である。

④ 道路標識等の整備

交差点内またはその付近において運転者の進路選択を容易にすることは交通処理上重要なことで，このため案内標識，警戒標識等標識類が適切に設置されることが必要である。この場合，とくに交差点の予告，案内標識のうち予告標識の設置等，交差点手前から情報を提供することも効果的である。また，案内標識については，予告→指示誘導→確認の系統的な設置が望まれる。さらに，標識の設置にあたっては，その視認性を損なうおそれのある箇所に広告，看板，幕等が設置されないよう意を用いる必要がある。

⑤ 路面性状の適正保持

交差点は，車両の停止，発進，旋回が行なわれるため，路面の性状が変化しやすい。とくに，停止線付近，曲線部付近にわだち掘れが発生しやすく，これがひどい場合には，車両の操縦性，走行性に影響を与えるほか，排水性を損ない，また，湿潤時における路面のすべり抵抗性を損なうことも少くない。したがって路面の性状をなるべく良好に保つような舗装の構造，材料および施工法を

選択することが望まれる。

また，とくに交差点流入部においては，追突事故の発生が他に比べて多く見られる場合があり，これまた，この区間の路面のすべり抵抗性に留意しなければならない。

最後に，交差点処理の失敗例については，従来からあまり公表されていないが，これはむしろ，処理結果についての追跡調査ならびに検討があまり行なわれていないためであると考えられる。

当研究室でまとめた土木研究所資料「交差点改良の交通安全効果」（その１）および（その２）には直轄国道で行なわれた交差点改良の事例の概略を記載してあり，その中には必ずしも良好な結果とはいえないものもあるので参考にされたい。

（交通安全研究室長）

Ⅲ 共 通 部 門

1. コンクリートに関する問題点…… 118

1－1 スラッジ（微細砂）使用によるコンクリートの性質に及ぼす影響について…… 118

1－2 ダムコンクリートの使用骨材について…… 125

1－3 コンクリートの品質管理について…… 128

2. 構造物に関する問題点…… 136

2－1 法枠工の設計施工について…… 136

2－2 標準設計の運用について…… 137

2－3 ＰＣプレテン連結桁の設計について…… 139

2－4 鋼杭の腐蝕対策について…… 140

2－5 陸上鋼構物塗装の層間剥離について…… 153

2－6 基礎栗石（砕石），裏込栗石（砕石）の効用について…… 156

2－7 隣接基礎杭（１期　２期施工）のＴＡＩＰ工法の問題点…… 158

3. 土に関する問題点 …… 160

3－1 地辷り地帯における土塊を盛土材に利用した場合の工法について…… 160

3－2 岩質の判定法について…… 161

3－3 構造物の背面盛土の沈下について…… 175

3－4 盛土施工における締固め度の管理について…… 177

3－5 軟弱地盤上の築堤盛土の安全について…… 179

4. 環境問題に関する問題点…… 182

4－1 建設工事及び，道路交通に関する振動について…… 182

4－2 高炉鉱さいの品質と安全性について…… 191

4－3 ヘドロ処理について…… 195

4－4 マルチスペクトル写真を利用したリモートセンシング調査法による自然環境調査について…… 203

5. その他…… 207

5－1 小流域（2km²以下）の流出水の到達時間の算定（考え方）について…… 207

5－2 アンケート調査実施上の留意点について…… 210

5－3 技術文献の管理，検索　提供について…… 212

1．コンクリートに関する問題点

1－1　スラッジ（微細砂）使用によるコンクリートの性質に及ぼす影響について

（質　問）

ダムコンクリート用骨材の生産過程において，洗滌又はスクリュー，クラッシュファイヤ等より，発生するスラッジ（微細砂）を本体コンクリートに使用した場合について，下記事項について，教示願いたい。

1. スラッジに関する必要試験項目
2. 混入度合によるコンクリートの性質に及ぼす影響
3. コンクリートの強度，耐久性に及ぼす影響　　（中国技術）

（回　答）

一般に，混和材がコンクリートの品質におよぼす影響を明らかにするためには，ワーカビリティー，強度，乾燥収縮，耐久性，熱的性質などについて試験することが必要で，微細砂や岩石粉末などの場は，ワーカビリティー，強度および乾燥収縮はとくに重要な試験項目となる。

鉱物質微粒物質がコンクリートの品質におよぼす影響について，つぎに2，3の試験結果を参考までに示す。

(1)　岩石微粉末の影響について[1)]

表－1　比較に用いた鉱物質粉末

記号	種　別	ブレーン比表面積（cm^2/g）
L	石灰石粉末	3430
K	硬砂岩粉末	3640
S	スラグ粉末	3880
A	フライアッシュ	3600

表－1に示すような鉱物質微粉末がコンクリートの品質におよぼす影響は，概略つぎのようである。

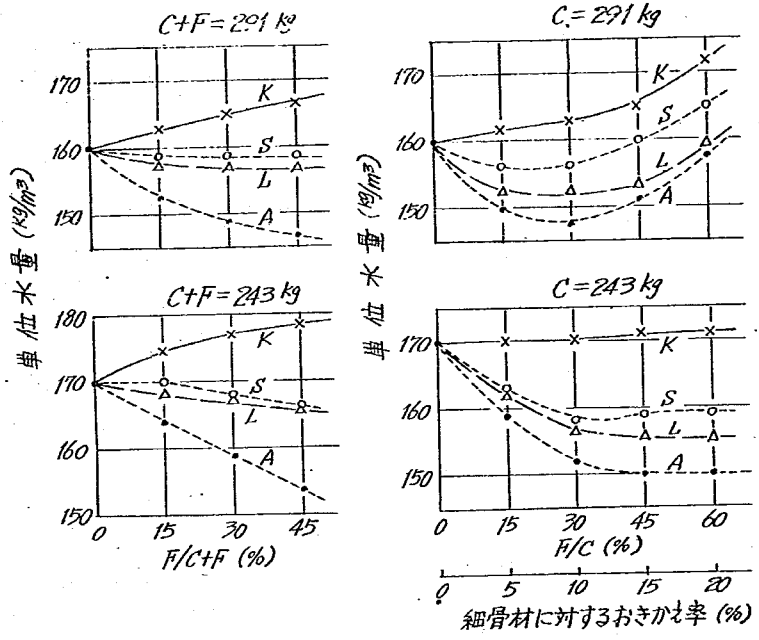
1）　ワーカビリティー

コンクリートのワーカビリテーにおよぼす微粉末の影響は，コンクリートの配合，微粉末の量，微粉末の粒形・表面状態および粉末度などによって相違するが，粒形および表面状態の影響がとくに著しい。図－1は微粉末量と単位水量との関係を示すが，なめらかな球状粒子からなるフライアッシュとくらべて，角ばった粒子からなる硬砂岩粉末は一定のスランプを得るための単位水量はかなり増加する。

単位水量が増加しない範囲で岩石粉末を骨材の一部とおきかえて用いると，ブリージン率は大幅に減少し（図－2），この傾向は貧配合のコンクリートにおいて顕著となる。

粉末度については，2500～6000cm^2/gの範囲内では，粉末度が高いほど単位水量はわず

かながら減少する。



(a) セメントの一部を微粉末でおきかえた場合

(b) 骨材の一部を微粉末でおきかえた場合

図-1. 鉱物質微粉末のおきかえ率と単位水量との関係 (スランプ 7.5cm)

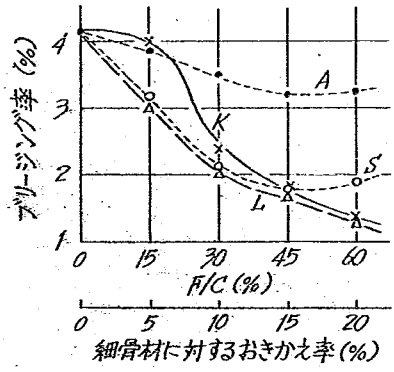
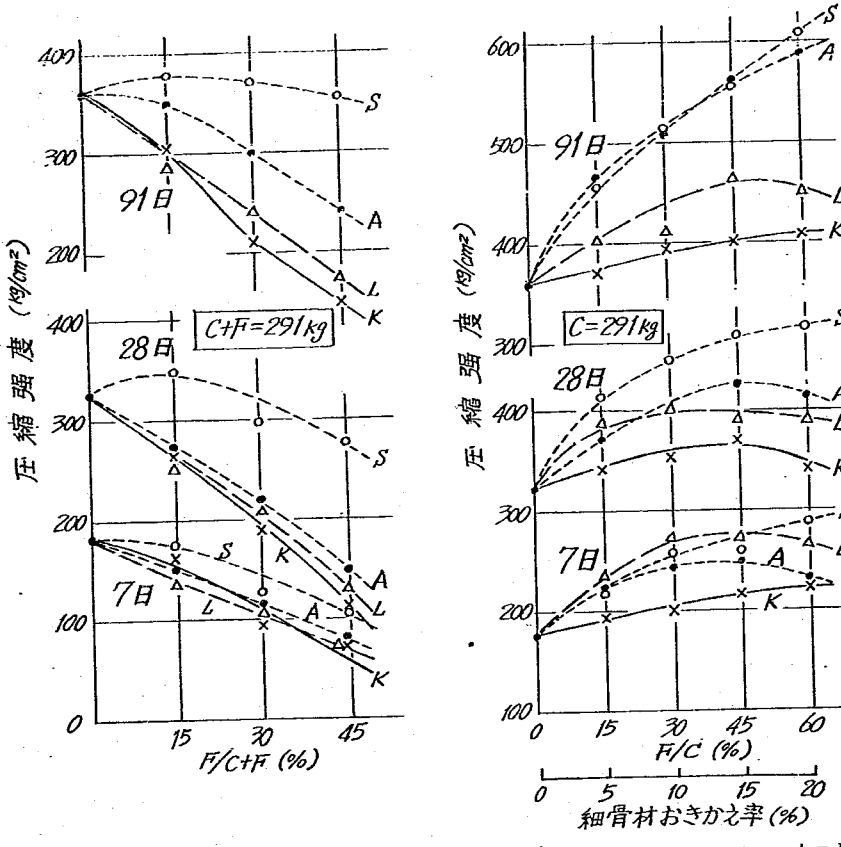


図-2. 骨材の一部を鉱物質微粉末でおきかえたコンクリートのブリージング率

2） 強 度

岩石粉末をセメントの一部におきかえた場合，圧縮強度はおきかえ率の増加にともないほぼ直線的に低下する。（図－3）



(a). セメントの一部を微粉末でおきかえた場合

(b). 骨材の一部を微粉末でおきかえた場合

図-3 鉱物質微粉末のおきかえ率とコンクリートの圧縮強度との関係（水セメント比 55%）

単位セメント量を一定とし，岩石粉末を骨材の一部とおきけえた場合，一定のスランプを得るに必要な単位水量が著しく増加しない範囲において，圧縮強度は単位細骨材量の１５％程度までは粉末の使用量が増すに従って増加する。セメントペースト中で化学反応を起さないと考えられる微粉末でも，これを骨材の一部とおきかえて用いるとコンクリートの強度は増加し，その増加の割合は材令の初期ほど著しい。

骨材の粒度が適当でない場合の貧配合のコンクリートにおいて，骨材の一部を適当な品質の適当量の岩石粉末でおきかえて用いると，コンクリートのワーカビリティーが改善されるとともにコンクリート強度も大きくなる。

３）　熱的性質

単位セメント量一定として，骨材の一部を岩石粉末でおきかえた場合の断熱温度上昇は，セメントペースト中で安定と考えられる岩石粉末でもこれを用いたものの方が用いないものよりも幾分大きくなる。

(2)生コン排水のスラッジの影響について[2)]

セメント協会等における試験の結果について概略をのべるとつぎのとおりである。

１）　配　合

単位水量は，セメント重量に対するスラッジ添加率１％の増加につき１～1.３％増加する（図－４）。細骨材率は，スラッジ添加率１％の増加につき，約0.５％減少する。

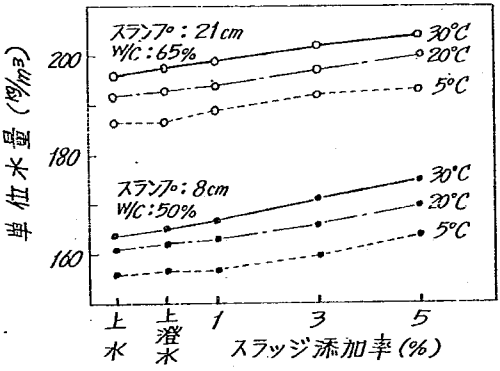


図-4. スラッジ添加率と単位水量との関係

一定の空気量（４±0.５％）を得るためのＡＥ剤量は，スラッジ添加率１％の増に対し，８～１２％増となる。

２）　凝結，ブリーシング

凝結時間は，スラッジ添加率３％において３０分程度早くなる。

ブリーシング率は，スラッジ添加率の増加とともに幾分低下する（添加率３％で１～1.５％減）

３）　強　度

単位セメント量を一定とした場合は，スラッジ添加量の増加とともに同一コンシステンシーを

得るための単位水量が増え，圧縮強度は低下するが，スラッジ３％以下では大きな変動はない（図－５）。

曲げ強度，引張強度なども，圧縮強度と同様の傾向を示す。

４）　乾燥収縮

乾燥収縮量は，スラッジ添加率の増加とともにやや増加する（図－６）。

５）　耐久性

凍結融解に対する抵抗性は，空気量４％程度のＡＥコンクリートとした場合，スラッジを５％程度まで添加しても無添加の場合とほとんど差はない。

中性化の程度についても，ほぼ同様である。

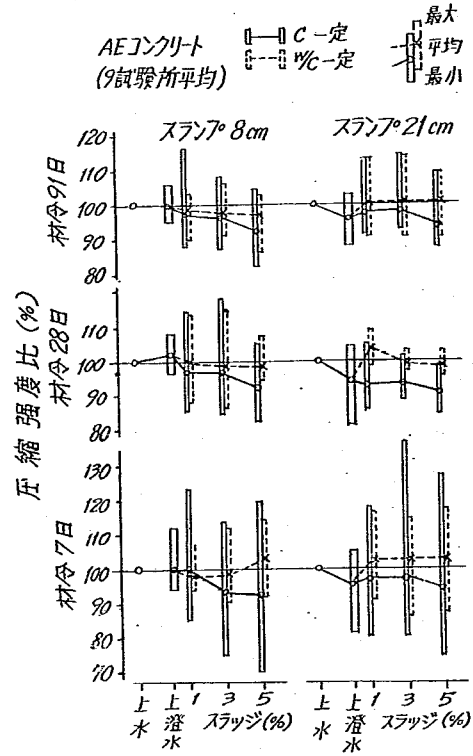


図-5
スラッジ添加率と圧縮強度との関係

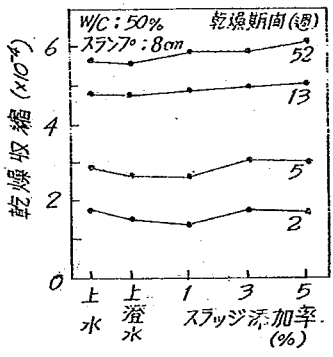


図-6 乾燥収縮の一例
(AEコンクリート，20℃)

参考文献

1） 山崎寛司：鉱物質微粉末がコンクリートのウォーカビリティーにおよぼす効果に関する基礎研究，土木学会論文集，第84号（昭・37・8）および第85号（昭・37・9）

2） セメント協会コンクリート専門委員会：レデーミクストコンクリート工場の回収水の利用に関する研究，セメント・コンクリート，№336，№337，№338，1975。

（コンリリート研究室長）

1－2　ダムコンクリートの仕様骨材について

（質　問）

島地川ダムに使用する骨材の原石山は，砂質片岩及び黒色片岩の互層であって，一般に結晶片岩は片理に沿って剥離する性質が強く，分離した岩片は板状，葉片状になる欠点がある。

試験的に砕石を製造してみると，粒径に細長いものや扁平なものがかなり混入しているが，重力式ダムのコンクリートとしては使用可能と考えられ，コンクリートの配合設計や施工上特に考慮する点があれば，御教示願いたい。

なお，骨材の物理試験結果は下表のとおり。

骨　材　物　理　試　験

項目 ＼ 岩質		粒径	黒色片岩 150～70 mm	黒色片岩 70～30 mm	黒色片岩 30～5 mm	黒色片岩 砂	砂質片岩 150～70 mm	砂質片岩 70～30 mm	砂質片岩 30～5 mm	砂質片岩 砂
比重			2.69	2.64	2.64	2.63	2.71	2.70	2.70	2.70
吸水率 %			0.94	2.01	2.02	1.75	0.26	0.77	0.78	0.70
摩耗率 %			37.0	32.2	32.2	19.0	24.12	20.0	20.0	18.40
単位容積重量	標準	Kg/m³	15.07	14.15	15.27	15.30	14.72	14.03	14.76	16.40
		空隙 %	43.98	46.41	42.16	41.83	45.69	48.04	45.34	39.26
	経装	Kg/m³	14.11	12.35	13.70	14.30	13.50	13.10	13.02	14.90
		空隙 %	47.55	53.22	48.11	46.63	50.19	51.49	51.78	44.82
洗い %			0.10	0.14	0.18	0.56	0.12	0.18	0.20	0.31
耐久性 %			異状なし	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

（島地川ダム）

（回　答）

砕石の中に細長いものや偏平なものが多く含まれるほど空げき率が大きくなり，所要のワーカビリチーのコンクリートをつくるのに多量のモルタルを必要とするようになる。

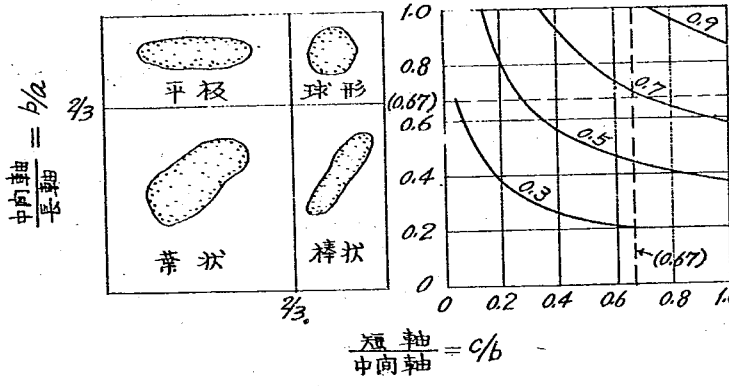
粒形を表わすのに，Zingg は骨材粒を偏平だ円体と考え，その長軸をa，中間軸をb，短軸をcとして b/a および c/b の値により表－1のように分類している。Wäddelは骨材の全体的な形状を

表－1.　骨材の形状（Zingg）

呼び方		b/a	c/b
うすっぺら	（平板）	＞2/3	＜2/3
うすっぺらでもなく細長くもない	（球形）	＞2/3	＞2/3
うすっぺらで細長い	（葉状）	＜2/3	＜2/3
細長い	（棒状）	＜2/3	＞2/3

a：長軸　b：中間軸　c：短軸

表わす指数として球形率（骨材粒の表面と同体積の球との比）を，かどばりを表わす指数として円摩度（粒子のもっともとがっている部分に内接する球の半径と粒子に内接する最大球の半径との比）を提案している。KrumbeinはZinggの方法を参考にして，図－1.より球形率を簡単に求める方法を考案している。



図－1. 砕石の形状と球形率（Krumbein）

表－2に例示するように，砕石と砂利とでは一般に球形率では大差がないが，円摩度は砕石では著しく小さな値となり，これが砕石の空げき率を大きくするおもな原因と考えられる。

表－2 球形率と円摩度についての測定例

骨材の種類	球形率	円摩度
花こう岩砂利	0.756	0.662
石英安山岩砕石	0.736	0.072
安山岩砕石	0.712	0.055
花こう閃緑岩砕石	0.722	0.036

砕石の粒形に関する規定としては，JISA5005「コンクリート用砕石」に実積率の規定があり最大寸法20㎜の砕石に対して実積率55％以上を使用上の判定基準としており，40㎜の場合は建設省の共同試験の結果から60％程度以上が望ましいとされているが，最大寸法のさらに大きな砕石に対する実積率の標準は示されていない。

一方，経験的には，偏平な石片が10～15％含まれていてもワーカビリチー，フィニシャビリチーに影響なしとする見方や，偏平な石片はコンクリート中で水平となった場合に下部に水げきができて耐久性上好ましくないとする見方等あって，粒形についての使用上の判断基準については今後さらに研究する必要がある。

このように，粒形に関する使用基準は現在明確にはされていないが，重力ダムに用いる砕石の粒度・粒形として，ダムコンクリート標準示方書の精神からは，所要のワーカビリチー，強度および耐久性をもつコンクリートをつくるための単位水量が１２０Kg/m³ 程度以下で，かつ単位容積重量２３０t/m³ 程度以上のコンクリートが得られる範囲のものが望ましい。

偏平な石片が含まれると，ブリージングにより浮き上った水がその下面に溜って空げきをつくり，耐久性・水密性を低下させるので，混和材料の活用をはかってできるだけ材料分離の少ないコンクリートとするよう努力する必要がある。

参考文献

１） 伊東茂富，柳田力：砕石コンクリート，土木学会誌，Vol.52，No.5，１９６７年5月

（コンクリート研究室長）

1－3 コンクリートの品質管理について

（質　問）

コンクリートの品質管理についてはそれぞれの特性値により管理されているところであるが，これらについて，下記事項を教示願いたい。

1. 促進養生による早期強度判定法の現状と今後の管理手法への反映について
2. 標準供試体強度と抜取りコアー強度との関係とその問題点
3. スランプの時間変化について

（中国技術）

（回　答）

(1) 促進養生による早期強度判定法の現状と，今後の管理手法への反映について

コンクリート供試体を温水または沸騰水に浸して促進養生を行ない，早期強度試験を行なう試みは１９３０年頃より各国で行なわれてきたが，最近これを品質管理に適用する試みがさかんに行なわれ，すでに米国（ASTM）やカナダ（CSA）では規格化されている。わが国でも，昭和４９年度の標準示方書の改訂を機に促進強度試験を含む早期材令の強度試験が品質管理にとり入れられるところとなった。

比較的最近発表された促進強度試験方法をまとめると表－１のように[1]，セメント水和反応の促進手段により，煮沸法，温水法および自己水和熱法に分けられる。煮沸法では，供試体内の気泡の膨張による強度低下を生じさせないような特別の配慮を要するほか，火傷に対する注意，供試体の出し入れ時の水温の変化に対する処理や沸騰に伴なって減少する水面の維持など，管理面に煩雑さがある。自己水和熱法は，水槽を必要としない代りに保温槽が必要となるし，促進強度と２８日強度との関係はセメントの種類・混和剤・配合・コンクリート温度などによって変化するので，あらかじめ相関を求めておくことが煩雑なものとなる。

温水法は，温度調節水槽を必要とするが，煮沸法におけるような火傷の心配や管理の煩雑さはなく，また試験サイクルの設定を工夫すれば試験作業時間を通常の勤務時間と合せることも容易で，実用上便利な方法と思われる。

図－１は土木研究所提案の方法（表－１の⑤の方法）の作業工程を示したもので，試験値を得るまでの時間は約２日間である。この方法は，試験のための作業を現場工事の作業時間に合せて行なえるように，施工日に何度かにわたって採取した供試体を翌日以降一括して扱うことにしているところに特徴がある。

図－２は，この方法を用いて建設省の２６現場において共通試験を行なった結果[2]で，使用材料および配合はかなり広範囲にわたるものであるが，促進強度から２８日強度を推定する場合の標準誤差は２０％程度で，かなり良好な相関を示しているといえる。

圧縮強度による品質管理には従来材令２８日強度が一般に用いられてきたが，これは試験値を得るまでに時間がかかりすぎて，試験結果をすみやかに工程の管理に反映させることができないため，品質管理の目的からは，できるだけ早期強度によるのがよい。早期強度試験としては従来から７日

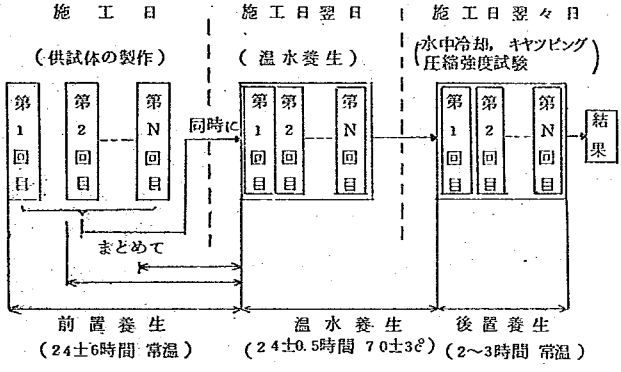
表－1　各種の促進強度試験方法

分類	試験方法		試験結果の比較				記事（規格）	
	研究者	試験サイクル＊	供試体＊＊	促進強度/28日強度	推定誤差＊＊＊	推定式（%）		
煮沸法	十代田	1+3(100℃)+1→〔5〕	φ10×20cm (62)	17~32%	9.3 %	$\sigma_{28}=\frac{\sigma_s}{0.17044+0.00105\sigma_s}$		①
	Smith	~+16(100℃)+1→〔24〕	φ15×30	50~58	(24)	$\sigma_{28}=\frac{\sigma_s}{0.44426+0.00054\sigma_s}$		②
	Malhotra	24+35(100℃)+1→〔285〕 23＊　2＊	φ15×30 (396)	25~60	15	$\sigma_{28}=126+1.28\sigma_s$	＊ASTMC684-71 T CSA A 23.2.26	③
温水法	河野	24+25(20→80℃)+3(80℃)+15→〔30〕	φ10×20	30~45	9	$\sigma_{28}=124+1.65\sigma_s$		④
	柳田・上野	16~24+24(70℃)+2→〔50〕	φ10×20 (416)	54~74	(23) (10~18)	$\sigma_{28}=71.6+1.125\sigma_s$	建設省26現場	⑤
	十代田 King	05+23(55℃)+05→〔24〕 24＊　→〔25〕＊	φ10×20 (62)	37~56	5.7	$\sigma_{28}=\frac{\sigma_s}{0.35458+0.00091\sigma_s}$	＊King	⑥
	Thompson	24(35℃)　→〔24〕 235(35°±3℃)+05＊	10cm立方体 φ15×30	20~50	—		＊ASTMC684-71T	⑦
自己水和熱法	十代田	1/4+231/4(水和熱)+1/2→〔24〕	15×15×15 (29)	13~35	7.0	$\sigma_{28}=\frac{\sigma_s}{0.095+0.0012\sigma_s}$		⑧
	Smith	64(水和熱) 1/2+48(水和熱)+1→〔49〕	φ15×30	40~67	(21)	$\sigma_{28}=8297+135\sigma_s$	＊ASTMC684-71T CSA A 23.2.26	⑨

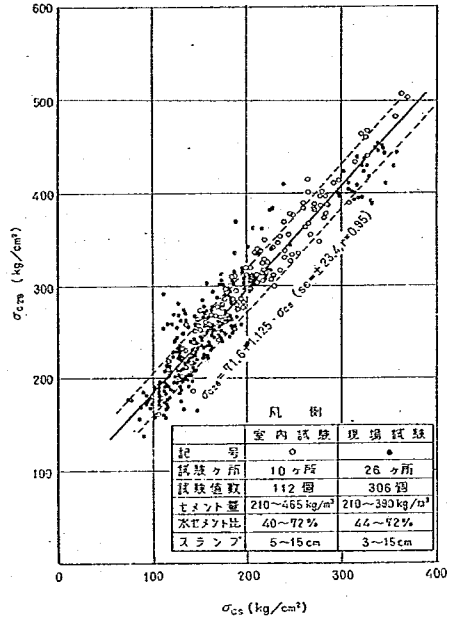
＊ 試験サイクルは，前置時間＋養生時間（養生温度）＋後置時間→〔合計時間〕

＊＊（　）内の数字は供試体個数

＊＊＊（　）内の数字は標準誤差（%），柳田・上野における上段は試験値全体，下段は各現場ごとの推定式を用いた場合。



図—1. 土研提案の促進
強度試験の工程



図—2. 促進強度と28日
強度との関係
(建設省共通試験)

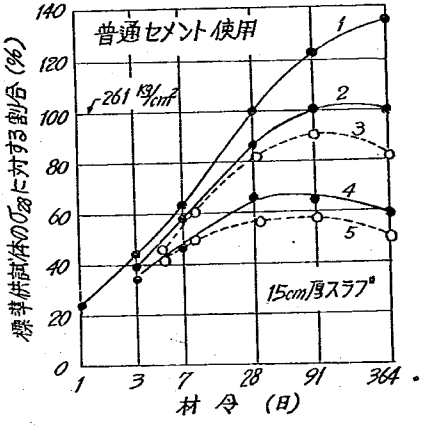
強度や3日強度も用いられてきたが，これら早期強度は(とくに3日強度は)コンクリートの打込み温度や養生温度の影響を受けやすく，試験値のばらつきが大きくなりがちなのが欠点であり，この点，表－1および図－2にもみられるように温水養生による促進強度は試験値の安定性も良好なうえに試験時間も短く，今後の品質管理における有力な一手段となり得るものと考えられる。

今後，現場での試用を経て，漸次管理基準に取り入れる方向で検討されることが望まれる。

(2) 標準供試体強度と抜取コアー強度との関係とその問題点

標準供試体と抜取コアーとでは一般に強度は一致しないが，その程度は部材の形状・寸法，養生条件，その他によって異なる。[3] つぎに2，3の実例を示す。

1） 図－3は15cm厚スラブの場合で，標準供試体にくらべコアーの強度は十分養生したスラブの場合でも80％程度，養生不良の場合には50～60％程度となる。



コンクリートの配合

C (kg/m³)	W (kg/m³)	W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容量 (kg/m³)
283	197	69.5	17.3	7.2	2256

注,1）使用骨材は石灰石の砕石，砕砂。

2）図中の曲線に付した番号は，下記を表わす：

1. 標準供試体（Ø15×30cm）
2. 十分な養生を行なったスラブのコアー，乾燥状態
3. 〃 〃 ，湿潤状態
4. 不十分な養生を行なったスラブのコアー，乾燥状態
5. 〃 〃 ，湿潤状態

図－3 標準供試体強度とコアー強度との関係の一例

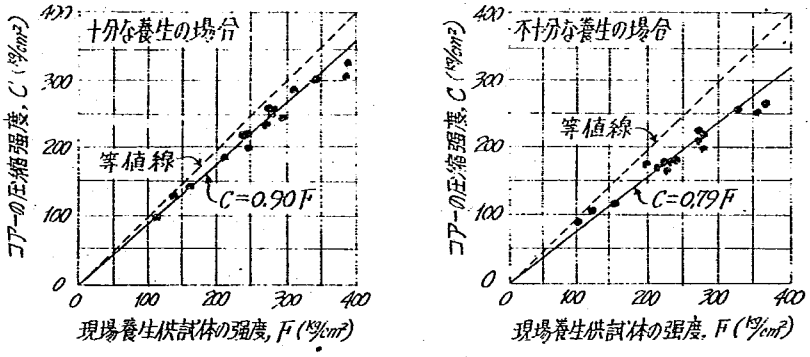
2） 図－4は現場養生供試体とスラブのコアーの強度との関係で，十分な養生を行なった場合で約10％，養生不良の場合は約20％コアー強度の方が小さくなっている。

3） 図－5は養生条件が同じでも部材寸法によって強度が異なることを示す例で，養生が良い場合，薄いスラブ（10cm厚）の方が厚いスラブ（20cm厚）より10％程度強度が高くなっている。

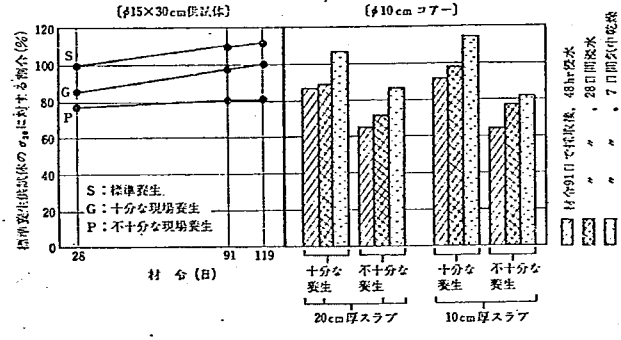
4） 図－6は柱における強度分布を示すもので，一回の打込み高さにおいて下方ほど強度が大きくなる。

5） 表－2は標準供試体とコアーとの供試体の状態のちがいによる影響を比較したもので，コアーにくらべて標準供試体は見掛け強度が大きく出る要因をそなえている。

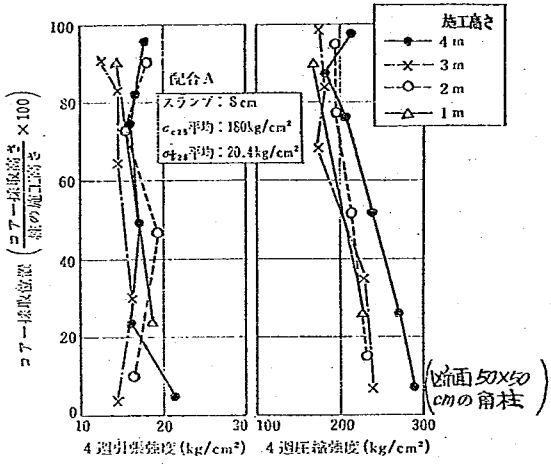
以上のようなさまざまな要因の影響の程度と要因の組合され方により，コアー強度は標準供試体



図－4　現場養生供試体強度とコアー強度との関係（１５cm厚スラブ）



図－5　スラブの厚さによるコアー強度のちがい



図—6　材料分離の影響による，柱の高さ方向の強度の変化

表—2　供試体の状態のちがいによる影響

	モルタルリングのたが作業による強化	表面の炭酸化による強化	骨材切断の影響による低下（とくに軽コン）*
標準供試体	有	有	無
コ　ア　ー	無	無	有

強度に対しかなりの幅をもつことになるので，厳密に云えばコアーをコンクリートの品質判定の手段として用いることは適当でないが，要因を考慮することによりコンクリートの品質の大よそを判断したり，施工の適否を知ることはできる。

(3)　スランプの時間変化について

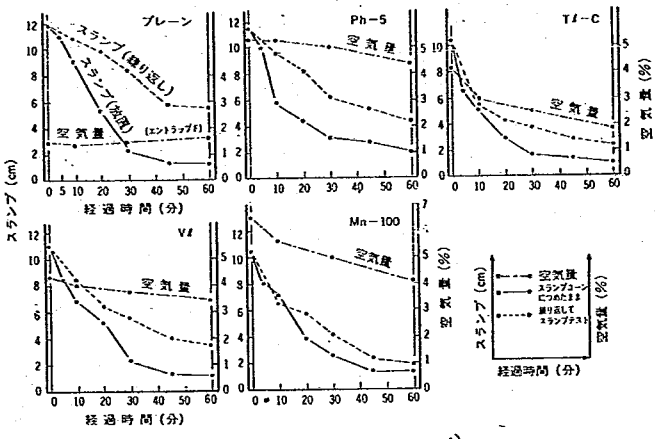
スランプは，主としてセメントの水和による粘性の変化のために，運搬時間の経過とともに低下する。スランプ低下の程度は，コンクリートのコンシスシー，温度，セメントおよび混和剤の種類単位セメント量などによって変化する。一般に温度が高いほど，スランプ低下の程度は大きくなる。

混和剤の中にはスランプ低下をいちじるしくさせるものがあるので，未経験の混和剤を用いる場合には試験を行なってスランプ低下の程度をたしかめておく必要がある。

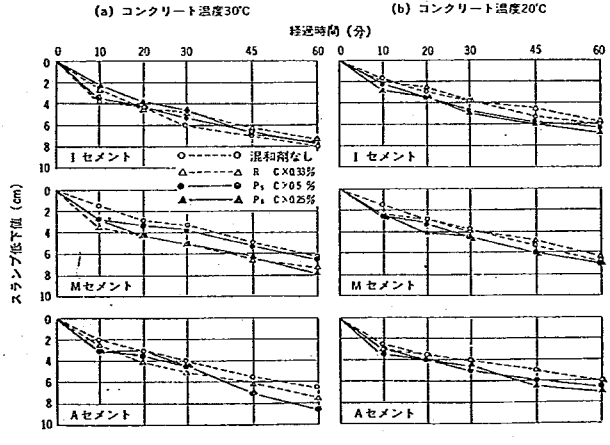
図—7，8に，スランプ変化についての実測例を示す。[4)]

なお，最近，現場で混和剤を加えて低下したスランプを回復しようとする試みもあるが，今後まだ

十分な検討が必要である。



図−7. 経過時間とスランプおよび空気量の変化[4)]



図−8. スランプの時間経過による低下[4)]
（セメント名柄，コンクリート温度，混和剤の影響）

参考文献

1） 柳田力：コンクリート品質の早期判定方法，セメント・コンクリート，№341，1975

2） コンクリート研究室，各地建技術事務所：温水養生によるコンクリート供試体の促進強度に関する共通試験，土木技術資料，Vol，17，№5 1975

3） 太田実：コアー強度と標準供試体強度との関係についての既往の資料，コンクリート・ライブラリー第38号，土木学会，1974年。

4） 明石外世樹：コンクリートのリテンパリングについて，セメント・コンクリート，№344 1975

（コンクリート研究室長）

2．構造に関する問題点

2－1 法枠工の設計施工について

（質　問）

切取り法面に施工する法枠工は従来より経験的に設計施工されて来ているが，これらの設計施工にあたっての留意点を教示願いたい。

また，安定計算法があれば合せて教示願いたい。　（広島国道）

（回　答）

法枠工は一般に長大のり面や標準こう配より急な盛土のり面などで，植生が適さない個所あるいは植生を行なっても表面が崩落するおそれのある場合に用いられ，1：0.8より緩やかなこう配ののり面に適用される。また，わき水をともなう風化岩や長大のり面などでのり面の長期にわたる安定が若干疑問と思われる個所，あるいはコンクリートブロックわく工などでは崩壊のおそれがある場合には現場打ちのしっかりしたコンクリートわく工が用いられる。このように，のりわく工は普通ののり面に比べて条件の悪いのり面安定工として用いられるため，その設計，施工にあたっては十分な検討を必要とする。しかし，質問事項にもあるようにのりわく工については，従来の経験によって設計施工される場合が多く，したがって安定計算法も未だ確立されていないのが現状である。

のりわく工は，先にのべたように表層の崩落を防止することを主目的としているため，通常の円弧すべりのような崩壊に対しては抵抗力をもっていない。したがって，まず切土のり面全体の安定性を考慮して，のり勾配を決定し，のり面全体の安定性を確認したのちに表層の崩落防止のために，のりわく工を施工する。わくは長さ1.0～1.5 m，厚さ10～25 cmの長方形ブロックのものが多く使用され，これを格子状に組立て，わくの交点部分にはすべり止めのための長さ50 cm～100 cmの杭，または鉄筋のアンカーが設置される。そして枠内は良質土で埋戻し，植生で保護する。ただし，こう配が1：1.2より急な場合，かなりのわき水がある場合，良質土の得られない場合，植生では流出するおそれのある場合には栗石やコンクリートブロックなどで空張りまたは練張りを行なう。

施工するにあたっては，のり面を平担に仕上げたのちに，わくをのり面に定着し，滑動しないように積み上げなければならない。わくはわくの交点に打ちこまれたくいまたは鉄筋に鉄線で緊結し，モルタルを充てんし固定する必要がある。わく内に埋戻す土砂は，施工後の降雨などでずり落ちないように十分締固めなければならない。また，粘着性のない砂やわき水のあるのり面に中詰を栗石空張りにしたわく工を施工する場合は，のり面にそって技状に盲みぞを設けるか，透水性のマットを敷くなどして，のり面の土砂流出を押えたのちに，わく工を設置するのがよい。

過去の枠工の崩壊例を調査してみると，わき水処理の不備によるわくの裏の土砂流出，埋戻し材の締固め不足による土砂流出，および現物打ちコンクリートなどのしっかりした枠工を施工する必要のある個所に通常のコンクリート枠工を施工したために崩壊した例が多く，これらの点に特に注意して設計施工する必要がある。

これらの点に注意して施工したコンクリートわく工は表層の崩落に対してかなりの抵抗力をもっ

ているといえる。土木研究所構内で行なったのり枠工の効果を調べる同一条件の降雨実験においても，のり枠工のないのり面では降雨により崩壊を生じたのに対して，のり枠工を施した面では崩壊は起こらず，安定性のよいことが確かめられている。（土質研究室長）

2－2 標準設計の運用について

（質　問）

土木構造物標準設計について，下記事項を教示願いたい。

1. ＢＯＸカルバートを杭基礎で施工する場合で，補強鉄筋（縦方向）を入れない場合の許容杭間隔。
2. ＢＯＸカルバートの断手の構造において，あげこし基礎の場合，底板の補強筋の必要性と必要量。
3. ＢＯＸカルバートの土かぶり厚１０ｍ以上の取扱い。
4. 石積，ブロック積抄壁の裏込栗厚を等厚で施工した場合の問題点。
5. ＰＬ１型～３型において，自動車荷重又は施工時の転圧機等によるヒビ割れが発生するが，これらの設計条件は如何。（山　口）

（回　答）

1. ボックスカルバートを杭基礎とする場合，縦方向筋はいかにすべきかという問題に対する設計方法は確固たるものがないが，一般的には側壁下にくいを配置しているものが多く，内空幅程度がくい間隔として用いられている。また，カルバートの縦方向を杭によって完全に支持されたビームと考えるような場合には，カルバート縦方向の配筋量によって，そのスパンは決ってこよう。

   なお，標準設計を使用して杭基礎とする場合には，支持条件の差異によって土かぶりが変化するので，解説の使用例を参照されたい。また，杭の一般的な配置については"標準設計第１巻の手引き（Ｐ－８２，８３）"に示してあるので参考とされたい。
2. 縦手の構造によっても異なるが，杭を設けるような場合には特に考慮する必要はないと思われる。
3. 自動設計プログラムが利用できる。申込みはシステム課に連絡されたい。なお，利用料金は現在下記のとおりであるが，地建からの依頼があった場合に限っている。

   計算のみの場合　　無料

   計算，図化までの場合　　１件当り図化費用として３～４万円，ただし，契約は日本電子計算㈱と依頼者が直接行なうものとする。
4. 裏込栗厚は背面の土質，擁壁高および前面勾配等に関係があり，一概に等厚にするのは問題があろう。特に盛土個所では注意する必要がある。なお，切土個所の覆工として施工するような場合では等厚としてもさしつかえがないと思われる。裏込栗石の効用は土圧力の分散と排水が目的であり，その効用を損なわないような施工法とすることが望ましい。現在，擁壁の標準

設計を改訂中であり，これらの点については検討の上，記述の予定である。

5. ＰＬ１～ＰＬ２型はＪＩＳ規格によるものであり，ひびわれ荷重としてＰＬ１型が２６～３.３ｔ，ＰＬ２型が1.5～1.9ｔである。また，ＰＬ３型は緑石と場所打ちコンクリートを組み合せたものであり，コンクリート厚は施行性を考え最少８cmとし，ひびわれ荷重等の試験は行なっていない。したがってＰＬ１～ＰＬ３型を使用するに際しては，基礎が堅固に施工されていることが前提条件となり，このような施工を行なえば，輪荷重が載っても損傷することは少ない。なお，施工時に転圧機等が載るとコンクリートの端部がかけたりするので，注意する必要がある。（システム課長）

2－3　ＰＣプレテン連結桁の設計について

（質　問）

ＰＣプレテン連絡桁の設計は「ＰＣプレテンション桁の連絡構造に関する研究報告書」S・47・1 高速道路調査会によっているが，下記事項について教示願いたい。

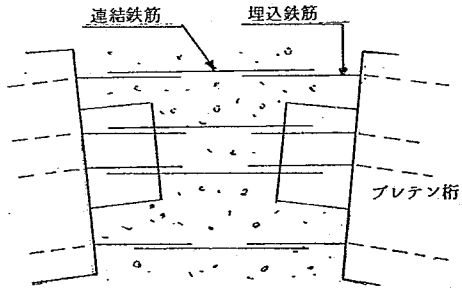
1. 曲線橋への適用範囲
2. 曲線橋へ適用する場合橋脚上で橋軸線を折り曲げて桁配置をした時の連結部の構造
3. 設計要領（案）では，桁端部の過大な圧縮力に備えて桁の腹部を拡巾している。桁端部の鋼線をボンドコントロールすることにより腹部の拡幅を要しない方法が提案されているが，これの妥当性

（山　口）

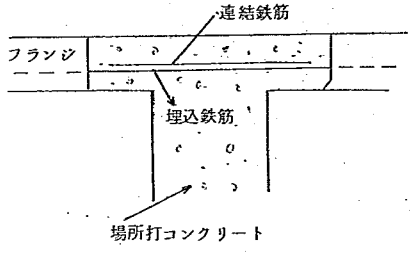
（回　答）

(1) 「ＰＣプレテンション桁の連結構造に関する研究報告書」で対象としているのは直線橋であり，曲線橋は対象としていない。したがって，曲線橋に対する適用範囲を一般的に示すのは難しい。ただ曲線部に使用できないということではなく，多少の曲線部には使用してもさしつかえないと考える。

(2) 図に示すようにプレテン桁の桁端に埋込まれた鉄筋を折り曲げて，連結鉄筋をこれに沿わせて重ね継手とするのがよい。



(a) 平　面　図



(b) 側　面　図

(3) 理論的には可能であるが，実際に理論どおりボンドがコントロールされているかどうか確認することがむずかしいのであまり推奨できる工法ではない。 （橋梁研究室長）

2－4 鋼杭の腐蝕対策および継手について

（質　問）

1. 鋼管杭等基礎杭の設計には腐蝕代を標準的に2%程度見込んでいるが，腐蝕の性状は場所，土質，外部条件によりかなり異なり，海岸工事の基礎矢板においては10～15年で8%も腐蝕摩耗した事例もある。この様な事より 短基調査で腐蝕の程度を有効に予測する調査方法及び防蝕杭の開発状況について教示願いたい。

2. 厚さの異なる鋼管の継手は工場継手部と現場継手部を$20 \times t_2$以上離すこととなっている。一般的にt_2は9㎜程度であるが，これで計算すると$20 \times 9 = 180$ mとなる。熱影響等を考慮してもう少し長くとるべきと思われるが，$20 \times t_2$に決められた根拠を教示願いたい。

（倉　吉）

（回　答）

1. 鋼板の腐食調査法と腐食の原因

鋼杭の腐食量を推定する方法には大別して，2通りの方法がある。①試験杭を現地にうちこみ観測する方法②試験杭を用いないでその土壌の性質から換算する方法。前者はもっとも確実ではあるが試験が長期間になりがちであり，後者は短期間ではあるが確実性に疑問があった。
最近になって鋼の腐食が電気化学的現象であることを利用していくつかの調査法が開発されているのでそれらを含めて短期間でしかもある程度信頼がおける方法を紹介したい。

土壌はその組成，その中に含まれる成分，含水量など地域によって異なるので鋼の腐食におよぼす影響因子のうち塩分の有無によって地域を内陸部および海岸部と分けて説明する。一般的な傾向として内陸部では鋼杭は腐食しにくく鋼杭に腐食しろを見込む方法で耐久性があることが多い。それでこのような地域での腐食性調査の目的は，腐食しろ以外の防食法が必要か否かの“ふるいわけ”であろう。それには鋼杭の腐食量の大まかな目安を得ることができればよいので試験杭を用いなくとも土壌の腐食性を調査すればよいであろう。

一方海岸部（内陸部でも沼沢地などの極端に悪い地質部を含めて）では，腐食は自明のこととして防食対策のためにも鋼杭のどのような部位にどの程度のはげしさで腐食が生じるかを知る必要がある。そのためには簡便さよりも測定値の確実さが重要なのでできれば試験杭を用いた調査をおこないたい。この際電気化学的手法を用いれば短期間の観測でも信頼性のある推定が可能である。
表1に調査方法を示した。
ここで鋼杭の腐食原因を簡単にふりかえると，鋼杭の腐食原因として下記のものがある。（表－2）

表－1.

調査内容	腐食原因の推定		調査に必要な期間			調査適用地域		第2章 各論説明
	ミクロセル腐食	マクロセル腐食	数日	数ケ月	半年以上	内陸部	海岸部	
試験杭のうちこみによる腐食量測定								
腐食厚さ減測定	○	○			○		○	略
電気化学的調査	○	○		○			○	1－1 1－2
土壌の腐食性を調査								
ボーリングによる地層調査	○	△	○			○	○	略
コロージョンサウンド法	○	△	○			○	○	2－1
土壌の物理の化学分析	○		○				○	2－1

表—2

地質そのものに含まれる因子 （ミクロセル腐食の原因）	地層のくみあわせによる因子 （マクロセル腐食の原因）
土壌の比抵抗 〃 の含水量 〃 の透水性 地下水の比抵抗 〃 の水素イオン濃度（PH） 〃 の溶　酸素量 〃 の塩分量	地層間の地質（左欄）の差異や不均一

(注) 大気中で生ずるような均一な腐食はミクロセル腐食であるが，土壌に特有なマクロセル腐食とは鋼杭が異なった地層を貫いたその上下の地質（含水量など）が異なるためにこの境界部にはげしい腐食が生ずることである。概して土壌調査のみによるとミクロセル腐食はとらえてもマクロセル腐食は見すごしがちであるから，土壌を構成する地質分布（柱状図），土の分析結果などをよく考えあわせて評価する必要がある。

2　腐食調査法各論

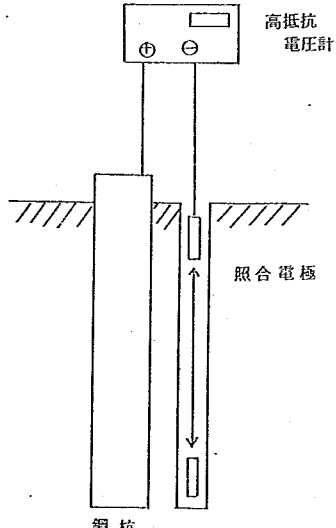
1　試験杭を用いた電気化学的調査法

1—1　鋼杭の鉛直方向の電位測定

鋼杭のどの部位が腐食するか（同時にマクロセル腐食の発生の有無を含めて）知ることができる。図のように高抵抗電圧計を用いて照合電極と鋼杭間の電圧を測るがこの時照合電極を上下させると鋼杭の打ちこみ方向の電位分布を測ることができる。

1—2　鋼杭の分極試験

鋼杭の平均的（打ちこみ方向の）腐食速度をほぼ定量的に知ることができ同時にこの観測結果から電気防食設計に必要な防食電流（密度）値をよみとることができる。図のような装置を用い鋼杭に外部から電流を流すと鋼杭の電位がかわるので両者の関係をグラフにすると次のようになる。鋼杭AよりもBの方が腐食量が大きいことがわかり電流 i_A，



図—1

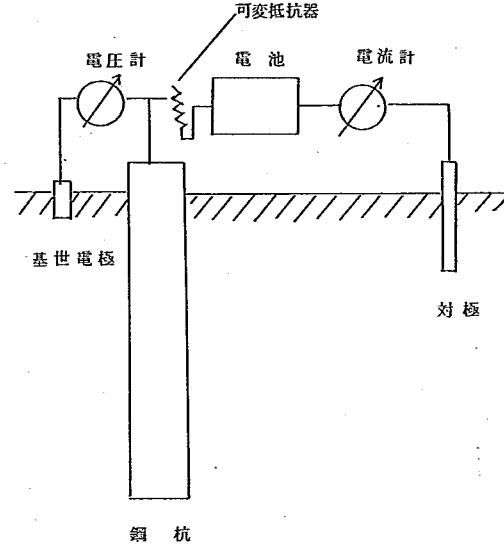
iB を読みとれば単位面積あたりの腐食電流，防食電流年間の腐食量を知ることができる。

2　土壌の腐食性を調査する

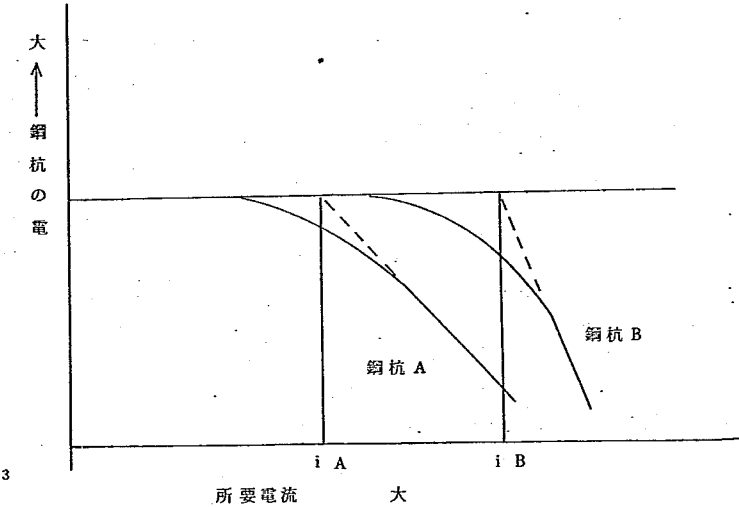
2－1　コロージョンサウンド法

鋼杭をとりまく土壌の電気化学的性質（比抵抗および復極率）から土壌の腐食性を判断する方法である。土壌比抵抗が大きい程鋼の腐食度は小さく土の復極の程度（土壌中に含まれる電解質などの性質にもとづく値）が大きい程腐食性も大であるとされている。

ただし，表－3はノルウエーでの地盤での計測結果であるのでこのままわが国の場合にあてはめることはできないけれども鋼杭腐食



図－2

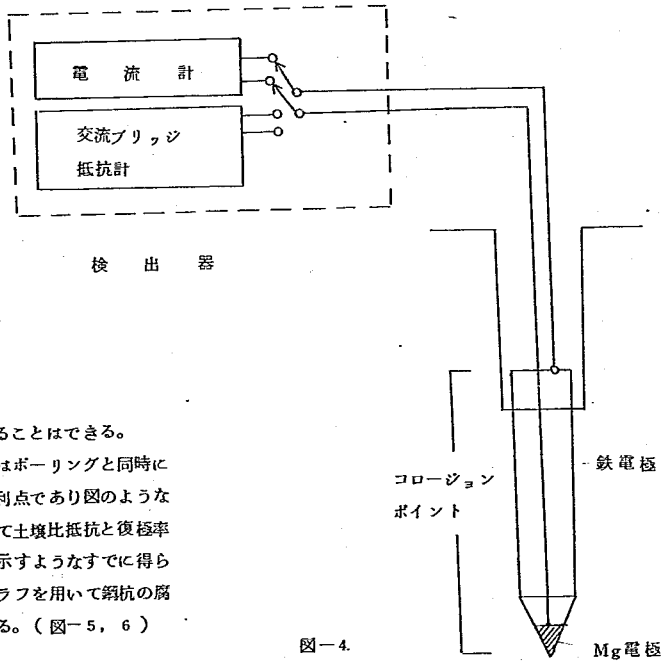


図－3

表－3

		復極率（f）%			
		$0<f<40$	$40<f<60$	$60<f<80$	$80<f<100$
比抵抗（R）Ωcm	>12500	1	1	1～2	2～3
	12500>R>2500	1	2	2～3	3～4
	2500>R>500	2	2	3	4
	500>R>100	2	3	3～4	4～5
	100>	2	3	4	5

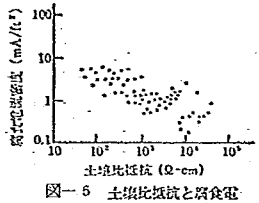
1. 腐食なし　　2. 有害でない　　3. 悪悪い条件下で有害
4. 有害（0.02㎜/年）　　5. 非常に有害（ほぼ0.13㎜/年）防食法が必要



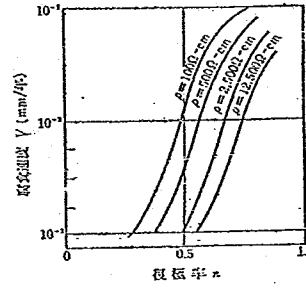
図－4.

の目安にすることはできる。

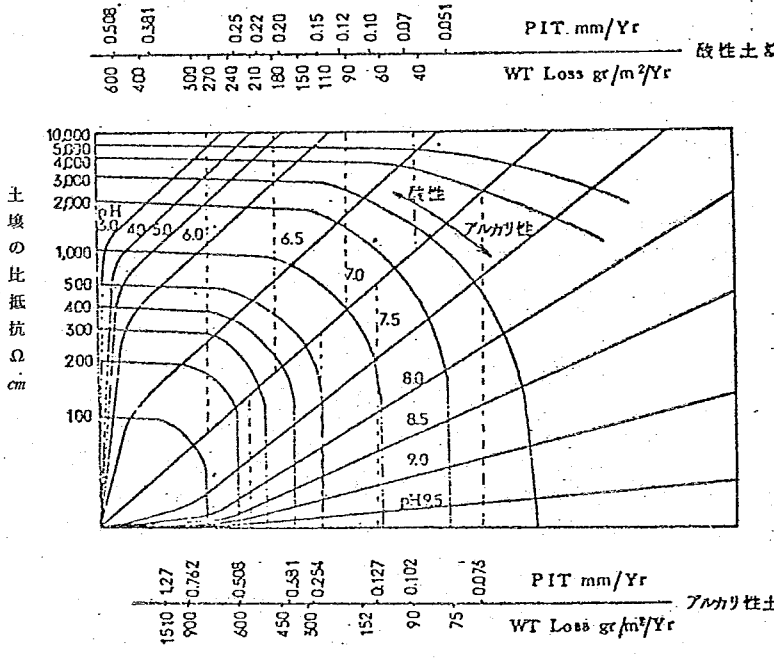
この方法はボーリングと同時に行えるのが利点であり図のような装置を用いて土壌比抵抗と復極率をよみ次に示すようなすでに得られているグラフを用いて鋼杭の腐食傾向を知る。（図－5，6）



図— 5　土壌比抵抗と腐食電流密度との関係



図— 6　ノルウェーの土壌比抵抗 (ρ) をパラメーターとしたときの復極率 (n) と腐食速度 V との関係



図— 7.　ＰＨ—比抵抗による腐食率換算表

この時すでに土壌の化学分析からＰＨ（水素イオン濃度）が知られていれば換算表から腐食率を知ることができる。（図７）

なお最近化学研究室が関東地建と共同でおこなった橋脚基礎杭（八間堀川）の調査案は次のようであった。

表－４

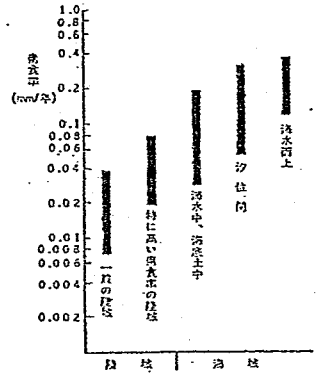
	測定内容	計測項目	使用機器	測定場所
ボーリングによって得た垂直方向の（コア）サンプルの計測	土の化学分析	ＰＨ SO_4^{2-}　ＣＬ－	ＰＨ　ｘ－ｙ－ 化学分析	現地 室内
	土の物理分析	含水率		室内
	土の腐食性調査	酸化環元電位 試験セル中の鋼腐食速度	Redox　x－y－ 腐食率計	現地 室内
ボーリング作業と同時におこなう計測	土の腐食性調査	たて方向の自然電位分布 コロージョンサウンド	電圧計 コロージョン計	現地 現地
ボーリング孔に埋設した試験杭による計測	土の腐食性調査	試験杭の腐食速度 〃　の自然電位	腐食率計 電圧計	現地（2ケ月にわたって） 現地（　〃　）
	マクロ腐食結果調査	マクロ腐食電流	電抵抗電流計	現地（　〃　）
鋼杭群の計測	杭群の腐食調査	分極試験 杭の厚み計測	分極試験装置 －	現地 室内

3.　調査結果の例

土壌中以外の環境も含めて環境と鋼材の腐食率との関係は次のようである。

さらにいくへかの腐食代に関する基準は次のようである。

表－５



4.　鋼杭の防食法の現状

鋼杭への防食法には次の種類がある。

1　腐食しろをとる。

2　電気防食

3　杭への塗装またはライニング

4　杭へのコンクリート巻き立て

5　耐食性金属の採用

土中，海近土中においては経済性，施工の容易さから電気防食が多く用いられている。適正な設計をおこなえば維持管理面を除いては問題はすくないようである。腐食環境と防食方法との功果を表－７に示す。

なお防食設計の例として東京湾横断道路橋防錆防食指針（案）を附表－１とする。

表－6.　腐食代基準

港湾構造物設計基準（日本港湾協会）	海中 0.05～0.3mm/yr，土中 0.03～0.05mm/yr，（両面について）
道路橋下部構造設計指針くい基礎の設計編（日本道路協会）	海水，工場排水などの影響を受けない場合，腐食調査を行なわず防食処理も施さないとき，常時水中および土中にある部分（地下水中部も含む）に対して2 mmの減厚を考える。
土構造物の設計施工指針（案）（日本国有鉄道）	土に接する表面2 mm，内側の表面0.5mm，6cm以上の厚さのコンクリートに接する表面0 mm，これらの値は中程度の腐食性の地盤では80年程度の腐食減厚に相当する。
高速自動車国道設計要領（日本道路公団）	2 mm（良好な土質および水質の場合）
建築杭グイ基礎設計基準同解説（日本建築学会）	通常 0.02mm/yr，0.04mm/yr と考えておけばかなり安全側である。
建築基礎構造設計基準同解説（日本建築学会）	土に接する部分 2 mm

表－7.

防食法＼環境	内陸部		海底土中		海水中		海上沫帯部		大気中	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
腐食しろ	○		○						○	
電気防食	○	○	○	○	○	○				
塗装またはライニング							○	○	○	○
コンクリート巻き立て							○			
耐食金属被覆					○					
耐海水鋼					○					

A　新設時施工　　B　既設部施工　　○　施工可能で効果あり

5.　耐食鋼管杭の開発について

陸土中および水中，底土中においては新設時より防食設計および施工をおこなえばほぼ実用上腐食に関しては問題がないようである。耐食鋼管杭の開発を必要とする腐食環境は鋼杭の海面上飛沫帯部であり流速流砂のはげしい海中部である

このような部分での鋼杭の耐食性を向上させるために　を中心として昭和48年度より「海域で用いるための防食杭」の開発をすすめておりその耐食性の評価のため各種鋼杭群の実物大ばくろ試験を東京湾および茨城県太平洋岸でおこなおうとしている。まだ打設直後であるため結果が判明するまでしばらく時間がかかるが内外にこのような実施例が少ないこともあってその成果を期待し

ている。

附表－２に昭和４９年度（東京湾にて実施）昭和５０年度（太平洋岸につ実施）において打設した鋼管杭の種類と本数を示した。

参考文献

1. 構造材料の防食技術の開発　国土開発技術研究センター（昭和４９・５０年）
2. 東京湾横断道路技術調査　日本道路協会
報告書

（化学研究室長）

附表－1

東京湾横断道路橋防錆防食指針（案）

1 適用範囲

この指針は，東京湾横断道路橋の防錆防食設計に適用する。

2 下部構造の防食

2.1 飛沫帯および干満帯に適用する防食方法の選定

下部構造の飛沫帯および干満帯に適用する防食方法はつぎのなかから選定する。 塗　装，　金属溶射＋塗装，　有機質ライニング，　無機質ライニング， 犠牲鉄板被覆，　耐食性金属被覆

解　説

下部構造の飛沫帯および干満帯は鋼材の腐食が最も著しいにもかかわらず，防食被覆の補修が著しく困難または不可能な部分であるから，新設時から耐久性の大きい防食被覆を施しておかねばならない。

上記防食方法には表－1に示したような種類がありそれぞれ特徴を有している。

表－1　防食方法の種類と特徴

防食方法	種　類	特　徴
塗　装	厚膜型無機質ジンクリッチペイント＋厚膜型タールエポキシ 厚膜型無機質ジンクリッチペイント＋厚膜型エポキシ 厚膜型無機質ジンクリッチペイント＋厚膜型ビニル	厚膜に塗装することにより，かなりの耐久性が期待できる。比較的施工費が安い。補修や塗り替えが容易である。干満帯についても水中硬化型エポキシ，水中硬化型タールエポキシ，湿潤面用タールエポキシ等の利用により塗り替え可能である。現在のところ厚膜無機ジンク＋タールエポキシ系が色相は黒系に限られるが防食性は最も優れている。
金属溶射＋塗装	亜鉛またはアルミニウムの溶射＋厚膜型タールエポキシ 〃溶射＋　〃　エポキシ 〃溶射＋　〃　ビニル	金属溶射を防食下地に施した違いはあるが，特徴的には塗装と同じである。塗膜に損傷を受けた場合の耐久性はアルミニウム溶射を施したものの方が若干優れている。
有機質ライニング	タールエポキシライニング エポキシ　〃 ポリエステル　〃	ガラス繊維やポリエステル繊維などで補強したものは耐衝撃性が優れている。厚膜無機ジンクやアルミニウム溶射を防食下地に併用すれば

	ポリエチレンライニング ネオプレンゴムシートライニング	防食性は更に向上する。ネオプレンゴムシートライニングは接着剤が適当でないと耐久性は低下する。
無機質ライニング	セメントモルタルライニング セメントコンクリートライニング	乾燥収縮や外力によるひびわれ，打ち込みの際の耐衝撃性などに問題があり，現場打設となるのが欠点である。ポリマー材や繊維の混入，鉄筋補強あるいはセメントの代りに合成樹脂を使用するなどの改善策も考えられる。均一性と厚みの確保が重要である。
犠性鉄板被覆		孔食を考慮しなければならぬので，ライニングなど他の防食法と併用する必要がある。
耐食性金属被覆	モネル，ステンレス，チタンなどの巻きつけまたはクラッド鋼としての利用	耐食性が特に優れているが，ステンレスでは孔食を生じ易い。一般に加工や溶接に問題があり，普通鋼との接続部等に電池作用腐食を生じ易いので，その部分の保護が必要である。極めて高価で経済性に問題がある。

上記の方法のうち，海上構造物の飛沫帯および干満帯の防食に現在最も多く利用されているのは塗装で，次いでセメント硬化体ライニング，タールエポキシライニング，エポキシライニングなどで，主にシーバース，その他港湾構造物や灯標等に使用実績がある。また，最近では，犠性鉄板被覆とライニングを組合わせた形の２重管方式による防食法が海上長大橋の脚部に採用され始めている。しかし，各防食法とも表－１に示したような問題点があり，長期にわたる耐久性等の不明なものが多いため，実物大の防食杭を用いた現地実験が現在おこなわれており，その成果が期待されている。

２２　海中および海底土中における防食方法の選定

下部構造の海中部分および海底土中部分に適する防食方法はつぎのなかから選定する

電気防食，　電気防食と塗装との併用，　セメントコンクリート被覆

解　説

電気防食は海中および海底土中における防食方法としては最も信頼性のある方法の１つである。電気防食は防食電流を供給する方式により，外部電源方式と流電陽極方式とに分かれる。防食効果はいずれの方式でも同じであるが，表－２に示したような利点，欠点を有している。

外部電源方式は，商用電力等を電源とし，これを降圧，整流して防食電流に利用するものである。流電陽極方式は，Mg，Zn，Aℓをそれぞれベースとする合金を陽極に用い，その犠性陽極作用に

表－2　外部電源法式と流電陽極法式の比較

	外部電源法	流電陽極法
利点	(1) 適用電圧計を大幅に調節することができるから，あらゆる環境に適用できる。 (2) 腐食性の特に強い環境や，大きな防食電流を必要とする施設には本法が経済的 (3) 不溶性電極を使用する場合には装置の寿命は長い。 (4) 電極設置容積が小さいから狭隘な場所にも電極を装備することができる。	(1) 電源の利用できない場所や移動する対象物に適用できる。 (2) 小規模で分散した対象物や塗装された対象物の場合小電流の施設の防食には経済的 (3) 施工が簡単で保守管理が容易 (4) 維持電力費が不用
欠点	(1) 電力費が必要 (2) 時々装置の監視，保守点検が必要 (3) 他の金属構造物に対する電流干渉に注意を要する。	(1) 電流の調節が比較的困難 (2) 小型の陽極では，消耗により時々補充を要する。 (3) 有効電圧が小さいので，高比抵抗環境では，多数の陽極を要し，比較的高価となる。

より鋼の腐食を防止するもので，海水中では一般にAℓ合金陽極が使用されている。

どちらの方式を採用するかは，構造物の規模，構造，環境，初期施設費，維持管理費などを総合して，年間経費の低い方を選定するのが普通である。

電気防食を塗装などの有機質被覆による防食方法と併用すれば，塗膜の劣化を防止し寿命を延ばす効果がある。また所要防食電流を減じ，電位分布を平均化する効果もある。しかし，長期的には塗膜の耐久性には限度があるので，あらかじめその劣化を考慮して設計する必要がある。

電気防食の効果は海中，海底土中だけでなく，干満帯に対しても没水時間の比率とほぼ等しい防食率が期待できるので，海中部や海底土中部に電気防食を適用すれば，干満帯にもかなりの効果が及ぶことになる。

コンクリート被覆による防食方法は，海中および海底土中において信頼性が高く，密実なコンクリートを均一かつ十分な厚みとなるよう被覆すれば確実な防食効果が期待できる。しかし，材料分離や打ちつぎ目の存在などにより均一性が失われれば，海水が浸入して腐食を促進するおそれがあるので，特にかぶりが大きい場合を除き，電気防食を併用するのが望ましい。

附表－2

No	被　覆　の　種　類	数　量
1・1'	無　処　理	2
2・2'	ステンレス（ＹＵＳ－１７０）	2
3・3'	耐海水鋼（APS　20C）	2
4・4'	アルミ溶射（１００μ）＋厚膜型タールエポキシ	2
5・5'	アルミ溶射（１００μ）＋ビニロンクロス補強厚膜型タールエポキシ	2
6・6'	アルミ溶射（２００μ）（封孔処理）	2
7・7'	亜鉛溶射（２００μ）＋厚膜型タールエポキシ	2
8・8'	厚膜型無機質ジンクリッチペイント（７５μ）＋厚膜型タールエポキシ（3回）	2
9・9'	厚膜型無機質ジンクリッチペイント（７５μ）＋エポキシ（3回）＋ガラスクロス	2
10・10'	プラスチックライニング（ポリエチレン系４㎜）	2
11・11'	レジン硬化体（４～６㎜）	2
12・12'	ファイバーコンクリート	2
	計	24

杭 No	被　覆　の　種　類	数　量
1	無　処　理	1本
1'	耐海水鋼巻き	1
2・2'	無機ジンク＋タールエポキシ塗装	2
3・3'	Aℓ溶射＋タールポキシ塗装（ガラスクロス）	2
4・4'	無機ジンク＋エポキシ塗装（ガラスクロス）	2
5・5'	レジンコンクリート	2
6・6'	ウレタンマスチックライニング（骨材入り）	2
7・7'	セメントモルタル＋ポリエステルFRP	2
8・8'	ポリウレタンライニング	2
9・9'	ポリエチレン押出（PLP）	2

2－5　陸上鋼構造物塗装の層間剥離について

（質　問）

ショッププライマーとして，ジンクリッチ塗料が使用されたものにおいて，その上塗り塗料との間に層間剥離が，使用塗料の種類によっては発生する事が判明している。このことについて，下記事項を教示願いたい。

1. 原因と対策
2. 塗替作業における，ケレンの度合と塗料系の経済性から見た組合せ。　（技術管理課）

（回　答）

1. ジンクリッチプライマー塗膜と上塗塗膜との層間剥離の原因と対策

(1) 層間剥離現象

ショッププライマーとしてジンクリッチプライマーを用いた場合，ジンクリッチ塗膜面から塗膜が剥離する現象は，鉛丹などの鉛系防錆顔料を含む油性さび止め塗料を上塗りした場合に多いことが種々の調査により確認されている。しかし，油性さび止め塗料を上塗りすれば必ず剥離する訳ではなく，剥離していない例もある。また，剥離した場合でも部分的には良く付着しているなど必然性がないのは，ショップコートされた鋼板や加工を終った部材の保管，仮置きされる条件，環境あるいは，塗装前のケレンの仕方などの違いにより，ジンクリッチ塗膜表面の物理的，化学的性状が異なるためと考えられる。

実構造物では，構造的に乾燥し易いとか，海岸ならば雨により付着塩分が除去され易い部分の塗膜では，剥離傾向は小さく，湿潤になり易い構造部分の塗膜では，剥離傾向が著しいことが認められており，上塗塗膜を透過してジンクリッチ塗膜面に達した水（種々の溶解物を含む）が剥離を生じさせる主因と推定される。

ジンクリッチ塗膜からの上塗塗膜の剥離原因は一般に次のようであるといわれている。

イ）ジンクリッチ塗膜中の主要成分である亜鉛末（金属亜鉛）は，両性金属と呼ばれ酸にもアルカリにも溶ける性質を持つ（酸性側でより溶解し易い……図－1参照）ので，上塗塗膜を透過して来た水分にこれらの成分が含まれていれば反応して付着性を低下させる原因となる。鉛丹さび止め塗料に含まれている鉛丹の抽出水は酸性なので金属亜鉛を溶解する作用がある。

ロ）塗膜を透過して来た水が鋼材面と金属亜鉛末が接触しているジンクリッチ塗膜内部に達すると，局部電池を構成し，アルカリ性物質を生じるが，このアルカリ性物質は上塗塗膜と反応する。油性さび止め塗料の展色剤は乾性油であるから，アルカリと反応してケン化され最終的には亜鉛石ケンを生じる。亜鉛石ケンはもろく親水性が大きいので，塗膜をぜい弱化すると同時に付着力を低下させる。

ハ）上塗りする前のジンクリッチ塗膜は，イ）の性質を持つため種々の酸性物質や塩類と反応して酸化亜鉛，水酸化亜鉛，炭酸亜鉛，硫酸亜鉛，塩化亜鉛などを種々の割合で含む塩基性塩を生じている。これらの生成物の性状は環境によって著しく異なっているといわれ，体積変化し易く，やや水溶性でもあるので，上塗塗膜を透過した水分の影響を受けて付着性が低下し易い。

その他，上塗塗膜に含まれている顔料の種類によっては，ジンクリッチの亜鉛との間に局部電池を形成してふくれ，はがれの原因になるともいわれている。上塗塗料にアミンなどが含まれている場合もふくれやはがれを生じることがあるといわれている。

(2) 対　策

イ）大気中に一定期間ばくろして活性なジンクリッチ面に塩基性塩を生成させて安定化した後塗装する。

この方法は層間剥離を生じる時期を若干ずらせる効果はあるが，良い対策とはいえない。原板ブラスト方式の場合のジンクッチ塗膜はかなり安定化した状態にある場合も多いのではないかと思われる。

ロ）エッチングプライマー（ＪＩＳＫ５６３３　１種）を塗装した後さび止塗料を塗装する。新しいジンクリッチ塗膜に塗付した場合に有効であるが，大気中にばくろされたジンクリッチには有効でないので，原板ブラスト方式には有効とは考えられない。

ハ）鉛酸カルシウム塗料をさび止め塗料に用いる。

鉛酸カルシウム顔料は抽出水が亜鉛を最も溶かさない弱アルカリ性なので付着性を低下させない。また，有害な亜鉛石ケンを生じない，水の存在下で亜鉛と反応して鉛酸亜鉛などを生じ安定化させる。

ニ）耐水性，耐アルカリ性の優れた塗料を用いる。

油性塗料や長油性フタル酸樹脂系塗料などより耐水性や耐アルカリ性の優れたフェノール系，塩化ゴム系，エポキシ系，などの塗料を用いる方法は，ジンクリッチ塗膜の状態にあまり影響を受けずによい結果が得られる。

原板ブラスト方式の場合は，ハ），ニ）が最も適していると考えられるが，ハ）においてフタル酸樹脂系の鉛酸カルシウム塗料の採用は比較的おだやかな環境に適しており，海岸などでは中塗，上塗に耐水性の良い塗料（例えば，中塗にフエノールＭＩＯ，上塗に塩化ゴム系塗料）を選定する必要がある。

また，ニ）に塩化ゴム系，エポキシ系を採用する場合は，熱影響部や発錆部のケレンを入念におこなったのちジンクリッチプライマーをタッチアップすることが必要である。

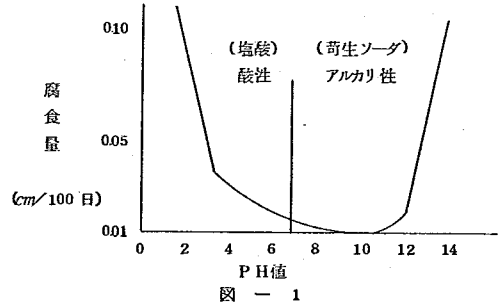


図　－　1

2. 塗替作業におけるケレンの度合と塗料系の経済性から見た組合せ

最近になって，この種塗装系の塗り替えが問題となり種々の考え方により塗り替えが各地でおこなわれているが，現在のところでは，経済性との関連において評価できるほどのデータは得られていないようである。

その原因としては，架設環境，新設時の塗装系，塗膜の劣化状態がそれぞれ異なるほか，塗り替え時及び塗り替え後の調査記録の不十分さなどが考えられ，塗り替えに関する系統的な調査の必要性が痛感される。

以上の理由により回答にはなり得ないが，土木研究所が関東技術事務所，横浜国道工事事務所，首都国道工事事務所と共同で実施した実橋における塗り替え試験の結果や塗装試験片の大気ばくろ試験等から得られたデータをもとに作成した塗り替え仕様案を提案したい。

仕様案を表－1に示す。

＜ 参 考 資 料 ＞

1. 土木技術資料　第11巻8月号　32頁～
2. 〃　第13巻8月号　25頁～
3. 〃　第16巻8月号　39頁～
4. 鋼橋塗装に関する調査研究（昭和49年度報告書）　財団法人高速道路調査会（日本道路公団委員会）

表－1　塗り替え仕様（案）

塗膜劣化状態		田園地域など腐食性の小さな環境		海岸など厳しい環境	
ジンクリッチ	上塗旧塗膜				
健全	付着性低下し，はくり傾向大	手工具，動力工具により，上塗塗膜をできる限りよく除く（塗装便覧2種ケレン相当）	フタル酸系鉛酸カルシウム塗料×2＋フタル酸系中，上	塗装便覧2種ケレン相当	塩化ゴム系下塗×2＋塩化ゴム系中，上
			フェノール系さび止め(鉛系)×2＋フタル酸系中，上		エポキシ系下塗×2＋塩化ゴム系中，上
やや劣化し素地からのさび発生あり	付着性低下し，はくり傾向大	同上	同上	同上	フタル酸系鉛酸カルシウム塗料×2（またはフェノール系さび止め）＋フェノール系MIO塗料×1＋塩化ゴム系中，上 エポキシ系下塗×2＋塩化ゴム系中，上
	付着性良好で活膜利用できる	活膜残し，劣化塗膜，さびを除く（3種相当）	同上	3種ケレン相当	フタル酸系鉛酸カルシウム塗料×2（またはフェノール系さび止め）＋フェノール系MIO塗料＋塩化ゴム系中，上
劣化著しくさび発生大	劣化著しく活膜利用度低い	同上	油性さび止め（亜酸化鉛）JISK 56231種×2＋フタル酸系中，上	同上	油性さび止め JISK 56231種×2＋フェノール系MIO塗料×1＋塩化ゴム系中上
					着色不用部分：タールピッチ×3

表－1における考え方の要点

1. ブラスト工法は採用せず，手工具及び動力工具など広く利用されているケレン法に限定した。ブラスト工法が採用できる場合は全く違った観点から考える必要がある。
2. 採用する塗料の種類は，できるだけ塗装業者になじみのあるものをえらんだ。
3. さびの発生が著しい場合は，防さび性を，ジンクリッチ塗膜が健全な場合はジンクリッチに対する付着性をそれぞれ主眼として塗料の種類を選定した。
4. 活膜はできる限り利用する。その際，活膜に悪影響のすくない塗料を選んだ。
5. 塗装の施工に当っては，ケレン後できる限り速かに塗装する。シンナーによる塗料の希釈は必要最小限に止め，できる限り厚塗りするよう留意する。
6. 構造部分により塗膜劣化状態が著しく異なる場合は，施工上また，塗料の性質上不具合でなければ違った塗装系を適用することもある。
7. 美観上の問題がない場合は，防さび性を主眼とした塗装系を選定した。（化学研究室長）

2－6　基礎栗石（砕石），裏込栗石（砕石）の効用について

（質　問）

基礎栗石（砕石），裏込栗石（砕石）についての必要性及びその効用について不明確な点がある。特に，河川構造物においては透水性，堤体材料等の関係を考慮した必要性を教示願いたい。

（技術管理課）

（回　答）

基礎および裏込の栗石（砕石）の目的は次のようなことと考えられている。

1. 荷重の分散をはかる。地盤あるいは地山とコンクリートなどの剛な構造物が直接接触するのを避け，構造物の荷重あるいは地山の土圧が局部的に集中することのないよう，荷重をできるだけ均等に分布させる作用をする。
2. 地山強度を補なう。擁壁では強度の大きい材料で構造物背面の一部が置き換えられているので土圧が軽減されることになり，護岸の場合では締固めの十分でない堤体の護岸表面に作用する水圧，波圧，浮遊物の衝撃などの外力に抵抗する。
3. 排水を容易にする。構造物背後の水を迅速に排水させることにより構造物に働らく水圧を軽減させるとともに背面の土が含水比の上昇により強度が低下し土圧が増大することを防止する。
4. フィルターの作用をする。護岸の裏込めは，堤体の浸透流により堤体材料の細粒分が流出するのを防止するが，湧水個所の擁壁などについても同様の効果を期待できる。
5. 凍上を防止する。

以上のような栗石の目的および機能から考えて，基礎あるいは裏込め栗石（砕石）に要求される条件としては次のような点があげられる。

1. 安定性のある材料であること。
   破壊しやすいもの，水により流失のおそれのあるもの，劣化のおそれのあるものは望ましくない。

2. 強度が大きくかつ透水性のよいこと。

3. 粒度分布がよいこと。

単一粒度のものは締固めが十分行なえないこと，フィルタの機能が十分果せず目づまりや流失が起が起こる可能性があるなどの点で好ましくなく，大きい砕石の間をやや小さい砕石および土粒子が十分空げきを埋めるようなものが望ましい。

河川構造物の基礎および裏込め栗石について述べると護岸の場合では，フィルタとしての必要性が重要であるから，透水性を確保するとともに，目づまりおよびフィルタ材料の流失を防ぐような粒度配合をえらぶ必要がある。すなわち裏込め材料のうちの土質材料（７５㎜以下の材料）について，通常のフィルタに要求される粒度条件[1)]を満足するように選定する。樋管の基礎の場合には透水性のよい栗石基礎が堤体下を横断することは好ましいことではないので，基礎支持力を損なわない範囲内で細粒分を増し砕石の空げきを埋める（目つぶしを行なう）ようにして透水係数を下げるのがよい。一般には土質材料のうち細粒分（７４μ以下）が１０％程度以上あるとかなり不透水性になるといわれている。

栗石の役目から考えて，地盤および地山（堤体）が砂レキなどからできている場合を除き，基礎および裏込め栗石は構造物の安定上必要なものといえる。

なお裏込め厚の標準は次のようになっている。

表－１　盛土部の石積等の裏込厚さ（「河川土工指針（案）」「擁壁工指針（案）」）

直　高　(m)		0～1.5	1.5～3.0	3.0～5.0	5.0～7.0
厚　さ	上　部	２０～４０	２０～４０	２０～４０	２０～４０
(cm)	下　部	３０～６０	４５～７５	６０～１００	８０～１２０

(注) 1. 土質のよいときは，下限値を悪いときは上限値を用いる。

2. 切土のときは，よく締まった地山では上下部等厚で３０～４０cm，ゆるいときおよび背面埋めもどしの多いときは盛土の場合（上表）による。

1）たとえば日本道路協会（道路排水工指針）

表－2　石張工の裏込の厚さ（「河川土工指針（案）」）

種別 / 土質 / 控長（cm）	空張		練張	
	砂礫質土	粘質土	砂礫質土	粘質土
25	20 cm	25 cm	15 cm	20 cm
35	30	35	15	20
45	40	45	20	25

(注) 裏込材の厚さは上，下部とも等厚とする。

（土質研究室長）

2－7　隣接基礎杭（1期，2期施工）のTAIP工法の問題点

（質　問）

鳥取市内，国道29号の袋川に架設されている面影橋の老朽化に伴ない架替拡幅工事を計画している。

新橋は，都市計画決定幅員20 mに合わせる関係上，現橋は従来どおり交通の用に供し，新橋を現橋の上，下流に施工完成後（1期工事）現橋を取壊し，新設（2期工事）するもので，全体完成時にW＝20 mとなるものである。

そこで，1期施工基礎杭と2期施工基礎杭が隣接するため，従来の杭打ちでなく，TAIP工法により施工を安定しているものであるが，1，2期施工に伴ない下部工に与える影響の問題点並びに施工留意点を教示願いたい。　（鳥　取）

（回　答）

本工法は，ジェット水流とオーガスクリュー併用工法であるが，次の事項について注意されたい。

1）　オーガの先端が杭先端より先行しているので，砂地盤ではボイリングによる地盤破壊をまねき易い。したがって，計画河床より4 m～7 mにある中間砂層，先端地盤を掘削する場合には，鋼管内の水位が下がらないよう注意すること。

2）　オーガの先端が，鋼管径よりも大きいことにより周面摩擦をきりながら施工するようになっているが，この場合，設計上は周面摩擦の減少，施工は周面地面の沈下をまねき易い。したがって，現橋の支持地盤になっている中間砂層を掘削するまでは十分な注意が必要である。

3）　ジェット工法は，杭周面地盤を必要以上に破壊する場合があるので，中間砂層，先端支持層付近の施工には，ジェット水流の圧力管理を注意しなければならない。

4）　先端支持は，モルタル注入による球根を形成することにより処理することになっているが，一旦乱した地盤の全領域をモルタルによって硬化させ得るかどうかは疑問である。したがって，モルタル注入圧力，量，硬化後の確認など配慮する必要あろう。

5） 1期施工と2期施工間の期間がどのくらいであるか不明であるが，1～2年以上間隔がある場合には，基礎の沈下差が問題になる恐れがある。また，コンクリートの乾燥収縮などによっても新旧接続した部分にクラックの生ずる危険がある。したがって，橋脚頂部の梁部分，床版には縦目地も考慮する必要があるのではなかろうか。 （基礎研究室長）

3．土に関する問題点

3－1　地辷り地帯における土塊を盛土材に利用した場合の工法について

（質　問）

地辷りの土塊を排除して地辷りの動きを止め，さらにその排土により土地造成をすれば一石二鳥となるが地辷り地の土塊は当然，土質が盛土に不適であるため，なんらかの対策をしないと二次地辷りの危険がある。このためにサンドマット工法や地中擁壁工法等が考えられるが，これらの事における設計施工上の留意点を教示願いたい。　（山口県）

（回　答）

盛土する場合，普通の土であればのり面標準のり配から盛土のこう配を決定し．施工すれば崩壊を起こすケースは少ないと考えられる。しかし，盛土材料となる土の含水比が高く，とくにせん断強度が弱い土の場合には，施工中の自重による盛土内の過剰 間 隙 水圧の増大や施工後の降雨の浸透による土のせん断抵抗力の低下にともない盛土が崩壊することがある。したがって，このような土を盛土材料に使用する場合は，土質試験を行ない土のせん断特性を明らかにしたうえで，有効応力法にもとづく円弧すべりによる安定計算を行ない，盛土の安定性を確めておく必要がある。そして，安全率が下まわる場合にはつぎに示すような対策を検討する。

(1)　のりこう配をゆるくし，盛土の安定性をはかる。

(2)　土質改良を行なって土を強化する。

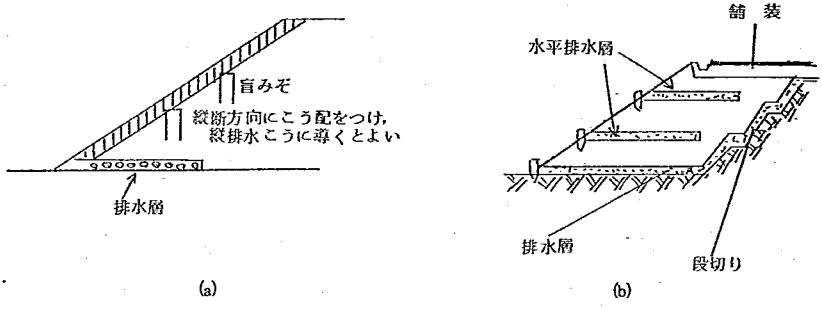
(3)　盛土内の過剰 間 隙 水圧や浸透水の影響を少なくするための排水こうを設ける。

(4)　土留め擁壁などの構造物により盛土の安定をはかる。

対策工法の決定にあたっては，土質，工費，工期および現場の条件などを考慮して最も適切な工法を選定すべきである。一般に(4)の土留め擁壁などの構造物による方法は，工法的に他のものに比べて費用がかさむので，のり長が長く，したがって用地の面からこう配をきつくする必要がある場合に用いられる。擁壁としてはコンクリートによる重力式擁壁やブロック積擁壁などのほかに，質問にあるようなわく擁壁などがある。擁壁の設計施工にあたっては，土圧による転倒，すべり出し，および沈下に対して安全であるように設計するとともに，背面土の排水不良によって擁壁が損傷を被むる場合もあるので，裏込の材の選定およびその施工に十分注意する必要がある。また，プレキャストの鉄筋コンクリートでわくを組み，その中に砂レキや石を詰めて作るわく擁壁の場合，急速施工ができ，不等沈下に対する調整が容易なこと，ならびに土圧に対してもある程度の有効性をもっていることから質問にもあるように適切な工法であると考えられるが，大きな力が作用する場合には，わくの継ぎ目部分が壊われる場合があるので注意を要する。したがって，大きな力を受けもたす場合には現場打ちのしっかりしたものにすべきである。

先にのべたように，擁壁などによる構造物は工法的に費用がかさむので，(1)と(3)の対策工法を併用した方法が最も望ましい工法である。すなわち．安定なのりこう配を決定し，地表水や浸透水などの作用によるのりすべりを防止するために，盛土の表面および盛土内に排水こうを設ける方法である。表面水を排除する排水施設には，のり肩に設けるのり肩排水こう，小段に設ける小段排水こ

うおよびのり肩排水こうや小段排水こうからの水をのり尻の適当な水路に導く縦排水こうなどがある。また，盛土内の排水こうとしては，盛土内の浸透水を排除したり，また間隙水圧を低下させる目的で盛土内に砂の排水層を挿入する方法や図－1の(a)に示すようなのりすべりを起こすおそれのある個所に盲みぞなどを設け，浸透水を排除する工法などがある。この他，地山からの浸透水が



図－1　盛土内の排水こうの例

ある場合には図－1の(b)に示すような段切りをし，そこに排水層を設計したり，あるいはのり尻を空石積にしたり，砂れきにより置き換えたりして補強と排水を併用した対策を行なう方法がある。いづれにしても，盛土の安定性は降雨などの浸透水に著しく影響されるので，排水には十分注意して設計，施工する必要がある。特に，排水施設の施工にあたっては，その施工が悪いと逆の影響を及ぼす結果にもなりかねないので注意を要する。なお，盛土の締固めを十分行なう必要があることはいうまでもない。このような対策工を設けても盛土の安定性を保つことができない場合には(2)の土質改良を行なう。土質改良を行なう方法としては，強制乾燥をしたり，セメントや石灰などの添加材を混合することが考えられるが，これらの工法の決定にあたってはその施工性，経済性ならびに効果を十分検討したうえで決める必要がある。

（土質研究室長）

3－2　岩質の判定について

（質　問）

岩掘削において，岩質の判定は，共通仕様書，土工指針等参考に現地で監督職員が判定するが，抽象的な表現が多いため，岩質判定がむづかしく，また，判定者の主観による差異が生じることがある。この様な事より統一的にまた比較的簡単に現地で岩判定が行なえる様な手法を教示願いたい。

（松江国道）

（回　答）

岩質の判定については現在共通仕様書，道路土工指針等によっており，軟岩Ⅰ～硬岩Ⅱまでの5

段階に分類している。岩盤の分類方法としてはこのほか土工用として日本道路公団分類（表－１），機械施工指針（道路協会未公刊）の分類（案）（表－２）があり，ダム基礎岩盤用として岡本の分類（表－３），田中の分類（表－４）等があり，トンネル用としてはトンネル便覧分類（表－５）池田の分類（表－６）等がある。

このように岩盤の分類は岩を取扱う対象物によって，それぞれ最も適した分類法を用いているのが現状である。そのため土質工学会分類（表－７）のように普遍的に用いられるようなものも出てきている。

これらの分類から判るように，岩質の分類は主として岩片の強度や岩盤中の割目の状態によって分類しており，それが共通仕様書や表－４の分類のように定性的表現をとるか，或いは表－７のように定量的表現をとるか，表－３のように中間的表現を取るかによっている。分類の基本としては表－７のように定量的に行なう方が個人差がなくてどの現場でも比較できるが，一方，分類が多くなる。各区分線の妥当性および同一分類内に入っても岩種による違いなど多くの問題点があり，従って現場で比較的簡単に行なうには定性的表現が用いられている。

道路土工としての岩掘削のための岩質判定は，ブルドーザー排土板掘削，リッパー掘削，火薬による掘削を考慮に入れなければならないが，リッパー掘削限界にしてもブルドーザーの能力，リッパ本数，オペレーターの能力等によって変わってくる。現在一般的にいわれているリッパー掘削限界は図－１のようであり，ブルドーザー掘削領域を土砂，リッパー掘削領域を軟岩，火薬掘削領域を硬岩とすると，弾性波速度による岩区分は図－２のように行なわれている。また岩盤中の割目の頻度すなわち亀裂係数による岩区分として図－３が提唱され，さらにボーリングコア中の棒状コアの長さの割合，すなわちＲＯＤによっても岩分類が試みられている。

このように現場で簡単に岩質を判定するためには定性的表現しかとれないし，また広く統一的に行なおうとすると簡単に判定できなくなる。そこでできるだけ統一的に比較的簡単に行なうには現状としては弾性波探査による方法が最も適切であろう。現場で弾性波探査を実施しない場合は表－３のように割目の頻度と岩片の硬さを各現場にあわせて組合せて行なうのが適切であろう。岩盤中の割目の状態と岩分類の関係は実態調査の結果（約1,300個所）によると図－４に示すようになっており，これも岩分類を行なう上でも参考になるであろう。また，ハンマーの打撃による岩片の強度の推定はハンマーで軽くくずせるものは一軸圧縮度で２００㎏以下，強打１回で破壊するもの５００㎏以下，ハンマーで火花がでる程度のもの７～８００㎏以上が目安となろう。

（地質研究室長）

表１　岩質の分類（日本道路公団）

積算上の分類	岩　　種	岩質の程度	弾性波伝播速度（参考）（Km／sec）
硬岩 A	集塊岩，片麻石，石灰岩，硬砂岩，頁岩，砂岩，礫岩，安山岩，玢岩，粘板岩，角岩，玄武岩，凝灰岩，凝灰岩	凝灰質で堅く固結したもの，岩石自体変質せず大きい亀裂（１０cm～５０cm程度）のあるもので，大ハンマーで数回叩いて辛うじて割れる程度のもの	参考として 2.5～3.5程度
硬岩 B	花崗石，千枚岩，閃緑岩，玢岩，安山岩，玄武岩，砂岩，角岩，硬砂岩	新鮮堅岩，亀裂が少なく密着したもので岩質が最も堅いもの，大ハンマーで数回叩いても辛うじて割れるかまたははね返って容易に割れないもの。	参考として 3.5～6程度
硬岩 C	溶　岩		
軟岩 A	石墨片岩，砂岩，凝灰岩，蛇紋岩，花崗岩，集塊岩，片麻岩，緑泥片岩，粘板岩，閃緑岩，安山岩，凝灰岩	風化が進み，多少の変色も伴い，亀裂が発達し（間隔１０cm以下程度）ハンマーで叩いて目に沿って割れるもの。	参考として 2.5程度以下
軟岩 B	土　丹		参考として 1～3程度

表 2

機械施工のための岩・土質の分類

区分	名称	統一分類との比較	説明	
岩	硬岩	硬岩	キレツがまたくないか，少ないもの，密着のよいもの	地山弾性波 3000以上
	中硬岩	岩盤 中硬岩	風化のあまり進んでないもの，キレツ間隔30～50cm	〃 2000～4000
	軟岩	風土岩 軟岩ボルダー	固結の程度のよい第4紀層から風化の進んだ第3紀層前後のもの，リッパ掘削できるもの	〃 700～3,000
	岩塊・玉石	コブル	粒径7.5cm～30cmで20～50cmのものが混入している。かさばつて，バケットに入にくく空ゲキを多く生じるようなもの。	玉石まじり土 起砕岩 ごろごろした河床
	レキまじり土	レキ・レキ質土	レキ分の混入があつて掘削時能率が低下するが，バケットを山盛り形状にしやすく，トラフィカビリティが問題にならないもの。	レキの多い普通土 砕石 がいすい
	砕	砂	掘削が容易でトラフィカビリティが問題にならないもの。バケット等に山盛り形状になりにくいもの。	単粒度の砂 海岸，砂丘の砂 細粒分ない切砕 シラス
	普通土	砕質土，シルト，火山灰粘土	容易に掘削できてバケットを山盛形状にでき，空ゲキが少ないもの。粒度分布がよくてトラフィカビリティが問題にならないもの。	一般の土，砂質土 マサ土 かわいたローム
	粘性土	シルト 粘性度	掘削は容易だが，バケット等に付着しやすく空ゲキが多い状態になりやすいもの。トラフィカビリティが問題になるもの。	粘性土 シルト
	高含水比粘土	シルト，粘性土，火山灰質粘土	バケットに山盛り形状とできず特にトラフイカビリテイが悪く，オーバコンパクションを起しやすいもの。	しめつたローム
	(有機質土)	有機質土 高有機質土		

表 3　岡本・安江による組合せ形式の岩盤分類 (1966)

(a) 岩盤の区分基準

(a) 下筌ダム (花崗岩・安山岩の例)

区分要素	細区分	内容
岩塊の硬さ	A	堅硬[1]
	B	一部堅硬，一部軟質，全体にやや軟質[2]
	C	軟質[3]
割れ目の間隔	I	50 cm 以上
	II	50 cm～15 cm
	III	15 cm 以下
割れ目の状態	a	密着
	b	開口状
	c	粘土をはさむ

(b) 裾花ダム (鮮新角礫岩の例)

区分要素	細区分	内容
硬さ	A	堅硬
	B	中程度あるいは硬軟が入り混じる
	C	軟質
割れ目の間隔[4]	I	50 cm 以上
	II	50 cm～15 cm
	III	15 cm 以下
角礫の割比[5]	a	50%以上
	b	50～20%
	c	20%以下

(注) (1) ハンマーで火花が出る程度
(2) ハンマーで強打して1回で割れる程度
(3) ハンマーでくずせる程度
(4) ここでの数値は一例であり，現場条件で異なる
(5) 概算 1 m² 中の面積比

(b) 岩盤の評価 (下筌ダム)

評価区分	評価	組区分の組合せ
[A]	良好	AIa, AIb, BIa, BIb
[B]	やや良好	AIc, AIIa, AIIb, BIc, BIIa, BIIb, CIa
[C]	やや不良	AIIc, CIb, CIc, CIIa, CIIb
[D]	不良	残りの組合せ

表 4　ダム基礎岩盤分類基準 (田中)

名称	特徴
A	きわめて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化，変質を受けていない。キレツ，節理はよく密着し，それらの面に沿って風化の跡は見られないもの。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した (たとえ 1 mm でも) キレツあるいは節理はなく，よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化，変質が見られる。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C_H	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。 一般に褐鉄鉱などに汚染せられ，節理あるいはキレツの間の粘着力はわずかに減少しており，ハンマーの強打によって割れ目に沿って岩塊が剥脱し，剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
C_M	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており，岩質も多少軟らかくなっている。 節理あるいはキレツの間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって，割れ目に沿って岩塊が剥脱し，剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。
C_L	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。 節理あるいはキレツの間の粘着力は減少しており，ハンマーの軽打によって割れ目に沿って岩塊が剥脱し，剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	岩石鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。 節理あるいはキレツの間の結着力はほとんどなく，ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

表5 地山分類（トンネル硬質）

岩質判定基準						
地区区分	岩質区分	弾性波速度 (km/sec) 1 2 3 4 5 6	地質状態	ボーリングコアの状態	ハンマーの打撃による岩の割れ方	キレツの間隔および状態
A	a b c d		(1) 岩質は非常に堅硬かつ新鮮なもので大塊状を呈し，層相変化が少く，割れ目がほとんどないもの。	コア採取率は殆ね90%以上で完全な柱状を呈し，粘片は殆んど含まない状態のもの。	ハンマーがはね返る。強くたたくとかろうじて新鮮な面で割れる。	50cm以上 少ない， あっても密着。
B	a b c d		(1) 岩質はかなり堅硬であっても風化作用のため，変質した傾向がみられるもの。キレツには粘性土をはさまない。 (2) 岩質は堅硬であるが薄い層状をなす岩で層理あるいは片理が認められ，その面に沿って割れ易いもの。	コア採取率は殆ね70%以上で完全な柱状を示さないものを有し，多少の粘片を含む。コアの大半がは5cm以上のものが取れる状態のもの。	ハンマーで強くたたけば割れるが，ほとんどがキレツあるいは層理などに沿って比較的大きく割れる。	10～50cm 間口のことりあるがキレツ間に粘土をはさまない。
C	a b c d		(1) 風化作用を受けて岩石に変質をおこしているもの。 (2) 岩質は比較的堅硬であってもキレツが多く小塊状を呈しているもの。キレツは薄い粘性土をはさむ。 (3) 層理や片理の顕著な岩で，非常に薄く割れ易い性質のもの。	コア採取率は殆ね40～70%で，キレツが多く，またくだけ易いために小さくなり5cm以下の粘片が多量に取れる状態のもの。岩石区分c.dのものではコア採取率100%の柱状コアがとれる。	ハンマーで容易に割れる。比較的キレツ面などに沿って小片に割れ，むしろキレツ以外の面で割れることが困難である。	2～10cm キレツ間に粘土をはさむことが多い。
D	a b c d		(1) 著しい風化変質作用を受け，中には多少硬い部分も残っているが，一部はすでに土壌化した部分がみられるもの。割れ目が極めて多いものでキレツ以外の部分からでも容易に割ることができる程度のもの。 (2) 粘土化のあまり進んでいない破砕帯で，粘性土と細片状の岩片の混合した状態になっている時にはいくぶん硬いところも含まれているもの。 (3) 土砂，崩壊地帯など。	コア採取率は低下し，殆ね40%以下となることが多く，コアは粘片となるが，時には角礫混り砂状あるいは粘土状となるもの。	ハンマーで容易に割れる。岩はもろく，指先で容易に割れる。キレツ間以外でも容易に割れることができる。	キレツの等花がはっきりしなくなる。
E	a		(1) 著しい圧縮を受けるようなかなり幅を有する新期破砕帯や大きな崩壊地帯など。	粘性土でなければコアの採取は困難である。		

(注) a；変成岩（千枚岩，片岩，片麻岩，ホルンフェルス等）
深成岩（はんれい岩，かんらん岩等）
中古生層（頁岩，砂岩，礫岩，凝灰岩，石炭岩，珪岩，輝緑凝灰岩等）

b；火山岩（流紋岩，石英粗面岩，安山岩，玄武岩等）
深成岩（花崗岩，ひん岩，輝緑岩等）
深成岩（花崗岩，閃緑岩等）

c；第三紀層（頁岩，砂岩，礫岩，石炭岩，凝灰岩，角礫凝灰岩，集塊岩等）

d；第四紀層（粘土，シルト，砂礫，火山灰，崩壊層等）

表 6　(a) 岩盤強度分類（池田，1969）

分類	岩質 A	B	C	D	E	F	良好の程度	備考
1	>5.0		>4.8	>4.2			良	1) 切羽に湧水がついて回るようであれば分類を1段落とす。
2	5.0～4.4		4.8～4.2	4.2～3.6				
3	4.6～4.0	4.8～4.2	4.4～3.8	3.8～3.2	>2.6		中	2) 緻密な岩石（粘板岩，変質安山岩，石墨片岩，泥岩，凝灰岩，温泉余土）は速度値にとらわれずとして考える。この場合は速度は4.0 kg/sec より小さく，ポアソン比は0.3より大きい。
4	4.2～3.6	4.4～3.8	4.0～3.4	3.4～2.8	2.6～2.0			
5	3.8～3.2	4.0～3.4	3.6～3.0	3.0～2.4	2.2～1.6	1.8～1.2	不良	3) 風化岩でポアソン比が0.3より小さい場合は分類を1～2段落あげる。
6	<3.4	<3.6	<3.2	<2.6	<1.8	1.4～0.8		
7					<1.4	<1.0		

〔注〕 1) 1～7は岩盤強度分類の大きさの順次である。
2) 数値は弾性波速度（km/sec）を示す。

(b) 記号説明

岩質	岩石名
A	(イ) 古生層 中生層 {粘板岩，砂岩，礫岩，チャート 石灰岩，緑泥凝灰岩など (ロ) 深成岩 {花崗岩，花崗閃緑岩 閃緑岩，斑糲岩など (ハ) 半深成岩 {斑岩，花崗斑岩，粗岩 輝緑岩，純橄岩など (ニ) 火山岩の一部 {玄武岩，中生代の流紋岩など (ホ) 変成岩（結晶片岩，千枚岩，片麻岩，ホルンフェルスなど）
B	(イ) 劈理の著しい変成岩　(ロ) 細層理の発達した古生層，中生層
C	(イ) 中生層の一部（頁岩，砂岩，凝灰角礫岩など）　(ロ) 火山岩（流紋岩，安山岩など） (ハ) 古第三紀層の一部（珪化頁岩，珪化砂岩，火山岩質凝灰岩など）
D	古第三紀層～新第三紀層　泥岩，頁岩，砂岩，礫岩，凝灰岩，凝灰角礫岩，凝灰質岩など
E	新第三紀層～洪積層　泥岩，シルト岩，砂岩，砂礫岩，凝灰岩，段丘，崖錐，火山噴出物など
F	洪積層～沖積層　粘土，シルト，砂，砂礫，火山噴出物，ローム，崩壊堆積物，崖錐，段丘など

(c) 岩盤強度分類と地質状況

番号	岩質	岩盤地質状況							
		キレツ・風化・破砕・固結程度	岩盤強度 圧縮強度 (kg/cm²)	岩盤強度 引張強度 (kg/cm²)	岩盤ポアソン比	初期地圧	地圧 (kg/cm²) 単位	地圧 (kg/cm²) 長位
1	A C D	マッシブで硬い	>1 000	>100	<0.2	作用せず	<0.2	<0.25
2	A	硬く，キレツ間隔 50~100 cm	500~1 400	50~140	0.14~0.26	〃	0.15~0.32	0.2~0.40
	C D	硬く，キレツ少ない						
3	A B	破砕質，所々小断層をはさむキレツ多いなど	200~800	20~50	0.2~0.33	ときに作用することがある	0.25~0.48	0.22~0.60
	C	キレツ間隔 30~70cm ときに所々小断層をはさむ						
	D	中硬~軟岩で，キレツ少ない						
	E	一般にマッシブで軟岩						
4	A B	破砕帯，あるいはキレツ非常に多く風化著	50~500	5~50	0.26~0.38	多くの場合作用する	0.40~0.80	0.50~0.90
	C	非常にキレツ多いか破砕帯あるいは小断層多い。または軟岩						
	D	破砕質か軟岩，あるいは風化してキレツ多い						
	E	軟岩か固結程度悪い	20~300	3~30		—		
5	A B	破砕帯，または風化はなはだしい	<200	<20	0.32~0.44	〃	0.60~1.50	0.70~2.0
	C	破砕帯あるいは小断層多いあるいは風化著しい						
	D	破砕帯，あるいは軟岩あるいは風化著						
	E	軟岩か固結程度悪い						
	F	〃	<80	<12				
6	A B C	破砕帯が風化はなはだしい	<50	<8	0.38~0.50	〃	>1.0	>1.2
	D E	破砕帯あるいは軟岩あるいは固結程度悪い，あるいは風化	<30	<6				
	F	固結程度悪い，あるいは風化	<20	<4				
7		固結程度非常に悪い	<10	<3	0.44~0.50	〃	〃	〃

表—7. (a) 岩の分類表

(1) 分類表

第1分類記号 ＼ 第2分類記号	A	B	C	D	E	F
H_1	H_1A	H_1B	H_1C	H_1D	H_1E	H_1F
H_2	H_2A	H_2B	H_2C	H_2D	H_2E	H_2F
H_3	H_3A	H_3B	H_3C	H_3D	H_3E	H_3F
H_4	H_4A	H_4B	H_4C	H_4D	H_4E	H_4F
H_5	H_5A	H_5B	H_5C	H_5D	H_5E	H_5F
S_1	S_1A	S_1B	S_1C	S_1D	S_1E	S_1F
S_2	S_2A	S_2B	S_2C	S_2D	S_2E	S_2F
S_3	S_3A	S_3B	S_3C	S_3D	S_3E	S_3F

(2) 副分類表

第1分類記号 ＼ 第2分類記号	a	b	c	d	e
V_1	V_1a	V_1b	V_1c	V_1d	V_1e
V_2	V_2a	V_2b	V_2c	V_2d	V_2e
V_3	V_3a	V_3b	V_3c	V_3d	—
V_4	V_4a	V_4b	V_4c	—	—
V_5	V_5a	V_5b	—	—	—

表—7. (b) 岩の分類表の記号説明

(1) 分類表の記号説明

記	号	記	述	一般的名称
第1記号（圧縮強さ特性など）	H_1	平均一軸圧縮強さが 1000 kg/cm² 以上である。		硬岩
	H_2	平均一軸圧縮強さが 500～1000 kg/cm² である。		〃
	H_3	〃	100～500 〃	準硬岩
	H_4	平均一軸圧縮強さが 100～500 kg/cm² の膨潤性岩である。		膨潤性準硬岩
	H_5	異方性岩（片岩など）で，平均一軸圧縮強さが 100～500 kg/cm² である。		異方性準硬岩
	S_1	最大一軸圧縮強さが 10～100 kg/cm² の砂質岩である（風化花崗岩を含む）		砂質軟岩
	S_2	〃	〃 の粘土質岩である。	粘土質軟岩
	S_3	〃	〃 の膨潤性岩である。	膨潤性軟岩
第2記号（平均キレツ間隔）	A	平均キレツ間隔が 90 cm 以上である。		
	B	平均キレツ間隔が 30～90 cm である。		
	C	平均キレツ間隔が 10～30 cm でキレツ間充てん物がない。		
	D	平均キレツ間隔が 10～30 cm でキレツ間充てん物がある。		
	E	平均キレツ間隔が 10 cm 以下でありキレツ間充てん物がない。		
	F	平均キレツ間隔が 10 cm 以下でありキレツ間充てん物がある。		

(2) 副分類表の記号説明

記	号	記	述
第1記号	V_1	供試体弾性波速度が 5 km/sec 以上である。	
	V_2	〃	4～5 km/sec である。
	V_3	〃	3～4 km/sec である。
	V_4	〃	2～3 km/sec である。
	V_5	〃	2 km/sec 以下である。
第2記号	a	地山弾性波速度が供試体速度の 80% 以上である。	
	b	〃	70～80% である。
	c	〃	60～70% である。
	d	〃	50～60% である。
	e	〃	50% 以下である。

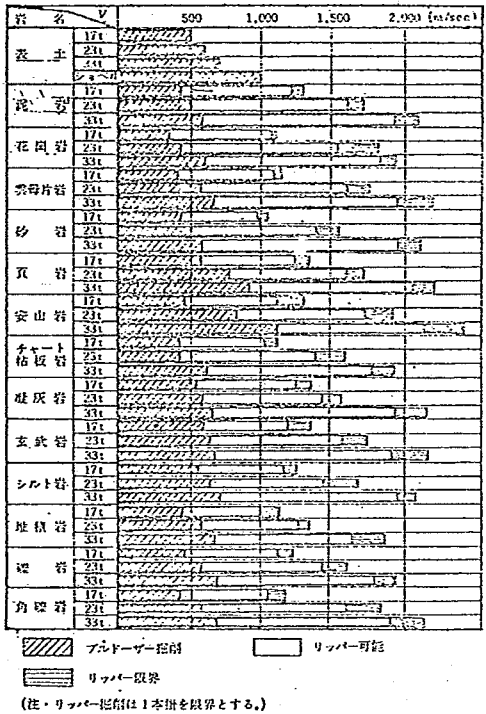
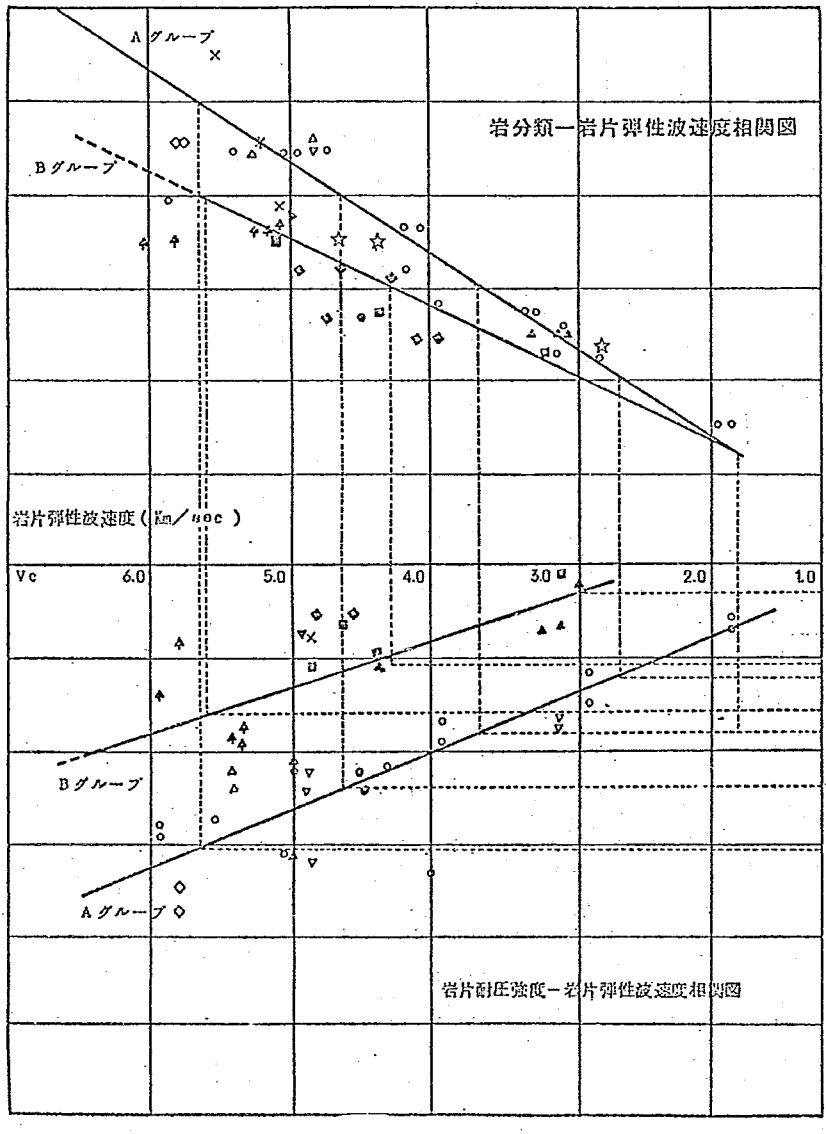
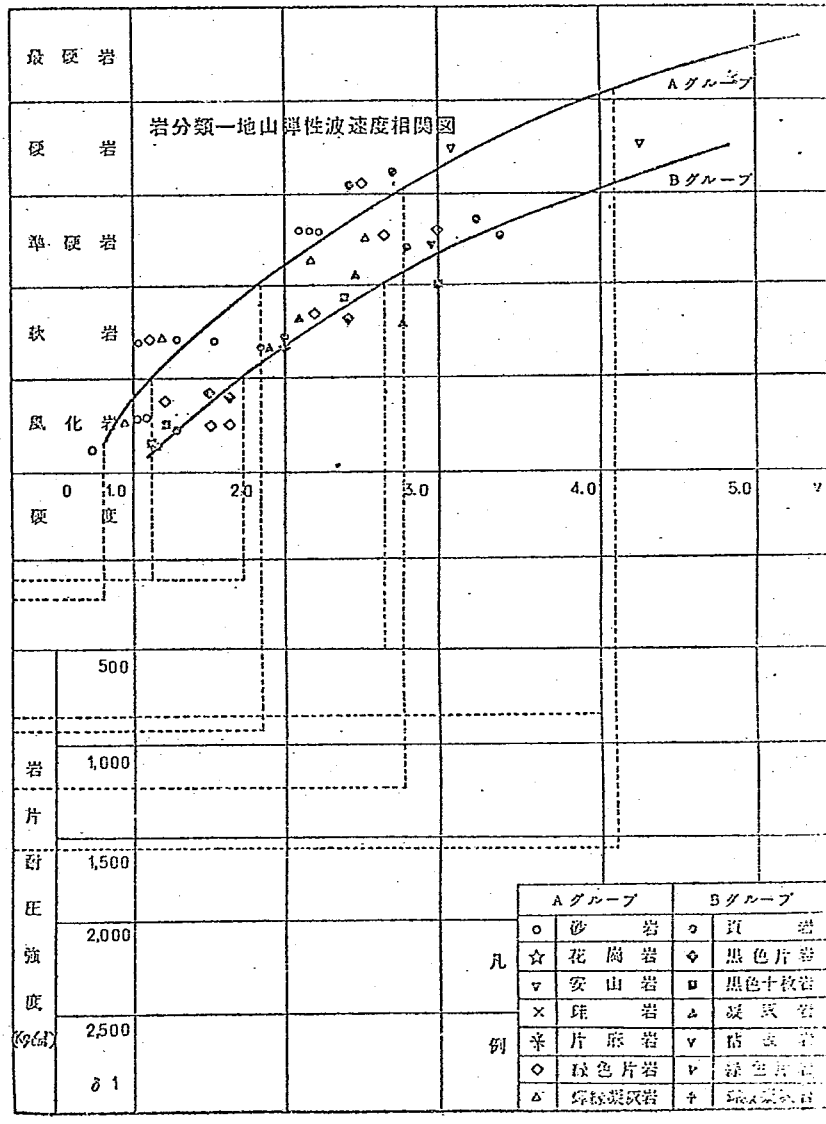


図 1　岩種別速度と掘削機械作業能力図（東北技術事務所）

図 2　岩分類、地山弾性速度、岩片弾性波速度、岩片耐圧強度相関図




岩分類一地山弾性波速度相関図
最硬岩
硬岩
準硬岩
軟岩
風化岩
Aグループ
Bグループ
0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
7
硬度
500
1,000
1,500
2,000
2,500
δ 1
岩片
圧縮強度
(kg/cm²)
凡例
Aグループ
Bグループ
砂岩
花崗岩
安山岩
珪岩
片麻岩
緑色片岩
凝灰岩
頁岩
黒色片岩
黒色千枚岩
凝灰岩
粘板岩
緑色片岩
凝灰岩

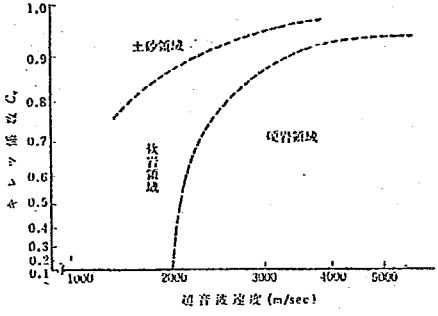
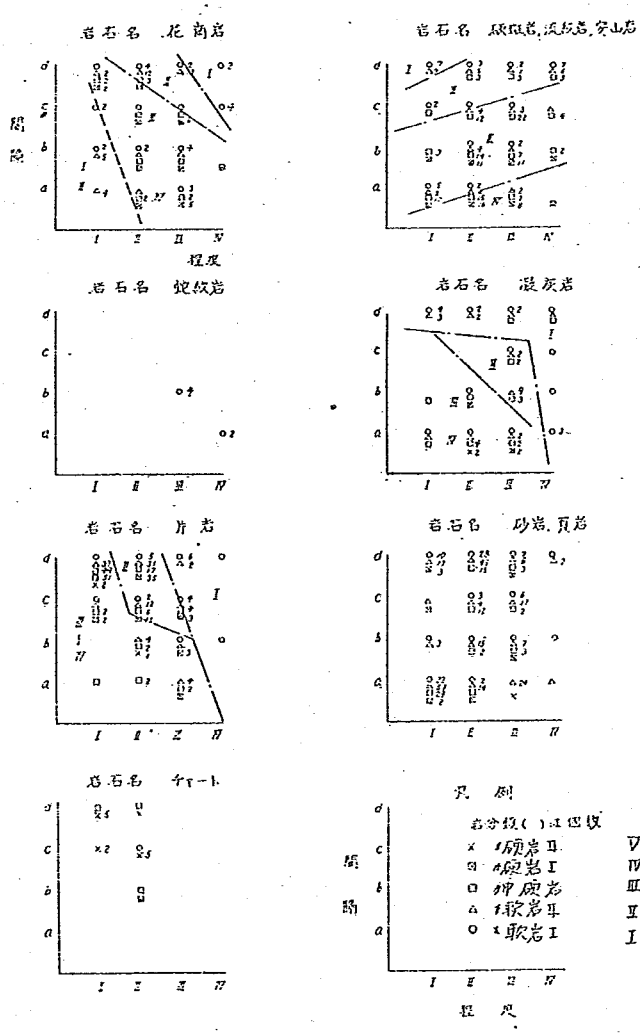


図 3　キレツ係数と供試体の超音波伝ぱ速度との関係による硬・軟岩・土砂の区分（日本道路公団，1971）

図 4　　岩分類と割れ目の関係



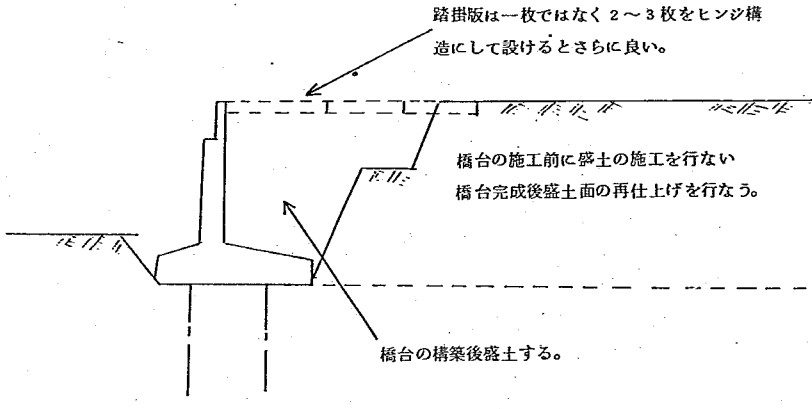
3－3　構造物の背面盛土の沈下について

（質　問）

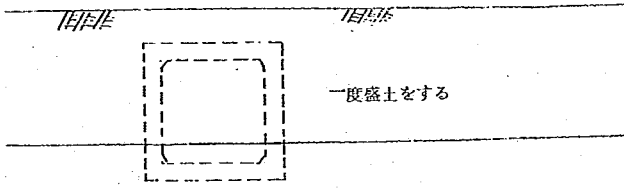
構造物の背面盛土については，良質材料により入念に施工され，又踏掛版等を併用して取付部の段差防止に努めているわけだが，効果が少ない場合が多い様である。そこで，これらの施工上の留意点及び有効な施工法について教示願いたい。　（鳥　取）

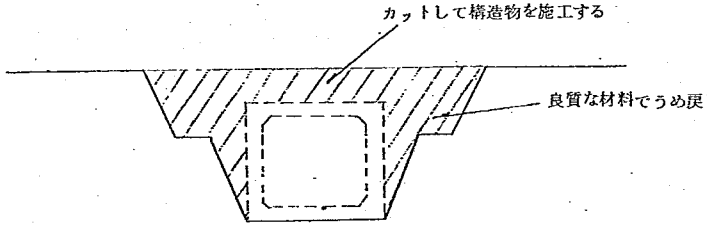
（回　答）

盛土をしようとする地盤の上層部および中間部に軟弱層が存在する場合は盛土荷重による圧密沈下および軟弱層の塑性流動（測方流動）が，盛土沈下の大きな原因になり，これらの点に関しては，盛土の安定性，圧密の可能性を検討し，必要によってはサンドドレーン，サンドコンパクション等を始めとする各種の地盤改良を施さなければならない。しかしながら，こういった処置をしても盛土の沈下を0にすることは，事実上不可能であり，どうしても多少の沈下は生じてしまう。しかも最近のように，施工に時間をかけることが色々な条件で困難な場合は，なおさらのことである。したがって構造物の背面盛土の沈下に関しては質問にあるように，良質な材料を使って，入念に施工し，必要によっては，踏掛版を使用する等の方法以外には，これといった良策はないようである。ただ，施工工程を検討し，構造物の建設前に盛土を施工しておく等の緩速施工を心がけるとかなり効果はあると思う。例えば橋台の例を図示すると以下のようになる。



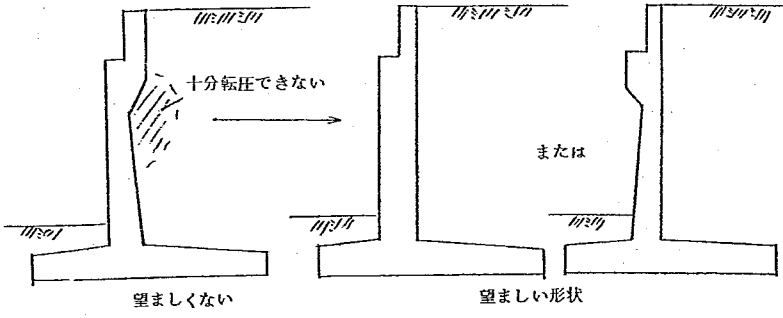
また，ボックスカルバートの場合は次のような施工が考えられる。





このように多少の手もどりと時間のロスが生じる対策法であるが沈下防止対策としては最良と思われる。

なお構造物と盛土の接点における局部的な沈下対策としては，以下の図に示すように，構造物の背面形状を施工（盛土転圧）を考慮したものとするように，設計上配慮しておくことが望ましい。



（基礎研究室長）

3－4　盛土施工における締固め度の管理について

（質　問）

盛土材料に岩砕，レキ，レキ質土，砂等を使用した場合の締固め度の管理を，現場で比較的簡単に試験が行なわれ，しかも好結果が得られる様な管理手法を教示願いたい。　（技術管理課）

（回　答）

1.　盛土施工における一般的な締固め管理

盛土施工における締固め度の管理は，「突固めによる土の締固め試験方法」（JISA1210）によって，最大乾燥密度γ_{dmax}を求め，これを基準密度として，現場の締固め度Cr（$=\gamma_d/\gamma_{dmax}$）を建設省では一般に次のように定めている。

道路盛土	路　体	Cr≧85％
	路　床	Cr≧90％
築　堤		Cr≧85％

また，現場の土の含水比が高く，含水比を低下させることが困難な土，あるいは基準密度が定め難い土の場合には，飽和度または空気間げき率による管理を行なっている。

今，問題となっている岩砕，レキ，レキ混り土は前記の密度管理が困難あるいは不能な盛土材料であり，その管理方法は個々の現場において試験的に各種の方法が実施されている段階で一般的な結論は見出されていないが，現状で妥当と思われる管理方法について以下に述べる。

なお，問では砂についても問題とされているが，砂は密度管理により対応可能であるので，今回の回答に含めなかったが，密度測定の方法を問題とされているのならば，後に述べるＲＩ計器の利用が有効であろう。

2　岩砕，レキの締固め管理

岩砕，レキの盛土については一般的な管理基準はないので，個々の現場において，試験転圧を行ない管理基準を定める必要がある。この場合にどの程度まで締固めるべきかを判断する目安としては，十分な能力を持つ締固め機械で転圧して，盛土層の沈下がほぼ安定した状態とすべきであろう。この状態を定量的に把握して，管理基準を定める方法とは次のものが考えられる。

(1)　密度管理――最大粒径の大きい場合には，最大粒径より十分に大きい孔を掘って，水置換法で，密度を求める。最大粒径が１５cm程度以下であれば突き砂置換法も利用できる。

(2)　強度管理――平板載荷試験，衝撃地耐力試験などの力学的試験によって強度あるいは変形特性を求める。

(3)　施工法管理――基準状態を得るための転在方法，すなわち，締固め機械，敷均し厚さ，転圧回数等を求める。

この３つの方法のうち，(1)及び(2)は盛土材の粒径によっては測定に多大な労力を必要とするとともに，その測定精度は低くこれにより締固め度の管理を行なうことは困難な場合が多い。

したがって，岩砕，レキの盛土については，締固め機械を指定し，敷均し厚さを監督員，写真，テレビカメラ，VTR等により管理し，締固め機械の走行距離をタスクメーターによって記録するな

どの方法をとれば，十分に施工法管理が可能であり（道路建設№２４３「レキ層土による道路土工の一例」），品質に問題がありそうな箇所に対してはチエックとして密度管理あるいは強度管理を併用すれば十分に盛土の品質は確保できるであろう。

3. レキ混り土の締固め管理

レキ混り土についても２と同様に試験転圧を行ない個々の現場で管理基準を定め，密度管理あるいは施工管理により締固め管理を行なうことは可能であるが，一般的な締固め管理基準によって，密度管理を行なうのが妥当であろう

レキ混り土の密度管理については，次の２つの問題がある。

(1) レキの混入による突固め試験結果の補正

突固め試験（ＪＩＳＡ１２１０）では使用するモールドの寸法の関係から試験土中の粒子の最大寸法を制限している。しかし，レキ混り土ではこの制限を越える寸法のレキを含むことが多く，このため，現場の密度の測定値は突固め試験より得られた密度より過大に評価される。そのため，レキの混入率によって最大乾燥密度の補正を行なうことが必要である。その方法は次のものを参考にされたい。

（土質試験法（土質工学会）「締固め試験」，土木技術資料３－１（土木研究会）「レキの混った土の締固め度の補正法について」）

(2) レキ混り土の現場密度の測定

レキ混りの現場密度の測定は一般に砂置換法で行なわれているが，測定可能なレキの最大粒径はＪＩＳＡ１２１４法で５cm，突砂法で１０～１５cmである。また，砂置換法は，レキを含んだ場合は，多大の労力と時間を要し，測定精度も低い。

近年，土の密度，含水比測定用として開発されたラジオアイソトープ（ＲＩ）を用いた透過型密度水分計は測定の簡便さ，迅速さ及び精度の点で好結果を得ている。さらに，最近，放射線障害防止法の適用外である弱い線源を用いた小型，軽量のＲＩ計器が２，３のメーカーで開発販売され，その実用性がますます高まっており，フイルタイプダム，宅地造成工事等の大規模土工現場でその使用が増加している。

ＲＩ密度水分計の得失を上げると，

（長所）
1. 測定が簡便である ― 線源棒（ϕ２０×２００）さえ打込めれば測定が可能である。
2. 測定が迅速である ― １点当り２分間程度計測すればよく，準備も含めて５分以下で測定できる。
3. 密度，水分を同時に求めることができる。
4. 測定が非破壊的である。
5. 測定に特別の技術を要しない。
6. 測定精度が砂置換法等よりも高い。

（短所）
1. 計器が高価である　１台約３００万円
2. 線源棒２年程度で，計数管は３～４年程度で交換が必要など維持費がかかる。

また，東京電力の高瀬ダムにおいては透過距離５０cmのＲＩ密度計によって，大径のレキを含む

透水ゾーンの締固め管理を行ない，水置換法よりも精度の高い測定結果を得ている。
（土と基礎２３－５（土質工学会）「ＲＩ法のフィルダム盛立管理への適用性」）したがって，多量のレキ混り土の盛土工事ではＲＩ密度水分計の使用が有効であろう。

なお，ＲＩ密度水分計については次の文献を参考にされたい。

土質調査法（土質工学会）「ラジオアイソトープ利用による土質調査」

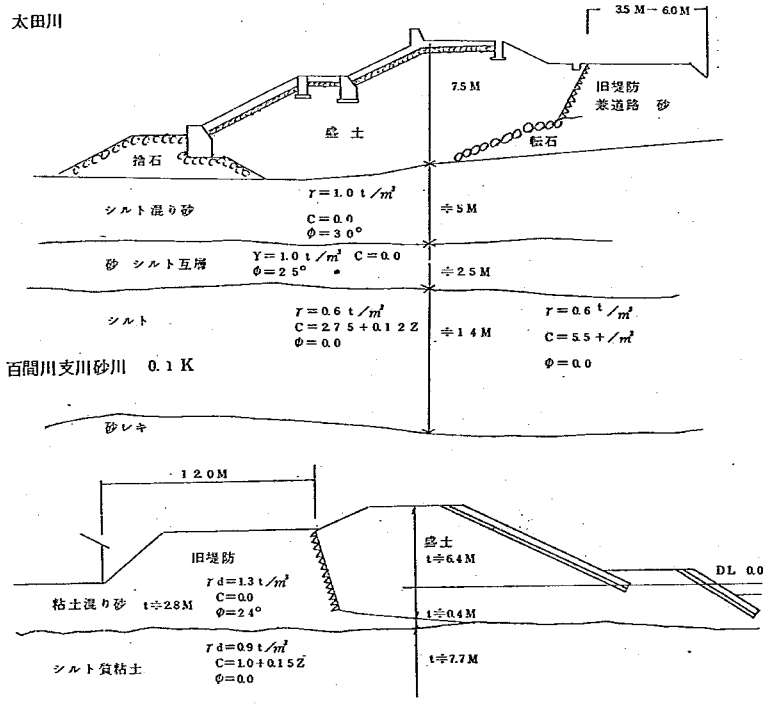
土工管理とラジオアイソトープ（土質工学会）

土木研究所資料第１０４０「礫混り土の盛土施工管理」　　（施工研究室長）

３－５　軟弱地盤上の策堤盛土の安全について

（質　問）

軟弱地盤上の旧堤防に腹付盛土をする箇所が数多くあるが，このような腹付盛土をする場合の盛土の安定，沈下量の算定方法およびこれに必要な土質調査項目，資料等について，また，旧堤防に隣接して住宅等が密集している場合に，これら住宅に対する沈下量を減ずる有効な工法について御教示願いたい。　　（太田川）



（回　答）

軟弱地盤の調査の第一段階は地盤の成層状態を明らかにすることで，質問の場合についていえば地表面近くの砂層およびその下のシルト層（軟弱層）の厚さが地域的にどのように変化しているか，さらに断面方向に変化があるかどうかをまず調べて，次の第二段階の調査に進まなければならない。この例では地表近くの砂層がかなり厚いので安定上の問題はあまりないと予想されるので検討の重点は沈下解析におくべきで，調査も圧密試験を多く実施するような計画とする。

シルト層のサンプリングは，一断面につき2個所（旧堤のり尻付近と，旧堤の荷重の影響の少ない堤外地）程度が望ましく，3 m おきぐらいの深度で乱さない試料を採取して圧密試験，一軸圧縮試験，その他の一般的な試験を各深さごとに実施する。試料の彩取位置を旧堤の下と，旧堤の影響のないところの2点とするのは，圧密沈下の特性，強度が旧堤の載荷重の有無により異なることが考えられるためで，もし両地点でこれら土質常数値に差異がないことが明らかになれば，そのほかの断面の調査ではサンプリングを一点に縮少してもよい。

安定問題については特に検討の必要はないように思われるが，最も条件の悪い断面（盛土高の高い個所または砂層の薄い個所）についてまず安定計算を実施してみて一応の安全性が確認されれば（$F_S \geqq 1.3$），その他の断面については安定計算を省略する。安定計算は通常の円弧すべりの計算法でよく，河川水位は平水位，堤防内部の水面は河川水位と同じ，シルトの強度は $C = gu/2$ とする。（旧堤下の強度な新堤の部分の強度とは異なるが，旧堤下の部分や大きく通るようなすべり円は現実的ではないから，計算に用いる強度としては堤外側の地盤の強度をとればよい）

沈下計算はかなり詳細に実施する必要がある。軟弱層は必らずしも均一なシルトとは考えられないので，計算に先立っていくつかの層に分けておく。この層の区分は圧密特性の相違によりわけるべきであるから，含水比，間げき比，圧縮指数値をみて，適切な層区分をしなければならない。旧堤下とそれ以外の場所で圧密に関する常数が明らかに異なるときは区別して計算する。沈下量は一断面数点に対して計算するが，堤内側の沈下が特に問題となるので，のり尻より適当な間隔で数個所の地点の計算をしておかなくてはならない。腹付盛土の形状は単純ではないので，沈下量算定のための地中応力増加の計算にはOsterbergの図表を用いるのがよい。沈下量および沈下時間の計算はなるたけ多くの断面に対して行なう必要がある。旧堤と腹付堤と近接住居の位置関係が異なると当然民地の沈下状況は変わってくるので，このような条件の異なる断面ごとに沈下計算をしておかないと関係者への対応が完全にできないおそれがある。

沈下量軽減対策としては，サンドコンパクションパイルや石灰パイルなどによる地盤改良が考えられるが，これらの本格的な地盤改良は相当工費を要するものであるから，長い延長に対して全面的に施工することは実際上容易ではないと思われる。ただ沈下量を軽減させるには地盤の本格的な改良以外の工法では効果はないものと考えるべきである（沈下の促進，安定率の向上などを目的とする場合は工費の少ない方法があり得るが，沈下量そのものを少くするには，積極的に地盤を強化あるいは固結化する以外には対策はない）。

なお，堤内地の沈下量および沈下速度について計算で予測できることにはなっているが，現実の沈下をどの程度正確に推定できるかの精度は残念ながら十分とはいえない。工事が開始されたら慈

続的に沈下観測を実施し，計算値と比較しつつ，またその時間的な進行状況を詳細に検討し，その後の沈下状況を推定しなおしていかなければならない。

（土質研究室長）

4. 環境に関する問題点

4－1　建設、工事及び道路交通による振動について

（質　問）

振動による苦情，家屋の損傷が各所において起きている現在，測定方法評価にあたっては文献都府県条令による現制基準等に照らし対処しているが，測定基準単位，評価の方法も異なり，種々混乱を生じることがある。

これらの事より下記事項について教示願いたい。

1. 建設，道路交通振動における各々のケースに適応した測定方法
2. 人体，建物に対する評価方法及び評価値
3. 振動機器別の振動加速度レベルの推定
4. 振動防止工法
5. 日本における建物被害と振動の程度との関係
6. 振動規制法の作業が進められているように伺っているがその経緯と動向　（中国技術）

（回　答）

振動公害は実態の把握，測定方法，障害防止対策，規制基準のいずれをとりあげてみても，騒音や大気汚染等の公害問題に比較して，ややたち遅れが認められる。しかし最近の情勢をみると，振動公害が相対的に重要度を増してきつつあり，今後見逃せない要素となるものと考えられる。

上述のような状況の下にあるため，本質問事項に対しては確定的な解答は困難であるが，以下に現時点における一般的な傾向ないしは動向を掲示し，回答としたい。

1. 建設・道路交通振動における各々のケースに適応した測定方法

1.1　建設工事振動の測定

建設工事振動は大別して衝撃的振動と連続的振動とに区別される。ディーゼルハンマや発破などでは振動が衝撃的な特性を持っているため，振動レベル計で必ずしも十分応答しているとはいえない。しかし，振動の大きさを忠実に測定することが特に必要な場合は除外して，公害の実態調査や，人体に対する振動の影響の調査などでは測定器は振動レベル計で測定してよいと考えられる。

振動のレベルの変動が少ない場合でも，衝撃的な振動の場合でも，人体感覚については振動レベルの slow 特性に比例するといわれている。また現在振動規制法については fast を用いるか slow を用いるか議論が分れているので，これに対応するためには，fast と slow の両者で直読するか，データレコーダに記録し，その後必要な解析をおこなうことが必要と思われる。

測定点は，苦情申立人の人家内なども考えられるが，建物内での振動は，主として建物自体の構造に関係する要因が多いので特に必要のない限り，建物内での測定の必要はないであろう。

振動の測定方向は，上下，前後，左右の3方向が考えられるが，一般に地盤振動を代表していると考えられる上下方向での測定で十分であろう。

その他の一般的な測定方法としては，苦情が発生した場合などの調査では，東京都公害局による振動レベル測定方法（近い将来は振動規制法（審議中）によることになろう），さらにくわしい調査では，土木研究所（構造研究室）による「調査A測定要領」に準拠することがよいであろう。調査Aはかなり大がかりな調査となるので，実情に応じて一部を省略することができる。

（機械研究室長）

1.2　道路交通振動の測定方法

測定方法は規制基準と表裏一体をなすものである。従って，基準が定まっていない現状では測定方法も確立されたものはないといえる。

一般的に行なわれている測定方法は次の通りであるが詳しくは．「建設工事および道路交通に伴なう振動の振動レベルおよび発生頻度と苦情に関する調査実施要領（調査A．B）」〔土木研究所〕を参照されたい。

(1) 測器として，公害用振動計，高速度レベルレコーダを用いる。

(2) 振動計の換振器の設置位置は，苦情の調査の場合には，問題となる地点の建物から1～2 m程度離れた地面上に，また道路交通振動の特性調査の場合には，距離減衰が求められるように路肩より5，10，15，20，40 m程度離れた点とする。

(3) 測定成分は，道路交通振動の大きさが，鉛直方向，道路直角方向，道路方向の順であり，また人体感覚は鉛直振動に対して鋭敏であるので，鉛直方向とする。

(4) 測定単位としては振動レベル（VL，単位dB），メータの動特性は slow とし，高速度レベルレコーダには実効値で記録する。

(5) 道路交通振動は時間と共に不規則に変動するので，例えば10分間程度測定し，そのデータを統計処理して振動の大きさを決める。変動の特性を調べるために，累積度数曲線を求めることは重要なことである。

(6) 特に，建物などの被害が問題になる場合には，測定単位として加速度（VAL，gal）または速度（kire）を用い，絶対値と振動数を求める必要があろう。

このような観点から，加速度計からの出力（VAL，AC）をデータレコーダに記録しておくことは，後刻再生できること，また他の単位への換算，データ整理方法の変更などを可能とするので，現時点では最適と考えられる。

（構造研究室長）

2　人体，建物に対する評価方法及び評価値

人体に関しては項目6で，また建物に関しては項目5で記述する。

3　振動機器別の振動加速度レベルの推定

3.1　建設工事振動の推定方法

建設工事振動では，作業条件，作業地盤などの複雑な要因が多く，地盤振動の予測は困難である。また騒音に比べ，測定方法が統一されておらず現在各所で測定されたデータの数も十分とはいえない。建設工事振動について最も広く調査がおこなわれたのは昭和45～47年度の建設省技術研究発表会の「建設工事にともなう騒音振動に関する調査研究」による調査であると思われるので，このデータをまとめた結果を用いることにするが，前記のように建設工事振動は，個々

の条件により変化し，予測が困難であることに留意されたい。

以下に代表的な建設機械の１０m離れた地点での振動レベルの整理結果を示す。測定は振動レベルでおこなわれており，ディーゼルハンマが fast 特性である以外はすべて slow 特性を使用している。測定の方向は上下方向である。誤差の範囲は，測定データの標準偏差である。またnは資料数である。

最も振動の大きいのはディーゼルハンマで ７８±９ dB（ n＝２４ ）である。ラム重量が大きくなると打ちこみが容易になるので必ずしもラム重量と振動の大きさとは比例せず，むしろくいの先端のN値に比例するといわれている。

振動パイルドライバは，打ちこみでは ７６±８ dB（ n＝６ ）であり，引きぬきでは６５～８４ dB（ n＝２ ） である。

ドロップハンマは，落錘重量が１～７ t と幅がひろいが，必ずしも重量には比例せず７５±９ dB （ n＝５ ）である。

ベノト掘削機はアースオーガよりやや大きな振動レベルであるが，１０m以上はなれると暗振動のレベルに近い。

土工機械では一般に振動レベルの大きさは．車輌の重量に比例するようである。ブルドーザは６４±１１ dB（ n＝９ ）である。

トラクタショベルは，５８±６ dB（ n＝７ ）であり，ブルドーザより小さい。

ダンプトラックは，５７±１２ dB（ n＝１１ ）である。

舗装用機械で振動が大きいのは振動ローラであるがデータが十分にないが６０ dB 程度であろうと思われる。

コンクリート工事用機械では，プラント類による振動は少ない。

以上の通りであるが，距離による減衰は，倍距離はなれて３～６ dB 程度であるといわれているが，条件によっては，遠くで逆にレベルの増加がある場合があり，推定にあたっては注意する必要があろう。 （機械研究室長）

3.2 道路交通振動

道路交通レベルに影響する因子としては，地盤，道路構造，路面の凹凸，車輌の重量，速度，走行車線からの距離などが挙げられ，これらが複雑に絡みあっていると考えられる。各々の影響は大略次の通りである。

(1) 走行速度の影響：速度を６０Km／hから４０Km／hに減少することにより，振動を２０～５０％（ ２～６ dB ）減少させることができる。これは車輌の重量，路面の凹凸，路肩からの距離，地盤の違いを越える優勢な性質である。

(2) 走行車線の影響：走行車線を最外側車線から変えることにより表－１のような振動低減効が期待される。

(3) 車輌重量の影響：乗用車による振動を基準にした比率は表－２の通りである。大型車の影響は非常に大きく，振動の大きさを決定する要因となる。

(4) 路面凹凸の影響：路面凹凸を修正することにより，次のように振動レベルを低減させるこ

表－1　走行車線別による振動低減効果

走行車線＼車線端からの距離	6 m	11 m
第 2 車 線	10～15 %	30～45 %
第 3 車 線	25～35 %	60 %

表－2　車輌重量による振動の大きさ（鉛直方向）

単位別＼車種別	大 型 車	小 型 車	乗用車
VEL.	×3以上	×2程度	×1
VL.	+10dB以上	+7～8dB	+0 dB

とができる。

波状凹凸，流動の場合　0～5 dB

亀裂などの場合　5～10 dB

段差，不陸などの場合　10～15 dB

（構造研究室長）

4　振動防止工法

4.1　建設工事

建設工事で振動が問題となる作業は，次のようなものである。

1. 既製杭の打込み
2. 鋼矢板の打込み，引抜き
3. コンクリート構造物あるいは舗装版の破壊
4. 土工用機械の作業
5. 振動ローラの締固め作業
6. 定置式空気圧縮機の運転

これらの振動を防止する方法としては，防振溝等により中間で遮断する方法も考えられるが，必ずしも実際的ではない。従って，一般には，振動源において振動を低減するために各種の防止対策が行なわれている。

振動防止対策のうち，主要なものを表－3に示す。

表－3　建設工事の振動防止対策

振動が問題となる作業及び施工機械	振動対策上の代替工法	代替工法の解説及び問題点
1.既製杭の打込み デーゼルパイルハンマ ドロップハンマ 振動パイルドライバ	掘削併用工法 (1)プレボーリング工法 (2)中掘工法	アースオーガ等の大径掘削機で掘削作業はほゞ無振動と考えられる。しかし，一般には支持力を得るために，ディーゼルパイルハンマ，あるいはドロップハンマで打止めするので，その際の振動が問題となる。最近は，打止めにかえてセメントモルタル等を杭先端に注入して支持力を確保する方法も行なわれているが，その支持力は必ずしも明らかでない。

2.鋼矢板の打込み 振動パイルドライバ ディーゼルパイルハンマ ドロップハンマ	2—1 掘削圧入工法 (例)MAP工法(丸泰土木) NISP工法(新日鉄)等	アースオーガ等で掘削し，地盤をゆるめながら油圧装置で圧入する。最近，開発された工法でまだ普及度は低い。硬い地盤（N＞30）への圧入は困難といわれる。
	2—2 ジェット併用工法	高圧水ジェットで地盤をゆるめながら鋼矢板を自重あるいは軽い打撃や振動で建込む工法である。硬い地盤やレキ質土には施工困難であるが，水の多量使用が可能であれば装置が簡便なため有利な工法である。
	2—3 油圧圧入工法 サイレントマスタ(三菱)	油圧力のみで圧入する工法であるが．機械が極めて高価なため普及度は極めて低い。
	2—4 親杭横矢板工法	湧水のない又は極めて少ない現場では，H鋼杭と横矢板を組合わせた土留が用いられる。H鋼杭打込みの振動が問題であればプレボーリング工法等で建込まれる。
3.鋼矢板の引抜き 振動パイルドライバ	3—1 油圧引抜工法 3—2 ワイヤロープ工法	3—1は油圧ジャッキを，3—2はウインチと多数の滑車を利用して，強大な引抜力を作用させるものであるが，鋼矢板のアンカー部分の破損，強大な垂直反力による地下埋設物の破損等の問題があり，また，作業能力も小さく実用的でない。 現在においては有効な代替工法はない。
4.コンクリート構造物の破壊(主に建築物) 鋼球(1.0〜1.5 t)	4—1 大型ブレーカー工法	一般に土木工事の場合には，鋼球が使用されることは少なく，ブレーカが多く使用される。ブレーカは騒音は大きいが振動は余り大きくない。
	4—2 コンクリートカッター工法	大型のコンクリートカッターを用いて，コンクリート部材を大ブロック毎に切断して破壊する工法。
	4—3 コンクリート破砕薬 アーバナイト(日本油脂) C. C. R(旭化成) S. L. B(日本化薬) C. E. X(日橋建材工業) 等	低爆速あるいは，主成ガス量の少ない火薬によって低騒音，低振動でコンクリート構造物を破壊する工法であるが，爆発時の騒音，振動は必ずしも低くなく，多量の破壊作業に使用することは困難である。 その他コンクリート構造物の破壊工法は，油圧，火焔ジェット，電磁波等を利用したものが試作あるいは開発中であるが，現状では実用的なものは少ない。
5.舗装版の破壊 舗装版破砕機 （コマンド）	5—1 大型ブレーカ工法	大型のブレーカーは，振動は低減できるが騒音が問題となる。現状では有効な低騒音，低振動の実用的な代替工法はない。
6.土工用機械 ブルドーザ トラクタショベル パワーショベル　等	特になし	振動を低減するには次のことに配慮する。 イ．小型機械の使用。 ロ．作業あるいは移動速度を落す。 ハ．衝撃的な操作をしない。

7.振動ローラによる締固め	7—1 タイヤローラ，ロードローラの使用	一般に，振動ローラ（小型）を使用する場合は大型機械のタイヤローラあるいはロードローラが使用不能な場合であるので，小型のタイヤローラ等の使用では締固めが不十分となる恐れがある。
	7—2 ランマあるいはタンパーの使用	施行能力の低下，締固め効果の不足などに注意が必要。
8.定置式空気圧縮機	8—1 遮振対策	イ.空気圧縮機とベースコンクリートの間に防振ゴムを入れる。 ロ.ベースコンクリートを大きくする。

この表のうち，杭打ちあるいは鋼矢板打込みの代替工法として，場所打ち杭あるいは地下連続壁も考えられるが，これらの工法は騒音，振動の防止も1つの選定要因であるが，一般には，耐荷力，施工性といった別の面の要因によって選定されることが多い。

なお，詳細については，第26～27建設省技術研究発表会「建設工事に伴なう騒音振動に関する調査研究」あるいは，「コンクリート構造物の破壊方法に関する調査報告書」（中部技術事務所，S49）を参照されたい。（施工研究室長）

4.2 道路交通振動

(1) 道路構造上の防止対策

1) 路面の平担化—路面の亀裂，凹凸，段差などを極力減少させ，路面の平担化に努める。これによる振幅減少効果は，路面状態が特に悪い場合で，$1/5$～$1/10$（－14～－20 dB），また路面がやや悪い場合で$1/2$（－6 dB）程度とされる。

2) 路床・路盤の剛度—路床の締固めを十分行い，路盤の剛性を高める。これにより，良好な路面状態を長期に保持できる。路床，路盤効果の実測資料は少ないが，北海道開発局にて実施したパイルスラブ工法では路肩で83％～96％の振動軽減効果があったと報告されている。

3) 地盤の改良—軟弱地盤では地盤の改良が考えられる。これにより，振幅の減少，ならびに振動数の上昇の両面から振動レベルを低下できる。地盤改良効果を調査したものとしては，地盤材料置換，生石灰パイル打設，およびサンドコンパクションパイル打設などによる地盤改良を行ない，振動軽減効果を測定した例がある。その効果はそれぞれ路肩において処理前の振動の約$2/3$，$3/5$，および$2/3$に減少した。

4) 結局，道路構造を良好な状態に保つことにより，路側における加速度ピーク値を極力低下させるよう努めるのが最良の策といえる。

(2) 工作物による振動軽減対策について

1) 道路に並行した路側帯に工作物を設けて沿道に伝わる振動を軽減する対策である。

工作物としては，溝の設置（溝中に剛性の低い材料を充填する場合もある），シートパイル及びコンクリート壁等剛構造物の設置の2方法に大別されるが，効果としては前者の方が一般的に大きいとされる。

2) 振動防止工法に関する実験としては，東京都及び近畿地方建設局における実施例等があるが，それらの結果では概略下記のようである。

溝の振動軽減効果として重要な要素は，溝の深さである。効果をある程度期待するためには，溝の深さHは，レイリー波の波長L_Rの最低0.6倍以上が望ましいとされる。

波長$L_R = V_R/f$は10m程度以上が一般的であるのでH≧6mとなり，設置工事，維持等が容易でなく実用的とはいえない。

次に剛構造物を設けると，かえって振幅が増大する場合がある。振動源の周波数成分により，その効果が一様ではないため定量的評価はむづかしい。

このことは溝のみの場合についてもいえる。

3) 工作物による振動軽減対策については，今後の調査研究および開発に待つ所が大きいといえる。

(3) 距離減衰（路側帯）効果について

1) 路側から道路構断方向に測った距離（L）が10m程度以内に対する距離減衰をみると，10m地点の振幅は，路側での振幅に対して0.5～0.9倍（0.5～2 dB／倍距離に相当）が大部分である。但し，路側での加速度が異常に大きい場合，10m地点で0.3倍程度（4 dB／倍距離に相当）に低下している。

2) Lが10～50m程度の範囲に対しては，一般に2～3 dB/倍距離の減衰となる。但し，特殊な場合（振動源の振動数が高い場合）は，5～6 dB/倍距離の減衰となることができる。

3) 地盤条件による距離減衰の差は，現在のところ明確でないが，概ね図－1のような傾向がある。

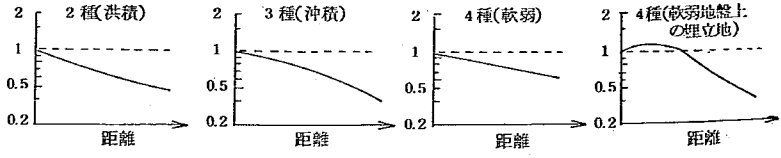


図1　地盤種別による距離減衰の傾向（模式図）

（振動研究室長）

5. 日本における建物被害と振動の程度との関係

建物の被害と振動の程度を系統的に検討した資料は，ほとんど見当らない。建物の被害は，比較的軽微な損傷のため気が付くのが遅く振動によるものか，他の原因によるものか，判断がむずかしい場合が多い。日本における建物についての許容値を決めている例は，ほとんどないので参考までに外国の例を図－2に示しておく。我国における実測例によると，くい打ち，コマンド及びブルトーザなどの走行による振動の実測値では，図－2の“〔Banik〕かなりの損傷”に近くても測定中に直接被害は出ていない。

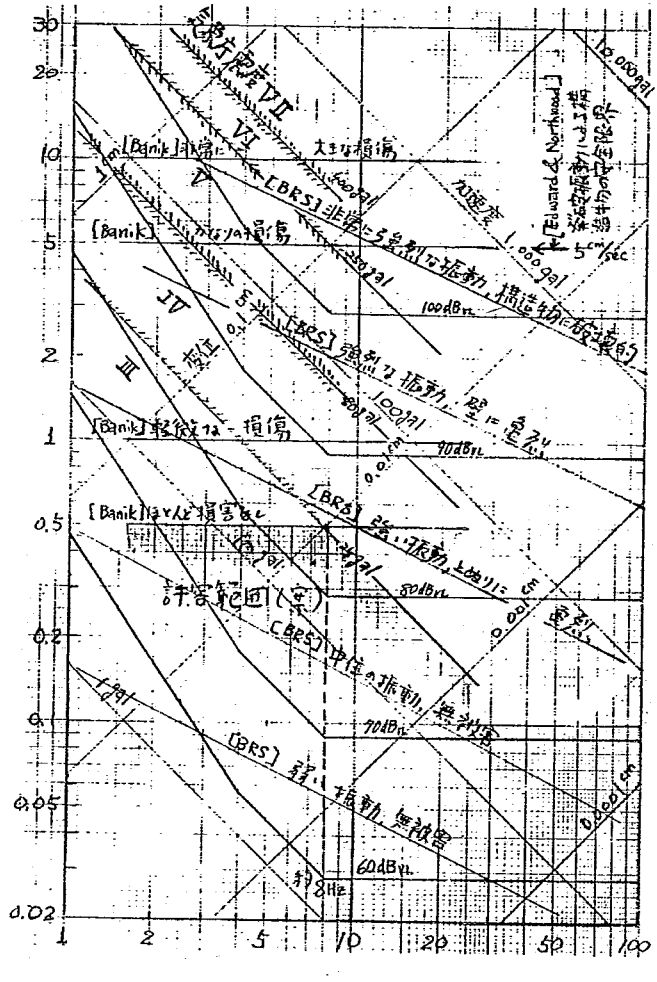


図 2　建物の被害程度と振動振幅の関係

建物内の振動測定例は少ないが，一般に地盤振動より大きく（1～3倍），建物の老朽化に伴い振幅は増大する傾向を示す。（振動研究室長）

6. 振動規制法（仮称）制定の動向

周知のように，現在のところ建設工事ならびに道路交通に伴なう振動に関する統一された規制の基準はない。各自治体が施行している規制方法（公害防止条令等）もその対象は主として工場より発生する振動であり，変動要素の大きいこれら道路交通振動等に対して工場振動の規制方法をそのまま適用することには多くの疑問が残る。さらに規制の根拠とする基準単位は加速度実効値のデシベル（dB）を用いる東京都型と振動速度（mm／sec）を用いる大阪府型に分けられるが，それらは測器の選定，測定結果の比較などに際して多くの困難を惹起しているのが現状である。このように多くの問題を残しながらも早急に規制方法の施行に踏み切らざるを得なかった背景には，工場振動等についての住民からの苦情の早期解決を迫られたことがあろうが，このような規制単位，測定器，測定方法等の不統一が関係方面に招来した混乱は大きなものがあった。

さて，このような現状に鑑み，国としても環境庁の「中央公害対策審議会」に「振動専門委員会」（昭和49年8月発足）を設置して振動問題に関する調査を実施して来ている。これらの機関で調査を実施あるいは予定している課題は次の通りである。

(イ) 計測方法に関する事項
(ロ) 基準単位に関する事項
(ハ) 振動の生理的影響に関する事項
(ニ) 家屋の増幅度ならびに被害に関する事項
(ホ) 防振対策に関する事項
(ヘ) 工場振動に関する事項
(ト) 新幹線振動の規制基準に関する事項
(チ) 建設振動の改善基準に関する事項
(リ) 道路交通振動の要請基準に関する事項

現在，「振動専門委員会」ではこれらの項目について審議中であるが，会議は非公開が原則であるので審議の途中経過および今後の見通しなどについては明らかにされてない。しかし，紆余曲折が予想されるものの，各項目に関する検討は本年度末までには完了し，「振動規制法」（仮称）として法制化される模様である。

規制基準の作成に関して進められている調査の動向は上述の通りであるが，これまでの土木研究所における調査成果その他の資料から判断すると，建設工事および道路交通に伴なう振動の規制のための基準には次の諸事項が取り入れられることが予想される。

(イ) 基準単位：振動の人体感覚はその周波数に応じて相関のよい物理量は異なるが，既往の実験例などから加速度と基本としたデシベル（dB）表示とする。

(ロ) 振動計の動特性：振動計としてはいわゆる公害用振動計を用い，その動特性は slow を用いる。これは slow 特性には人体感覚が考慮されており，また計測に便利なためである。

(ハ) 振動の整理方法：建設工事および道路交通に伴なう振動は，①指示値の変動が少ないもの

②指示値が連続的に変化するもの③間欠的な振動の3種に大別されよう。これらについて①は指示値，②は指示値の平均値として整理できるが，建設工事や道路交通に伴なう振動では最も整理が難かしく，5秒間隔読み取り値の累積頻度分布上で中央値等が考えられるが，現在確かな決め手はない。

(二) 規制基準値：一般的には建設工事振動と道路交通振動の振動規制基準値は，前者が一定期間に限られた振動であり，また，抗打機のようにエネルギーを抗を通じて地盤に伝達することによって作業が進められるといった原理上止むを得ない事情にあること，後者は常時発生する振動ではあるが，道路を利用することにより沿道住民は有形無形の利益を得ていることなどを考え合わせると，前者の値が後者のそれに比して大きくなることは認められよう。さらにそれらを個別にみると，建設工事振動については使用機械の特性に応じた規制基準値の設定，工事現場の特殊性をも考慮した作業禁止日時の設定などが問題となろう。また，道路交通振動については，振動環境の保全の程度に応じた地域および時間の区分，測定法などが問題となろう。それらを明確にした基準値の決定が望まれるところである。

（構造研究室長）

4－2　高炉鉱さいの品質と安全性について

（質　問）

中国地方，特に福山地域及び岡山県南地域においては高炉鉱さいが豊富にあり安価に入手出来るが，使用に伴う公害の発生が懸念される。

そこでこれら鉱さいの安全性及び使用上の留意点について教示願いたい。

（技術管理課）

（回答－1）

(1) 高炉スラグの品質

高炉スラグ砕石は，工場等でコンクリート骨材として使用されてはいるが，鉄鋼石の種類と品質，製造方法，冷却方法などにより，化学成分および物理的性質がかなり異なるので，一般の広範囲なコンクリートに用いる場合はその品質をよくたしかめたうえで使用する必要がある。

日本鉄鋼連盟の調査資料によれば，わが国で産する鉱滓の化学成分および物理的性質の範囲はそれぞれ表－1および表－2のようである。

表－1　スラグ砕石の化学成分

CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	S	SO_3
38～43	32～37	13～18	3～7	0.1～0.7	0.5～1.0	0.6～2.2	0.6～1.2	0.05～0.2

表—2　スラグ砕石の物理的性質

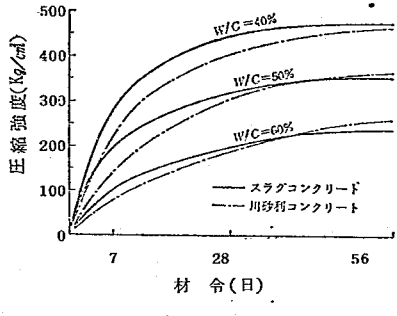
表乾比重	吸水量(%)	洗い試験による損失重量(%)	安定性試験による損失重量(%)	ロサンゼルス機によるすりへり減量(%)	単位容積重量(t/m³)	実積率(%)
2.35〜2.70	1〜8	0.6〜6	1〜10	18〜42	1.3〜1.7	55〜62

化学成分については，CaOが多く塩基度の高い場合は不安定となるので注意を要するが，一般にCaOが45%程度以下であれば安定であると考えてよい。物理的性質は，一般の砕石にくらべて比重がやや小さく，洗い試験による損失量がやや多く，また，すりへり減量がやや大きい傾向がある。なお，あまり軽いものは強度が小さいので，標準示方書ではコンクリート用骨材として適当なスラグ砕石の単位容積重量は1250Kg/m³以上と定めている。

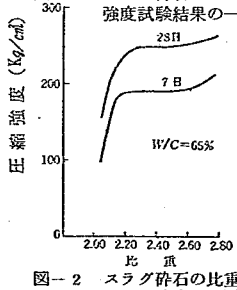
(2)　スラグ砕石を用いたコンクリートの品質

スラグ砕石を用いたコンクリートはワーカビリチーがやや劣り，砂利コンクリートの場合と同一スランプを得るには単位水量を10Kg/m³前後，細骨材率を2〜5%増す必要がある。

スラグ砕石コンクリートの強度に関する実験結果の一例を示すと図—1のようで，砂利コンクリートにくらべて初期強度の発現がよく，水セメント比を小さくすれば材令28日で400Kg/cm²以上の強度を得ることもできる。ただし，図—2に示すように，表乾比重が2.3以下のスラグ砕石を用いたコンクリートの強度は著しく小さくなる。



図—1　スラグ砕石コンクリートの強度試験結果の一例[2)]



図—2　スラグ砕石の比重とコンクリートの強度との関係[2)]

スラグ砕石コンクリートの耐久性は，AEコンクリートとする場合は砂利コンクリートとほとんど変らない。水密性も，水セメント比55%以下のコンクリートでは砂利コンクリートと変らない。

(3)　スラグ砕石を用いる場合の注意点

1)　スラグ砕石の比重，単位容積重量などのばらつきが大きいと均等質なコンクリートが得られないので，スラグ砕石の管理を十分に行なう必要がある。

2)　スラグ砕石は多孔質のため表面の乾燥が早く，レデーミクストコンクリートではスランプ低下が大きくなる場合がある。

3)　多孔質のスラグ砕石を用いるとAE剤を用いてもコンクリートの耐久性はかなり劣

ることがある。

4) スラグ中に含まれる硫黄は，コンクリートの安定性や鉄筋の発錆にはほとんど影響しないが，大きなひびわれなどが存在して外部の湿気に接するようなときは有害となる場合があるので，注意を要する。

参 考 文 献

1) 建設省第２２回技術研究会報告「河川砂利以外の骨材を使用したコンクリートの研究」

2) 吉田弥智，ほか：高炉スラグ砕石のコンクリート骨材への利用に関する研究，セメント技術年報XXV，１９７１年

3) 吉田弥智：高炉スラグを粗骨材として用いたコンクリートの強度に関する基礎研究，セメント・コンクリート，No.２６０，１９６８．

4) 肱黒和彦，ほか：鉱滓バラスおよび鉱滓バラスコンクリートに関する実験，セメント技術年報XXⅦ，１９７３．

（コンクリート研究室長）

（回答－２）

(1) 高炉スラグの品質

道路路盤材料として開発された高炉スラグについて，現在日本工業規格の規格化が進められている。この規格化に関する作業における調査で，高炉スラグは表－１に示す化学組成と表－２に示す比重．色相をもったことが明らかにされている。

表－1　化 学 組 成

単位　重量%

組成／種類	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	MnO	T. Fe	T. S	P_2O_5	CaO/SiO_2
高炉スラグ	38〜43%	31〜35%	5〜8%	13〜19%	0.6〜1.4%	0.14〜0.35%	0.7〜1.3%	0.02%	約1.2
転炉スラグ	37〜59	9〜20	3〜7	0.1〜3.5	1.3〜10.0	.18〜22	0.06〜0.25	1.5〜2.3	約3.5
備考	転炉スラグは生産される鋼種により変動が大きい。 転炉スラグのT. Feは磁選前の一般的な数値である。								

表－2　比 重 お よ び 色 相

物性／種類	表 乾 比 重	単位容積重量 Kg／m³	色　相	備 考
高炉スラグ	2.35〜2.74	1,500〜1,800	灰　色	
転炉スラグ	2.90〜3.40	2,000〜2,500	黒褐色	

なお，カドミウム，鉛，総水銀，6価クロム，砒素，シアンについては環境庁告示第13号，および第14号記載の項により分析した結果例では，いずれも「不検出」となったことが知られている。

(2) 高炉スラグからの溶出成分と安全性

従来の使用実績からみて事故例は非常に少いが，高炉スラグを用いた箇所がたまたま地下水の流動の大きな所であったり，あるいは工事中に豪雨にあったりしたときに，白黄濁水が生じ，これが水田などに流入し稲を枯したり，魚を浮き上がらせたりした事例が知られている。

高炉スラグを水に浸漬すると可溶性成分が溶出し，ときには難溶性の懸濁物がこれにともなって流出してくる。溶出成分が何であるかは厳密には同定されていないが，表－1の化学組成からみて，主としてCaOにもとづく$Ca(OH)_2$と考えられ，溶出水はアルカリ性をもつ。500ℓぐらいの海水に1500gのスラグを入れたときにおよそPHが10～11になることが知られている。白黄濁物質は硫黄化合物と考えられる。どのような硫黄化合物であるかは明らかでないが，硫化カルシウム（CaS）ではないかと考えられる。CaSは蛋白質分解，表皮剝離作用があるので脱毛剤として使用されることがある。CaSは水に対して僅かに溶け（溶解度1.98g／ℓ 30℃），次のように加水分解する。

$$2\,CaS + 2\,H_2O = Ca(HS)_2 + Ca(OH)_2$$

$$Ca(H_2S) + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2S$$

したがって，白黄濁水は僅かに硫化水素（H_2S）の臭いがする。H_2Sは次のように酸化されるので

$$H_2S + \frac{1}{2}O_2 = H_2O + S$$

水中の酸素を消費する。稲を枯したり，魚を浮き上がらせたりするのは直接的には水中の酸素が局所的に欠乏するためではないかと考えられる。

(3) 高炉スラグ使用上の留意点

高炉スラグは水硬性があるので，硬化にともなって次第に透水しにくく，また溶出しにくくなるが，硬化が不十分な時期に浸透水があると白黄濁水が流出する。

したがって，使用上の次の点に留意すべきである。

i）周辺に水田，井戸あるいは養魚池などがある現場では，十分な注意が必要で地下水あるいは雨水の浸透にともなう濁水の流出に関する監視が必要とされる。

ii）高炉スラグを通して水の流動がなければ濁水の流出はない訳で，路盤はできるだけ均質緻密化を図り，透水率を低下させる。また，出来上った路盤表面に瀝青材等を散布し防水膜を作り，雨水の直接流入を防止するようにする。

iii）地下水等の流動のはげしい箇所では地下透水のないような工法を採用する。

（化学研究室長）

（回答－3）

鉱滓を路盤に使用した個所では往々にしてアルカリ性の黄濁水が流出し，公害問題として指摘される事例が報告されている。

そこで，鉱滓を使用する際には次の各項に留意することが提案された。

(1) 道路に接近して飲料用井戸がある場合

(2) 道路に沿って養魚池等がある場合

(3) 道路に上水道管が埋設してある場合などは使用を取止める。

(4) 盛土道路の両側が水田等で雨水が路盤を浸透して流入するような場合

(5) 片切道路で山側の雨水，地下水が路盤を浸透，山側の水田等に流入するような場合は路側排水，路盤排水，遮水壁等を検討し，あるいは鉱滓の使用を取止める等，現場に応じた適宜の措置をとる。

しかし，過去に非常に軽微なものも含め若干の問題を生じた個所はこれまでの5年間に17件で，そのうち13件は40㎜～0の切込スラグを使用した例であるという調査結果がある。

いずれの場合も分離しやすく，かつ空隙の多い切込スラグ路盤にいったん浸透した雨水等が黄濁して流出したもので，これに対し，流調スラグ路盤ではこのようなケースはきわめて稀であるといわれる。

黄濁水の発生を防ぐもう少し具体的な対策に次のような提案がある。

(1) 路盤に雨水，地下水等が浸透しないように計画，設計する。

(2) 路盤には次のような粒度範囲の粒調スラグを用いる。

最大粒径：25㎜　25㎜フルイ通過量：25～45％　0.74㎜フルイ通過量：3～10％

(3) 敷きならしに際しては材料の分離を生じないよう特に注意する。

(4) 締固めは規定の密度が得られるよう十分に行ない，できるだけ透水性の低いものにする。

(5) 表面の仕上げが終れば直ちに十分量のプライムコートを施し，雨水等の浸透を防止する。このような意味では雨季の施工は望ましくない。

質問にあるように，スラグにセメントを添加することは，スラグ粒子の表面が被覆されて成分の溶出が妨げられ，しかも締固められた路盤では空隙がセメントで顕充されるというような効果によって黄濁水の問題は生じにくくなるといえる。その効果の大きさは出来上ったものの透水性などによって一概に言えず，また定量的なデータも持ち合わせていないが，一軸圧縮強度よりむしろ透水係数で判断すべきものと思われる。

しかし，セメント添加によって黄濁水の問題は少なくなろうが，それだけ，スラグ本来の潜在水硬性が阻害され，長期強度の発見，自癒性などスラグの特長が失なわれることになる。

（舗装研究室長）

4－3　ヘドロ処理について

（質　問）

水質汚濁対策又は工事施工の過程においてヘドロの除去工事が計画実施されるが，この事について下記事項を教示願いたい。

1. ヘドロの堆積厚の測定方法
2. ヘドロの除去方法と施工機械
3. 2次公害の対策と留意点

（中国技術）

（回　答）

1.　ヘドロの堆積厚の測定方法

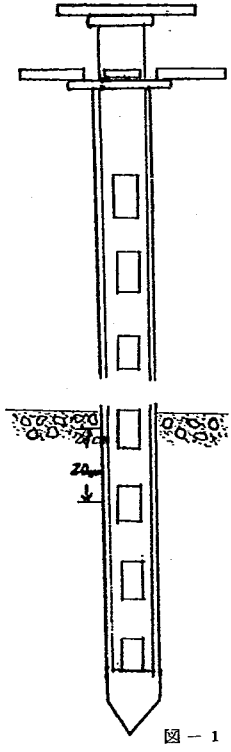
ヘドロの堆積厚の測定法としては大別すると次のような３つの方法がある。

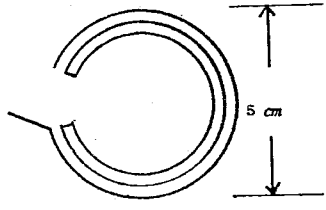
(1)　採取法　(2)　土質力学的方法　(3)　音響測深器による方法

以下これについて簡単に説明する。

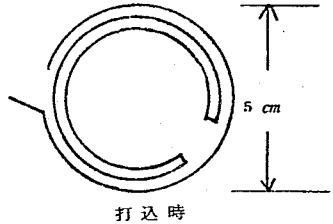
(1)　採取法

もっとも確実な方法としてはボーリングによる試料の採取により堆積厚を測定するのがよい。但し費用が嵩むので採取点が限定される欠点がある。簡便な採取法として，土木研究所で開発したものに長さ４ m，直径５ cmの鉄パイプを利用したヘドロ採取器がある。図－１に示すように１０ cm×３ cmの穴を１０ cm間隔に設け，内部に直径４.５ cmの捕泥室を備えたパイプを挿入してある。これをヘドロ中に挿入し１回転させてヘドロを採取し引上げる。これは人力で操作することを前提に製作したのでヘドロ層が厚い場合には，貫入抵抗が大きくなり２ m位が限度であった。従ってヘドロ層が厚く砂層まで貫入する必要がある場合には，作業船を用いて機械力で打ち込み，引き抜きを行う必要がある。





試料採取時



打込時
引抜時

図－１　ヘドロ採取器

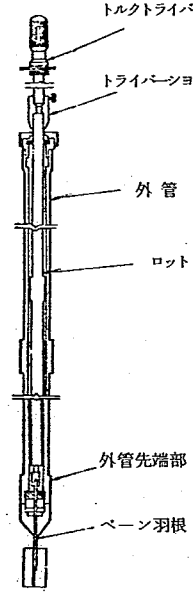
(2) 土質力学的方法

ヘドロ層のセン断強度は砂質土や粘性土と比べて著しく小さいので，その差を検出すればヘドロ層の厚さを知ることができる。このような考えで以前に京浜工事々務所で実施した試験を紹介する。

試験方法は， a) ボール貫入試験 b) ダブルコーン貫入試験，c) ダブルベーン試験（構造図—図—2）などである。

ボールの貫入試験は，ボールに浮力が働くために正確な抵抗値が得にくく，かなり誤差を生じやすい。ダブルコーンとダブルベーンの試験法はヘドロ層を越えた所で抵抗力の急変点が現われ判別ができた。図—3は鶴見川におけるダブルベーン試験の結果であり，横線はボーリングによる資料から判断したヘドロ層の境界である。これによると±0.5 m程度の精度で実用になるようである。

図—2 ダブルベーン構造図



(3) 音響測深器による方法[1)]

ヘドロ層の検出に音響測深器を利用する研究はここ数年国土地理院ですすめられてきている。この研究では，使用する音波の周波数を変えて境界面での反射の特性を調べることに重点をおいており，これまでに次のようなことが明らかにされた。

a) 浮泥の表面は２００～４００ KH_zの周波数のときよく反射して識別が可能である。

b) 浮泥と堆積泥の境界は３０ KH_zの周波数を用いれば識別が可能である。

c) 反射周波数(F)と泥水の比重(S)とは次のような関係にある。 $S = -0.0044F + 1.52$

以上のようなことから可変周波数の音響測深器を用いれば，底層の比重の差を利用してヘドロ層を識別することが可能と思われる。

2. ヘドロの無公害除去方法と施工機械[2)]

ヘドロの除去の２次公害を発生させずに行う方法としては，現在浚渫による方法が最も確実である。ヘドロ浚渫の場合浚渫船に必要な条件としては

(1) 濁りの発生が小さいこと。

(2) ヘドロ層の厚みに応じてヘドロのみの掘削が可能なこと。

(3) ヘドロはできるだけ高濃度で排土できること。

(4) ヘドロの土質的性状の変化，ゴミの混入等に対して適応できること。

などである。現在開発，実用されている浚渫工法としては次のようなものがある。

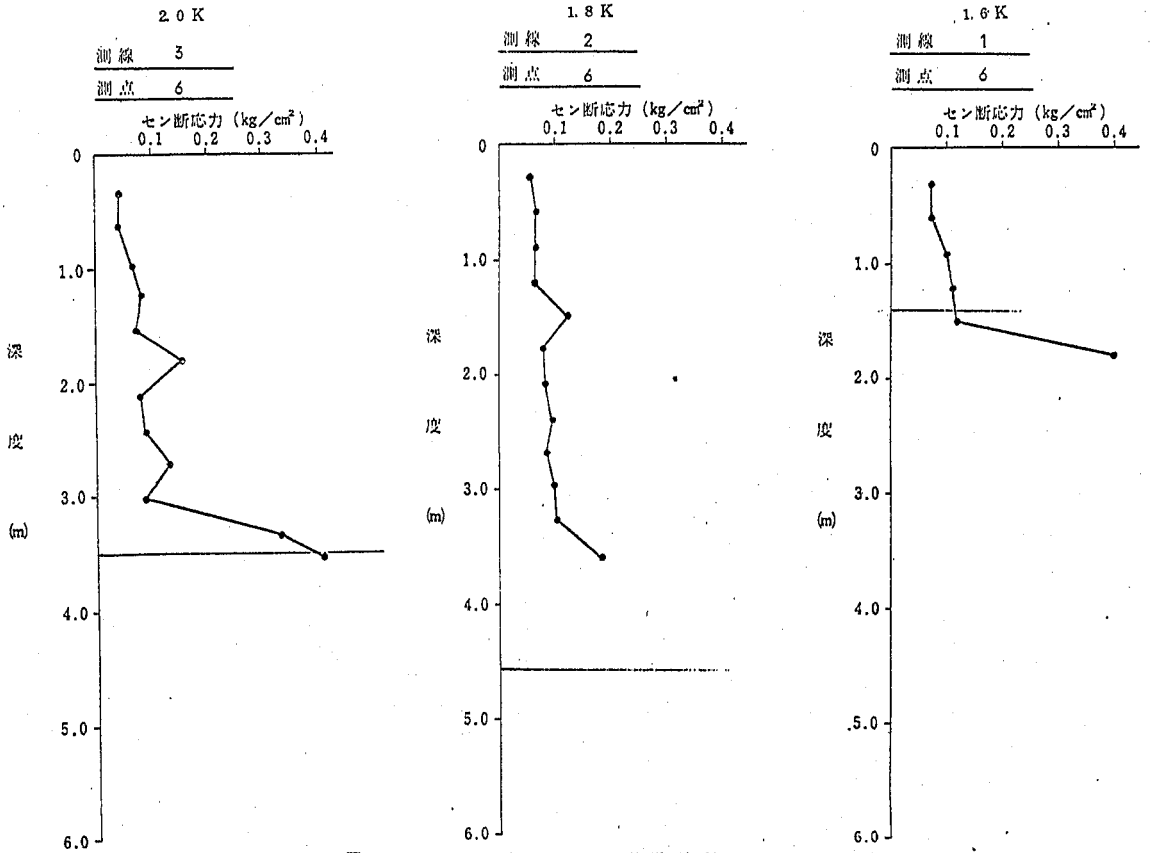
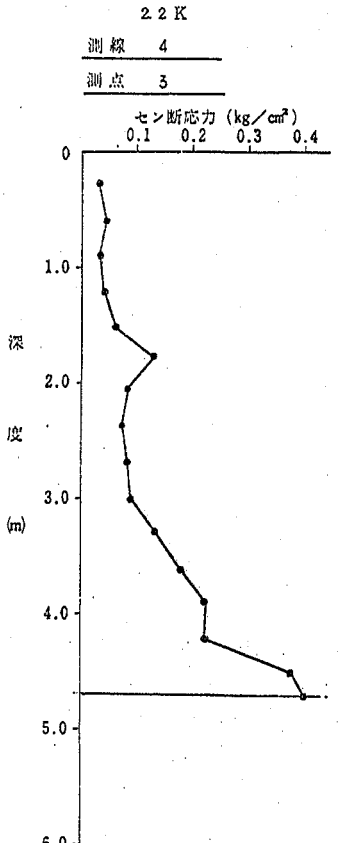
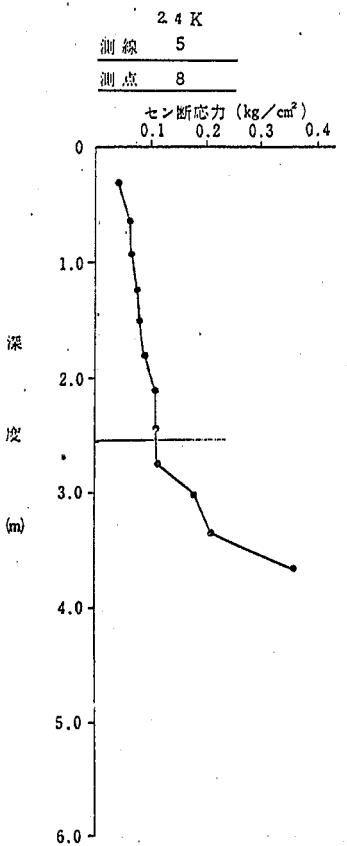
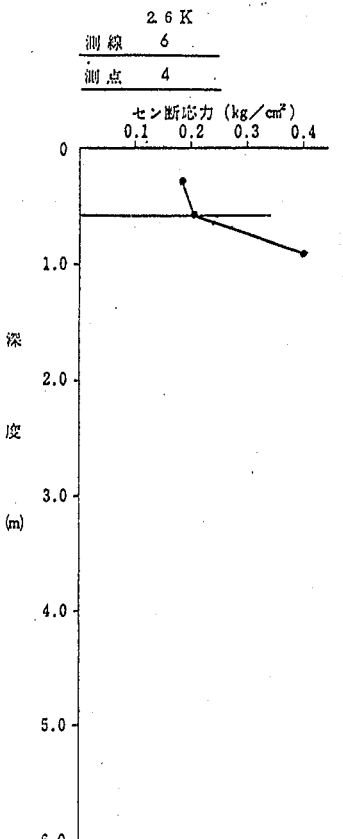


図 — 3　ダブルベーン試験結果


22K
測線 4
測点 3
セン断応力 (kg/cm²)
0.1 0.2 0.3 0.4
深度 (m)
0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0


24K
測線 5
測点 8
セン断応力 (kg/cm²)
0.1 0.2 0.3 0.4
深度 (m)
0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0


26K
測線 6
測点 4
セン断応力 (kg/cm²)
0.1 0.2 0.3 0.4
深度 (m)
0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0

2－1　ポンプ船による浚渫

ポンプ船には，自航式ポンプ船と非航式ポンプ船があり，通常のポンプ船ではサクションヘッドにおけるカッターの回転がヘドロを撹拌し汚泥発生の原因となるので，ヘッドにカバーを付けたり，カッターのない式が開発されている。主としてヘドロを対象に開発された特殊なポンプ船としては，a) ニューマポンプ式浚渫船，（ヘドロを水圧により吸入し，これを高圧空気で圧送する） b) ウーザーポンプ式浚渫船（関東技術事務所で開発した方式で負圧で吸泥し高圧空気で圧送する） c) ピストンポンプ式浚渫船（ピストンを往復することにより吸泥，排泥を行う） d) 水中サンドポンプ式浚渫船（ヘドロの高濃度浚渫が可能な水中ポンプを使用する）などがある。

ポンプ船による浚渫の場合，排土地点での流出水量が多くなるため2次公害を防ぐための施設が必要となるので，埋立て計画を含めての経済性を検討しておくことが重要である。

2－2　グラブ式浚渫

グラブ式浚渫船には自航式と非航式がある。いづれの方式でもヘドロ浚渫の汚染源はグラブを上下する場合のコボレや附着土の拡散であり，これを無公害とするため爪を外したり，上面に蓋をした密閉式グラブなどが開発研究されているが，まだ大容量のものがみられない状況である。

なお非航式グラブ船浚渫の場合には，土運船が必要であるがヘドロの漏洩，満船に近いときのオーバークローによる汚染がかなり大きな問題であり，使用条件を検討しておく必要がある。

現在使用されているヘドロ浚渫船について，三木氏の論文[3] から抜すいして参考に供する。（表－1，表－2）

3　2次公害の対策と留意点

水銀等の有害物質を含む底質を処理する場合，工事の実施にあたって2次汚染が発生しないように工事方法や工事の監視等についての暫定指針[4] が環境庁より出されている。（昭和49年5月30日）従って工事を行う場合にはこの指針に基いて実施する必要がある。

この指針では，除去しなければならない底質が含む有害物質として，シアン，アルキル水銀，有機リン，カドミウム，鉛，6価クロム，ヒ素，総水銀，及びPCBを指定している。これらの基準濃度は更に細かく指定されているが，河口部や湾などの堆積ヘドロでは，これらの有害物質の何れかを含んでいると考えられるので，殆んどの場合，この指針に従わざるを得ないと思われる。

この指針では，工事の監視方法に重点がおかれ，工事の方法や2次汚染の防止法については殆んどふれていない。これは監視さえよくして置けば2次公害の拡散が防げるとの考え方によると思われるが，その具体的対策は工事施工者が自分で考えなさいということのようである。

工事施工上の留意点

(1) 浚渫

浚渫地点で汚泥の拡散を防ぐには，水中への発生量を減少させる方法と，局部的に閉じ込める方法とがある。前者は前に述べた特殊な浚渫船を用いることになるが，浚渫方法や能力に制限をうけるため，後者の方法による方が経済的の場合もあり得る。

表－1　現有ヘドロ浚渫船

船名	形式	長さ×巾×深さ×吃水 L×B×D×d (m)	ポンプ馬力(PS)	揚水量(㎥/時)
クリーンナップ1号		26.9×10.1×1.2×0.4	油圧駆動水中渦巻ポンプ75KW	500
クリーンナップ2号		36.0×11.0×3.2×1.8	油圧駆動水中渦巻ポンプ110KW	1500
第3末広丸		35.0×9.75×2.43×1.60	シルシポンプ 300/60型	300
太安丸	ディーゼル	37.0×12.0×3.0×2.2	500 PS×3基	1000 360 640
第2東開丸	ディーゼル	52.8×14.7×4.6×2.6	4100 PS	
臨海1号	ディーゼル	22.5×7.6×2.3×1.3	500 PS	1000
臨海2号	ディーゼル	38.4×11.5×3.2×2.0	1200 PS	1500
第六芙蓉		53.68×14.0×3.81×2.5	ガスタービン 4000 PS	
			シルシポンプ 450/80型	450
金祥丸		65.0×12.0×3.0×1.9	320KVA	400
紅隆丸	ディーゼル	44.0×13.5×3.0	400 PS	1100
第5三栄丸	電気	41.0×12.0×3.0	1500 PS	3500
第2朝倉丸	ディーゼル		50 PS	180
第2三陸丸	自航ドラグ船	26.0×9.5×2.2	50 PS	180
第2大平丸	スチームタービン	60.0×16.0×4.3×3.0	5000 PS	

表－2　現有市販ヘドロ浚渫船

製品名および装置名	形式	船体寸法および型式 (L×B×D×d)	ポンプ馬力 (PS)	揚水量(㎥/時)
軟泥処理用バケット クリンエース	密閉グラブ			
MNP ヘドロバケット	密閉グラブ			
マドラ	ピストンポンプ	MD-400 MD-600 型 MD-900	15KW 03or37KW 75KW	100 200 400
ニューマチック ドレッジャー	0.6㎥グラブ	12.5×3.4×4.5×0.6 m		20～40 (含泥率60%) 40～50 (含泥率40%) 50～60 (含泥率20%)
マッドキャット	ディーゼルポンプ式	MC-10 9.195×2.438×2.819×0.68 MC-15 11.811×2.438×2.819×0.533		
ウォーターマン	ディーゼルポンプ式	150E, 200E, 250E, 300E, 35E型, 250E型 14.0×4.0×2.0×1.0	300PS	

お　よ　び　浚　渫　装　置（昭和50年2月）

揚土量（㎥/時）	標準排送距離(m)	掘削最大水深(m)	備　　考	所有会社名
70～100	max1300	6.2	特殊吸込装置，シルシポンプ，往復銅ポンプ，マドラポンプ設置可能	東亜建設工業㈱
100～700	max1500	23	同　　上	
75～100	max1200	15	シルシポンプ式	
0 210（含泥率60%） 510（含泥率80%）	1500 240 80	17	ウーザーポンプ式	東洋建設㈱
		25	カッターレース（改造型）ポンプ式	
	バージローデング or 300m 可　能	10	カッターレス（改造型）ポンプ式	臨海土木㈱
	バージローデング or 500m 可　能	21	同　　上	
		21	カッターレース（改造型）ポンプ式	五洋建設㈱
	バージローディグ		台船に装備	
	バージローデング or 600m 可　能	20	カッターレスセミニューマピストンポンプ式	佐伯建設工業㈱
500	バージローデング	24	200PS の水中ポンプ，ドラグヘッド装備	三井不動産建設㈱
600	1700	18	カッターに替り，ドラグヘッド取付	
60	バージローデング	7	50 PS の水中ポンプ，ドラグヘッド装備，解体可搬式	
60	バージローデング	14	50 PS の水中ポンプ，ドラグヘッド装備，自航式	
		30	カッターレース（改造型）ポンプ式	若築建設㈱

お　よ　び　浚　渫　装　置（昭和50年2月）

揚土量（㎥/時）	標準排送距離(m)	掘削最大水深(m)	備　　考	販売会社および取扱会社
6㎥バケット 120㎥/時 （サイクルタイム3分）			リンクタイプ，水平掘削タイプ共 2，4，6，8，10，15，20㎥ バージローディング	三菱製鋼㈱
			2㎥	真砂工業㈱
	60×ブースター数			柴田建機研究所
12～24 16～20 10～12	200 400 500	8	可搬式，グラブ浚渫空気圧送方式	川浪製作所
38～92		3.2 4.5	可搬式，スクリューオーガー式カッター	日通商事㈱（販売代理店）
70～150（砂）	300～800（砂）	10	可搬式，ホイール式カッター	㈱ウォーターマン

（三木森雄による）

局部的に閉じ込める方法としては，汚染防止膜を用いる方法が開発され実用化されている。例えば，シルトプロテクター（太陽工業），シーフェンス（三菱油化），バトレシア（日本ソリッド）などの化学合成布を用いるもの，エアーカーテンによるものなどがあるが，耐流，耐波浪性など，使用条件によっては十分な検討を必要とする。

(2) 埋立地の処理

汚泥を閉じ込める埋立地の護岸は汚泥や汚泥を含む水（海水）が流出しないことが必要である。そのためには，護岸自体が十分強固であるとともに，止水ないし，濾過機能を備えた護岸構造とすることが必要になる。また，ポンプ船による場合には余水の処理として十分な沈殿施設を考えねばならない。また埋立地での２次公害を防止するための安定化工法については，最近多くの研究が実施されており，詳細については参考文献[5)6)]にゆずる。

参 考 文 献

1) 第２８回建設省技術研究会，河川部門指定課題論文集，昭和４９年１１月

2) 大谷博包：港湾におけるヘドロ除去工事の概要と今後の課題，公害と対策 Vol. 11. №6 昭和５０年６月

3) 三木森雄：ヘドロ無公害浚渫及び埋立工法の現状と問題点，埋立と浚渫 7 5. №６４

4) 環境庁水質保全局編：底質の処理，処分等に関する暫定指針，昭和４９年６月

5) 柳下正治：有害物質含有汚泥の適正処理と今後の課題 公害と対策 Vol 11. №２～№５

6) 底質浄化協会：汚染海域浄化システムの設計研究，汚染物処理システム報告書 昭和５０年３月

（河川部長）

４－４ マルチスペクトル写真を利用したリモートセンシング調査手法による自然環境調査について

（質 問）

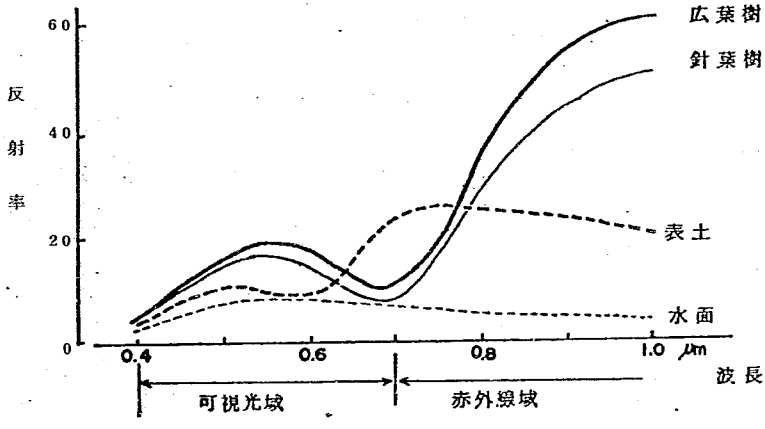
道路計画においては自然的インパクトについて十分な事前調査を行ない，道路本来の機能を確保しつつ，しかも沿道の自然環境の保全と地域住民の健全な生活をそこなわないような計画を立てることが必要と思われる。

一般国道２９号線の戸倉バイパスは，ブナの天然林等がある国定公園内を通過するルートのため，事業実施に先だってマルチスペクトル写真による植生の分布状況，活力度等を事前に測定し，道路による影響調査を引続き実施したいと考えている。これらの調査方法，解析内容，方法等について教示願いたい。

（鳥取）

（回 答）

地球上の物体は，色々な電磁波を放射あるいは反射しており，それらから放射・反射される電磁波エネルギーのスペクトル特性は，それぞれ異っているので，これらの電磁波エネルギーを検知することでその性質を調べることができる。各物体は例えば図－１のような反射特性をもっている。



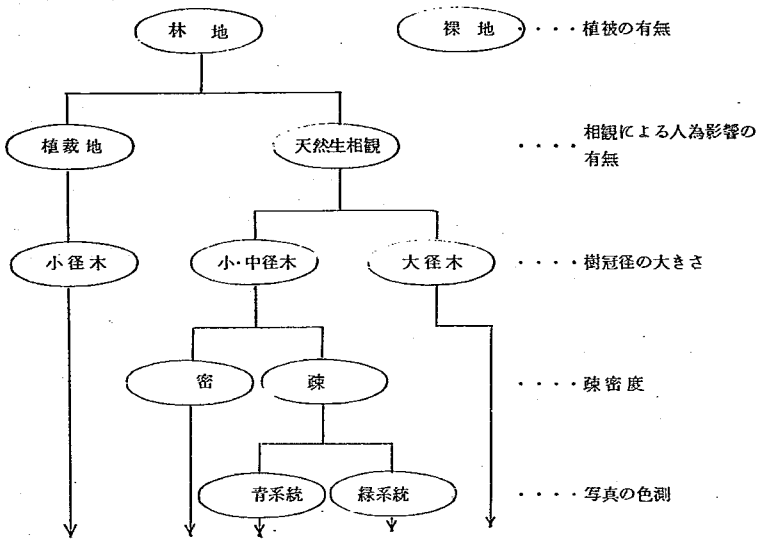
図－1　反射特性曲線の例

マルチスペクトルカメラは，青色（Bバンド　400～500mμ），緑色（Gバンド　500～600mμ），赤色（Rバンド　600～700mμ）の3波長帯とする他，近赤外線領域をIRバンドとして，計4種類の写真画像を得られるようになっている。波長別に得られた写真は，被写体の反射特性に応じて，特定の物体を他と際立たせる画像を提供する。植生の場合は，近赤外域での反射が強く，IRバンドでは白く写るが，その他のバンドでは暗い色調を示す。このように植生に関しては，近赤外線の反射光量の差で，樹種，樹令，植物の質的差異が判る。従って，可視光域では緑一色にみえている植物も，IRバンド写真や，合成画像上では異った濃度，色調となって現われ，樹種区分をはじめ緑の質的差異の判別が可能となる。

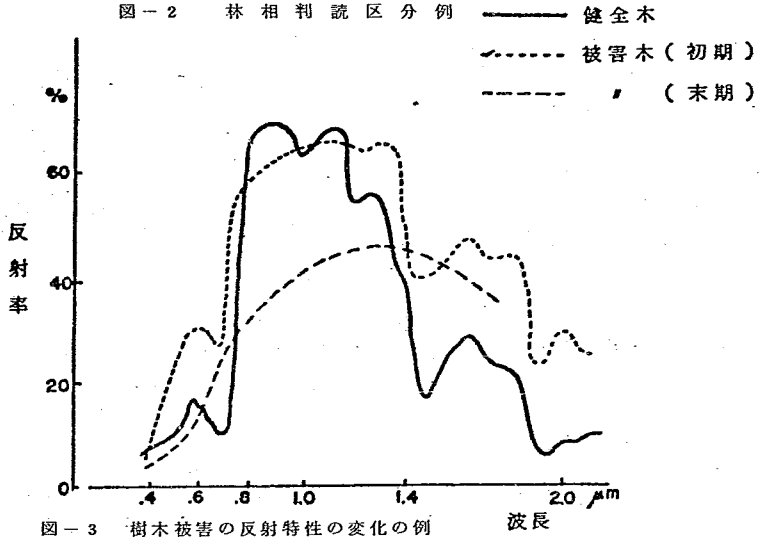
植生区分の判読は，実体観察用にパンクロ写真を用い，樹冠形状及び配置，写真像の肌目等を判読の指針とする他，合成フォールスカラー写真の色調も判別の指標となる。空中写真を利用して作成するため，高木層を形成する樹種の区分になり，一般に植生区分は林相区分となる。林相の判読区分の各ステップを図－2に示す。精密な判読図を作成するには写真判読だけでは不十分で，判読による林相区分のチェックと，各林相の現況把握，更には合成フォールスカラー写真の色調変化を把握するための現地踏査が必要である。

植物の活力度の判定方法は，植物の生育状態によってその反射特性が各々異なることに基くものである。活力度とは，植物の生育健全度とも言うべきもので，活力低下の究極は枯死状態と想定される。図－3は，植物の活力の低下に伴って，光反射率がどう変ってくるかを示した一例である。

一般に病虫害，あるいは大気汚染等の環境悪化の影響が樹木に及ぶと，樹木の赤外線反射率が低下し，一方，可視光域の反射光量が上ってくる。



図－2　林相判読区分例



図－3　樹木被害の反射特性の変化の例

(Michigan Univ. Willow Run Lab.)

こうした反射特性の変化は，バンド毎の白黒フィルムの濃度の変化としてとらえられ，更には合成カラー画像の色調を変化させることになる。従って，この活力の低下現象と，濃度の変化との対応関係を得ることによって，写真濃度から活力状態を推定する。また，活力調査では，近赤外線域の光反射をフィルム面に記録できる赤外カラー写真，あるいはマルチスペクトル写真の撮影と共に，撮影された写真の濃度と実際の活力状態との関係を正確に知るためには，調査地に標本点を設けて現地確認を行なう必要がある。　　（急傾斜地崩壊研究室長）

5. そ　の　他

5－1　小流域（2㎢以下）の流出水の到達時間の算定（考え方）について

（質　問）

河川堤防締切の場合とか，道路が谷間を通過するとき，その地点の樋門・樋管あるいは函渠の断面決定を行う場合，計画地点の対象流域から樋門等までの流域面積が2㎢以下となる山野，河谷が往々に出てくる。

ここ2㎢以下の流域のときも．到達時間Tの算定は，水理公式集第1編基礎編P.121記載の（ルチーハ）の式を用いて算定すると，その時間は15分程度と小さくなり，平均降雨強度は急激に大きくなる。上述，水理公式集記載の「常時河谷の形をなす最上流点までを考える」とあるが，河谷の形はどの程度を指すか。さらに，河谷に山腹流出を無視できなくなる場合，この山腹流下時間の求め方はどのように考えたらよいか，また上記算式の適用範囲について教示願いたい。

（三　次）

（回　答）

合理式の洪水到達時間を求めるにあたって，Rziha の式や Kraven の式が河川技術者の間で愛用されるようになって久しい。この2式の特性その他については渡辺[1]が詳しく論じているのでそちらに譲ることとし，ここでは，現場での検討にあたっての参考として頂くことを目的として，その他の洪水到達時間の評価法をあげておく。

合理式は周知のように

$$Q_p = \frac{1}{3.6} r_e \cdot A \qquad (1)$$

ここに　Q_p ：　洪水のピーク流量（㎥/sec）

r_e ：　洪水到達時間内の平均有効降雨強度（㎜/hr）

A ：　流域面積（㎢）

合理式を成立させている仮定は

1° 降雨は流域内に一様に降る

2° 洪水到達時間（速度）は，有効降雨強度によらず一定である。

これらの仮定は，単位図法と共通である。事実，合理式は，基長を洪水到達時間に高さを同時間の逆数にとった長方形の単位図に等しい。

1°の仮定は，流域が余り広くない限り問題にされることは少ない。常に議論を呼ぶものは2°の仮定である。2°の仮定によるか，よらないかで洪水到達時間の決定法には2通りの流れがある。

(1) 洪水到達時間を流域固有の定数としない場合

歴史的順序に従がえば，こちらの方が後になるのだが，問題を整理しやすいので，洪水到達時間が降雨強度によって変化するとする考え方からあげる。

Kinomatic Wave 法をもとに，Eagleson[2]は，流域斜面における洪水到達時間 tc を次式のように導いた。

$$tc = \left(\frac{L\gamma e^{1-m}}{\alpha}\right)^{1/m}$$

ここに　L：流域斜面長

m.α：流域斜面上での水深 h と流量 q の関係を

$q = \alpha h^m$　とした定数

である。角屋らによれば，丘陵山林地域においては，洪水到達時間の７０～９０％は，流における洪水到達時間であるから，tcをもって流域の洪水到達時間 tpと考えて大過ない。

$$tp \propto \gamma e^{-c} \tag{3}$$

という関係が得られる。ここで

$$C = 1 - \frac{1}{m} \tag{4}$$

であるから，仮に流れがManning型であるとすれば，$m = 5/3$　すなわち$C = 0.4$が，またChezy型であるとすれば$C = 0.33$が得られる。角屋らは，丘陵山林流域８河川（流域面積0.13～143.6 km²）について，石原[4]らの方法を用いて洪水到達時間を求め，図１，２および次の経験式を提出した。

$$tp = 290A^{0.22}\gamma e^{-0.35} \tag{5}$$

ただし　tp：(min)，A：(km²)，e：(mm/hr)である。

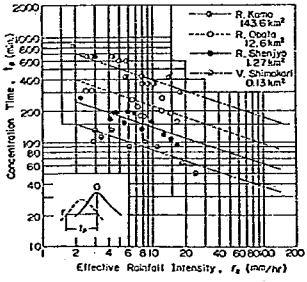


図１　有効降雨強度～洪水到達時間の関係[2]

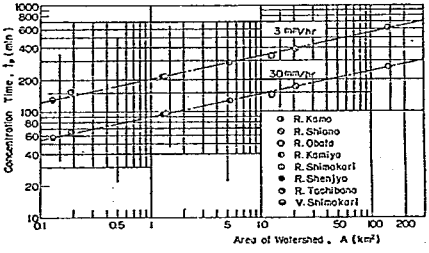


図２　洪水到達時間と流域面積の関係[2]

(2) 洪水到達時間を流域固有の定数とする場合

(2)式をもう一度考えてみる。 $t_c \fallingdotseq t_p$ はよいとすると

$$t_p \propto L^{\frac{1}{m}} \cdot \gamma_e^{\frac{1}{m}-1} \cdot \alpha^{-\frac{1}{m}} \tag{6}$$

さらに

$$\alpha \propto I^{\frac{1}{2}} \tag{7}$$

とし，平均的な γ_e のみを考えれば，

$$t_p \propto L^{\frac{1}{m}} \cdot I^{-\frac{1}{2m}} = \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{\frac{1}{m}} \tag{8}$$

となる。ただし，Iは流域斜面の勾配である。ここで，Manning型ならば $1/m = 0.6$ Chezy型なら $1/m = 0.5$ である。(8)式の型の経験式，もしくはさらに勾配Iを無視した経験式は，表1のように各種提案されている。[5)〜7)]

ただし， Lc ：流域の重心にもっとも近い河道上の点からの懸案地点までの距離である。

表1

発表者	公式	摘要
Linsley et. al.	$t_p = C\left(\frac{LL_c}{\sqrt{I}}\right)^n$	C，nは常数
Snyder	$t_p = C(LL_c)^{0.3}$	Cは常数
Chow	$t_p = 0.005\left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.64}$	L ：（m）
Kirpich	$t_p = 0.00032\left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.77}$	L ：（m）
Anderson	$t_p = 0.0345\left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.42}$	L ：（m） 自然
	$= 0.0013\left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.52}$	L ：（m） 都市
土木研究所	$t_p = 0.00167\left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.7}$	L ：（m） 自然
	$= 0.00024\left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.7}$	L ：（m） 都市
中安	$t_p = 0.27L^{0.7}$	L ：（km）
東大愛知演習林	$t_p = 0.33L^{0.63}$	L ：（km）

注 1) 渡辺重幸「河川改修計画の考え方」昭和43年

2) Eagleson, P. S, "Dynamic Hydrology" McGraw-Hill, 1970

3) 角屋睦，福島晟「洪水到達時間と実用推定式」，第30回土木学会年次学術講演会，昭和50年

4) 石原藤次郎，高棹琢馬「洪水流出過程の変換系について」，京大防災研年報No.7，昭和39年

5) Linsley, Kohler and Paulhus, "Hydrology for Engineers", McGraw-Hill, 1958

6) Chow, V. T., "Handbook of Applied Hydrology", McGraw-Hill, 1964

7) 木下武雄他「都市化による流出の変化」，第17回水理講演会，昭和48年

（水文研究室長）

5－2　アンケート調査実施上の留意点について

（質　問）

河川沿線住民の河川に対する意識調査を行なう予定であるが，不特定多数の住民を対象にしたアンケート調査実施上また集計，解析上の留意事項について伺いたい。

又，母集団からの抽出率と回収率と精度の関係についても教示願いたい。

（企画課）

（回　答）

アンケート調査を二度ほどやった経験から，その際の留意事項に触れる。

まず種別として

1. インタヴュー方式
2. 郵送方式
3. 留め置，（回収時チェック）方式

等が考えられるが，2については，抽出した人が書かない危険性，回収率が落ちる（ともに無作為抽出の意義が薄れる），等の危険性がある。

1の場合は，インタヴューワーの質および勤め人は夜または日曜しかつかまらない（コスト高）等の問題がある。中間として3があるが，これも本人が書かない場合の問題は残る。

専門のインタヴューワーをもつ会社をつかって，1の方法で回収率80％程度を狙うべきだろうが，その場合もあまり設問数を多くすると面倒がられる。20問前後インタヴューワー次第で30問というところではないか。

サンプル数について，1問において5つの答えを考えた場合，ある答への最小解答，または投票数の有意性，ひいてはクロスをとるとして，平均$\frac{1}{5}\times\frac{1}{5}=\frac{1}{25}$（または10％×10％＝1％＝$\frac{1}{100}$）の数の有意性等を十分配慮の上，最小サンプル数をきめねばならない。3つの答えのクロスをとる場合サンプル数がはねあがるのは当然である。設問については，90％が1つに集中するようなものは，聞かなくてもよいことになり，愚問ということになろう。しかし，但し書きが1つ入っても答えは大きく変化するので，ここらが大変なことは想像できよう。またその残りの10％を問題にする場合は，すぐ上述の精度の問題にはねかえって来る。

以上が一般的な問題で，ほかに気づいた点を挙げれば

1. アンケート調査には意識意向調査と実態調査の二種があるかと思うが，前者については住民に河川に関する情報があまりにも与えられていなすぎるという問題があり，ある種の情報が与えられると180度意見が変りうる可能性があり，非常にむつかしいことになる。といって偏って与えるのは，誘導になる。

日常生活の中での河川のウエイトが必ずしも大きくないことにもよっていよう。また利害が関係すると口先と内心とは全然逆の場合がある。

2. 河川沿線の定義が非常にむつかしいと思う。徒歩接近圏，サイクリング，自動車，電車など

による接近など，つまり距離によって異なると思う。サンプリング地域を分離してとるのも一法であるが，近くによい遊園地，広場，小河川等の有無によって河川（大河川？）の位置づけも変って来よう。

1つの結果だが，2km離れた特性の異なる2本の川沿い（200m）の人はそれぞれ近くの川がより好きであった。

私見だが，このような問題点を考えると，実態調査に徹するか全然あきらめて，広報に徹するのも一法であろう。勿論日時は相当かわってくるが。

つぎに，一般に母集団からの標本調査の誤差は

1. 全数調査でないための標本誤差
2. 調査の内容が対象者に正確に理解されないための誤差
3. 調査員の記入誤り
4. 無回答誤差

の4つのタイプに分けることができる。

2～4の誤差に対する理論的把握は不可能に近いが，ただ，この誤差をできるだけ避けるための具体的対策として

イ．調査内容の明確化，簡略化

ロ．調査員に対する調査内容の徹底

ハ．調査対象地域に対する調査目的，内容の宣伝，協力の呼びかけ

ニ．その他

を挙げることができる。

ここでは1.の標本誤差について触れることにする。（議論を進めるにあたっての前提として抽出方法は単純無作為抽出を仮定することにする。）

1) 二項公式による抽出率算定

$$P = \overline{P} \pm \lambda\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\sqrt{\frac{\overline{P}(1-\overline{P})}{n}}$$

$$\frac{|P-\overline{P}|}{P} = \lambda\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\sqrt{\frac{\overline{P}(1-\overline{P})}{n}}\Big/P$$

左辺は誤差率であるから，これら任意のε（$\geqq 0$）で押える必要がある。

$$\varepsilon \geqq \lambda\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\sqrt{\frac{\overline{P}(1-\overline{P})}{n}}\Big/P$$

いま$\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \fallingdotseq \sqrt{\frac{N-n}{N}} = \sqrt{1-\frac{n}{N}}$

とする。

$f = \frac{n}{N}$，$P \fallingdotseq \overline{P}$ とおくと

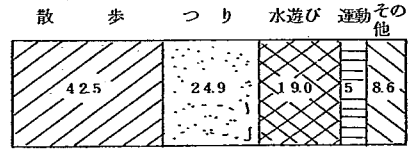
$$\varepsilon \geqq \lambda\sqrt{1-f}\sqrt{\frac{\overline{P}(1-\overline{P})}{N\cdot f}}\Big/\overline{P} \qquad \therefore f \geqq \frac{1}{1+\left(\frac{\varepsilon}{\lambda}\right)^2\frac{N\cdot\overline{P}}{1-\overline{P}}}$$

P：推定母集団比率
$\overline{P}$：標本比率
N：母集団
n：サンプル数
ε：相対誤差
λ：正規化変数
f：抽出率

上式により抽出率が算定される。

2) 抽出率算定の適用例

たとえば右図を河川の魅力のアンケート結果とすると，項目（運動）に標本比率の基準を当てて，相対誤差１５％，対象人口１０,０００人，９５％信頼を間で抽出率を算定してみると



$$f = \frac{1}{1 + \left(\frac{0.15}{1.96}\right)^2 \frac{10{,}000 \times 0.05}{1 - 0.05}} \fallingdotseq 0.20$$

約２０％の抽出率を要することになる。

実際は例の様に結果はわからないので標本比率を平均的項目（たとえば上記例では項目数が５つであるので標本比率を $1/5$ にとればよい。）に適用すればよいであろう。

（都市河川研究室長）

５－３　技術文献の管理、検索、提供について

（質　問）

科学技術情報の問合せ，資料提供の依頼は関係者より年々増加している。また文献も増加が著しく，これらの検索，提供に苦労している現況である。

技術事務所の重要な業務の一つにデーターバンクが考えられるが，これらの情報処理技術が問題となり，種々検討した結果，参考－１の様に考え作業を進めている。これらに対する検討事項，留意事項があったら教示願いたい。

また，土木研究所における情報処理の現状と今後の動向及び情報処理に関係したものについても教示願いたい。

（中国技術）

参考－１

情報検索システム（電算）の考え方

① 最新技術に関する情報

○ 技術雑誌（月次ごとに分類）

○ 報告書（　〃　）

② 施工技術に関する管内情報

上記の情報サービスは，技術事務所業務のうち技術情報センターとしての重要な業務であり，各事務所からの情報サービスの要求頻度が高いほど，事務所機能が有効に働いていると解すべきである。しかし従来は，各事務所へ技術事務所資料目録等何らかの分類表が配布してあるにもかゝわらず内容による電話での問い合せがほとんどであり，このため技術事務所の当該分野の専門的知識を有する人が分類表による検索を行なうこととなり，迅速かつ的確な資料提供はほとんど不可能であった。

この技術情報サービスの隘路を解決するためには，最近各地建に導入されつつある電子計算機及びデータ伝送端末（各事務所）を活用した情報検システム〔図－１〕が有効と考えられる。

このシステムのメリットは次の諸点である。

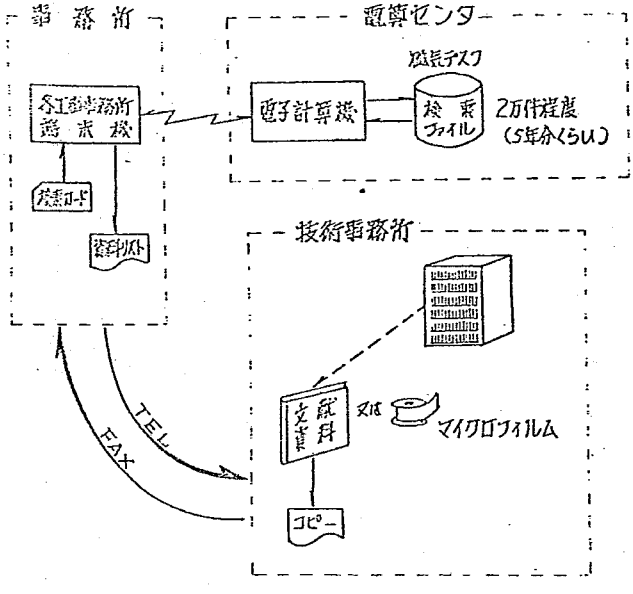
(イ) 検索はツリー構造〔図－2〕により行なうこととし，検索者が各端末でINPUT, OUTPUTを繰返しながら自分で必要とする情報を判断できる。このため技術事務所に専門的知識は要求されない。

(ロ) OUTPUTには資料名（雑誌― 雑誌名，年，月），ページ，論文タイトル，技術事務所での保存場所（書架，ファイルNo，マイクロフィルムNo etc.）を付し，技術事務所で手のあいている人で処理できる。

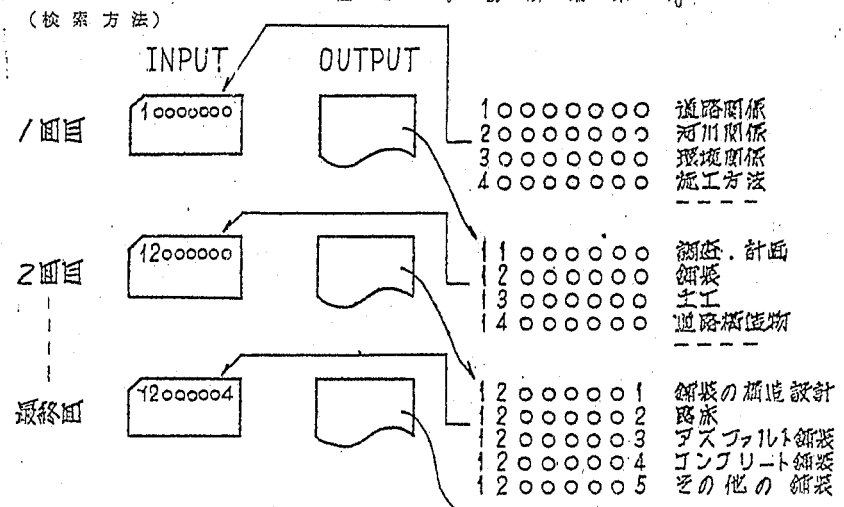
(ハ) ツリー構造による分類は，図書館分類等のようにあらかじめ分類番号を決めるのでなく，ツリー構造の最終段階である文献リストが10件（技術事務所で資料を捜す限界）以上となった段階で更に2～3程度に分割することとし，その都度番号も新設していく。

(ニ) この分割に際しては地建内専門家あるいはコンサルタントを活用すれば，より高度でより的確な分類が可能となる。

図－1　情報検索システム構想図



図－2　事務所端末　1/0



ブンケンタイ	ネンツキ	ページ	ナイヨウ	ショリNO.
ドボクガッカイシ	49 03	P42－P45	コンクリート舗装の実態的研究	12001

（回　答）

貴所で実施されている情報検索システムについて，特に指摘事項はなく，本システムの分類番号の決定法（分類番号をあらかじめ決めずにおき，ツリー構造の最終段階で，ある文献リストが１０件以上となった場合に，更に２～３程度に分割し，その都度番号を新設する方法）は大変よい試みだと思われる。

土木研究所では，検索方法につき種々検討を行なっているが，当所の文献検索の分類方法は土木工学ハンドブックの目次による分類方法を採用している。分類方法は，各事務所にあった方法を検討していけばよいと思う。

参考資料として，当所で検討中の文献検索システムの中間報告「筑波研究学園都市を対象とした情報処理サブシステムの試案」土木研究所資料１０６７号を参考，検討されたい。

（システム課長）