ＩＳＳＮ　1386 － 5878
土木研究所資料第3845号

土 木 研 究 所 資 料

中部地方整備局における一日土研資料

平成14年2月

独立行政法人土木研究所

Copyright © (2002) by P. W. R. I.

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

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

土木研究所資料
第3845号2002年2月

中部地方整備局における一日土研資料

企画部研究企画課

要旨：

中部地方整備局管内の現場技術者からの技術的問題に関する質問に対しての回答をまとめたものである。

キーワード：中国地方整備局、一日土研、河川・環境、道路、建設マネジメント、ダム・砂防、施工技術・材料、橋梁構造・耐震

目　　次

土　研：独立行政法人土木研究所
国総研：国土交通省国土技術政策総合研究所

Ⅰ．技術相談	（質問者）	（回答者）
【セッション１：河川・環境】		
Ⅰ－1．1　ダム工事における地球温暖化ガス排出量算出の考え方とその減量方法	中部地方整備局河川部	土研ダム構造物チーム …… 1
Ⅰ－1．2　外水・内水一体型流出解析及び内外水の安全度の考え方	庄内川工事事務所	国総研水害研究室 …… 6
Ⅰ－1．3　河川防御工に関する河道計画としての水理的評価方法及び必要性判断基準等に関する研究状況	豊橋工事事務所	国総研河川研究室 …… 9
【セッション２：道路】		
Ⅰ－2．1　舗装工事における交通解放時間の短縮方法	名古屋国道工事事務所	土研舗装チーム …… 15
Ⅰ－2．2　排水性舗装の現状と課題及びその課題解決への方向性	北勢国道工事事務所	土研舗装チーム …… 19
Ⅰ－2．3　光触媒技術の現状と今後の動向	北勢国道工事事務所	国総研道路環境研究室 …… 22
【セッション３：建設マネジメント】		
Ⅰ－3．1　発注者支援制度について	高山国道工事事務所	国総研建設システム課…… 24 国総研建設マネジメント研究室
Ⅰ－3．2　ITSの活用、システム構築の動向について	北勢国道工事事務所	国総研情報基盤研究室 …… 32 国総研高度情報交通システム研究室 土研先端技術チーム
Ⅰ－3．3　社会資本整備に関わる費用対策効果分析手法について	東海幹線道路調査事務所	国総研建設マネジメント …… 35 研究室
【セッション４：ダム・砂防】		
Ⅰ－4．1　透過型砂防堰堤の土石流区間の最下流部への設置について	静岡県土木部	土研火山・土石流チーム …… 37
Ⅰ－4．2　砂防計画が対象とする事象	三峰川総合開発工事事務所	国総研砂防研究室 …… 40
Ⅰ－4．3　表面遮水型ロックフィルダムにおける遮水壁の選択方法	水資源開発公団徳山ダム建設所	土研ダム構造物チーム …… 41
【セッション５：施工技術・材料】		
Ⅰ－5．1　樋管の安全確認について	三重工事事務所	土研土質チーム …… 44
Ⅰ－5．2　コンクリートの温度ひび割れ対策	三重工事事務所	土研構造物マネジメント技術チーム …… 47
Ⅰ－5．3　鉄筋の溶接について	三重工事事務所	土研構造物マネジメント技術チーム …… 48
【セッション６：橋梁構造・耐震】		
Ⅰ－6．1　大変位に対応可能な橋梁の桁端部構造の設計について	岐阜県基盤整備部建設管理局	土研耐震チーム …… 51
Ⅰ－6．2　床版形式ごとの橋面防水の選定方法と留意点	北勢国道工事事務所	土研橋梁構造チーム …… 55 土研舗装チーム
Ⅰ－6．3　直接基礎式橋台の設置位置に関する質問	静岡県土木部	土研基礎チーム …… 60

Ⅱ．紙上回答

1．環境部門

Ⅱ－1．1	河道（水域）熱収支から見た河川維持流量に関する技術情報または研究状況について	豊橋工事事務所	土研河川生態チーム …… 61
Ⅱ－1．2	ダム漏水の水質改善について	丸山ダム管理所	土研水質チーム …… 62

2．河川部門

Ⅱ－2．1	霞堤の貯留効果評価に用いる不定流計算法（樹木群抵抗の取り扱い）	豊橋工事事務所	国総研河川研究室 …… 63
Ⅱ－2．2	間伐材の活用分野の拡大	愛知県建設部	国総研河川研究室 …… 65
Ⅱ－2．3	橋梁の水理検討における模型実験の必要性について	三重工事事務所	国総研河川研究室 …… 71
Ⅱ－2．4	低水・高水対応する流出解析手法	天竜川ダム統合管理事務所	土研水理水文チーム …… 73

3．ダム部門

Ⅱ－3．1	ダム水位変動の平滑化方法	丸山ダム管理所	国総研ダム研究室 …… 74

4．砂防部門

Ⅱ－4．1	防災箇所の点検手法について	高山国道工事事務所	土研地すべりチーム …… 75
Ⅱ－4．2	アンカー付現場打ちのり枠工の安定計算について	岐阜県建設管理局	土研地すべりチーム …… 76

5．道路部門

Ⅱ－5．1	シールド工法における安全性について	三重工事事務所	土研トンネルチーム …… 77
Ⅱ－5．2	雨天時における区画線のすべり対策案について	静岡国道工事事務所	国総研道路空間高度化研究室 …… 78
Ⅱ－5．3	排水性舗装の路面表示材	北勢国道工事事務所	土研舗装チーム …… 79
Ⅱ－5．4	積雪寒冷地域外における融雪装置について	北勢国道工事事務所	土研舗装チーム …… 82 土研先端技術チーム 土研新潟試験所

6．材料施工部門

Ⅱ－6．1	ブロック積擁壁の背面の土の種類の定義	静岡県土木部	土研施工技術チーム …… 83 国総研建設システム課
Ⅱ－6．2	道路側溝の平均流速の許容範囲について	岐阜県建設管理局	土研施工技術チーム …… 84
Ⅱ－6．3	直接輪荷重のかかる箇所でのブロック積擁壁の適用	静岡県土木部	土研施工技術チーム …… 86 国総研建設システム課
Ⅱ－6．4	再生骨材を使用したコンクリート２次製品化について	庄内川工事事務所	土研構造物マネジメント技術チーム …… 87
Ⅱ－6．5	海岸耐候性鋼材について	三重県県土整備部	土研新材料チーム …… 89
Ⅱ－6．6	EPS 工法採用の利点と留意点	北勢国道工事事務所	土研土質チーム …… 90

7．構造橋梁部門

Ⅱ－7．1	積雪寒冷地における橋梁の排水処理	高山国道工事事務所	土研橋梁構造チーム …… 91
Ⅱ－7．2	落石防御柵基礎工	岐阜県建設管理局	土研橋梁構造チーム …… 94 土研振動チーム

8．耐震技術部門

Ⅱ－8．1	道路法面の耐震評価手法の確立	静岡県土木部	土研振動チーム …… 95
Ⅱ－8．2	構造特性を考慮した既設橋梁の耐震補強優先度について	静岡県土木部	土研耐震チーム …… 96

Ⅰ. 技　術　相　談

Ⅰ－１．１　ダム工事における地球温暖化ガス排出量算出の考え方とその減量方法

質問者:中部地方整備局河川部
回答者:土木研究所　水工研究グループダム構造物チーム(TEL.0298-79-6781)

質　問

1997年の気候変動枠組条約第３回締約国会議（COP3）にて採択された「京都議定書」において、日本は地球温暖化ガスの発生量を2008～2012年の目標期間内に1990年比6%削減することとされています。

そこで、大規模工事等で環境面、経済性の観点から地球温暖化ガスの発生量を減らすことが求められると考えられますが、ダム工事に関連して材料の精製段階や重機稼動時の地球温暖化ガス（主に二酸化炭素）排出量算出の考え方、並びにその減量方法についてご教示願いたい。

回　答

１．二酸化炭素排出量算出手法の概要

建設工事で排出する二酸化炭素（以下CO_2という）の排出量の算出には種々の手法があると思いますが、ここでは、建設省総合技術開発プロジェクト「省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発」（平成８年度）（以下総プロという）の成果に基づく算出手法について紹介します。

建設工事における排出するCO_2の発生源を整理すると、使用する設備・施工機械の製造に関係するもの、その設備機械等の運転で消費する燃料及び電力に関係するもの、並びに建設資材の製造の過程で排出するものが考えられ、CO_2排出量の基本式は次のような形になります。

$$CO_2\text{排出量} = \begin{array}{c}\text{設備、機械等の損}\\\text{耗が発生源の}\\CO_2\text{排出量}\end{array} + \begin{array}{c}\text{設備、機械等の燃料ま}\\\text{たは電力消費が発生}\\\text{源の}CO_2\text{排出量}\end{array} + \begin{array}{c}\text{建設資材の消}\\\text{費が発生源の}\\CO_2\text{排出量}\end{array} \quad \cdots(1)$$

式(1)の右辺各項では「CO_2濃度(C-t/円)」という概念を導入し、以下のように整理できます。ここでC-tはCO_2の炭素換算質量(単位＝ｔ)を表し、１C-tは3.67tのCO_2に相当します。

CO_2濃度は、総務庁などで作成している「産業連関表」や他の統計を用いて算出します。産業連関表には、国内の全産業における１年間の中間生産物を含む全ての財貨、サービスの生産量と消費、投資の流れが金額（円）で整理されています。これにより、求めたい機械・資材などに関与する財やサービスの寄与率が与えられます。この結果と「総合エネルギー統計」（資源エネルギー庁）や「アジアのエネルギー利用と地球環境」（科学技術庁科学技術政策研究所（総プロ当時、現文部科学省科学技術政策研究所））等の結果を基に、施工機械や資材のCO_2濃度(C-t/円)を求めています。計算事例を表-1に示します。また、燃料やダイナマイトなどの消費の際に排出するCO_2排出量は個別に化学反応に基づいて算出します。

次に、式(1)の右辺各項におけるCO_2排出量について詳細に説明します。

表-1　CO_2濃度一覧

該当する建設機械・資材等	CO2濃度(C-t/円)	備　考 部門別産業分類（産業連関表における分類）
ブルドーザ、クローラドリル、コンクリートプラント、シックナ等	1.14E-06	鉱山・土木建設機械
ダンプトラック	9.67E-07	トラック・バス・その他自動車
空気圧縮機、高圧洗浄機	1.17E-06	ポンプおよび圧縮機
ベルトコンベア	9.65E-07	運搬機械
セメント	2.23E-05	セメント製品
火薬（３号桐）	1.42E-06	火薬類
硝安燃料油爆薬(ANFO)	1.71E-06	火薬類
軽油	3.33E-05	軽油
中和剤（炭酸ガス）	3.55E-06	圧縮ガス・液化ガス
平鋼材	6.06E-06	熱間圧延鋼材
凝集剤	2.22E-06	その他化学最終製品
電力	7.33E-06	原子力発電、火力、事業用水力その他
止水板	2.15E-06	プラスチック製品

(1) 設備・機械等の損耗が発生源の CO_2 排出量

$$\text{設備、機械等の損耗が発生源の } CO_2 \text{ 排出量(C-t)} = \sum \left[\text{各施工機械毎の } CO_2 \text{ 濃度(C-t/円)} \times \text{施工機械の基礎価格(円)} \times \frac{\text{総運転時間(h)}}{\text{耐用時間(h)}} \right] \quad \cdots\cdots(2)$$

ここに、総運転時間(h)=施工数量(単位)／時間当たり標準作業量(単位/h)。

(2) 設備、機械等の燃料または電力消費が発生源の CO_2 排出量

$$\text{設備、機械等の燃料または電力消費が発生源の } CO_2 \text{ 排出量(C-t)} = \text{施工機械の燃料消費による } CO_2 \text{ 排出量(C-t)} + \text{施工機械の電力消費による CO2 排出量(C-t)} \quad \cdots\cdots\cdots(3)$$

ｉ）施工機械の燃料消費による CO_2 排出量(C-t)

$$\text{施工機械の燃料消費による } CO_2 \text{ 排出量(C-t)} = \sum \left[\text{各燃料種毎の } CO_2 \text{ 濃度(C-t/円)} \times \text{燃料単価(円/λ)} \times \text{燃料消費量(λ)} \right] \quad \cdots\cdots\cdots(4)$$

ここに、燃料消費量(λ)=総運転時間(h)×機関出力(ps)×燃料消費率(λ/ps-h)。

この場合 CO_2 濃度は燃料の製造時に排出する CO_2 排出量と、燃料が消費される時に排出する CO_2 を合算したものとなるため次式となります。

$$\text{各燃料毎の } CO_2 \text{ 濃度(C-t/円)} = \text{燃料製造時に排出する } CO_2 \text{ 濃度(C-t/円)} + \text{燃焼時の } CO_2 \text{ 濃度(C-t/円)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

ⅱ）施工機械の電力消費による CO_2 排出量

$$\text{施工機械の電力消費による } CO_2 \text{ 排出量(C-t)} = \sum \left[CO_2 \text{ 濃度(C-t/円)} \times \text{電力単価(円/kwh)} \times \text{電力消費量(kwh)} \right] \quad \cdots\cdots\cdots(6)$$

ここに、電力消費量(kwh)=総運転時間(h)×機関出力(ps)×電力消費率(kwh/ps-h)。

(3)建設資材の消費が発生源の CO_2 排出量

$$\text{建設資材の消費が発生源の } CO_2 \text{ 排出量(C-t)} = \sum \left[\text{各資材種毎の } CO_2 \text{ 濃度(C-t/円)} \times \text{資材単価(円/単位)} \times \text{施工数量(単位)} \right] \quad \cdots\cdots\cdots(7)$$

2．コンクリートダム建設工事における CO_2 排出量の算出と分析

1章で説明した式により CO_2 排出量を計算するには、工事に係る施工機械の運転時間や燃料消費量並びに施工数量などの算出が必要となります。ただし、コンクリートダム建設工事には大きく分けて、骨材製造工やコンクリート工など堤体築造に直接関係するダム本体工事と、付替道路工事や地すべり工事や貯水池内の立木伐採等の貯水池周辺工事がありますが、後者はダム毎に工種の対象範囲や規模に大きく異なりますので、ここではダム本体工事に限定してコンクリートダム建設工事における CO_2 排出量の算出について述べます。なお、道路工事に限定した場合の貯水池周辺工事の計算結果については久保田ら[1)]により紹介されていますので参考文献を参照して下さい。

コンクリートダム建設工事に関連する主な工種と CO_2 排出量計算の流れを図-1 に示します。原石掘削などの個別工種での CO_2 排出量は、一般的な積算歩掛と、建設機械損料により数量を算出することができます。

各工種のコンクリートダム工事全体に占める CO_2 排出量の割合を確認するため、堤高 100m規模の RCD 工法のモデルダムを設定し CO_2 排出量を計算した事例[2)]を紹介します。表-2 にこの計算事例で使用した主な基本諸元を示します。工種別に CO_2 排出量を計算した結果は図-2 のとおりとなり、コンクリート工が最も排出量が多く全体の約 70％を占めます。CO_2 排出量は 34,900C-t となりました。図-3 に全体量から基礎掘削や基礎処理などからの排出量を除いたコンクリートに関連する工種の中での CO_2 排出量の内訳を示します。この図よりセメント製造に関わる CO_2 排出量が60%程度を占めることが分かります。また、図-3のうち2番目に CO_2 排出量の寄与率が高い骨材に起因する CO_2 排出量についての内訳を図-4 に示します。

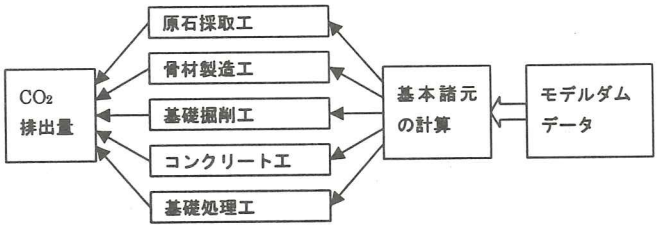


図-1　計算フロー

表-2　試算のための主な基本諸元

大項目	細項目	単位	数量	摘要
ダム諸元	堤高	m	100	
	堤頂長	m	250	
	堤体積	m3	508,000	
	鋼材料（対堤体積）	%	0.5	
コンクリート関係	単位セメント量	kg/m3	210	外部
			120	内部
	単位骨材料	kg/m3	2,100	外部
			2,200	内部
	外部コンクリート厚	m	2	
	リフト厚	m	1	

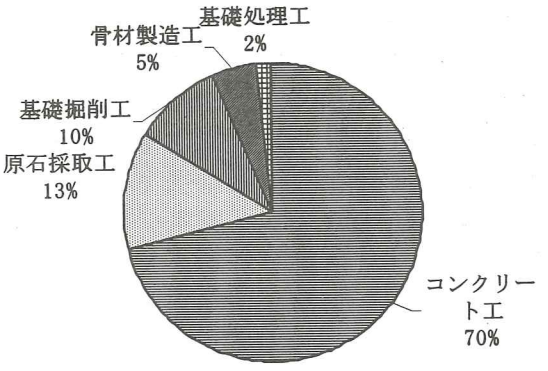


図-2　工種別 CO_2 排出量の内訳

なお、補足ですが、70m 規模の RCD ダムと 100m 規模の柱状工法によるダムでもコンクリート工が全体 CO_2 排出量の 70%程度を占める計算結果になっています。100m 規模のダムで RCD 工法と柱状工法とを比較をした場合、RCD 工法が柱状工法に比較し 3%程度少なく、RCD 工法で 100m規模のダムと 70m 規模のダムを比較した場合、100m 規模の方が堤体 $1m^3$ 当たりの CO_2 排出量が少し低くなっています。これは、工種別の比較では RCD 工法は柱状工法と比べて貧配合コンクリートのためセメント使用量が少ないこととが主な減少理由となっています。また、ダム規模による差では、堤体規模が縮小すると基礎処理とセメントの多い外部コンクリートの比率が増加するためです。

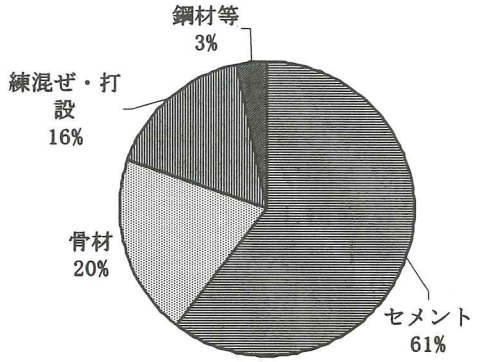


図-3　コンクリートに係る CO_2 排出量の内訳

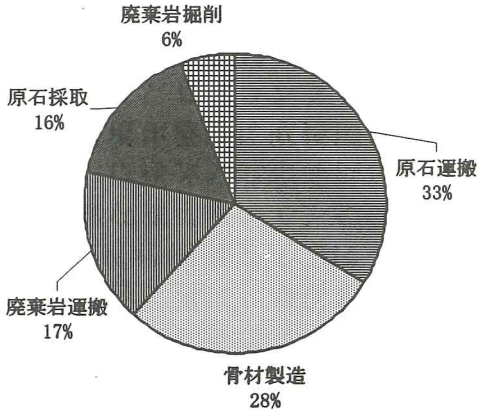


図-4　骨材に関わる CO_2 排出量の内訳

3．コンクリートダム建設工事における CO_2 排出量減量対策

2章におけるコンクリートダム建設での CO_2 排出量の分析結果から、その削減には、コンクリートに関わる CO_2 排出量を押さえるのが効果的であると考えられます。まず骨材については、図-4 に示したように、原石の原石の運搬に関する CO_2 排出量が大きいためダムサイト近傍に原石山を見い出すことが CO_2 排出量の削減に大きな効果があることが分かります。また、廃棄岩の掘削・運搬に係る CO_2 排出量も多いため、骨材の有効利用を促進し、廃棄岩の排出量を抑えることも CO_2 排出量の削減につながることが理解できます。

セメントに関する CO_2 排出量削減には、混和材の積極的な利用によりセメント使用量を減らすのが有効です。フライアッシュなどの混和材は通常、火力発電所などの他の産業における副産物であるため、この製造に係る CO_2 排出量を見込む必要はありません。ここで各種の混和材によりどの程度 CO_2 排出量を削減できるかを実験的に検討した研究成果を紹介します[3)4)]。この研究では、種々の置換率でのコンクリートのフレッシュ性状と圧縮強度を確認し要求水準を満たした配合の置換率における CO_2 排出量削減率を算出しています。検討手順を図-5 に示します。

この結果、混和材にフライアッシュⅠ種を用いた場合は置換率を最高 45%まで上げることが出来、コンクリートダム建設工事全体で置換率 0%の場合と比較して約 12%CO_2 排出量を削減する結果を得ています。また、フライアッシュⅣ種及び高炉スラグを用いた場合は、早期強度（３日材齢）のみでの評価ですが、フライアッシュⅣ種では 2%程度、高炉スラグでは 48%程度削減できる結果を得ています。なお、研究成果の詳細は参考文献３）、４）を参照してください。

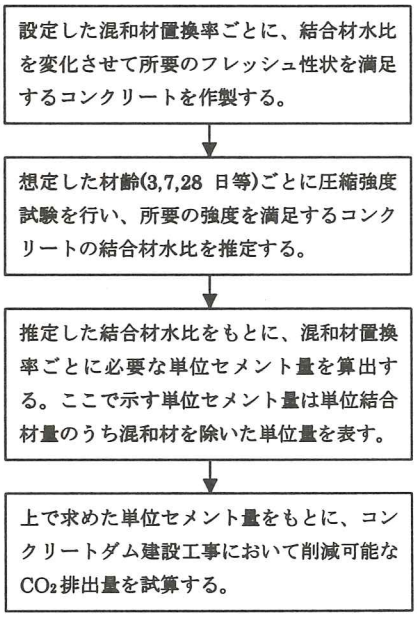


図-5　検討手順（フロー）

ここではフィルダムに関する CO_2 排出量については試算していませんが、堤体材料の大部分がセメントではなくて岩石や土といった天然材料であるため（洪水吐きの建設にある程度のセメントを使用）、その堤体 $1m^3$ 当りの CO_2 排出量はコンクリートダムと比較してかなり低いものと予想されます。

参考文献

1) 久保田勝、田中靖、花田弘幸：ダムによる水資源開発の CO_2 発生量について、ダム技術、No.147、pp.15-20、1998.12.
2) 永山功、宮内茂行：コンクリートダムの建設に伴って発生する二酸化炭素量の分析、土木技術資料、Vol.141、No.11、pp.15-20、1999.11.
3) 吉田等、佐々木隆、町田家久、大滝嘉孝：フライアッシュⅠ種置換によるダムコンクリートの CO_2 削減効果、ダム技術、No.171、pp.109-114、2000.12.
4) 金子裕司、吉田等、佐々木隆、市原裕之：混和材がコンクリートダム建設の CO_2 削減に与える効果、土木学会第56回学術講演会、第Ⅵ部門、pp.180-181、2001.10.

Ⅰ－１．２　外水・内水一体型流出解析及び内外水の安全度の考え方

質問者:庄内川工事事務所
回答者:国土技術政策総合研究所　危機管理技術研究センター水害研究室
（TEL.0298-64-4966）

質　問

昨年の東海水害では、新川が破堤、庄内川においても溢水するなど甚大な浸水被害を受けた。この水害では、同時に内水被害も甚大であったこともあり、本川がＨＷＬを超える危機的水位になっていたにもかかわらず､本川へ排水し続けたポンプ排水機場もあった等、内水排除に関して問題を残した。このため、庄内川及び新川では、関係者間で調整の上、今月６月から本川が危険水位を越える等の場合は、ポンプの運転を停止することとしている。

このため、住民の避難の観点から出水時のポンプ停止に伴う影響を正確に予測する必要がある。また、今後河川整備計画を策定していく段階では、外水と内水との安全度設定の考え方を合理的に説明することが求められる。以上より、

１．外水と内水を一体的に取り扱う流出氾濫解析モデルを適応した事例、その場合の留意点
２．外水と内水の治水安全度設定の手法、検討の観点

についてご教示願いたい。

回　答

１．外水と内水を一体的に取り扱う流出氾濫解析モデルを適応した事例、その場合の留意点

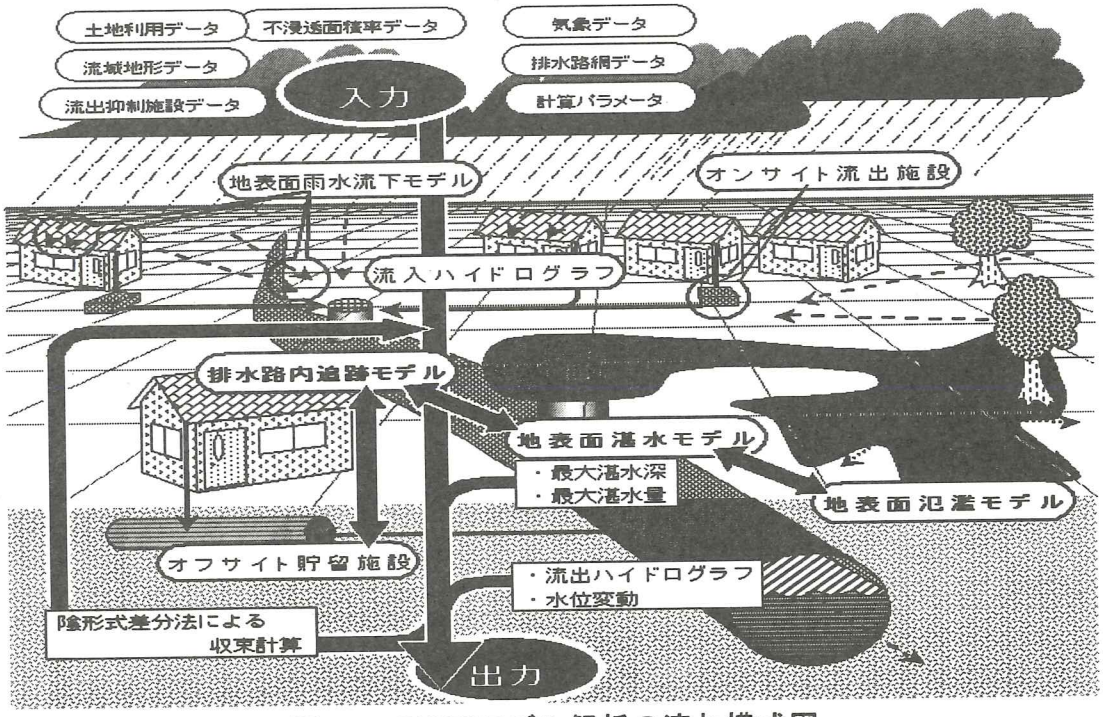
これまで河川からの外水氾濫及び都市域内の内水による浸水を同時に取り扱うといったような試みはあまりなされていなかったが、特に東海豪雨以降、都市域の外水・内水による氾濫解析検討が進められている。東京都（神田川)、大阪府（寝屋川)，鶴見川（直轄）などでモデルの構築が行なわれている。

これらのモデルの主な構成をあげると以下のとおりとなる。

(1)　地表面流出モデル
(2)　河道モデル
(3)　下水道管内水理モデル
(4)　地表面湛水モデル（地表への湛水）
(5)　地表面氾濫モデル（地表面における氾濫水の流れ）

これまで検討されている既存モデルでは、流出モデル、河道モデルにおいて違いがあるものの、内水氾濫解析を行なう上では、どの程度まで下水道網と下水道網における水理現象をモデルに組み込むかということが重要になる。既存のモデルでは、下水管内の自由水面流れ、圧力流れ、ポンプ排水、ループ管、遮集等下水道網の構造,水理現象を詳細に取り込めるようなモデルもあるが､広範囲に都市域が広がるような大河川の流域全体で､外水・内水による氾濫解析を行なう場合は、膨大な下水道データを取り込まなければならない。したがって検討を行なう場合には、解析精度，必要なデータ等の観点から、どの程度まで精緻に下水道網と下水道管内における水理現象を取り込む必要があるかを検討する必要があると考える。

国土技術政策総合研究所では、現在下水道の内水氾濫を解析できる都市域の流出・氾濫モデル(PWRI（Precipitation Water Routing Inundation）モデル)の研究開発を行なっており、その特徴及び概略は図－１及び表－１に示すとおりである。また、これとあわせて外水・内水の氾濫解析を行なえるモデルを研究開発中で、今後、前述のような解析精度等の感度分析を行う予定である。



図－1　PWRIモデル解析の流れ模式図

表－1　PWRIモデル内の各解析モデルの詳細

有効降雨モデル	初期損失	土地利用データを用いる
地表面雨水流下モデル	集水域	下水道区域図の分割域を基本として、管路長を基本長とする仮想長方形集水域に換算.
	支配方程式	kinematic wave 式および連続式.
	等価粗度同定	土地利用コードに応じた粗度係数から、並列配置を仮定して等価粗度を算定.
	斜面勾配同定	土地利用毎に設定.
排水路内追跡モデル	排水路網諸元	開渠・暗渠は矩形断面、管路は円形断面.
	支配方程式	kinematic wave 式と diffusion wave 式の選択および連続式.
	流れ状態	diffusion wave 式においては、圧力管から開水路流れへの遷移計算が可能.
	流入量の取扱い	排水路への流入は排水路全線に渡って平均的に生じる．水深が地盤高を越えた場合は流入＝０.
	人孔損失	排水路の摩擦損失に含めるよう換算.
地表面湛水モデル	湛水域	下水道区域図の分割域.
	湛水量 増加時 減少時	 湛水量＝前時間の湛水量＋全流入量－排水路流下能力. 湛水量＝前時間の湛水量－排水路余裕空隙の 50%（←改良必要）.
	湛水深の影響	湛水による管路内への圧力増加は考慮しない.
地表面氾濫モデル	氾濫区域	下水道区域図の分割域.
	氾濫計算方法	１次元不定流および２次元不定流の開水路ポンドモデル選択式.

２．外水と内水の安全度設定の手法、検討の観点

流域内で外水、内水に対するバランスの取れた安全度を設定するためには、まず外水、内水に対するそれぞれの安全度を評価した上で、流域における外水、内水に対する計画安全度を設定するといったことが必要であると考える。ご存知のとおり、河川における計画[1)]は、河川の重要度に応じて降雨量の生起確率年で 10 年以下から 200 年以上で計画規模を

定め、計画降雨の継続時間について確率統計処理を行なって計画降雨量を定め、実績降雨を計画降雨量まで引き伸ばして検討を行なっている。この際、時間分布や地域分布を考慮して、引き伸ばされた計画降雨の時間雨量や地域分布が異常となる場合は、これを棄却等している。これに対して、下水道の計画[2]の場合は、確率年を5～10年として、降雨強度式（継続時間－降雨強度－確率規模）により原則合理式により最大計画雨水流出量を算定している。流達時間内の計画ピーク流量を求めるため降雨波形を対象としない場合もあるが、貯留施設の計画等を必要とする場合は、降雨強度式から中央集中形のハイエトグラフ等を作成して検討を行なっている。

上記のとおりそれぞれの計画が策定されている中、外水・内水に対する安全度を評価する場合、単にそれぞれの計画で対象としている降雨量の生起確率年で評価するだけでは十分ではない。一般には、外水と内水では、波及被害の程度等被害構造に差異があることからそれぞれの安全度に相違があることは合理的であるとされているが、定量的に評価されることが望ましく、例えば、浸水の発生頻度と被害の深刻さ（例えば治水経済調査マニュアル(案)[3]（平成12年5月建設省河川局）にある表-2の年平均被害額や浸水深別被害率を参考に浸水深等）で評価することも考えられる。

表－2　年平均被害額の算定方法

流量規模	年平均超過確率	被害額	区間平均被害額	区間確率	年平均被害額	年平均被害額の累計＝年平均被害軽減期待額
Q_0	N_0	$D_0(=0)$	$(D_0+D_1)/2$	N_0-N_1	$d_1=(N_0-N_1)\times(D_0+D_1)/2$	d_1
Q_1	N_1	D_1				
Q_2	N_2	D_2	$(D_1+D_2)/2$	N_1-N_2	$d_2=(N_1-N_2)\times(D_1+D_2)/2$	d_1+d_2
⋮		⋯	・：	・：	・：	・：
Q_m	N_m	D_m	$(D_{m-1}+D_m)/2$	$N_{m-1}-N_m$	$d_m=(N_{m-1}-N_m)\times(D_{m-1}+D_m)/2$	$d_1+d_2+\cdots+d_m$

しかしながら、内水被害は、下水道の排水能力だけでなく、排水の受けて側の河川の水位にも影響されることから、通常、内水被害の発生頻度及び被害の程度を検討する場合は、河川側の水位を考慮しなければならず、該当する内水地域の降雨量等の確率評価とともに当該排水地点の河川水位に関係してくる上流域における降雨量等などについてもあわせて確率評価しなければならないといった課題が生じる。例えば[4]、相関関係があまりよくない場合にも、河川のピーク外水位と内水流域といった2変数についてこれらの組み合わせが生起する確率を求めることも可能であるが、それぞれの時間分布が考慮されていないため、その確率が必ずしも内水規模を表すとは限らない。今後、国土技術政策総合研究所では、このような点も含めてこれら外水、内水など水災シナリオを考慮した外力設定の在り方、水災シナリオに応じた安全度（被害）の評価方法について研究を行う予定である。

参考文献

1)　(社)日本河川協会編：建設省河川砂防技術基準(案)同解説　計画編

2)　社団法人日本下水道協会:下水道施設計画・設計指針と解説（前編）-2001年版-

3)　建設省河川局：治水経済調査マニュアル(案)、平成12年5月

4)　(財)国土開発技術研究センター編集：内水処理計画策定の手引き

Ⅰ－１．３　河岸防御工に関する河道計画としての水理的評価方法及び必要性判断基準等に関する研究状況

質問者:豊橋工事事務所
回答者:国土技術政策総合研究所　河川研究部河川研究室(TEL.0298-64-2758)

質　問

河道計画レベル（設計レベルではない）での全川的な河岸防御施設の水理的な評価（堤防、低水護岸、高水護岸等の河岸防御工の水理的な必要性並びに耐洪水外力評価）についての研究等に関する状況についてご教示願いたい。

回　答

堤防、護岸、水制等の水理的な評価手法に関する研究成果はこれまでにも報告されている[1)2)3)]。例えば、護岸の力学設計法[1)]では第２章において、河川堤防設計指針[2)]では5.4.3において、堤防防護の必要性区分、低水路平面形が決定された後の低水河岸防御の必要性区分についての考え方が示されている。必要性の判断基準は、堤防においては堤防表面に作用する洪水外力が堤防の侵食耐力を上回るかどうか、低水河岸防御については低水河岸からの侵食が堤防に及ぶかどうかである。具体的な内容は河川堤防設計指針[2)]を読めばわかるはずであるが、同指針が普及していないようなので、ここではあえて重複する内容を説明する。

堤防表面に作用する洪水外力は、水位を外力として与えた上でﾏﾆﾝｸﾞ式により流速を求め、場所に応じた補正を行うことにより評価可能である。ここで、計画流量をｲﾝﾌﾟｯﾄ外力として用いた準２次元不等流計算によらず、水位をｲﾝﾌﾟｯﾄ外力として用いたﾏﾆﾝｸﾞ式によるのは、あくまで堤防の安全性を保つために河岸防御施設が「計画」されるのであり、堤防の設計外力を基本にする方が合理的と考えたからである。

堤防表面の耐力については、平成 4～８年にかけて現地材料を用いた実物大実験による研究が進み、力学的な評価が可能となっている[4)]。その研究成果によると、土羽は自身の引張抵抗応力によって流速に抵抗するが、植生は根毛層による流速低減効果によって侵食に抵抗することから両者の耐侵食機構は異なっている。土羽の引張抵抗応力は通常用いられている土質物性値では評価できず、直接引張抵抗力を試験で求める必要がある。引張抵抗応力は、土羽の引張試験器（図－１）によって求めることができ、実験結果を整理した図－２を用いれば概略の侵食限界流速も評価することができる。植生の耐力は、根毛量を評価することが必要であるが、これはサンプルを採取して直接測定する方法と現場でトルクを測定することによって間接的に評価する方法がある(図－３)。根毛量が評価できれば、図－４から表面侵食耐力を評価することができる。なお、植生の耐力は、植生の状態（根毛量、厚さ）が均一に保たれていることが前提となっているので、状態に著しいバラツキがある場合には経験から得られている代表流速 2m/s を耐力として設定している。

低水河岸については、残念ながら堤防のような水理的な外力と力学的な耐力を比較するスキームではなく、１洪水の侵食量を外力とし高水敷幅を耐力として比較するスキームにしている。ｾｸﾞﾒﾝﾄ２、３については全国河川の実績データから１洪水の侵食量を図－５に整理している。ｾｸﾞﾒﾝﾄ１については、図－６に示す黒部川における侵食形状及び砂州ｽｹｰﾙの整理結果から１洪水の侵食量は砂州幅の 1/2 としている。

既設護岸の安全性検討は、護岸の力学設計法の照査方法に基づいて行えば可能である。重要な照査項目は、①護岸前面で予測される最深河床高に対して基礎が安全か、②護岸設置個所で生じる流速に対して安定な重量・厚さを有しているかの２点である。詳細な方法は、堤防設計指針[2)]、護岸力学設計法[1)]を参照されたい。ただし、ここでネックとなるの

は、既設護岸の耐力を規定する基礎設置高・根入れ深、護岸控え厚・根固めブロック重量等の情報収集であろう。

既設水制の評価手法は、日本の水制[3]に提案されている。水制域内の流速低減機能は水理計算によって評価可能である。また、水制工による河岸線ｺﾝﾄﾛｰﾙ機能についても、水制間の侵食形状についての事例研究、水理実験から評価手法が提案されている。

以上のように、堤防の安全性評価という観点からではあるが、全川的な河岸防御施設の必要性を水理的、河川工学的に評価するフロー、評価手法はある。実践にあたって残るであろう課題は、全川的な耐力情報の整備と考えられる。前述したように、土羽や植生の耐力は、既存の収集情報による評価では限界があり、信頼性の高い評価を行うためには新たに情報収集する必要がある。また、既設護岸についても、基礎高・根入れ深や控え厚・重量等の耐力情報は整備されていない場合が多い。したがって、全川にわたる信頼性の高い耐力情報を整備するには、新たな現地調査が必要となり、長い時間と多量の調査労力を必要とするであろう。現実的な方策としては、地先別のﾀﾞﾒｰｼﾞﾎﾟﾃﾝｼｬﾙなどから耐力情報整備の優先順位決めて調査を積み重ねていくことが考えられる。

また、低水河岸の１洪水による侵食量に関しては、研究当時の調査水準で収集した情報から作成している。より説得力の高い説明を目指すのであれば、個々の河川で河岸侵食実績データを収集し、特性を整理していくべきであろう。

なお、河道平面計画論として、初期投資額に維持管理費を含めたﾗｲﾌｻｲｸﾙｺｽﾄとしての最適投資を考えた河岸防御工の計画を立案する方法が考えられるが、これについてはまだ具体化できていない。したがって、現在のところ、低水路を平面的に安定させることによる便益は水位低下量を破堤流量の頻度に見込んでカウントするしかないと考える。

参考文献

1)（財）国土開発技術研究ｾﾝﾀｰ編　護岸の力学設計法　山海堂　平成 11 年 2 月

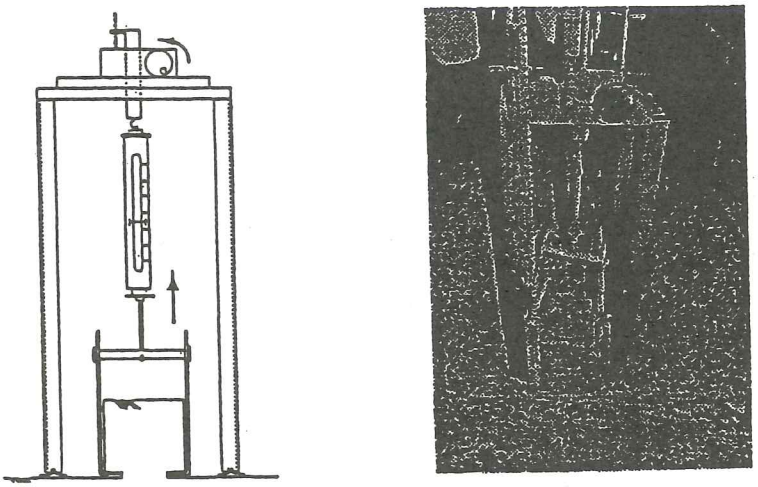
2)建設省河川局治水課　河川堤防設計指針　pp107～pp160　平成 12 年 6 月

3)山本晃一　日本の水制　山海堂　1996.1

4)宇多、望月、藤田、平林、佐々木、服部他　洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動―洪水に対する安定性・耐侵食性を判断するために―　土木研究所資料第 3489 号　pp7～pp214　平成 9 年 1 月

引張破壊応力の測定方法

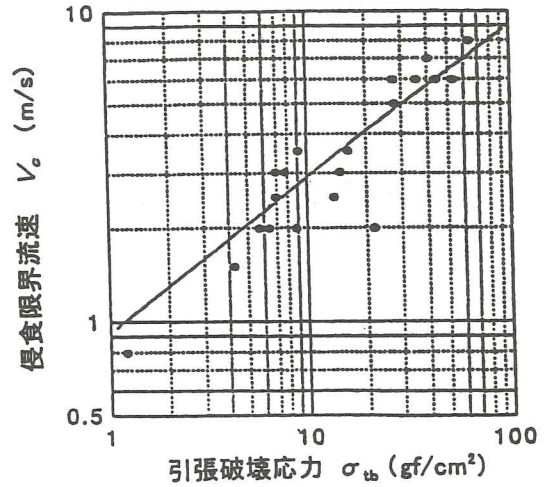
図－２によって表面侵食耐力（侵食限界流速V_c）を知る場合、土の引張破壊応力σ_{tb}を測定する必要があるが、図－１は、建設省土木研究所が開発した引張試験機である。これは、現地の対象とする粘性土を直接引っ張ることによって粘着抵抗力を測定するもので、地表面を縦横高さとも10 cm で整形し、これを鉛直方向にバネ秤で引張り、供試体が破壊する瞬間に断面に働く応力を測定し、単位面積あたりの応力を求めれば、これが引張破壊応力σ_{tb}である。



図－１　　土木研究所が開発した土の引張試験器

裸地の侵食限界流速と引張破壊応力の関係

図－２　は、堤防が裸地の場合の土の引張り破壊応力σ_{tb}と侵食限界流速V_cの関係を示したもので、土の引張り破壊応力σ_{tb}を測定することにより、同図から侵食限界流速V_cを推定することができる。



図－２　　侵食限界流速と引張破壊応力の関係

平均根毛量の測定方法

図－４ を用いる場合には、当該のり面の平均根毛量を知る必要があるが、その測定方法を参考として示しておく。

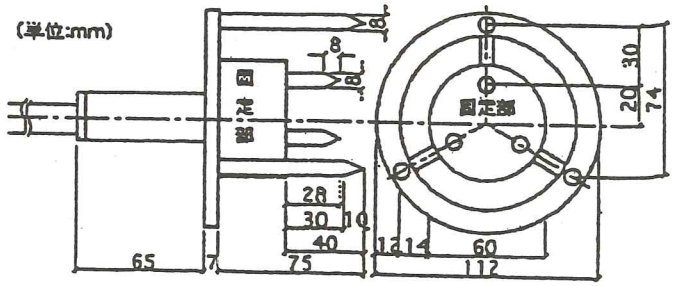
(1) サンプリングによる方法

①選定した調査地点ののり面に塩化ビニール管を打ち込み、②塩化ビニール管に詰まった土を、地表面から3 cm まで押し出してカッター等で切り取り、③土に含まれる根および地下茎を水で洗い出して、それらの総重量を測定し、④総重量を切り取った土の体積で除することにより平均毛根量を計算する。この測定を３回行ない、その平均値を当該調査地点の平均根毛量とする。

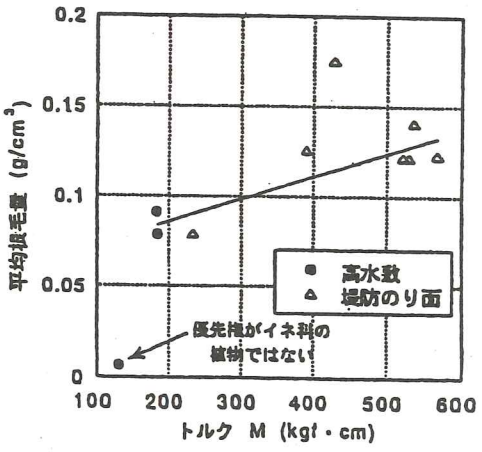
(2) 簡易測定法

下図　に示す測定装置を用いて地表面の抵抗値（トルク）を測定し、これをもとに平均根毛量を推定するものである。同図の金属製円盤は、同心になるように設置された２種類の円盤、すなわち測定位置に装置を固定する役割を果たす内側の円盤①と、トルクの測定に関わる外側の円盤②から構成されている。円盤①と②には、円盤の中心軸に対して同心円上に配置された金属棒が固定されている。

測定では、選定した調査地点の地面に金属棒を差し込み、円盤②を回転させたときに作用するトルクの最大値を、ハンドル中央に設置されたトルク計の指針を読み取ることによって測定する。平均根毛量は、測定されたトルクをもとに 下図　から推定することができる。

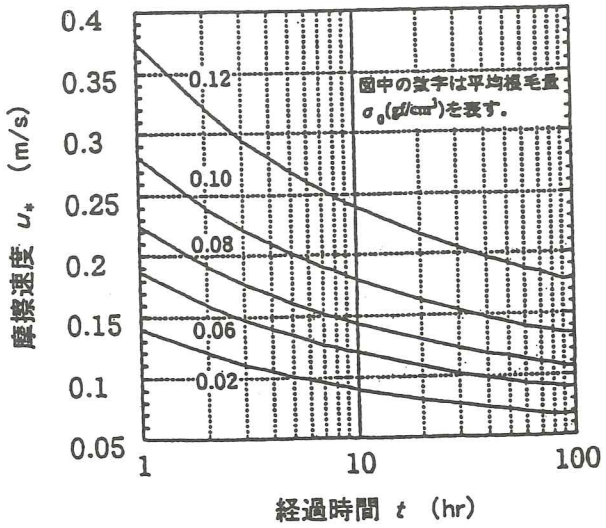


平均根毛量の測定装置



トルクと平均根毛量の関係

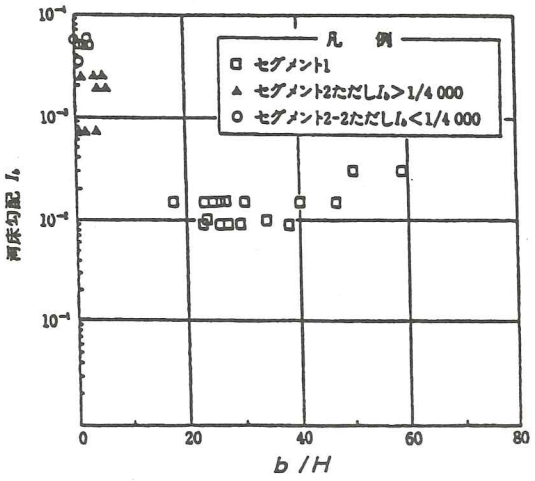
図－３



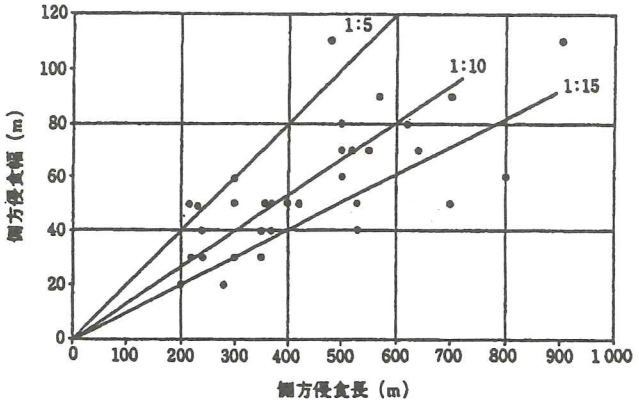
図－４　　植生の表面侵食耐力

表のり尻部の洗掘に対する安全性の照査基準

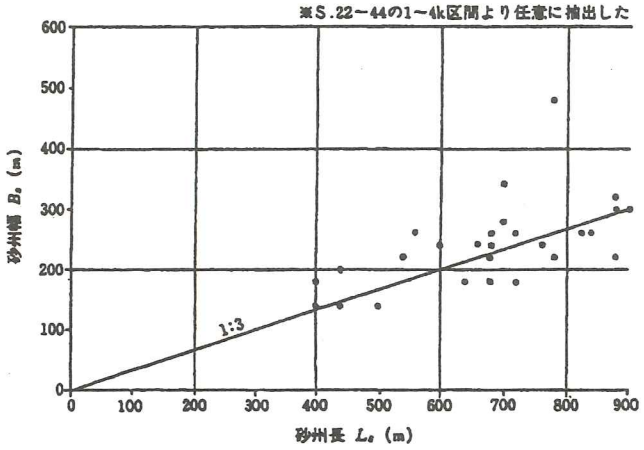
河道のセグメント分類	照　査　基　準 (1洪水で侵食される高水敷幅の目安)
1	高水敷幅 b＞砂洲幅 B_s の１/２
２および３	高水敷幅 b＞低水河岸高 H の５倍



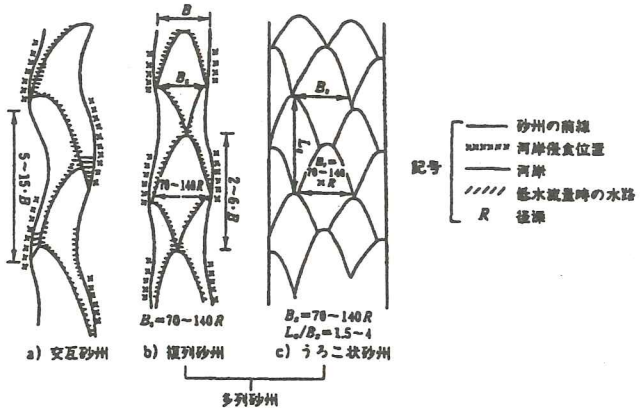
図－５　　1回の洪水による高水敷等の侵食の目安



側方侵食長と侵食幅の関係



砂洲幅の砂洲長の関係



砂洲幅の設定

図－6

Ⅰ－２．１　舗装工事における交通開放時間の短縮方法

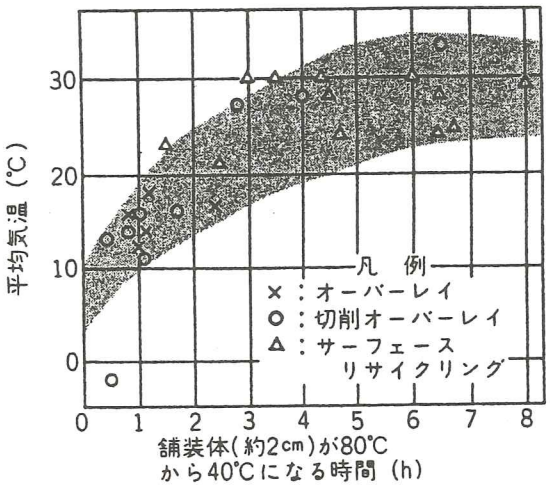
質問者：名古屋国道工事事務所
回答者：土木研究所　基礎道路技術研究グループ舗装チーム（TEL.0298-79-6789）

質　問

初期わだち防止の観点から交通開放温度は50℃以下となっており、中温化合材などの開発が進んでいるが、現在の開発・研究状況についてご教示願いたい。

回　答

アスファルト混合物舗設後の交通解放温度は、道路維持修繕要綱に「表面の温度が手で十分に触れられる程度になったら交通解放する」と述べられているだけで、「アスファルト舗装要綱」にも温度の規定は特に設けられていない。これは、解放直後の塑性変形（初期わだち掘れやタイヤ跡）に及ぼす因子が多岐にわたるため、画一的な規定を設けにくい等の理由によるものである。従って、一般道路においては経験に基づき交通解放の時期判断がなされており、おおむね50～60℃以下が交通解放の目安[1]とされている。ただし、日本道路公団の維持修繕等共通仕様書では40℃以下という規定が設けられている。



図－１　気温と舗装の冷却時間

舗装体の温度が低下する温度は、施工時期や施工方法等により大きく異なるが、図－１[2]に示す例では気温25℃以上の場合、舗装体の温度が80℃から40℃になる冷却時間は３～７時間になっている。

10年位前は、舗装完了後できるだけ早い時間で交通解放するために盛んに冷却方法について検討されていた。表－１に検討した方法[3]の一例を、図－２と３にその冷却方法の冷却時間の結果[3]を示す。

表－１　試験によって検討した冷却方法

区　分	No.	方　式	具体的冷却方法
水の顕熱および潜熱による方法	1	散水方式	路面に直接散水し、水の温度上昇および蒸発時の気化熱によって冷却を行う方式
	2	水噴霧方式	蒸発との平衡を保ちつつ水を霧状にして供給し、水の気化熱によって冷却を行う方式
	3	水塗布方式	No.2と同様にして冷却する方式であるが、水は塗布によって供給する
ドライアイスの顕熱および潜熱による方法	4	冷気方式	ドライアイスの昇華によって生ずる冷気ガス（二酸化炭素）を路面上に供給し冷却を行う方式
	5	紛状体散布方式	紛状にしたドライアイスを路面に散布し、ドライアイスの温度上昇および昇化熱によって冷却を行う方式
	6	塊状体放置方式	ドライアイス塊を直接路面に放置し、ドライアイスの温度上昇によって冷却を行う方式
組合わせによる方法	7	水噴霧＋紛状ドライアイス散布	No.２とNo.５を同時に行う方法
	8	水噴霧＋白色布敷設	白色布を路面に敷設した上からNo.２の水噴霧を行う方式で、布は日射の遮断を目的とする

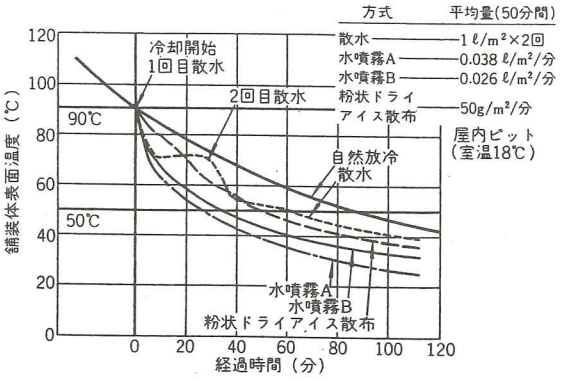


図-2　路面冷却方法の検討結果（その１）

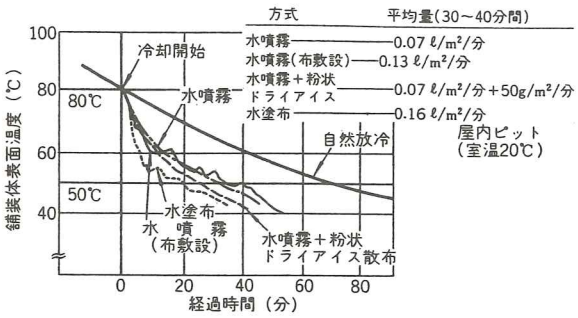


図-3　路面冷却方法の検討結果（その２）

この結果では、水噴霧と水塗布方式に効果があり、自然放冷に比べ、50℃になる時間は45分程度速い結果となっている。これらの結果から、水噴霧と水塗布方式が実用化されている。こららについては現在も使用されている方式である。

また、ある道路会社で、タイヤローラに冷却用ブロアファンを装着して水冷と空冷の併用を検討したが、密粒ではあまり効果がなかったようである。排水性舗装では確認はされていないが、空隙に水が中まで入り排水もされるため効果は高いと思われる。

最近は、早期交通解放に効果のある材料として中温化技術と常温アスファルト混合物が開発されている。

以下に中温化技術での交通開放時間と常温アスファルト混合物の概要を説明する。

１．中温化技術

１）概要

中温化技術を用いた加熱アスファルト混合物はプラントでの混合温度を３０℃程度低減することで、CO_2排出量を削減しようという技術である。加熱アスファルト混合物の製造時における温度を低減することで舗設温度も下がり、交通解放時間の短縮につながっている。

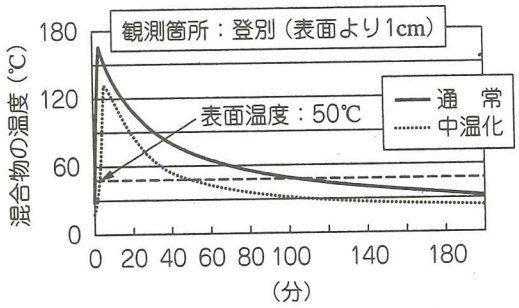
中温化技術は現在公表されているものとして５社５種類[4)～8)]あり、どの工法も混合温度が30～50℃程度低減可能な技術である。各種類とも、品質や施工性を確保できるとしており、混合性や施工性を向上させる手法にそれぞれ特徴がある。これらの手法を大別すると①微細泡による効果を利用したもの１種類、②粘度調整剤を添加しアスファルトの粘度を調整したもの２種類、③フォームド技術を利用したもの２種類に分類できる。

２）中温化技術を使用した場合の交通解放時間[9)]

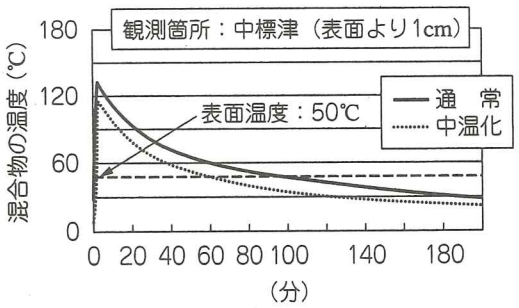
新道路技術五箇年計画（平成 10～14 年）の中で、新技術について現場適用性の評価を行うため、土木研究所と地方整備局が連携して実証試験を行っている。舗装関係では、中温化技術について北海道４カ所､四国１カ所､沖縄１カ所の計６箇所で実証試験を実施し、交通解放時間、施工性、耐久性及び適用性を評価している。以下に北海道４カ所と沖縄（名護）の交通解放時間の結果について述べる。

（１）北海道での交通解放時間

夏期に施工した登別と冬期に施工した中標津の舗設後の舗装体温度の経時変化を図－２，３に示す。通常混合物に比べ登別では 30℃程度、中標津では 20℃程度施工温度を低くした中温化混合物の方が温度低下が早い結果となっている。50℃以下になる交通解放時間も、中温化混合物の方が登別では半分程度、中標津でも 30 分程度短い時間で交通解放ができ中温化混合物が有利となっている。



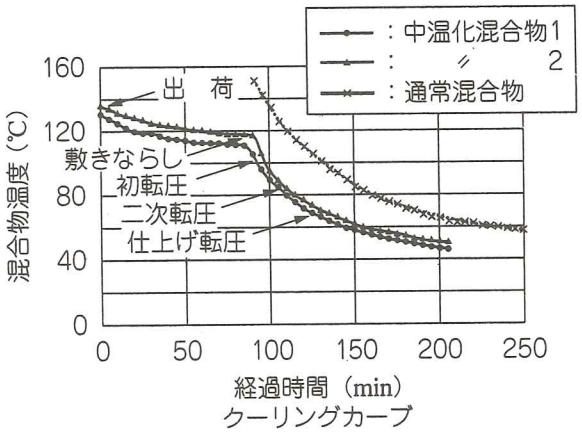
図－２　舗設後の舗装体温度の経時変化（函館）



図－３　舗設後の舗装体温度の経時変化（函館）

（２）沖縄での交通解放時間

舗設後の舗装体温度の経時変化を図－４に示す。通常混合物に比べ30℃程度下げた（125±10℃）状態で施工を行った結果、60℃以下になる交通解放時間は、中温化混合物の方が60～70分程度短い時間で交通解放ができ、工事時間の短縮が期待できる結果であった。



図－４　舗設後の舗装体温度の経時変化（名護）

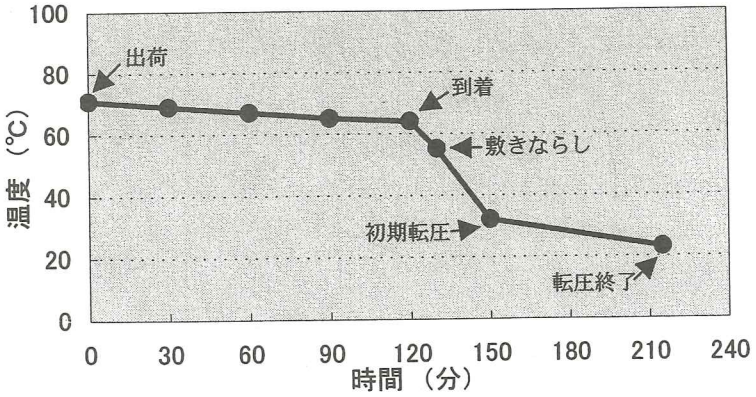
２．常温アスファルト混合物[10)]

１）概要

フィンランドの常温舗装技術を応用し、我が国の気象・交通条件などに適した80℃程度以下で製造および施工が可能なアスファルト混合物で、主として混合物製造時の省エネルギーとこれに伴うCO_2発生量の抑制が期待できるもので、水による被膜を潤滑剤として混合物の製造と施工温度を低下させた混合物である。本常温混合物の発現強度は、従来の常温混合物のようにアスファルト乳剤の分解やバインダに含まれる軽質油分の揮発によるものではなく、骨材加熱後添加した水分が蒸発することによるものである。バインダは特殊アスファルトを用いている。

２）温度測定結果

混合物製造から施工終了までに要した時間と温度の測定結果を図－５[11)]に示す。この結果では、舗装温度が50℃になるのは施工中であり、混合物到着後舗設終了までの時間は90分と非常に短い時間であった。



図－５　温度測定結果

参考文献

1）道路建設よろず相談室：交通解放時の適正温度、道路建設、pp80～81、1996
2）舗装技術の質疑応答：アスファルト混合物の交通開放温度、建設図書、第５巻、pp104、1997
3）下田他：舗装路面の冷却方法、舗装、Vol.23、No.7、pp19～24、1998
4）吉中他：環境保全を指向したアスファルト舗装技術に関する研究、土木学会舗装工学論文第２巻、pp.239～248、1997.12
5）加納ほか：アスファルト成分に着目した中温化技術、道路建設、pp42～47、1999.7
6）市岡他：粘弾性上を改善したアスファルト混合物の開発と中温化技術への応用、道路建設、pp30～35、2001.8
7）美馬ほか：フォームドアスファルトを利用した中温化混合物の施工事例、第 23 回日本道路会議一般論文集、pp.156～157、1997.10
8）海老澤ほか：ケミカルフォームドアスファルトを用いた中温化技術について、第 23 回日本道路会議一般論文集、pp.274～275、1997.10
9）寺田剛：中温化技術の現状、舗装、Vol.36、No.11、pp9～14、2000.1
10）加納孝志：環境に配慮した新しい常温アファルト混合物、舗装、Vol.36、No.11、pp15～19、2000.1
11）新しい常温アスファルト混合物について：常温舗装技術研究会資料、2001.7

Ⅰ－２．２　排水性舗装の現状と課題及びその課題解決への方向性

質問者:北勢国道工事事務所
回答者:土木研究所　基礎道路技術研究グループ舗装チーム(TEL.0298-79-6789)

質　問

排水性舗装の供用路線では下記の問題が生じている。また、今後新規道路への活用に対して、供用後良好な状況を長く保ちたい為下記についてご教示願いたい。

（１）交差点部の骨材の飛散とその対策方法について
（２）冬期の除雪対策とその対応について
（３）交通事故時の油処理への対策と対応について
（４）排水性機能の確保とその実例について
（５）橋面部に排水性舗装を用いた場合の利点と課題。課題解決への方向性について。
（６）対流動対策路線として、騒音の低減を目的とした場合に中部地建設計要領(P6-30)にあるトップ粒度 13mm を 20mm として使用する場合の問題について

回　答

（１）　交差点部の骨材の飛散とその対策について

交差点部における骨材飛散を抑制する方法としては、バインダを高性能化することにより混合物自体の耐久性を向上させる方法、混合物の配合面からの対応、樹脂コーティング等補強材を表面に散布する方法などが行われている。

バインダを高性能化する方法としては、熱可塑性エラストマーの添加量や質を変えた高性能な高粘度改質アスファルトが開発されるようになっており、これを利用することにより耐久性を向上させる方法や、エポキシアスファルトの利用などもある。

混合物の配合面からは空隙率を１７％程度まで落とす方法が考えられる。これは透水性能が劣るものの飛散抵抗性が高くなるので主に寒冷地での排水性舗装で検討されている方法である。

樹脂コーティング等補強材についてはエポキシ樹脂を使用した排水性トップコート工法が開発され施工例も増えている。

（２）冬期の除雪対策とその対応について

排水性舗装上では、積雪時の路面の露出率が通常の舗装の場合よりも低いことが指摘されている。

この理由として、①排水性舗装施工箇所では雪解け水が舗装体内に浸透し、温度の低い雪だけが路面上に残ってしまうため、路面上の雪が解けにくいこと、②積雪融解時における排水性舗装の路面温度は通常の舗装に比べ（１℃程度）低いこと、③路面が粗く従来の舗装の場合よりも氷板が強固に付着しやすいこと、などが挙げられる。

どの理由も排水性舗装の構造ならではの現象であり、構造上の対策は難しいのが現状である。

現在検討されているのは、ゴム粒子を混入させた排水性混合物の利用や排水性舗装表面にゴム系のコーティングの利用といった物理的凍結抑制方法や凍結防止剤を含浸させた樹脂を排水性舗装の空隙に注入するといった化学的凍結抑制方法などであるが、まだ実験段階であり、効果、持続性、耐久性などの確認は今後の調査結果を待たなければならない。

（３）　交通事故時の油処理への対策と対応について

排水性舗装では、従来の舗装と違いオイル漏れなどが発見しづらく、対応が遅れがちになる。特に揮発性の低いオイルは長時間にわたり混合物を軟化させ、ポットホールにまで進行させるおそれがある。これに対する対策は現状ではではまだ確立しておらず、アイデ

ィアにすぎないものも多いのが現状である。設計施工上の対策としては、

・エポキシアスファルトの使用（エポキシアスファルトを利用した排水性舗装施工箇所では油によるブリージングが少ないとの報告より）

・耐油性高粘度改質アスファルトの使用（アスファルトメーカーによっては耐油性のアスファルトの開発を行っている。）

・排水性舗装用トップコートの使用（骨材飛散防止用のエポキシ系トップコートを施すことにより補強。ただし、ブリージングは結局起こるため、破損までの時間が少し延びるだけ）

などが考えられる。

また、補修については、現在排水性舗装の補修には密粒度アスファルト混合物で対応している例が多いと思われるが、最近では排水性混合物の補修材も売り出されるようになっている。

・エポキシ系バインダを利用した常温型補修材（現場で必要量混合でき、フィニッシャ等は不要）

・すでに骨材とアスファルトが混合されたもので、現場で再加熱するだけで利用できる補修材（現場で必要量混合でき、フィニッシャ等は不要）

エポキシ系のものは高価であるが耐久性は優れている。加熱するタイプは貯蔵などが優れ、現場で簡単な加熱作業するのみで使用できるので取り扱いが簡単である。

補修において、コンクリートカッターを用いるときには切断滓が空隙を詰まらせるので注意が必要である。これについてはバキューム機能付きのカッターを利用することなど工夫が必要である。

（４） 排水性機能の確保とその事例について

排水性舗装の排水機能確保については、機能回復のための清掃によるものが多く、基本的には機能回復車を使った回復作業である。

現在のところ排水性舗装の機能回復については北陸地整が機能回復車を１台保有し「排水性舗装清掃要領（試案）H9.3」により試行しており、現在交通量と清掃回数、透水量の推移、騒音の推移についてデータを集めている段階である。

又、関東地整は新型機械の開発を含めて試行・検証をしている段階である。その他の地整では試験的に行っているか、全く行っていないのが現状である。

（５） 橋面部に排水性舗装を用いた場合の利点と課題。課題解決への方向性について

排水性舗装を橋面部に用いた場合、利点として一般部と同じように排水性舗装の効果が得られる。（騒音低減、水はね防止、ｽﾓｰｷﾝｸﾞ防止、グレア（眩しさ）防止、ﾊｲﾄﾞﾛﾌﾟﾚｰﾆﾝｸﾞの防止、すべり抵抗の増大など）。

課題として排水性舗装は舗装体中に積極的に水を浸透させる舗装であるため、舗装と地覆のすき間や舗装本体から浸透した雨水が床板上に滞水しやすくなるといえる。又、橋によっては舗装が２層ではなく５ｃｍ厚の１層のものもあり、このような場合には直接防水層や床板に浸透水が接触することにもなる。

そこで排水性舗装の適用にあたっては、舗装を通じて浸透した水を速やかに排水すること、床板保護の観点から床板防水を必ず行うことが重要になる。ただし、橋面に排水性舗装を適用する場合の防水層の種類、舗装構成、混合物の種類、排水設備の種類とその設置数などは標準化されるに至っていない。

（６）対流動対策路線として、騒音の低減を目的とした場合に中部地建設計要領(P6-30)にあるトップ粒度 13mm を 20mm として使用する場合の問題について

排水性舗装の構造や粒径の違いによる特性として下記が挙げられる。

○騒音低減効果

・ 粒径が小さいほうが騒音低減効果は高い。
・ 空隙率が大きい方が騒音低減効果は高い。
・ 層厚が厚い方が騒音低減効果が高い。

○透水機能の持続性

・ 空隙率が大きいほど機能は持続する。
・ 最大粒径が大きいほうが機能は持続する。

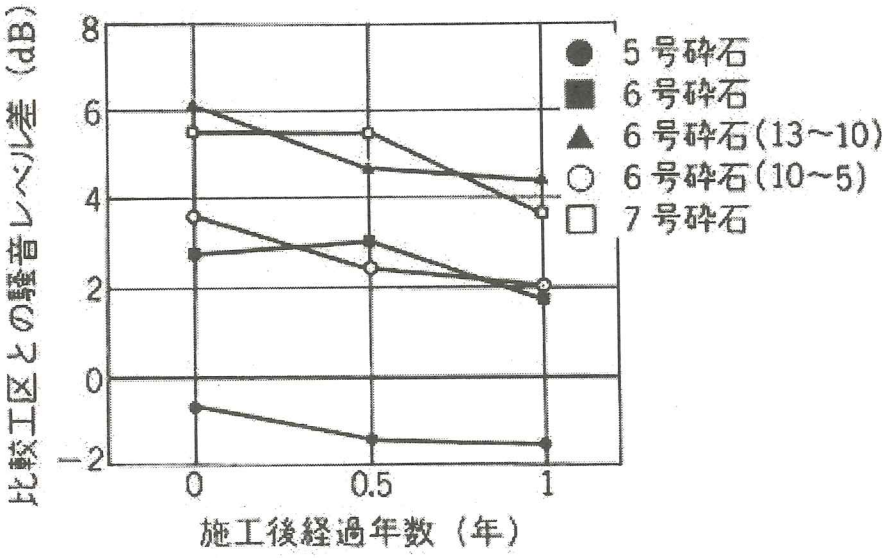
○耐久性

・ 空隙率が小さいほうが飛散しにくい。
・ 最大粒径が大きいほうが変形抵抗性が高い。

などの特性があげられる。

図－１は粒径の違いによる騒音レベル差の経年変化を示したものであるが、特に５号砕石を用いた場合、施工直後から通常のアスファルト舗装よりも高い騒音が生じている。

表－１は耐流動性として 20mm の方が 13mm よりも高い動的安定度を示している。



図－１粒径の違いによる騒音レベル差の経年変化 [1)]

※●5 号砕石（20mm），■6 号砕石（13mm），□7 号砕石（5mm）

表－１　動的安定度の比較 [2)]

最大粒径（ｍｍ）	１３	２０
空隙率（％）	２１．７	２１．７
ﾎｲｰﾙﾄﾗｯｷﾝｸﾞ試験（回／mm）	４５００	８６５０

参考文献

1）　久保和幸：排水性舗装用アスファルト混合物と骨材性状，『舗装』，vol.31-3，pp3-6,1996.3.

2）　アスファルト舗装委員会材料開発研究分会，排水性舗装に関する実態調査について，『アスファルト』第 36 巻第 177 号 p26，1993.5.

Ⅰ－２．３　光触媒技術の現状と今後の動向

質問者：北勢国道工事事務所
回答者：国土技術政策総合研究所　環境研究部道路環境研究室（TEL.0298-64-2606）

質　問

光触媒を用いて NOx 等を分解する技術があるが、現状ではどの程度大気浄化効果があり、どのような形で適用されているかについてご教示願いたい。

また、今後この技術をどのように道路環境保全に活かしていく方向かについてご教示願いたい。

回　答

１）光触媒による大気浄化技術の概要

光触媒は二酸化チタンと呼ばれる物質からできており、太陽光や蛍光灯などの光に含まれる近紫外線の触媒作用により、付着した大気中の汚染物質を分解するものである。

２）光触媒の大気浄化の効果

光触媒の大気浄化の効果は、大阪府が行った実験によれば NOx 濃度 1ppm 時に NO_2 換算で 6mg/h/m^2 の除去能力があるという結果が出ている。

小型車から排出される NO_2 量は 60km/h 走行時で約 0.22mg/m であることから、高さ 5m の遮音壁がある幅 20m の道路の路面と遮音壁に光触媒を塗った場合、最大で１時間あたり小型車 540 台分の除去能力があると計算できる。

ただし、この計算は光触媒に十分な紫外線が満遍なく当たり、舗装面の光触媒も壁面と同様の除去能力を持つという理想的条件での計算であることから、現実には除去能力はここまで高くならない。また、実際には小型車の 10 倍以上の NOx を排出する大型車も走行しており、平均走行速度 60km/h 前後で走行距離あたりの NOx 排出量が最小になるため、大型車混入率が高い場合や走行速度が低い場合は、自動車が排出した NOx に対する除去量が低くなる。

光触媒の大気浄化作用による濃度の低減効果は、研究機関や行政機関等で研究が進められており、計算上では大規模に施工すれば濃度の低減効果が現れることはわかっている。ただし、現在までの施工例は比較的小規模であるため、大気中の NOx が除去されていることは確認されているものの、大気質濃度の低減に至った例はない。

３）光触媒の適用例

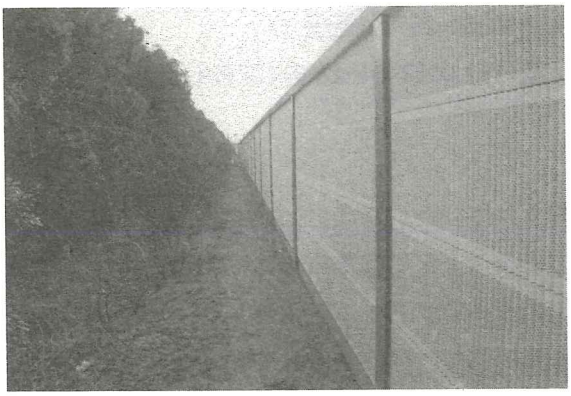
光触媒の道路空間への適用場所は以下のようなものが想定される。

①遮音壁に塗布
②高架道路の壁やガードレール等に塗布
③舗装に塗布
④歩道のインターロッキングブロックに塗布

このうち、①、②については塗料に光触媒を混ぜて塗布するものであり、一般的な施工例である。工場製作のものや、現地で塗装するものとがある。③については、セメント系固化剤などを用いて光触媒を舗装表面に吹き付けており、千葉県市川市など現在までに数箇所で実施されている。④については、インターロッキングブロックの表面に塗布したものである。ただし、歩道の場合は NOx の発生源からやや離れており、大気浄化効率は①～③と比較して落ちると考えられる。

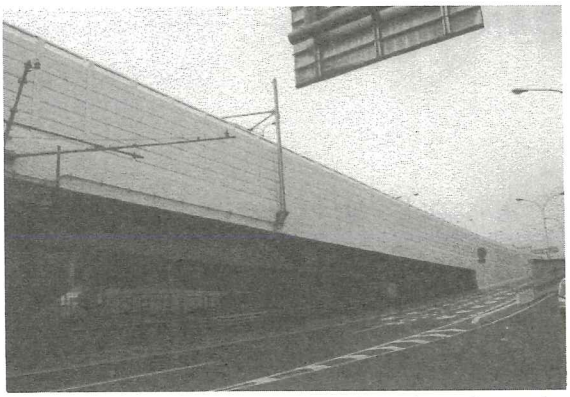
4）主な試験施工箇所

光触媒の試験施工は各地で実施されているが、主なものをいくつかとりあげると以下のような例がある。その他に、東京都板橋区大和町交差点周辺や千葉県市川市の県道市川浦安線などで実施されている。



府道大阪臨海線助松公園前（大阪府泉大津市）

光触媒を含んだ塗装を工場で焼き付けた事例



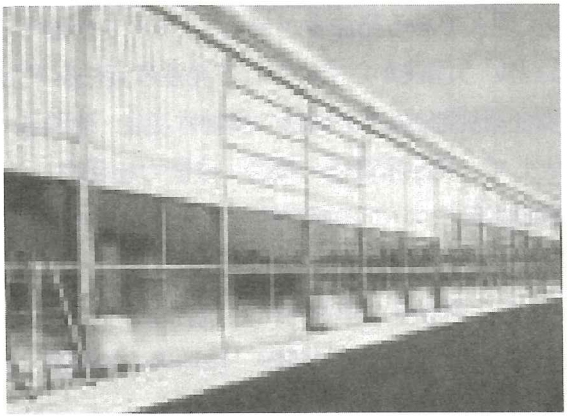
国道43号出来島小学校前（大阪市西淀川区）

光触媒を含んだ塗料を高架道路の側面に塗布した事例



県道東京大師横浜線池上新田(川崎市川崎区)

歩道に光触媒を塗布したインターロッキングブロックを施工した事例（川崎市HPより）



国道302号喜多山地区（名古屋市守山区）

透光板付きの遮音壁に光触媒を被覆した事例

5）今後の方向性

現状の浄化能力では、自動車から排出される NOx のごく一部を浄化するにすぎないため、当面は光触媒の作用により汚れが付着しにくいことを重視して、メンテナンス頻度の低減や美感の向上の観点から、光触媒を遮音壁やガードレールなどに使用し、プラスアルファとして大気浄化効果を期待するものと考える。

したがって、環境基準を超過するような大気汚染の激しい場所における大気浄化としては、別の手段を考えるか、組み合わせて用いる必要があると考える。

Ⅰ－３．１　発注者支援制度について

質問者:高山国道工事事務所
回答者:総合技術政策研究センター　建設システム課(TEL.0298-64-2677)(回答2)
建設マネジメント研究室(TEL.0298-64-4239)(回答1)

質　問

現在、工事の発注及び施工において、特記仕様書に明記されていない事項については、協議事項又は受注者の任意事項となっており、特に地方公共団体では施工業者から上がる協議事項について的確な回答が答えられない状況となっている。そのような中で発注者の技術力を補完するシステム等があれば紹介して頂きたい。(質問１)また、事故等が起きた場合における受発注者間の責任について過去の判例をもとに取りまとめたもの等があれば併せて紹介して頂きたい。(質問２)

回　答1

国民の代理人である発注者が自ら、「公平さを確保しつつ良質なモノを低廉な価格でタイムリーに調達し提供する」という国民から求められる発注者責任を果たすことが最も重要であることから、平成１０年４月に「発注者責任研究懇談会」を当時の農林水産省・運輸省・建設省により設立し、平成１１年３月には「中間とりまとめ」として、発注者責任の概念、技術力を反映した入札契約方式（総合評価方式等）や技術力を重視した企業評価制度等についての提言等を、また平成１２年３月には「第一次とりまとめ」として、発注者の評価、企業の評価、工事の評価の３つの評価を軸とした工事発注段階以降の新たな制度づくりのあり方が提案されている。さらに平成１３年３月には「第二次とりまとめ」[1)]では発注者責任を果たすための具体的施策のあり方として、発注者と受注者の役割、発注者支援制度、的確な選定方法、特許工法等の知的財産権の活用方策等についての提案がなされている。

この「第二次とりまとめ」においては、発注者が自ら行うべき業務、例えば工事実施段階で行う業務として①工事内容評価等、②入札契約方式と企業選定、③技術審査等、④工事監督等、⑤検査（検収）支払い、⑥工事実績評価があるが、発注者の事業執行能力が低い場合あるいは超える工事発注を行う場合は、発注者は自らの組織体制で業務を行うことが困難となり、何らかの実施体制の補完方策の必要性を指摘し、具体的には以下の３つの方策を提案している。

（１）　発注者支援を受け発注者の業務を代行させる
（２）品質保証制度を採用して発注者の業務を軽減する
（３）受注者側に任せる業務を増やし発注者側の業務を減らす

このうち（１）発注者支援制度は、他の２つの補完方策とは異なり、発注者が行う業務全般に活用することが可能と考えられ、早期に試行して制度の確立を努めることがもとめられており、具体的な方策としては１）マネジメント技術活用方式、２）アドバイザー方式が検討され、現在試行を行っている段階です。

ここではこの２つの発注者支援方式を紹介するが、発注者自身が自らの技術力アップや体制の整備を図っていくことが最も重要であることは言うまでもない。

１）マネジメント技術活用方式

建設プロジェクトにおけるマネジメントは、調査・企画段階から、設計・施工、維持・管理段階の全ての

事業実施段階において、コスト縮減や品質確保を図りつつ、定められた期限までに、プロジェクトの目的や目標を達成するため、与えられた経営資源を効率よく配分して事業を完遂することと言える。実際の建設事業のプロセスにおいては、発注者、設計者、施工者が様々な知恵や工夫を凝らし、お互いに相互補完しながら円滑に事業を実施しており、まさにそのような知恵や工夫をもとに事業を「うまくやりくりする技術」がマネジメント技術であるので、発注者支援制度における「マネジメント技術活用方式」とは、

> 従来の一式請負方式において、設計業者、発注者、元請業者がそれぞれに担っていた設計、発注、施工に関する各種の「マネジメント業務」の全部又は一部を、コンストラクションマネージャー（CMR）が発注者側の補助者でとして担う形態

と言うことができ、活用効果としては

- コストの透明性向上
- 発注者への技術的補助　等

が期待できると考えている。

マネジメント技術活用に関する発注者ニーズを抽出するため、市区町村、都道府県・政令市、地方整備局発注担当部局にアンケート調査を実施し、ニーズをとりまとめたところ、

- 短期的に事業量が増大した場合の対応
- 発注者の経験が少ない工種を発注する場合の対応
- 大規模プロジェクトの発注への対応
- 定常的な技術者不足への対応
- 事業が錯綜し高度な調整が必要なことへの対応
- 専門工事毎の分離発注することへの対応
- 大規模な工事を分離、分割することへの対応
- 受注者の技術力が十分でないことへの対応

に概ね区分され、市区町村では

- 発注者の経験が少ない工種を発注する場合の対応
- 定常的な技術者不足への対応

のニーズが高く、都道府県・政令市では

- 短期的に事業量が増大した場合の対応
- 発注者の経験が少ない工種を発注する場合の対応

のニーズが、地方整備局発注担当部局では

- 短期的に事業量が増大した場合の対応
- 事業が錯綜し高度な調整が必要なことへの対応
- 専門工事毎の分離発注することへの対応

のニーズが高いという結果が得られており、本方式の試行においてはこのニーズに基づき、図―１にある３つのパターンを代表パターンとして取り組むこととしており、このうち施工マネジメント①型は、中部地方整備局管内で実施されている清洲 JCT 下部工工事において試行に取り組んでいる。またその他のパターンについても今年度から試行に着手し、本方式の効果や本格導入に向けて検討すべき課題の検討を行っていく予定である。

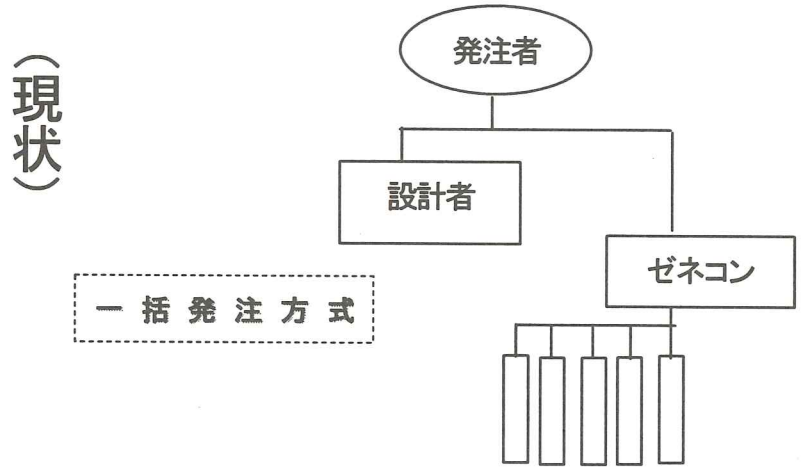
参考文献

1）発注者責任を果たすための具体的施策のあり方（第二次とりまとめ），平成１３年３月，発注者責任研究懇談会

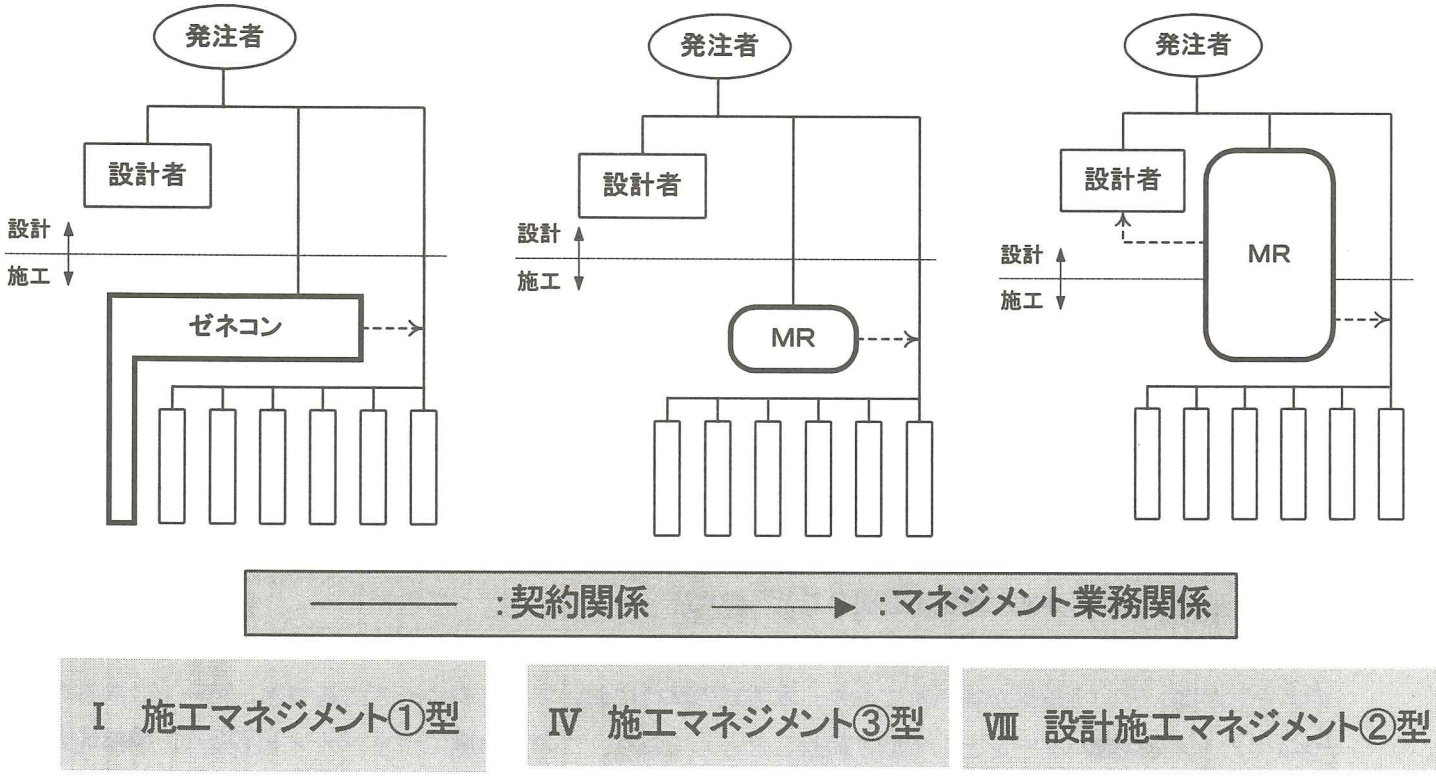
2）アドバイザー方式

アドバイザー方式は、調査・設計業務における発注者支援制度として提案され試行されているものである。

具体的に提案されたのは、平成１２年３月の「設計・コンサルタント業務等入札契約問題検討委員会中間とりまとめ」においてである。入札・契約制度の改善策の１つとして「発注者として適切な判断ができるた



（代表３パターン）



図―1　マネジメント技術活用方式

めの体制の確立」が提案されており、適正な業務執行を図る上で発注者の技術力が不足する場合には、アドバイザーによる発注者支援を受けることが必要であるとされている。

本中間とりまとめを踏まえ、直轄事業等においてモデル的にアドバイザー方式を試行することとした。試行は、下記の要領（案）[2]を参考に実施されており、平成１３年９月現在で４地整２自治体において試行されており、これらの試行結果を受けて、アドバイザー方式を制度化し、地方自治体等への普及、促進を図っていく予定である。

調査・設計業務におけるアドバイザー方式（部分的支援）に関する試行の実施要領（案）
（抄）

１．アドバイザー方式

この方式は、国土交通省地方整備局等が行う公共土木工事に係わる調査・設計業務の執行について、各地方整備局又は工事事務所が、調査・設計に関し専門的知識を有し、経験豊富な技術者（以下「アドバイザー」という。）から、技術的な助言・指導等の支援を受けるものである。

２．定　義

（1）「アドバイザー」は、国土交通省地方整備局又は工事事務所における事業の計画、調査及び設計の各段階において、専門的、技術的立場から必要な助言・指導・支援を行うものである。

３．適用範囲

（1）アドバイザーは原則、「民間建設コンサルタント」とする。

（2）アドバイザーの支援先となる発注機関は、国土交通省地方整備局及び工事事務所とする。

（3）アドバイザー業務は、以下に例示する調査・設計に係る支援業務について専門的、技術的な助言・指導、提示等を行う「部分的支援」（表－１参照）とする。

調査・設計業務に係るアドバイザー業務（例）	（項目の選定例） A	B	C	D	E
① 発注計画案の作成	○	○			
② 発注仕様書案の作成	○	○	○	○	○
③ 設計書等の作成支援	○	○	○	○	
④ 調査・設計企業の選定・特定支援	○				
⑤ 調査・設計業務の監督支援（打ち合わせ立会、助言、指導）	○				
⑥ 成果品の照査支援、等	○	○	○		

表－１　　部分的支援と全面的支援

	部分的支援	全面的支援
適用範囲	● ある程度の技術を発注者が有しており、設計・施工のコントールが可能であるが、特定の専門技術のみが不足しているケース。	● 技術者がいなく、設計・施工のコントロールや発注事務処理ができないケース。
必要技術	● 特定専門技術（トンネル、ダム等）	● 一般発注技術（企業評価、発注事務、設計、施工）
設計・施工者との関係	● 現状どおり	● 設計者・施工者との契約において支援者を位置づけることが必要

（4）アドバイザーに発注者業務の部分的支援を委託するケースとしては、特定の専門技術者が不足している以下の例が考えられる。

① 複数業務の発注時期が集中

予算示達時期の集中や供用開始時期の繰り上げ等により関連する調査・設計業務の発注時期が集中し、設計図書等の整備が遅延している場合

② 設計委託等業務発注が輻輳

重要構造物における一連の調査・設計業務を複数企業に委託し、委託業務間での整合を図るために高度な技術力及び経験を要する場合

③ 高度な専門技術力を要する計画立案業務

路線計画、河道計画や重要構造物の計画等、高度な専門技術力を要する計画業務を委託するにあたり発注計画等の整理が困難な場合

4．アドバイザーの選定

調査・設計に係わる部分的支援のアドバイザーは、原則公募するものとし、「簡易公募型プロポーザル方式（技術者評価型）」に準じた方法により特定するものとする。手続日数は適宜短縮して良い。

なお、民間建設コンサルタントからの参加者が不調となった場合（適切なアドバイザーと特定できない場合を含む）、建設弘済会や建設技術センター等に個別に随意契約し委託するものとする。

（1）公募

「簡易公募型プロポーザル方式（技術者評価型）」に準じた方法によりアドバイザーを特定する場合、担当技術者の資格要件としては、「同種・類似業務の管理技術者実績が○件以上」、あるいは、「技師長（主任技師以上）の経験を有する」など、経験を重視することとする。（資格要件として、「発注に関する行政経験」、「地域精通度」、「技術士あるいはRCCMなどの資格」を含めることも一例）

また、以下の事項についても公募要件として明示する。

（a）準公務員としての義務：

① アドバイザーは発注者の部分的支援を行うため、国家公務員倫理法を準用する。

（b）アドバイザーの権限：

① アドバイザーは、業務の遂行上知り得た事実を第三者に漏らしてはならない。

② 派遣要請を行った発注者は、派遣されたアドバイザーによりアドバイスされた内容の採用等については、自己の判断に基づき処理するものとし、アドバイザーのアドバイス内容に関する責任は問わないものとする。

（c）関連業務受注の制限：

① アドバイザーの属する建設コンサルタント企業、又は当該企業と資本・人事面等において関連があると認められた企業は、当該業務が直接対象とする調査・設計業務等のプロポーザル、競争入札には参加することができない。

② アドバイザーの属する建設コンサルタント企業と資本・人事面等において関連があると認められた製造業者又は建設業者は、当該業務に係る工事の入札に参加し又は当該工事[注2]を請け負うことができない。

（2）アドバイザーの選定（特定）

略

5．アドバイザーとの契約

（1）国土交通省地方整備局又は工事事務所は、特定されたアドバイザーに当該アドバイザー業務を依頼し、随意契約により締結するものとする。

（2）アドバイザーとの契約期間及びアドバイザー業務内容等は、特記仕様書に基づくものとする。

（3）アドバイザー業務の成果品については特記仕様書において示されるものとし、一般には以下のとおりとする。

- 報告書　（表－3（略）の例に基づいた成果品をとりまとめたもの）
- 日報・打合せ記録簿　（アドバイザー業務）
- 収集資料等一式　（支援業務にて立案、提案、助言するにあたり収集した資料）

6．アドバイザーの費用

（1）アドバイザーとの契約額は、調査・設計業務積算要領を参考に、契約相手方の見積書に基づくものとする。

略

（2）アドバイザー費用は、アドバイザーの支援を受ける国土交通省地方整備局又は工事事務所（甲）とアドバイザー（乙）との契約に基づき、甲が負担するものとする。

7．留意事項

略

参考文献

2）アドバイザー方式の試行について，平成１３年２月２０日，大臣官房技術調査課課長補佐事務連絡

回　答2

過去に公共工事において発生した建設事故に関する訴訟事例を紹介する。

1．公共工事における事故の訴訟事例

1）対象とした建設事故

①新四ツ木橋事故事件（昭和 44 年 4 月 1 日事故発生：第一審（昭和 54 年 6 月 25 日）、第二審（昭和 58 年 5 月 23 日））

②広島市新交通システム橋げた落下事故事件（平成 3 年 3 月 14 日事故発生：第一審（平成 10 年 3 月 24 日）

③松戸トンネル水没事故事件（平成 3 年 9 月 19 日事故発生：第一審（平成 8 年 9 月 29 日）、第二審（平成 10 年 4 月 27 日）、上告審（平成 13 年 2 月 7 日））

2）発注者責任の変遷

①従来の原則

建設工事の施主である発注者は、建設工事における工事施工業者である請負人の労働災害については、民事責任も刑事責任も負わず、元方事業者以下の建設業者が民事責任や刑事責任を負う。

②その理由

工事の施主である発注者は、工事現場で働く労働者を雇用しているわけでもなく、作業場の指揮命令

もしていないので、労働者の使用者になることはないため、建設工事現場において発生した請負事業者の労働災害については自己の責任を問われることはないと考えられるためである。注文者は、危険な注文もしくは指示をすればその限度で発生した災害に対し故意又は過失の刑事責任を問われることがあるに過ぎなく、そうでない場合の請負人の使用する労働者の労働災害等の発生について事故防止義務はないとするのが長い間の我が国の伝統的考え方であった。

③最近の傾向

しかし、昭和44年、昭和45年に発生した新四ツ木橋事件、板橋ガス爆発事件、天六ガス爆発事件等の公共事業での建設事故を審議するなかで、発注者は、単なる会計法上の立会いに止まらず、災害防止に対しても責任があることを認め、発注者の工事関係者の労働災害等についての工事上の事故防止のための監督責任を認めるようになってきた。

④その理由

「市街地土木工事公衆災害防止対策要綱」(S39.10策定)を契機に、事故の発生の防止は、施工者側の努力だけで成果が得られるものでなく、工事を発注する場合の計画・設計・積算・変更等の発注者側の理解と協力を得なければならない問題が多いとし、発注者に対し実施の協力を求めてきたこと。および、起業者の責務をうたい、その対策方法を具体的に記述する傾向に変わり、また、公共事業は通常の民法上の注文者・請負者の関係ではすまないとの解釈が定着しつつある。

3）具体的な事項

①公共工事標準請負契約約款　16条（監督員）の解釈について

契約約款のなかの監督員の地位について「工事の施工に立会い又は必要な監督を行い、もしくは現場代理人に対して指示をあたえること」が含まれ、監督員は、工事の施工・管理全般に渡って必要な監督・指示を行うことができ、作業の安全管理という事項についての監督・指示も含まれる主旨だと読めなくもない。このような理解のもとでは、監督の権限だけでなく、監督権限の行使が義務となる場合のあることを含んでいると考えられ、この関係において注意義務の根拠となっていると考えられる。

また、注文者が積極的に加害を生ずるような仕事ないしやり方を注文、指図する場合のみならず、加害を防止すべき措置を指示すべきであるのにそれを怠ったという消極的な態度も注文又は指図についての過失があるとする態度をとっているのが近時の考え方である。

②「公共工事標準請負契約約款」12条

請負契約書では、「主任技術者および現場監督の承認、および不適当と認めるときには更迭を求めることができる」としており、明らかに発注者が請負人の工事現場の人事に介入している。この介入の実態が、発注者の請負人に対する人的不適性についての責任を逆に発注者側にも生じさせる結果となっている。

③「民法」：第716条（注文者の責任）、第715条（使用者の責任）

国・地方公共団体が注文者である建設工事の場合、特に、注文者が経済的にも技術的にも請負人を凌駕する場合や、危険性の大きい仕事の請負については、注文者の責任を使用者に近づけて考えていく必要があるとする見解がある。

④「地方自治法」第2条2（･･･、地方自治行政の基本原則）

国や地方公共団体の場合には、国民や市民に対する生命、財産等に対する保護義務がもともと一般的なものとしてある。･･･住民に対する危険防止の責

務が民間工事に比べてより一層強く求められることになる。

⑤「建設工事請負契約書」第20条4項（工事の変更、中止等）

天災等発生時の工事中止指示義務が規定されていること等より、一定の危険な事態が発生した場合には、その損害発生を防止するために、工事発注者側においても災害を防止すべき義務を負う場合があるというべきである。

⑥「建設工事請負契約書」第24条1（臨機の措置）

請負者が災害防止等のための臨機の措置を取る際の監督員からの意見聴取を定め、監督員自身に災害被害防止その他の工事施行上のための臨機の措置要求権限を認めている。

以上

参考文献

1083号　判例特報

1590号　判例特報

1638号　判例特報

判例タイムズ　　No. ４９６

判例タイムズ　　No. ９４９

判例タイムズ　　No. ９９０

Ｉ－３．２　ＩＴＳの活用、システム構築の動向について

質問者:北勢国道工事事務所
回答者:国土技術政策総合研究所　高度情報化研究センター情報基盤研究室
(TEL.0298-64-4916)
国土技術政策総合研究所　高度情報化研究センター
高度情報交通システム研究室(TEL.0298-64-4496)
独立行政法人　土木研究所技術推進本部先端技術チーム(TEL.0298-79-6757)

質　問

総合的な国土管理を実現するためには、関係する情報を収集・保管・利用するための統合情報基盤の開発が必要である。災害被害の低減、効果的・効率的な国土管理を実現するために、迅速な情報収集、情報の共有および的確な情報提供のためのシステムの構築が求められる。
現在、アクションプログラムにより推進されている国土交通ＣＡＬＳ／ＥＣの現状と直轄事業の全てのプロセスに導入される２００４年までの動向についてご教示願いたい。
また、安全で信頼性の高い交通を支えるＩＴＳ（高度道路情報システム）を含めたスマートウェイ構想の研究開発の取り組み状況についてご教示願いたい。

回　答

(1)CALS/EC アクションプログラムの概要

建設 CALS/EC アクションプログラムは、平成 16 年度までに建設省直轄事業について建設 CALS/EC を実現するための具体的な内容を３つのフェーズで示したものである。

建設 CALS/EC アクションプログラムのフェーズ１（平成 8～10 年度）では建設省全機関において電子データの受発信体制を構築するためにインターネットの利用環境を整備した。続くフェーズ２（平成 11～13 年度）では主に電子入札と電子納品の実施を目指している。具体的には、平成 13 年度中に直轄事業の大規模事業を中心に 100 件の電子入札を実施するとともに、平成 13 年４月より全ての土木設計業務及び契約予定金額３億円以上の工事を対象に電子納品を開始している。

フェーズ３（平成 14～16 年度）では旧建設省直轄事業の全てのプロセスにおいて電子

表-1　CALS/EC アクションプログラム（概要）

		フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3
		1996～1998 年度	1999～2001 年度	2002～2004 年度
建設	整備目標	全機関において電子データの受発信体制の構築	一定規模の工事などに電子調達システムを導入	直轄事業の調査･計画、設計、施工、管理に至る全てのプロセスにおいて、電子データの交換、共有、連携を実現
	実現内容	･全職員のパソコン、インターネット利用環境の整備 ･事業に関連する情報の伝達・交換を電子メール化 ･調達関連情報のホームページ掲載 ･実証フィールド実験の開始 ･電子調達に必要な技術の開発	･一部の工事等において電子調達システムの導入 ･資格審査申請のオンライン化 ･成果品の電子納品を開始 ･電子データ成果の再利用・加工・統合によるデータの有効活用 ･国際標準に基づく電子データの基準化	･すべての事業に電子調達を活用 ･EDI による契約事務の執行 ･事業に関する情報の統合データベース化 ･GIS を利用した情報の連携統合

データの交換、共有、連携を実現する予定である。数値目標として、平成 16 年度には国土交通省の全公共事業約 44,000 件を実施し、電子納品についても段階的に対象を拡張する予定である（図-1）。

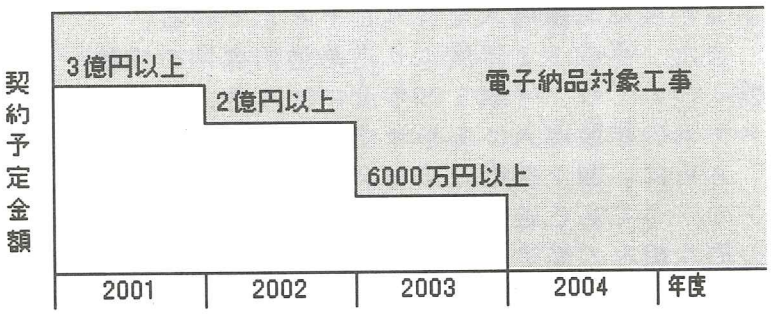


図-1　電子納品対象工事の拡張予定

国土交通省の発足に伴い、新たに全省一丸となって CALS/EC を推進するための体制を整備するため、平成 13 年 5 月に「国土交通省 CALS/EC 推進本部」（本部長：事務次官）を設置した。国土交通省 CALS/EC 推進本部では、旧建設省が推進してきた建設 CALS/EC、旧運輸省が推進してきた港湾 CALS、空港施設 CALS が定めたアクションプログラムの共通目標を整理し、技術交流を行うことにより、国土交通省として統一したアクションプログラムの策定を検討しているところである。

(2)アクションプログラムの達成に向けた取り組み

業務や工事の納品物が電子化されることにより、施工現場で計測された出来形や品質などの情報をそのまま DB に保存・更新したり、事故発生時に該当箇所の諸元や施工管理記録、維持管理記録等を迅速に参照し、事務所内及び現場業務で適切な対策を行うことが可能となる。そのため、DB やシステムと帳票に登録する情報の交換・共有・連携を図り施工・維持管理業務を効率的に支援する情報の交換ルールを土木研究所先端技術チームで検討している。国土交通省では、このようなシステムを施工維持管理支援 PDB（Project Data Base）と呼んでいる。

管理で扱う情報はいずれも地図上の位置に関連する情報であるため、道路事業における ITS アプリケーションや行政の効率化・高度化を支える共通基盤となる 1/500 程度の精度の高い道路地図データ（道路基盤データ）の導入に向けた検討を道路局防災対策室で実施している。この道路基盤データを安定的かつ低コストで整備するため、工事完成時に工事完成図書の一部として道路基盤データが納品される方法を国土技術政策総合研究所情報基盤研究室で検討している。

(3)スマートウェイに関する研究開発の取り組み

スマートウェイは道路交通の情報化を支える共通基盤として、ハード（光ファイバー、センサ、情報提供装置等）、ソフト（道路通信標準、路車間通信等）、データ基盤（GIS、データベース等）によって構成されており、スマートウェイで展開していくシステムの相互接続性、相互運用性、機器互換性を確保して、情報の共有利用、システムの構築・維持・改良のコスト削減を図るものである。

このうち道路通信標準については、道路に関する情報を正確に伝えるための約束事を取り決めた、いわば共通言語のようなもので、道路通信標準の整備により、ＩＴＳアプリケーションに於けるデータの共通利用が進み、システム整備の効率化に寄与する。国土技術政策総合研究所では、平成１２年度までに１２のアプリケーションで道路通信標準を試験的に導入しており、平成１３年度は５０の事例に拡大して適用を進め、１３年度中に研究成果としてオーソライズし、実用化に一応の目途をつける予定である。今後とも適用アプリケーションの拡大を図る予定である。

また、道路管理用光ファイバーについては着実に整備されてきており、平成１３年度末から１４年度にかけて東北～九州の８地方整備局と本省とが物理的に接続される予定である。国土技術政策総合研究所では、この管理用光ファイバーの論理的ネットワークの構築に関する研究を進めているところであり、管理用ＩＴＶ画像の交換システムについて平成

１４年度に試験導入を行うこととしている。

また、平成１１年度より道路通信標準の実験システムとして構築中の道路データ利用基盤については、平成１３年度中に６地方整備局へ拡大し、平成１４年度中には画像支援システムの試験導入にあわせて実用化を完了する予定である。

さらに、国土技術政策総合研究所では、スマートウェイ上で実現されるアプリケーションの一つである走行支援道路システム（ＡＨＳ）の研究開発に取り組んでおり、これまでの取り組みの経緯と今後の取り組み概要は以下の通りである。

① 平成１２年度には、国土技術政策総合研究所試験走路内でシステムの実証実験を実施。ＡＨＳサービスの有効性やシステム設計の妥当性を検証
② 平成１２年度より、道路状況を把握するセンサや路面状況を把握するセンサについては東名高速道路等の実道フィールドにおいて実証実験を開始
③ 平成１３年度には路車間情報通信機器の実道電波伝搬実験を開始予定
④ 平成１４年度には実道、試験走路等においてさらなる実証実験を実施予定

また、平成１３年度にはＡＨＳで開発した画像処理技術を道路管理へ応用する実証検討も行う予定である。

なお、道路通信標準やＡＨＳについてのより詳しい情報については、以下のホームページも参照ください。

http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/index.html

Ⅰ－３．３　社会資本整備に関わる費用対効果分析手法について

質問者:東海幹線道路調査事務所調査課
回答者:国土技術政策総合研究所　総合技術政策研究センター
建設マネジメント研究室(TEL.0298-64-4239)

質　問

厳しい財政状況の下、社会資本整備の費用対効果をわかりやすく説明し、事業を進めることがますます重要となっており、事業特性に応じた分析手法が求められている。一方、費用対効果分析手法、とりわけ間接効果（波及効果）については調査研究段階であり確立されていない。現在取り組まれている代替法、消費者余剰計測法、ヘドニック法、ＣＶＭ、トラベルコスト法等の分析手法の考え方や今後の展望について教示願いたい。

回　答

厳しい財政事情のもと、限られた財源を有効に活用し、効率的・効果的な公共事業の実施等を図るとともに、その実施過程の透明化を図る観点から、所管事業の新規採択時における費用便益分析の実施をはじめとする事前評価、再評価、事後評価の枠組みが旧建設・運輸・北海道開発の各省庁において順次整備され、運用されてきた。

平成13年1月の中央省庁再編を受け、国土交通省所管事業の事業評価要領が策定され、7月に公表された。

費用対効果分析は、新規採択時評価及び再評価において、おもに経済的尺度による事業の着手又は継続の妥当性を判断するために用いられるものである。具体的には事業に関する費用と効果を貨幣化して費用便益費を算出するとともに、貨幣化できない効果については定性的な記述を行い、これらを総合的に評価する。

実際の評価は、あらかじめ定められた基本的な考え方にしたがって事業ごとに策定されたマニュアルによって行われている。例えば旧建設省の「社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針（案）」（以下「統一的運用指針」という）においては、事業分野に共通する留意点等として、分析の基本的枠組み（手法の選択等）、評価対象期間、割引率が定められており、他省庁においてもほぼ同様であった。

分析内容のうち、費用については建設費（工事費と用地補償費）、維持管理費を計上することでかなり正確な計測が可能であるが、効果についてはそのすべてを計測する手法が確立されておらず、手法による精度のばらつきがあるなどの課題が残る。

現在用いられている効果の計測手法のおもなものは次のとおり。

○消費者余剰法

事業実施によって影響を受ける消費行動に関する需要曲線を推定し、事業実施により生じる消費者余剰の増分（投資による一般化費用の低下額の積分）を求め、便益とする。交通事業の直接効果（時間短縮、費用低減等）等の計測に用いられる。

○旅行費用法（トラベル・コスト法、TCM）

対象となる施設等を訪れ、利用する人々が支出する旅行費用（交通費などの費用と、利用のための時間等の機会費用の合計）求め、便益とする。公園、環境整備事業等によりもたらされるレクリエーションやアメニティの利用効果の計測に用いられる。

○代替法

対象となる施設等の効果を、同様な機能を有する他の市場財により確保するために必要な費用、または対象施設の整備により回避される被害額（潜在的支出額）をもって評価する方法。防災、環境改善等のための事業の効果を計測するために用いられる。

○ＣＶＭ（仮想価値法）

対象となる施設等の効果を、住民等に対するアンケート等により評価する方法。住民等の支払意思額を集計したものが便益となる。施設の存在価値、環境価値等の評価に用いられる。

○ヘドニック法

投資の効果がすべて土地に帰着するというキャピタリゼーション仮説に基づき地価関数を推定し、事業実施に伴う地価上昇を推計することにより、便益を評価する方法。市街地開発事業等の効果の計測に用いられる。

これらの手法の選択及び適用に際しての留意点は「統一的運用指針」に記載されており、これを受けて各事業のマニュアルにおいて評価項目と計測手法が定められている。

表−1　事業効果（便益）の計測項目及び手法の例

	河川・砂防・海岸[1]	道路	港湾[2]	公園	下水道	区画整理・再開発	公営住宅
利用価値	CVM（利用価値、環境）	消費者余剰法（経費・時間縮減）	消費者余剰法、TCM（経費・時間縮減、交流機会）	旅行費用法（利用価値）	代替法（便所水洗化）	ヘドニック法（地価上昇）[3]	代替法（帰属家賃）
環境保全			CVM（地域環境、生態系）	代替法（温暖化）	代替法、CVM（生活環境、水質）		
防災・安全	代替法（被害軽減）	代替法（交通事故）		代替法（火災防止）	代替法（浸水防除）		
地域経済[4]							
その他					代替法（施設空間活用）		

注：1）河川・砂防事業では、事業目的によりいずれか一方の項目のみ計上する。
2）環境保全効果は環境整備事業において計上する。
3）理論上すべての便益を包括的に計測することが可能である。
4）一般的には計上しない（便益の重複計上となるため）。

（各事業の評価マニュアルをもとに作成）

しかしながら表１に示すように、直接的効果以外の環境等の改善その他の間接的な効果等を含むすべての便益を把握するには至っておらず、異なる事業の間での評価項目の設定、手法の選択についての整合も十分に図られているとはいえない状況である。

また、社会情勢の変化等によるニーズの変化、事業の遅延などのリスクが必ずしも考慮されていないため、結果として正当な評価がなされない可能性もある。

そこで国土技術政策総合研究所では、国土交通本省が設置する「事業評価システム研究会」の活動と連携しながら、プロジェクト研究「事業評価手法の高度化に関する研究」を進めている。このプロジェクトでは、事業評価における当面の課題である以下の事項について研究開発を行い、評価手法の精度と客観性の向上を目指すこととしている。

- 事業の効果（便益）を広範囲かつ正確に計測するための、外部経済・外部不経済の貨幣評価及び定量的評価に係る評価システムの検討
- 事業の遅延等の影響を考慮した評価のための時間管理概念の導入に関する検討
- 事業のコスト・効果における不確実性を考慮した評価のための手法の検討

本研究プロジェクトの成果により、所管事業のより効率的・効果な実施が図られ、国民へのアカウンタビリティの向上が期待される。

参考文献

1）山下、栗原、臼田、青木：社会資本整備の評価手法に関する調査，平成 11 年度土木研究所年次報告書
2）濱田、曽根、池原：道路事業の評価に関する調査，平成 10 年度土木研究所年次報告書

Ⅰ－４．１　透過型砂防堰堤の土石流区間の最下流部への設置について

質問者:静岡県土木部

回答者:土木研究所　土砂管理研究グループ火山・土石流チーム(TEL.0298-79-6785)

質問

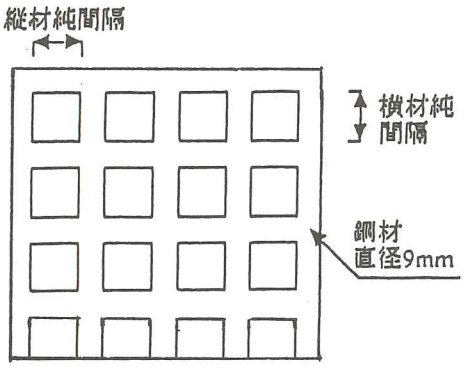
当県では、防災機能を確保しつつ、下流への土砂供給や生態系の連続性も確保するために、土石流区間の最下流部でも透過型砂防堰堤の設置を検討しているが、この場合、小粒径の土砂の捕捉も考慮するなど、土石流を確実に捕捉する必要がある。そこで、「土石流対策技術指針（案）設計編」P15(2)「開口部の大きさ」に、「土石流を確実に捕捉しようとする場合は、最大礫径の 1.0 倍程度とする」と記述されているので、この値をとれば、安全と判断して問題ないかご教示願いたい。

回答

保全対象の上流側の最も近い位置に透過型砂防堰堤を設置する場合、流出する石礫で透過部が確実に閉塞するように開口部の純間隔を小さくしたり、閉塞した後の突発的な土砂流出に対しても、下流保全対象に対する影響が小さいことを確認するなど、保全対象及び透過部構造の安全性に十分な配慮を払う必要がある。

透過断面の幅については、土石流先頭部が捕捉される場合でも、堆積土砂が後続流によって流出する場合があるため、保全対象の直上流では、小粒径土砂の捕捉にも考慮しなければならない。なお、透過部の幅については、以下の実験により知見が得られているので、その一部を紹介する（水野、水山　「上部の格子間隔が狭い格子型ダムに関する研究」、砂防学会誌 Vol.49、No.4、1996)。

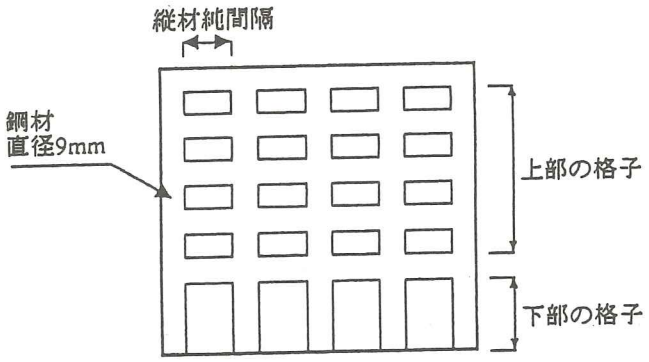
水野らは、縦横部材の純間隔を変えた数種類の格子型ダム模型を使用し、ダム模型から流出する流砂量を計測することにより、効果的な部材間隔（L_{min}）と 95%粒径（d_{95}）の比(L_{min}/d_{95})について検討を行った。使用したダム模型を図－１、２に記す。



縦材純間隔（mm）	横材純間隔（mm）	L_{min}/d_{95}
23.5	23.5	2.7
23.5	17.0	1.9
17.0	23.5	1.9

L_{min}: 縦材純間隔と横材純間隔のうち小さい間隔。

図－1　ダム模型（上部と下部が同じ形状の格子）



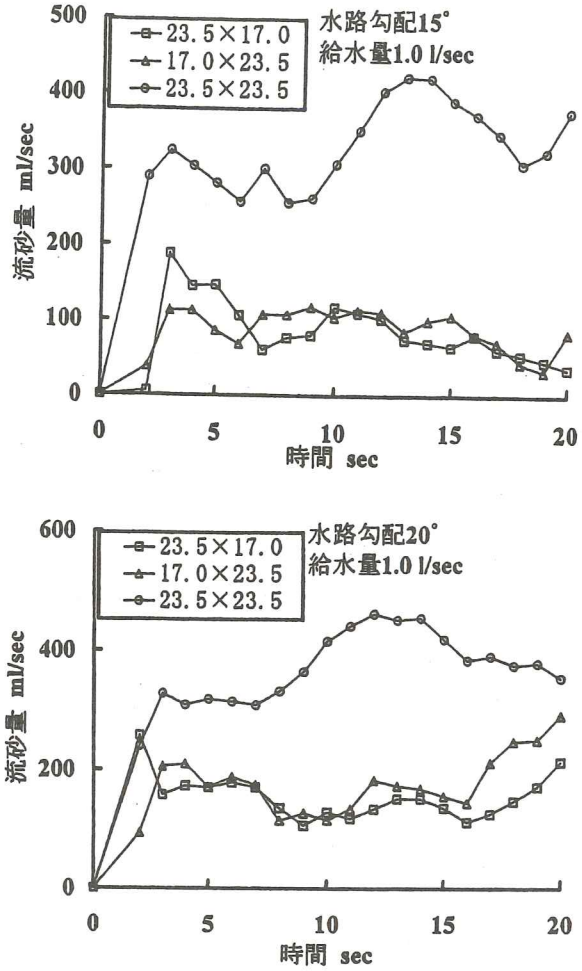
縦材純間隔（mm）	横材純間隔（mm）		L_{min}/d_{95}	
	下部	上部	下部	上部
17.5	14.0	7.0	1.6	0.8
	14.0	14.0	1.6	1.6
17.5	21.0	7.0	2.0	0.8
	21.0	14.0	2.0	1.6

L_{min}: 縦材純間隔と横材純間隔（上部の格子または下部の格子）のうち小さい間隔。

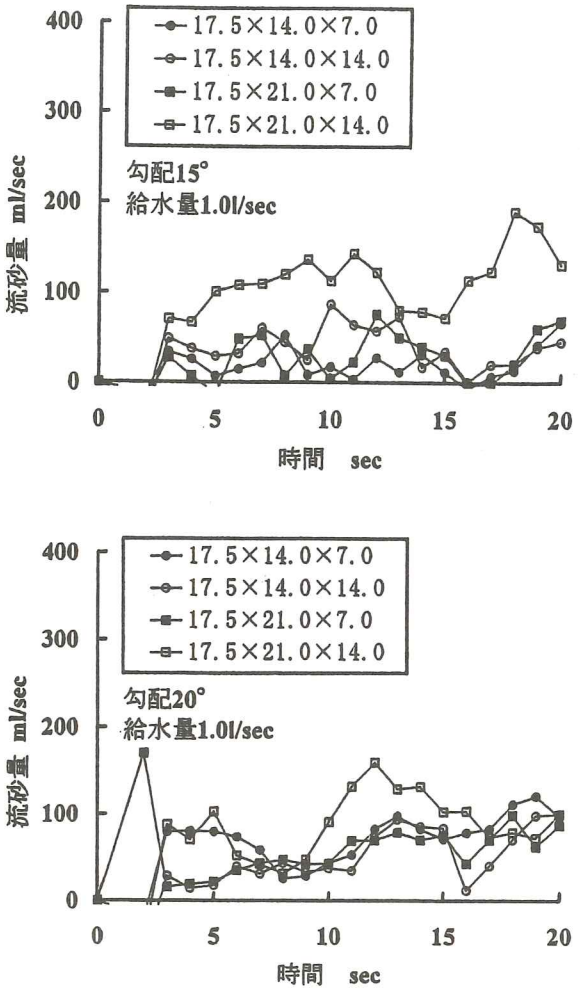
下部: 下部の格子，上部：上部の格子

図－2　ダム模型（上部が狭い格子）

実験の結果、図－１で示す 23.5×23.5、23.5×17.0、17.0×23.5（縦材純間隔×横材純間隔の順）の模型の場合、土石流の先頭部を捕捉するが、後続流が上部の格子から流出したり、格子を塞いでいた砂礫の噛み合わせ構造が崩れ土砂が流出し、図－３に示す流砂量変化のグラフにおいて、後半部に大きなピークが見られる現象が観察された。次に縦横部材間隔と、上部と下部で格子間隔を変えたダム模型（図－２）を使用した実験結果を図－４に示す。



図－3　上部と下部が同じダム模型の流砂量の時間変化



但し，凡例は（縦材純間隔）×（下部の横材純間隔）×（上部の横材純間隔）である。

図－4　上部が狭いダム模型の流砂量の時間変化

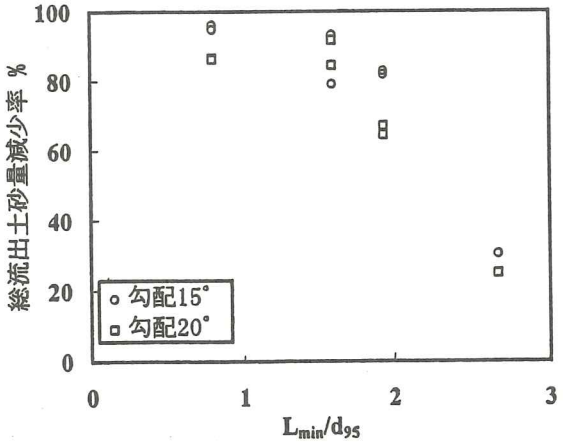
何れも土石流の先頭部を捕捉したが、17.5×21.0×14.0（縦材純間隔×下部横材純間隔×上部横材純間隔、以下同様とする）のダム模型の場合、最も高い位置にある格子が閉塞せず、後続流が流出するケースが見られた。しかし、他の模型の場合は後続流も捕捉され、L_{min}/d_{95}が大きな図－１に示す模型に比べると、模型ダムから流出する土砂量も少ないことが分かる。

以上の効果を総流出土砂量減少率（Ｐ）を用いて表したのが図－７である。総流出土砂量減少率は、以下の式とする。

$$P = 1 - \frac{Q_{t-d}}{Q_{t0}}$$

ここで、Q_{t-d}：ダム模型を設置した場合の総流出土砂量、Q_{t0}：ダム模型を設置しなかった場合の総流出土砂量である。

図－５では、図－１，２で示したダム模型の上部格子における L_{min}/d_{95} をＸ軸に、総流出土砂量減少率をＹ軸にプロットしている。総流出土砂量減少率は、L_{min}/d_{95} が小さくなる程、大きくなり、L_{min}/d_{95}＝１以下では、総量的にはかなりの土砂量を捕捉することが可能と言える。このように、土石流を確実に捕捉しようとする場合は、粒径調査が的確に実施されている場合、開口部の幅は最大礫径の 1.5 倍以下を原則とするが、この値は、上限であるため、安全側を考え、1.0 倍程度とすれば、さらに確実に捕捉できるといえる。



図－５　総流出土砂量減少率の比較

Ⅰ－４．２　砂防計画が対象とする事象

質問者：三峰川総合開発工事事務所
回答者：国土技術政策総合研究所　危機管理技術研究センター砂防研究室（TEL.0298-64-4372）

質　問

ダム堆砂計画を策定するうえで、ダム上流の砂防施設が果たす土砂生産抑制効果、流出土砂抑制効果を見積もることが適当と考えますが、ダム堆砂計画は１００年間にダムに流入堆積する量を見込み計画します。しかし、現状の砂防計画は、１００年確率洪水時の土砂処理計画としていると思われます。１００年間相当の土砂計画として見積もる場合の砂防施設による抑制量の見積もり方をご教示願いたい。

回　答

砂防計画は一般に計画規模の土砂移動現象（１洪水）が生じた場合に氾濫等の土砂災害を防止するための計画である。従って、砂防計画で対象としている土砂量は、ご指摘のとおり計画規模（例えば１００年超過確率規模）の１洪水が発生した場合の値となる。

以下の回答では、砂防施設のうち砂防堰堤に着目する。

１洪水による土砂移動だけでなく、１００年間に生じる土砂移動に対する砂防施設の効果を推定することは非常に難しいのが現状である。既に砂防施設が整備された流域において、土砂生産や土砂流出を継続的に観測している場合には、それらのデータに基づいて、１００年間に流出するであろう土砂量を推定できる。しかし、そのようなデータがない場合には、河床変動計算[1) 2)]を行って予測するしか手段はない。

砂防が担当する山地流域では、土砂は崩壊、土石流、土砂流、掃流、浮遊といった様々な形態で移動する。ご質問のように１００年間に貯水ダムに流出する土砂量を推定する場合、崩壊・土石流・土砂流といったかなり急勾配で発生する土砂移動よりも、掃流砂や浮遊砂による河床変動を対象とするべきと考えられる。このように掃流砂や浮遊砂を対象とした河床変動計算によって、砂防堰堤の土砂調節効果を検討した事例[3)]は多くある。また、日野川流域における昭和５１年から平成５年までの１３年間の流出土砂量を、河床変動計算によって再現したところ、年平均流出土砂量はかなり精度良く再現できた事例[4)]もある。このように適切に計算条件や境界条件を与えて河床変動計算を行うと、砂防堰堤の土砂抑制効果を含んだ、長期間の流出土砂量を推定できることが分かる。

河床変動計算を実施する場合には、①計算区間の上流対における境界条件、②計算区間内で支川等から本川に土砂流入が見込まれる場合における給砂のタイミング等に注意を払わなければならない。①については、流量に見合った土砂が輸送されるとして設定した事例[3)]が広く用いられているようである。その際必要となる流量ハイドログラフは流量観測データ、もしくは、流域の特徴を考慮して選んだ流出解析モデルによる計算結果を用いると良い。また、②については、砂防堰堤の土砂捕捉量が給砂タイミングによって違う場合があると報告[3)]されているので、幾つかの給砂タイミングを設定して計算を実施する必要がある。

参考文献

1）建設省河川局：河床変動計算、改定新版　建設省河川砂防技術基準（案）同解説　調査偏、山海堂、pp. 275-285、1997

2）（社）砂防学会：山地河川における河床変動の数値計算法、山海堂、143pp.、2000

3）例えば、大久保駿、水山高久、蒲正之、井戸清雄：連続するスリット砂防ダムの土砂調節効果、砂防学会誌 Vol. 50, No. 2, pp. 14-19, 1997

4）建設省河川局砂防部砂防課、建設省土木研究所砂防部砂防研究室、北海道開発局建設部河川計画課、各地方建設局河川部河川計画課、沖縄総合事務局開発建設部河川課：流砂系における土砂移動実態に関する研究、平成 12 年度（第５４回）建設省技術研究会指定課題、p. 19-1～p. 19-45

Ⅰ－４．３　表面遮水壁型ロックフィルダムにおける遮水壁の選択方法

質問者：水資源開発公団徳山ダム建設所
回答者：土木研究所　水工研究グループダム構造物チーム（TEL.0298-79-6780）

質　問

これまで我が国では、電力系を中心に、相当数のアスファルト表面遮水壁型ロックフィルダムが建設されています。また一方で、薄層転圧方法によるロック材料の締固めやスリップフォームを用いたコンクリートの連続打設が可能となったことを受けて、最近ではコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムの採用検討が積極的に進められていると聞きます。

このような現況において、コンクリート表面遮水壁ロックフィルダムとアスファルト表面遮水壁ロックフィルダムのそれぞれの特徴や相違点を考慮した選択方法、今後の表面遮水壁型ロックフィルダムの展望についてご教示願いたい。

回　答

1.　表面遮水壁型ダムの歴史

フィルダム（アースダムとロックフィルダムを併せての総称）は大別して、均一型、ゾーン型および表面遮水壁型に分類されます。このうち表面遮水壁型ダムは、19 世紀半ば、米国において、その豊富な木材を利用した表面遮水壁が採用されたのがその始まりとされています。その後遮水壁に鋼材や鉄筋コンクリートを使用し、施工機械が発達するにつれてこの型式のダムは急速に発展し、1931 年には堤高 100m のコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム（Concrete Face Rockfill Dam = CFRD と略称）である Salt Springs ダム（米国）の完成を見るに至りました[1)]。この時点では、表面遮水壁型ロックフィルダムのみに限らず、大規模フィルダムの主体が CFRD になっていたものと考えられます。

しかし、初期の CFRD では、堤体材料であるロック材料を現在のように、振動ローラのような大型締固め機械により薄層で締固められず、高所からの落下エネルギーを利用し投石落下工法により締固めていたため十分な締固め度が得られませんでした。そのため、築造後の沈下量が大きくなり、沈下による遮水壁の亀裂発生を抑えるために縦横継目を密に設置しても、漏水問題が発生するダムが多くみられました。この際、コンクリート遮水壁の亀裂のみならず、沈下に対して設置した継目が漏水の原因となることもありました。なお、我が国に現存する CFRD である石淵ダム（堤高 53m、1953 年完成、国土交通省（旧建設省））や皆瀬ダム（堤高 66.5m、1963 年完成、秋田県）は、初期の CFRD に位置づけられます。

上記のような CFRD における水密性や可とう性の問題が明らかになるにつれ、また 1930 年代頃から欧州を中心にアスファルトコンクリートを遮水壁とするアスファルト遮水壁型ロックフィルダム（Asphalt Face Rockfill Dam = AFRD と略称）が建設されるようになると、表面遮水壁ダムの主流は CFRD から AFRD に移行していきました。

しかし、1970 年頃からは、質問者が指摘されているとおり、大型締固め機械による薄層締固めとスリップフォームを用いたコンクリートの連続打設により、堤体築造後の沈下量およびそれに起因する漏水がかなり改善され、CFRD が復活してきました。現在、海外においては、堤高が 200m 程度にも及ぶ大規模の CFRD が建設されるようになり、ロックフィルダムの主たる型式となりつつあります[2)]。

2.　表面遮水壁型ロックフィルダムの特徴[1)]

フィルダムの型式を選定するに当たって考慮すべき要素には以下のようなものがありま

す。

(1) 堤高
(2) 築堤材料の性質と採取可能量
(3) ダムサイトの地形と地質
(4) ダムサイトの気象条件
(5) ダムの建設期間
(6) 貯水池の用途

上記のような要素を加味して、表面遮水壁型ロックフィルダムの特徴について考えてみます。

表面遮水壁型ロックフィルダムでは、上流側斜面に遮水壁を設置するため、堤高に伴う沈下量の増加を考慮し、従来堤高 80～100m が限界であるといわれてきました[1)]。我が国においては、現在でもこの制約を考慮してダム型式の選定を行っていますが、海外においては、材料の締固め技術の発達に伴い、特に CFRD に関しては堤高 100m を越す大規模なダムが多く築造されるようになってきています[2)]。

フィルダム型式を選定して経済上有利となる基本条件は、自然材料をいかに築堤材料として有効利用するかにあります。そのため、ダムサイト周辺において、適切な遮水材料となる土質材料が採取できない場合には、表面遮水壁型ダムは他型式よりも有利といえます。

ダム軸断面において急峻なアバットメントとなる場合には、ダム軸沿いに堤体の沈下量の差が大きくなるため、表面遮水壁型ダムにはあまり適していません。また、地質的には、比較的堅固な岩盤であることが望まれます。

自然遮水材料である土質材料は、その施工が含水比（降雨により増加）や気温によって厳しく管理されるため、多雨地域や寒冷地においては、人工遮水材料を用いる表面遮水壁型ダムが他型式より有利になるといえます。この際、CFRD 型式を採用することにより、建設期間を他型式より短縮できます。

また、揚水発電所の調整池のように、日々の貯水位変動が大きく、その頻度の高いダムにおいては上流側斜面のすべりに対する安定性に注意を払わなければなりません。この点、遮水壁により堤体を常に乾燥状態に保てる表面遮水壁型ダムは極めて有利といえます。

3. CFRD と AFRD の相違点

細部について CFRD と AFRD を比較すると、様々な相違点が見いだされますが、ここでは、それらの中でももっとも大きな相違点と考えられる堤体の斜面勾配と遮水壁の構造について述べます。この際、CFRD は初期の CFRD ではなく 1970 年代以降の CFRD（以下、新型 CFRD と呼ぶ）を対象とします。ただし、我が国においては、新型 CFRD の完成実績はありません。なお、現時点では、徳山ダム（水資源開発公団）の上流仮締切り（我が国における新型 CFRD 第 1 号：ただし、仮設）および苫田ダム（国土交通省中国地方整備局）の鞍部ダム（本設の新型 CFRD 第 1 号）において、新型 CFRD の設計、施工に取り組んでいます。

(1) 堤体の斜面勾配

既往の事例によると、CFRD の斜面勾配は上下流とも 1:1.3～1:1.7 程度の勾配である[2)]のに対して、AFRD については、その上流側斜面勾配は堤体の安定性よりも遮水壁の施工条件から決まり、大半が 1:1.7 よりも緩勾配で、下流側は上流側と同じか上流側よりも若干急勾配になっていることが一般的です[1)]。

表面遮水壁型ロックフィルダムの斜面勾配を決定する方法としては、海外においても内部遮水壁型ロックフィルダムのすべり安定解析ほど明確な形で規定されていないように思われます。さらに言えば、「本来、ロック材料で盛立てられた構造物がすべり破壊するのか」という根本的で、かつ現時点までの研究成果を持ってしても明快な回答が得られていない議論に行き着いてしまいます。

我が国においては、内部遮水壁型であれ、表面遮水壁型であれ、ロック材料を主材料と

して築造されるロックフィルダムとして統一された方法により斜面安定性を評価すべきであると考えられます。そのうえで、表面遮水壁型ダムについては、遮水壁の施工条件を加味したうえで最終的な斜面勾配を決定する必要があると考えます。

(2) 遮水壁の構造

AFRDについては、継目は設けず、我が国の既往事例では基本的に、上部および下部の遮水層の間に、万一の上部遮水層からの漏水を速やかに排水するとともに監視するために中間排水層が設けられています（図-1 参照）。つまり、多重の遮水構造が形成されているわけです。ただし、海外の事例も含めますと、遮水壁の水密性の信頼性が高ければ中間排水層を設けない事例も決して少なくない[1]ことは付け加えておきます。

一方、CFRDについては、横方向に15m程度の間隔で設ける継目など数種類の継目を設けたうえで、その継目に止水板などによる止水処理を施しますが、コンクリート遮水壁はアスファルト遮水壁のような多重の止水構造を有していません。我が国においては、この違いに着目したうえで、CFRDにおける極めて信頼性の高いコンクリート遮水壁からの漏水探知システムの開発の必要性が指摘され、これが今後のCFRDの発展の鍵を握っていると考えられます。

以上のような、CFRDとAFRDの相違点の中には、今後の検討を待たなければその相違点を様々な角度から比較できないものも少なくありません。そのためここでは、あえてCFRDとAFRDの選択方法については言及しないこととします。

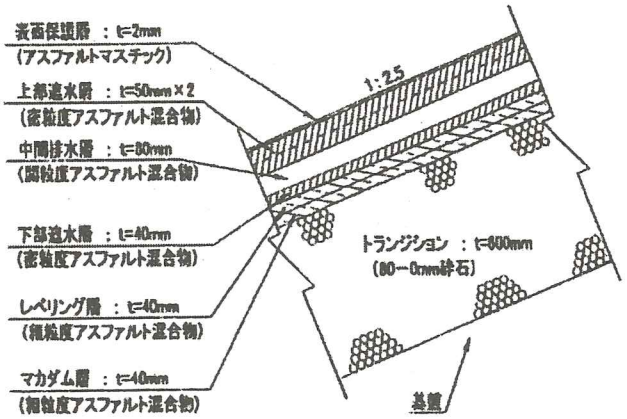


図-1 多重遮水構造のアスファルト遮水壁

4. 今後の展望

我が国においては、これまでも電力系を中心として、相当数のAFRDの建設がなされてきました。しかし、新型のCFRDについては、現在やっとそのスタートラインに立ったところいえます。さらに、表面遮水壁型のダムは、河川管理施設等構造令においては特殊な構造のダムと位置づけられており、CFRDのみならずAFRDについても、厳密な形で設計方法が規定されていないのが現状です。また、新型CFRDについてはこれからの建設のなかで、信頼性の高いコンクリート遮水壁からの漏水探知システムの開発などの課題を着実に解決し、その規模の大型化を目指していく必要があります。その際に留意すべきことは、単純に海外の事例、それも科学的根拠に乏しく、経験に負うところの多い設計方法を基本とするのではなく、我が国の社会および自然条件を十分加味し、他型式のフィルダムの設計とも矛盾しない設計方法を確立する必要があります。また、逆の見方として、我が国における既往のフィルダムの設計法のみに縛られて、最初から検討の幅を狭めてしまうことも避けなければなりません。

参考文献

1) （社）発電水力協会：最新フィルダム工学、1972年7月.

2) 坂本忠彦、松本徳久、徳永和久：海外のCFRDの動向、ダム技術、No.162、pp.8-22、2000年3月.

Ⅰ－５．１　樋管の安全確認について

質問者:三重工事事務所
回答者:土木研究所　材料地盤研究グループ土質チーム(TEL.0298-79-6767)

質　問

排水機場を新設するに当たってコスト縮減のため既存の樋管を排水樋管として活用したい場合、樋管の安全確認をするのに、特に構造図面が無い時、どのような方法で確認すれば良いかについてご教示願いたい。

回　答

既存の樋管（自然排水）を、新設する排水機場の排水樋管に活用するような場合、樋管の現状の劣化の程度、今後想定される耐用年数等の観点から補修・改築も含めた検討が必要であると考えられます。

また、排水流量や作用外力等が当初条件と変わることが考えられ、流速増による水頭損失、排水先河川への影響検討や、構造部材に対する応力照査等を行う必要があり、排水樋管への活用にあたっては、安全確認を行った上で、活用するかどうか慎重に判断すべきであると考えます。

樋管の構造的な安全性は、次の３点について確認する必要があると考えられます。

① 樋管本体（鉄筋コンクリート部材）の健全性
② 函体の内水圧作用時の耐力
③ 樋管周辺堤防の安全性

１．　樋管本体（鉄筋コンクリート部材）の健全性確認

既設構造物は、既に劣化が顕在化し、構造物の性能が建設当時よりも低下している場合が少なくなく、また竣工時の検査において初期欠陥が検出されていない場合もあります。したがって、機場の排水樋管として活用するにあたっては、現状の鉄筋コンクリート部材の健全性を確認するための点検を行い、今後想定される供用期間内での健全性の評価及び判定、必要に応じて対策を行う必要があります。

樋管の一般的な点検項目と点検方法を表－１に示します。

表－１　点検項目と点検方法（樋管に対して一般的に実施されているもの）

点検項目	点検方法
変状分布	目視観察、写真撮影
ひび割れ幅	クラックスケール等
ひび割れ深さ	ノギス等
はく離・はく落	目視観察、打音法
コンクリート強度	コア採取法
	シュミットハンマー法
中性化深さ	フェノールフタレイン法
鋼材位置	レーダー法
	電磁誘導法
鋼材腐食	さび汁観察
	はつり出し
継ぎ手部の開き	目視観察、ノギス
エラスタイト及び止水板の変状	目視観察

※　堤防及び周辺地盤の変状に起因するものは別途 3.に示す。

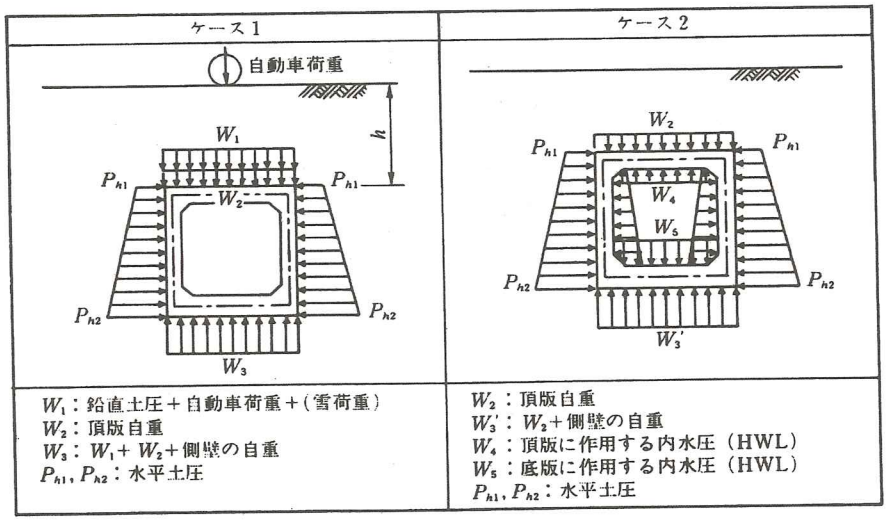
点検結果から、鉄筋コンクリート部材の健全性を評価する手法及び補修対策手法等に関しては、参考文献 1)～3)等を参照していただきたい。

なお、点検結果は適切に記録・保存するとともに、経時変化を把握するための資料及び長期的な維持管理計画の資料として活用することが望ましいと考えられます。

2．　函体の内水圧作用時の耐力確認

排水機場に接続される排水樋管は、函体に内水圧が作用します。既存の樋管は自然排水対応で、内水圧を考慮した函体の設計がなされていないと想定される場合（図－１、ケース１）、新たな設計条件での内水圧を作用させた函体の応力照査（図－１、ケース２）を行う必要があります。また、既存の樋管の図面が無い場合には、表－２に示す調査等により函体の横断構造諸元を得る必要があります。

特に配筋情報は応力照査に不可欠となりますが、その調査法として挙げられる非破壊検査手法については、電磁誘導方式の鉄筋探査計を用いて鉄筋位置を検査することは実用化されていますが、鉄筋径やかぶりに関しては精度的な課題が残されています。一方、電磁波を利用する方法（レーダー法）では、コンクリート表面に水分が多く存在する場合や鉄筋が密に存在する場合には、必ずしも実用的な精度が得られないのが現状です。したがって、現実的には非破壊検査と併せて、コンクリートの一部をはつって鉄筋を直接観察することが必要となり、樋管の規模・構造形式によっては調査が非常に煩雑となります。



※１．内水圧作用時の検討においては、考えられる最小の外圧（鉛直土圧、水平土圧等）とする必要がある。

図－１　　函体の横方向の検討ケース 4)

表－２　　函体横断構造諸元の調査手法例

項　目	調査手法	備　考
横断寸法	外観計測、測量	
土かぶり	同上	
部材厚	外観計測	
配筋間隔	電磁誘導法、(レーダー法)	
鉄筋径	はつり出し、(電磁誘導法)	腐食も考慮
コンクリート強度	シュミットハンマー法、コア採取法	

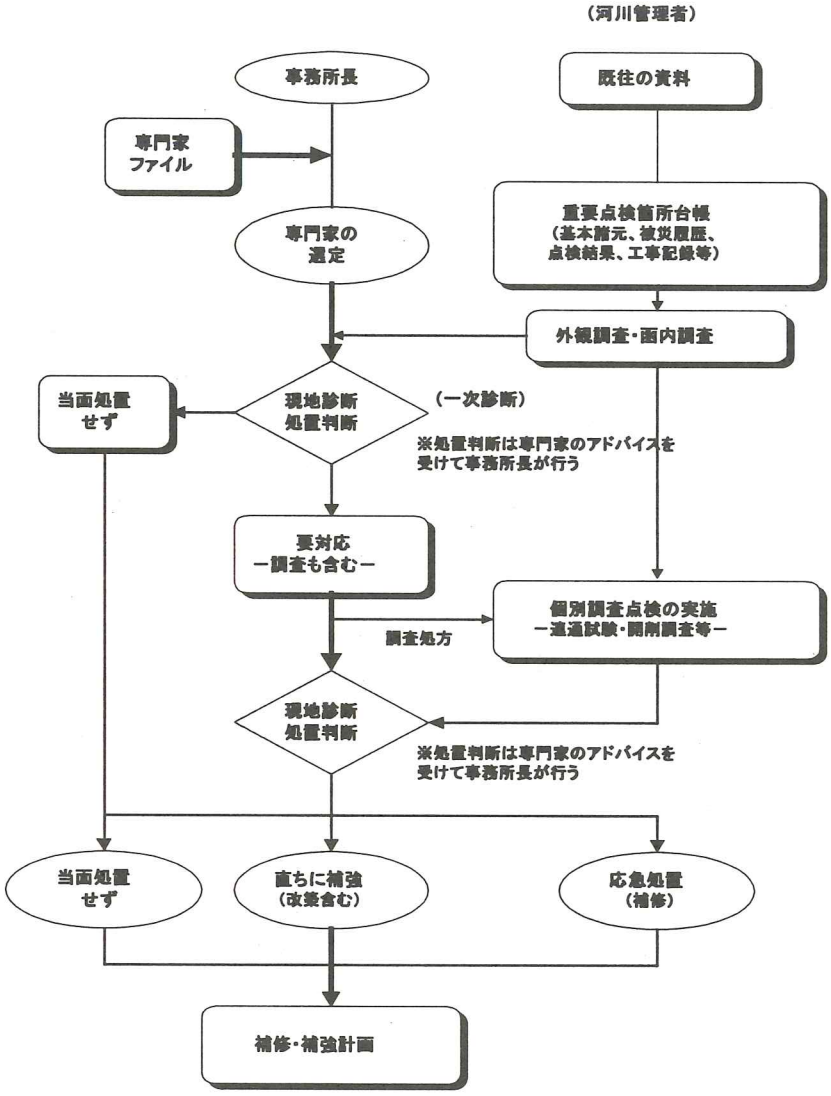
※調査手法の内、() 内は測定精度に課題のあるもの。

なお、排水機場設置の際に堤防拡築等により樋管に作用する荷重が増加するような場合には、別途樋管函体の縦方向の応力照査も必要となります。

3．　樋管周辺堤防の安全性確認

樋門周辺の堤防は、連続する堤防に比べ空洞化などが形成され弱点となる場合があります。近年、新設の樋管に対しては、空洞化を防止するため原則的に杭を用いない柔な函体構造とすることとされましたが、既存の樋管に対しては以下に示す点検・診断[5)]を行い、必要に応じて補強あるいは補修を行う必要があります。

点検・診断のフローを図－２に示します。



図－２　　構造物周辺堤防点検システムフローチャート[5)]

4．　その他

樋管に付帯する機械設備、塗装及び電気・制御設備に関しても、参考文献6)等に基づいて、機能及び動作の確認、機能維持等を行う必要があります。

参考文献

1)(社)土木学会:コンクリート標準示方書[維持管理編]，平成13年1月.

2)四国地方建設局:コンクリート構造物の補修手引き（案)，平成11年3月.

3)河川管理技術研究会編:河川砂防技術基準(案)維持管理編(河川)(試行案)及び同解説,平成10年3月.

4)(財)国土開発技術研究センター編：柔構造樋門設計の手引き，山海堂.

5)国土交通省河川局治水課：樋門等構造物周辺堤防点検要領，平成13年5月.

6)(社)ダム・堰施設技術協会：ダム・堰施設技術基準(案)（同解説).

Ⅰ－５．２　コンクリートの温度ひび割れ対策

質問者：三重工事事務所
回答者：土木研究所　技術推進本部構造物マネジメント技術チーム（TEL.0298-79-6761）

質　問

コンクリート部材の寸法が大きい場合、コンクリート温度がかなり上昇し、温度ひび割れの発生などの問題が生じる可能性がある。コンクリートの発熱に対する合理的な対策をご教示願いたい。

回　答

コンクリート部材では、セメントの水和に付随して発生する熱により、コンクリート温度が上昇します。コンクリート部材寸法が大きくなると、コンクリートの温度上昇量が大きくなり、ひび割れなどの問題を生じることがあります。コンクリートに発生する温度応力を低減させ、ひび割れの発生を抑えるためには、できるだけコンクリートの温度上昇量を抑制することが基本となります。コンクリートの温度上昇を抑制するための対策とその際の留意事項を表－１にまとめて示します。ただし、コンクリートに発生する温度ひび割れをまったく生じさせなくすることが、非常に困難となる場合も考えられます。この場合は、敢えてひび割れの発生を許容しないのではなく、ひび割れの発生は認めるものの、ひび割れ幅が過大になるのを防ぐため用心鉄筋を配置したり、ひび割れ誘発目地を設けるなどの対策を取ることが実用的です。

表－１　コンクリートの温度上昇を抑制するための主な対策

対策	留意事項
単位セメント量を減らす	強度を一定に保ちながら単位セメント量を減らすためには、単位水量を少なくする必要がある。このため、高性能ＡＥ減水剤を活用するほか、単位水量を減らすため、良質な骨材を用いることも必要となる場合がある。
発熱量の少ないセメントを用いる。	低発熱型ポルトランドセメントなど、発熱量の少ないセメントを使用する。この場合、コンクリートの強度発現が遅れる場合があるので、事前に試験等により確認する必要がある。また、各種混和材料（たとえば高炉スラグ微粉末など）を用いた混合セメントを用いる場合は、混和材の種類により発熱の抑制効果が異なる場合があるので、試験等により確認をする必要がある。
コンクリートの打込み温度を下げる	打込み時期を調整するなど、打込み時の温度を下げる。また、場合によっては、プレクーリングなどあらかじめ使用材料の温度を下げる方法もある。
コンクリートの打込み厚さを少なくする。	一回当たりのコンクリートの打込み厚さを少なくし、次のコンクリートの打込み時間までに、水和熱を逸散させる。この場合、コンクリートの打継ぎの処理を確実に行う必要がある。
コンクリート打ち込み後、クーリングを行う	大規模な構造物では、パイプクーリングにより、コンクリートの打込み後、温度を低下させる方法がとられる場合もある。

参考文献

1）最新のマスコンクリート技術、コンクリート技術シリーズ No.14、土木学会、1996.
2）現場打ち高強度コンクリート部材の設計施工法に関する共同研究報告書、土木研究所・プレストレスト・コンクリート建設業協会、共同研究報告書 No.266 号、2001.

Ⅰ－５．３　鉄筋の溶接について

質問者：三重工事事務所
回答者：土木研究所　技術推進本部構造物マネジメント技術チーム（TEL.0298-79-6761）

質　問

鉄筋の組立てで結束を安易に溶接で行なっている場合が多い。溶接した場所の鉄筋をテストピースに取って調べると強度が半分くらいのものもある。溶接による鉄筋の組立てを規制すべきと考えるが，規制方法についてご教示願いたい。

回　答

鉄筋の溶接による組立ては、疲労強度が低下することなど鉄筋の品質保持の面から現状では原則として禁止されています。

一方で、溶接による組立ては、①結束の大原則である緊結を比較的容易に実現できる方法であること、②施工の合理化などに役立つこと、などがあることから施工面からは有用な方法であり、現場ではよく使われているのも現状です。

しかしながら、99 年 6 月 15 日、鳥取の基礎杭用の鉄筋の束が落下した事故では、「溶接箇所が少なかった。さらに溶接の接合面が小さく破断しやすい状況だった。」（日経ｺﾝｽﾄﾗｸｼｮﾝ 99 年 12 月 10 日）というように、安易に使うと大きな問題を生じることになります。

原則に則り溶接を規制（禁止）することも一つの方法ではありますが、問題は溶接の危険性を放置したままで使用されていることにあるものと考えられます。溶接の問題点を克服（規制）し、長所を活かすこと（改善）ができれば、溶接は良質な鉄筋コンクリート構造物を建設するために有効な手段になり得るものと考えられます。

そのためには、溶接を使用するときの条件を特記仕様書に明示し、しっかりと管理・検査を行うことが必要です。ここでは、手溶接によるアーク溶接で、鉄筋を十字に組み立てる場合のポイントを示します。

(1)鉄筋の溶接は極めて難しい溶接である。溶接を熟知した資格者が行うこと。

鉄筋は曲面を有しており、しかもほとんど異形鉄筋であることからリブ、節のある凸凹の形状です。このような形状のものの溶接は、通常の鋼材よりかなり難しい溶接となります。ですから、鉄筋を溶接する場合は、溶接のことを熟知している資格者に限るべきです。

溶接の資格は、構造物ごとに多くのものがありますが、鉄筋に関するものはありません。少なくとも、日本溶接協会が JIS Z 3801（手溶接技術検定における試験方法及び判定基準）および JIS Z 3841（半自動溶接技術検定における試験方法及び判定基準）に基づいて検定試験を実施しており、この資格を有している者とすべきです。

(2)鉄筋の”点付け”は禁止すること。

鉄筋は、瞬間的にパッと溶接する”点付け”が行われることが多いようです。ところが、この点付けは以下のように非常に危険な溶接であることから避けるべきです。特に主鉄筋は絶対に点付けをしてはなりません。

鉄筋の溶接は、極端に短い溶接（ショートビード）です。そのため、溶接のスタートとそれにともない鉄筋を溶かしたくぼみ（クレーター）をほぼ同時に生じることになることから、欠陥を生じる恐れが極めて高くなります。また、溶接部が急冷されるために収縮し、割れを生じる恐れも高くなります。点付けは溶接長のない溶接であることから、さらに割れ、欠陥を生じる恐れの高い溶接であり、点付けは絶対に禁止すべきです。

そこで、溶接による鉄筋の組立てを行なう場合、次のとおり交点溶接または十字溶接としてしっかりと設計し、管理・検査を行うことが必要です。

(3)設計で溶接条件を明記すべきこと。

溶接による組立てを行なう場合、どんな部材、部位に溶接を使うのか設計図に明示すること、どの程度の溶接を行なうのか(溶接部の強度)、鉄筋の強度をどの程度低減するのかなどを明確にしておくべきです。

①部材、部位によって疲労強度などを見込むこと。

繰返し荷重を受ける部材に用いる場合には、土木学会のコンクリート標準示方書などをもとに鉄筋の強度低下を見込む必要があります。

②溶接のサイズは、溶接部に作用する荷重のほか、施工性も考慮して決めること。

溶接のサイズは、溶接部分に施工中に作用する荷重に十分な強度が確保できる大きさであることが必要です。鉄筋を建て込みながら組み立てている場合、”くっついているだけでいい”時もあると思います。しかしながら、このような場合(2)のとおり”点付け”にされてしまう恐れがあります。このような場合でも(4)の②のとおり、少なくとも二層の溶接を行なうように指示すべきです。

大きな鉄筋かごを造り、それを吊り込むような場合には、溶接部に大きな荷重がかかります。このような場合には、溶接部に作用する荷重を計算し、それに耐えられるだけの溶接サイズを指示しなければなりません。溶接部の強度の確認方法は、JIS G 3551(溶接金網)の溶接点せん断強さ試験を行なうとよいでしょう。

④鉄筋は、SD295 を SD345 に変更すること。

鉄筋の材質は溶接性が良くありません。むしろ溶接をしないほうがいいほどのものです。ですから、溶接する鉄筋は、炭素(C)量などの規定のない SD295 は使用すべきではありません。少なくとも溶接性に重要な5元素(C、Si、Mn、S、P)が規定されている SD345 以上のものを使用するよう制限すべきです。

(4)施工・管理で注意すべきこと。

①溶接棒は細いものを使用し、2層以上行うこと。

異形鉄筋はリブや節によって隙間ができるので、それだけ溶け込みやすいはずですが、実際には不溶着部分が多く残っている場合が多いようです。不溶着部分を少なくするために、一層目は細径の溶接棒(3.2 または 4mm)を用い、二層目以後は少し太めの溶接棒(5mm 程度)を使うことをおすすめします(図1参照)。

また、このように二層以上に分けて溶接することは、急冷を防ぐ上からも効果的です。

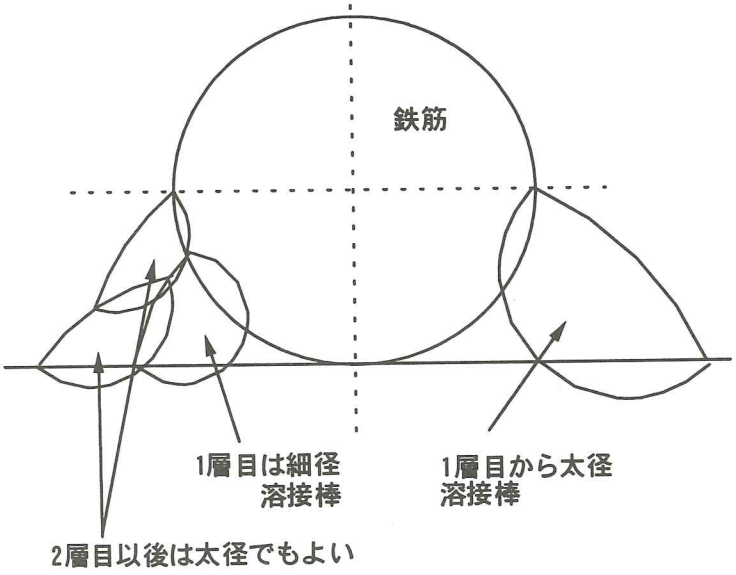


図1　あまり太い溶接棒を使用しない

②気象条件による実施の判断、対応策を考えておくこと。

時間雨量何 mm 以上、風速何 m 以上のときなどに溶接は中止すること、実施する場合は、対応策として雨、風を防ぐことができる囲いを設置することなどを取り決めておくこと。

寒い日は、加熱、冷却の温度変化が非常に大きくなり割れなどを生じやすくなることから、予熱しておくことが必要です。

(5)どんなことを主眼に検査すべきか。

鉄筋溶接の的確な非破壊検査方法はありません。現在のところ外観から溶接の良し悪しを判断するしかなく、溶け込み不足、ブローホールなど内部欠陥は施工前や施工中の管理・検査をしっかり行うことが必要です。

①溶接施工前の検査

実際に使用する鉄筋、溶接材料などを用い、溶接条件などが適切かを事前に施工試験を行い確認しておくようにして下さい。

②溶接施工中の検査(管理)

施工中は、溶接材料、施工計画あるいは作業標準どおりに的確に行われているかどうかを確認して下さい。

③溶接施工後の検査

外観検査は、必要なサイズが確保できているかのほか、アンダーカット、オーバーラップ、ビード不揃いなど溶接で生じやすい欠陥がないかどうかを確認することが必要です(図2参照)。

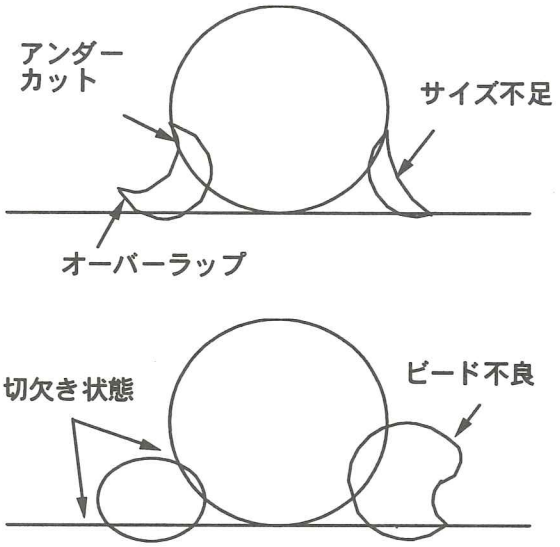


図2　鉄筋の溶接で起こりやすい欠陥

(6)そのほかの注意事項

①溶接によって組み立てると、不具合があった場合に手直ししにくいので、施工計画が通常以上に重要となります。

②火傷、感電などによる事故が起こりやすいので、アースを完全に取る、絶縁に注意するなど安全管理にも注意が必要です。

Ｉ－６．１　大変位に対応可能な橋梁の桁端部構造の設計について

質問者：岐阜県基盤整備部建設管理局
回答者：土木研究所　耐震研究グループ耐震チーム（TEL.0298-79-6772）

質　問

橋梁の耐震性向上を目的とした多径間連続化によって、地震時の桁の移動量が大きくなり、桁遊間を大きく確保できる伸縮装置の設置事例が増加している。こうした大規模な伸縮装置については、コスト高や常時交通に対する維持管理面で問題が生じており、頻繁な大型交通荷重によるフェイスプレートの破損といった事例も生じている。一方、このような大型交通荷重に耐え得る頑丈な伸縮装置を設けた場合には、大地震時に適切に損傷して必要な設計移動遊間を確実に確保できるかどうかについても明確ではない。

このため、伸縮装置の小型化を図るとともに、初期建設コスト及び維持管理コストの縮減のためには、ノックオフ構造等の大変位に対応可能な桁端部構造の採用が有効と考えられる。これまでに採用されたノックオフ構造等の事例を含めて、今後採用を検討することが望ましい構造についてご教示願いたい。

回　答

耐震安全性の向上のみならず、伸縮装置の数を少なくし、走行性や維持管理性の向上も図ることが可能な橋梁構造として、地震時の水平力を各下部構造に分散する構造とした多径間連続構造が採用される場合が多くなっている。多径間連続構造の場合には、温度変化による桁の伸縮に対応するために、一般に水平力分散支承や免震支承などのゴム系の支承が用いられる場合が多い。ゴム系の支承を用いた場合には、大規模地震時に支承部に生じる変位が一般に従来に比較して大きくなることから、大きな変位に対応可能な桁端部の構造が重要となるのは指摘の通りである。

道路橋示方書Ⅴ耐震設計編[1]によれば、免震設計を用いる場合には、隣接する桁間や桁と橋台間に衝突が生じないように十分な遊間を設けるものとされている。これは、免震設計では、支承に想定する変形が生じることによって、長周期化と高減衰化を期待する構造であるため、桁間等の衝突によって桁の変位が大きく拘束されるなど、設計で想定した状況と異なることを避ける必要があるためとされている。

一方、免震設計を採用しない水平力分散構造や他の構造形式の場合には、大規模地震時の遊間をどのように確保するかについては明確に規定されていないが、免震設計と同様に桁間等に衝突が生じないように必要な遊間を設けるか、あるいは、必要な遊間を確保しないで大規模地震時に桁間等に生じる衝突を許容することが考えられる。大規模地震時に桁間等に衝突が生じる場合には、衝突によって橋の機能や復旧に影響を与えないことを必要に応じて動的解析も実施して十分に検討する必要がある。特に、隣接桁間で桁の重量が大きく異なる場合など、一方の桁の振動がもう一方の桁の振動に悪影響を及ぼす場合が考えられるため、このような場合には桁間の衝突の影響や衝突を避ける構造について十分に注意すると同時に、けたかかり長等の落橋防止システムについても余裕を持たせる等の対策の検討が必要とされる。

ここで、伸縮装置に必要な耐震性能としては、中規模地震を想定した震度法相当の地震力に対しては伸縮装置の機能を保持するが、大規模地震時においては伸縮装置が破損することも想定されている。

さて、ご質問の地震時の大変位に対応可能な桁端部構造であるが、大変位に対応可能な大型の伸縮装置よりも合理的な構造の代表的な事例としては、ノックオフ構造や大変位吸収システムなどがある。いずれの構造も設計の基本的な考え方としては、

①常時や中規模地震による変位は、通常の伸縮量を有する伸縮装置により対応

②大規模地震による大きな変位に対しては、伸縮装置の損傷は許容するが、桁端部構造として大変位に対応

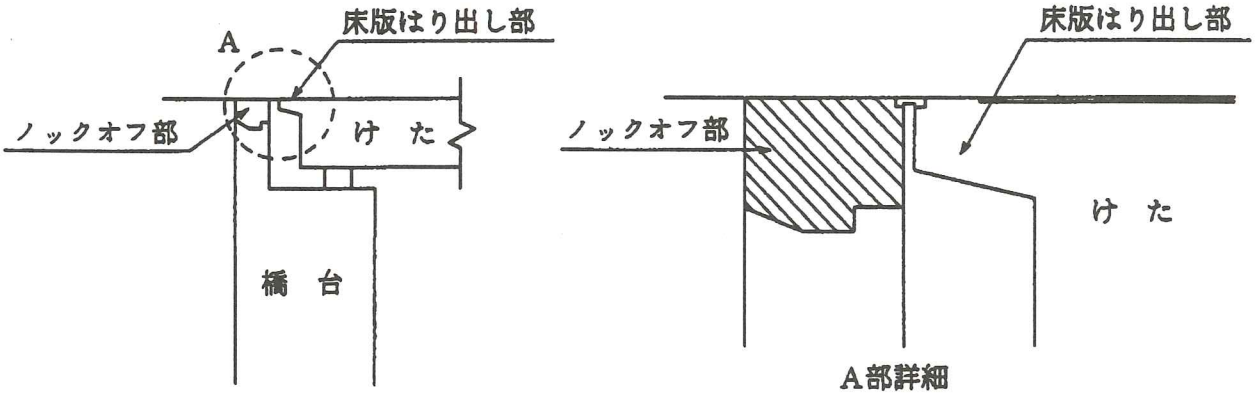
となっており、中規模地震と大規模地震に対して必要な性能を異なる要素で発揮するいわゆる２段階設計法となっている。

以下にそれぞれの構造の特徴を紹介する。

（１）ノックオフ構造

ノックオフ構造は、桁と橋台間で生じる衝突が生じた場合に、パラペットの一部が破壊し、背面土側に移動するというものであり、図－１に示すような構造である。このようなノックオフ構造は、免震設計を開発したニュージーランドの橋梁において採用されている[2]。桁間には必要な遊間を設け、大規模地震時に張り出した床版がノックオフ部を背面土側に押し出すことによって、必要な変位を確保する構造である。本ノックオフ構造の設計法については、文献[3,4]が参考になる。

このようなノックオフ構造の場合には、想定する大規模地震時にノックオフ部に適切に破壊が生じるようにするとともに、常時の環境条件や活荷重に対しても十分な耐久性を確保できるように設計することが重要である。特に大型交通荷重の繰り返し載荷の影響を大きく受けるような場合には、地震発生前にこれが破壊して維持管理上の問題にならないように十分注意する必要がある。



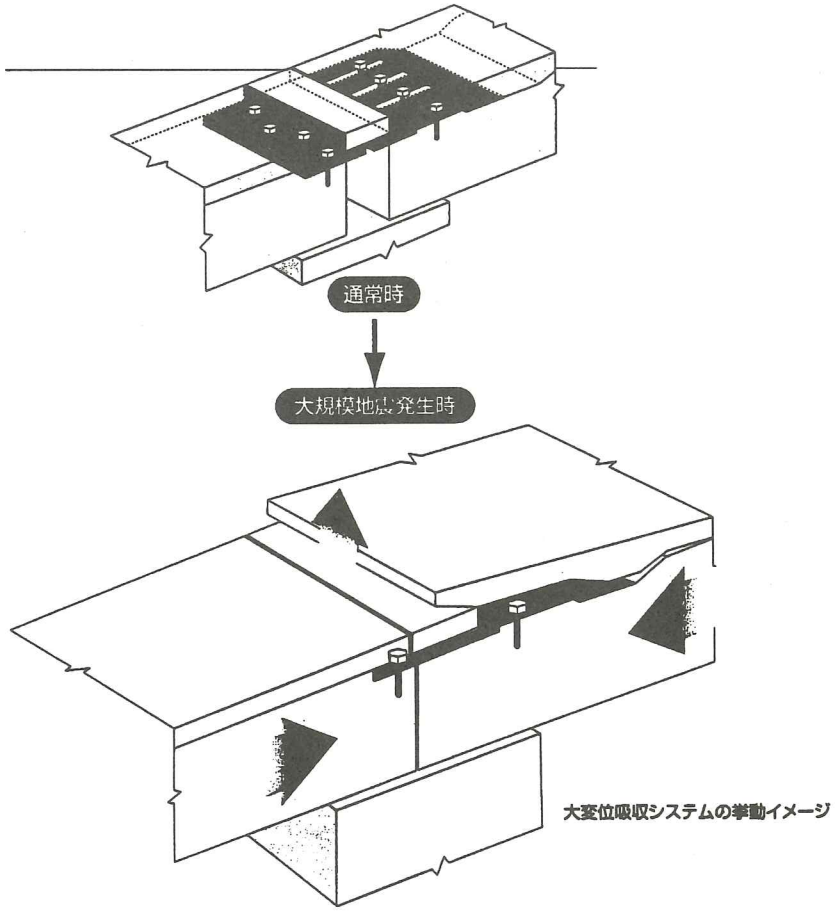
図－１　ノックオフ構造の事例

（２）大変位吸収システム

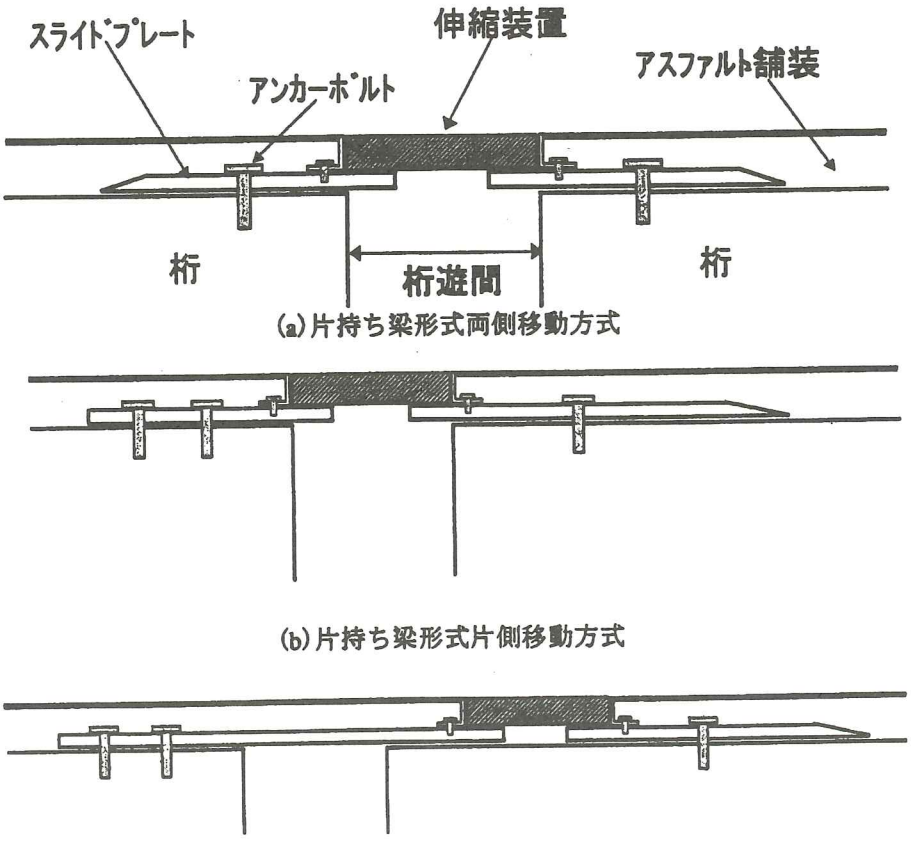
大変位吸収装置は、鋼製のスライドプレートを基本とした構造であり、常時や中規模地震による変位に対してはスライドプレート上に設置した通常の伸縮装置で対応し、大規模地震時には図－２に示すようにスライドプレートが桁と舗装間に貫入することにより、大変位を吸収する構造である。図－３は、スライドプレートの貫入構造を示したものであり、スライドプレートとその固定方法によって、いくつかの使い方が考えられる。なお、本大変位吸収システムの設計法については、文献[5]が参考になる。また、本大変位吸収システムについては、実際の橋に採用されている[6]。

このような構造に対しては、大規模地震時に確実にスライドプレートが移動、貫入するとともに、スライドプレートを固定するアンカーボルトについては、常時の環境条件や活荷重に十分に抵抗できるように設計することが必要とされる。

同様の変位吸収メカニズムを有する構造としては、鋼製のスライドプレートの代わりにコンクリートブロックによるスライド部と、砕石などからなる変位吸収部を設けることにより大規模地震時の大きな変位を吸収する構造についても検討されている。



図－２　大変位吸収システムの作動メカニズム



図－３　大変位吸収システムの構造

（３）衝突免震構造

今後検討が必要な構造としては、隣接する桁間あるいは桁と橋台間において積極的に衝突を生じさせ地震時の振動エネルギーを吸収し、橋全体の変形を抑制するという衝突免震構造といった考え方もある[7]。桁間あるいは桁と橋台間には、衝突部の損傷を防ぐとともに、エネルギー吸収を図る緩衝装置やダンパーを適切に設置することが必要とされる。さらに、桁や橋台の衝突部において地震時に作用が想定される地震力に対して適切に抵抗できるように構造設計することが必要となる。

このような衝突免震構造についても提案されつつあり、今後、緩衝機構やエネルギー吸収機能、衝突部の設計法などを含む衝突免震構造の設計法が構築することが必要とされる。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、pp.115-116、1996
2) 川島一彦：ニュージーランドにおける橋梁の免震設計技術、土木技術資料、30-9、pp.41-46、1988
3) 建設省：道路橋の免震構造システムの開発、1992
4) 川島一彦、尾崎大輔：免震橋用の伸縮装置・落橋防止装置の開発、土木技術資料、35-1、1993
5) 土木研究所：免震橋梁の変位吸収システムの開発に関する研究、1999
6) 古山多喜男、井上顕史、東口武生：天野川高架橋における大変位吸収システムに関する検討・開発、平成10年度建設省技術研究会、1998
7) 運上茂樹、足立幸郎、星隈順一：次世代高性能・高機能耐震構造に関する実験研究、土木技術資料、42-9、pp.46-51、2000

Ⅰ－６．２　床版形式ごとの橋面防水の選定方法と留意点

質問者：北勢国道工事事務所
回答者：土木研究所　構造物研究グループ橋梁構造チーム（TEL.0298-79-6792）
　　土木研究所　構造物研究グループ舗装チーム　（TEL.0298-79-6788）

質　問

床版形式ごと（鋼床版とコンクリート床版）において修繕時を考慮した橋面防水の選定方法と留意点について、ご教示願いたい。

回　答

道路橋の鉄筋コンクリート床版における防水層の意義は、主として、路肩や中央分離帯、舗装の損傷部などから浸透してくる水や塩化物の影響によるＲＣ床版の劣化損傷を防止し、耐久性を向上させることである。

我が国で一般的に道路橋の鉄筋コンクリート床版に用いられている防水層の種類を分類すると、図－１に示すようにシート系防水層、塗膜系防水層および舗装系防水層に分けられる[1)]。これらの防水層の特徴を表－１に示す[1)]。

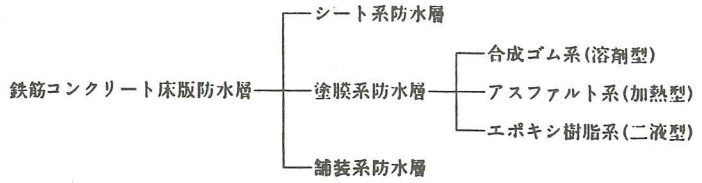
シート系、塗膜系、舗装系防水層の使いわけについては、いずれの防水層であっても表－２に示す品質基準の目安[1)]を満足する製品であれば基本的にどれを用いても良い。ただし、個々の橋梁の条件を次の手順により考慮することが望ましい。すなわち、個々の橋梁の施工面からの時間的制約、床版面の状況、交通条件、道路構造、気象条件などを表－３に示す防水層の選択基準の目安[1)]にあてはめ、その防水層に求められる性能を明らかにする。次に、要求された性能を満足する防水層を表－１や「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料（日本道路協会、昭和62年1月）（参考文献１））」の付録に記載された各防水層の試験結果を参考に選択するのが良い。例えば、重交通路線、曲線部、坂路などで車両による遠心力や加速制動によるせん断力を強く受けるような場所では、表－３に示すようにせん断強度の高いものが適しており、図－２[1)]のせん断強度試験結果を参考にせん断強度の高い塗膜系のものを選定することが望ましい。また、施工時間はシート系が約150m^2／ｈ、塗膜系が約350m^2／ｈであり、シート系より塗膜系の方が短く、都心部における重交通路線などでは塗膜系が用いられることが多い。塗膜系は廃材にならず比較的剥がし安いが、シート系は廃材となり比較的剥がし難いなどが特徴である。しかし、塗膜系よりシート系の方がひび割れ追従性の信頼性が高いようである。近年の使用実績では、シート系が約60％で、塗膜系が約40％となっている。

また、道路橋の鉄筋コンクリート床版では、交通荷重等の繰返し作用による疲労、積雪寒冷地における凍結防止剤による塩害などによって、耐荷性能や耐久性能が低下する。特に繰返し荷重作用下での水の影響により、床版の疲労耐久性が著しく低下することが確認されている[2)]。近年、積雪寒冷地における床版への塩化物の進入の影響について、防水層の効果を含めた調査が行われた[3)]。図－３に防水層の有無別の床版損傷度と外部浸透塩分量の関係を示す[3)]。図－３より防水層が設置されている方がされていない場合よりも塩分量が少ない傾向が得られたが、腐食発生限界塩分量1.2kg/m^3（土木学会、コンクリート標準示方書）を超えた計測値も報告されている。よって、今後、いかにして塩化物を含めた水の床版への進入を防ぐかということが重要な課題の一つである。

なお、日本道路公団における床版防水層の調査においては、現在の品質基準[4)]では、塗膜系防水材料の場合で施工初期時点において、シート系防水材料の場合では約５年で防水効果が喪失しているという報告がある[5)]。図－４に床版防水の追跡調査結果を示す[5)]。このため、耐久性のある新しい床版防水システムの開発が求められている。

一方、鋼床版については、一般的に、グースアスファルトが使用されている。近年、グ

ースアスファルトの代替えとして水密性、たわみ追従性等に優れている砕石マチックアスファルト（ＳＭＡ）が検討されている[6)7)8)9)]。使用実績としては、約99％がグースアスファルトであり、約1％がシート系防水層である。Ｄ交通で交通量が非常に多くグースアスファルトでは耐久性が懸念される場合、シート系が使用されている[10)]。



図－１　コンクリート床版防水層の分類[1)]

表－１　各防水層の特徴[1)]

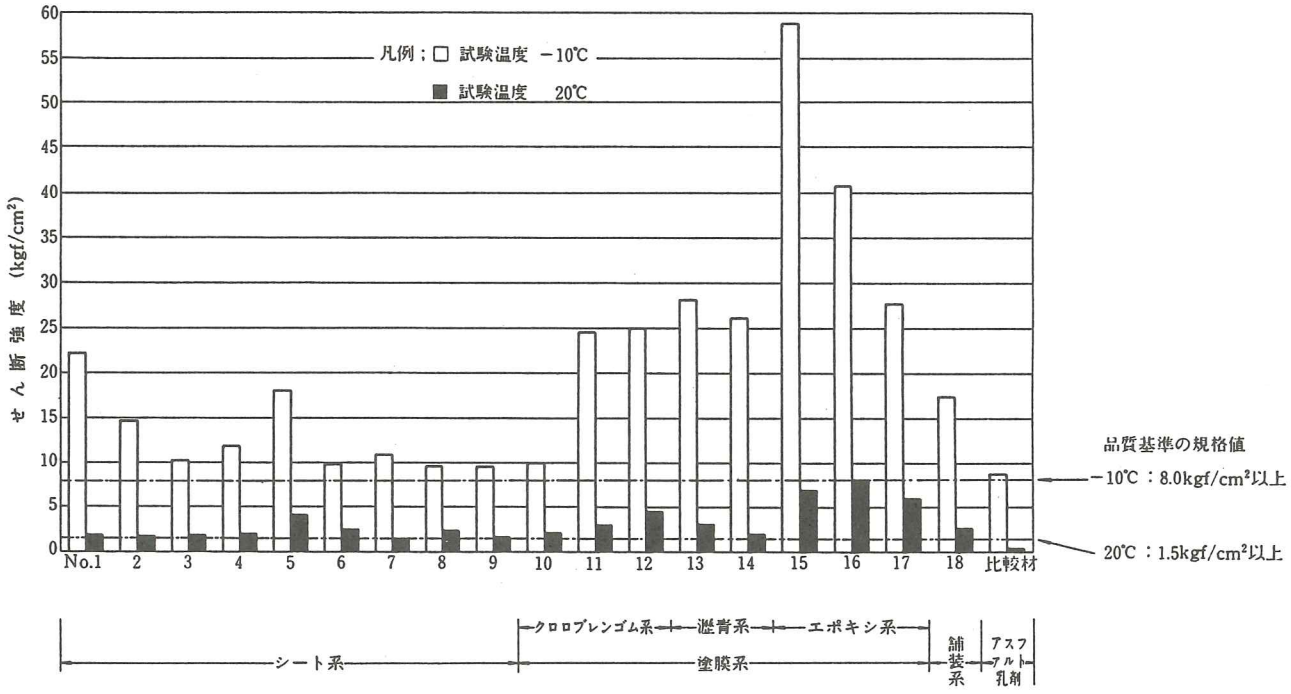
防水層の種類 / 項目	シート系防水層	塗膜系防水層		舗装系防水層
		溶剤型	加熱型	
組成	不織布にゴム入りアスファルトを含浸	クロロプレンゴムを溶剤に溶解	アスファルトおよび合成ゴム	硬質アスファルト，粗骨材，細骨材，フィラーなどからなるアスファルト混合物
防水層の厚さ	1.5～4.0mm	0.4～1.0mm	1.0～1.5mm	15～25mm
施工法	流し貼りあるいは溶着	数回重ね塗り	数回重ね塗り	一層舗設機械仕上げ
床版との接着性	良好	良好	良好	良好
舗装との接着性	良好	良好	良好	良好
不透水性	高い	普通	普通	普通
クラック追従性	良好	良好	良好	普通
ブリスタリング発生の可能性	比較的高い	材料により比較的高いものと低いものとがある	比較的低い	なし
施工性	普通	普通	良好	良好
床版面の不陸に対する施工性	劣る	劣る	良好	良好
施工時（後）の養生	なし	長時間必要	なし	なし
舗設時の防水層損傷の可能性	なし	薄いので損傷に対する注意が必要	なし	なし
施工実績（車道）	多い	多い	少ない（歩道では多い）	少ない

表－２　コンクリート床版防水層の品質基準の目安[1)]

試験項目		試験温度(℃)	規格値	試験方法
防水性試験		20	減水量 0.5ml 以下	付録—2.1 コンクリート床版防水層試験方法による
低温可撓性試験[1)]		−10	防水材の折損が生じないこと	〃
せん断試験[2)]	強度	−10	8.0kgf/cm² 以上	〃
		20	1.5kgf/cm² 以上	
	伸び	−10	0.5%以上	
		20	1.0%以上	
引張接着試験[2)]	強度	−10	12kgf/cm² 以上	〃
		20	6 kgf/cm² 以上	
水浸7日後の引張接着試験	強度	20	水浸前の50%以上	〃

注１）エポキシ樹脂塗膜系防水層および舗装系防水層には適用しない。

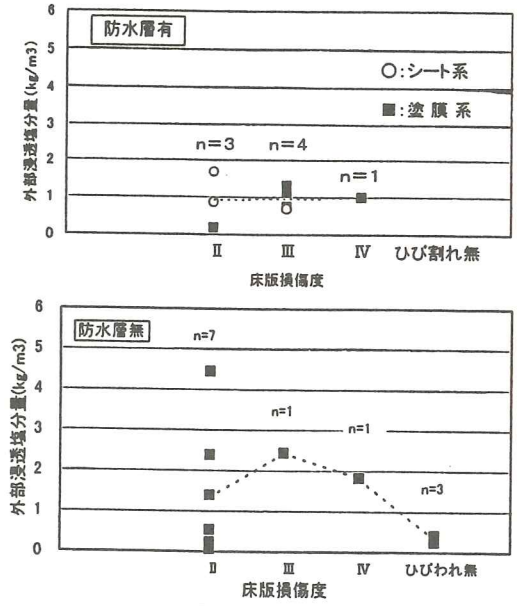
注２）試験は50℃についても行っているが，防水層の種類による強度差があまりないこと，防水層に起因する破壊は生じないことから，試験温度として50℃は規定しなかった。



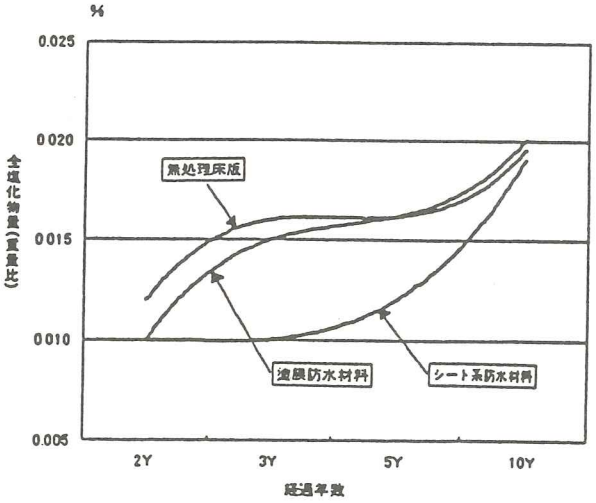
図－２　せん断強度試験結果[1)]

表－３　コンクリート床版防水層の選択基準の目安[1)]

道路区分	選択条件	要　因	防水層の選択基準の目安
車　道	舗装撤去床版面	防水層施工後の養生	・工程的に十分な時間がとれない場合が多いので，養生時間の短いものを選ぶ必要がある。
		床版表面の状態	・舗装打換え時の施工などではコンクリート床版表面に凸凹を生じている場合が多い。したがって，床版面の不陸に対する施工性の良いものを選ぶ必要がある。
	交通条件	重交通路線	・せん断強度の高いものを選ぶことが望ましい。
	道路構造	曲線部 坂路	・車両による遠心力や加速，制動に伴うせん断力が大きいことを考慮し，せん断強度の高いものを選ぶことが望ましい。
	気象条件	温暖地	・夏期の路面温度を考慮し，せん断強度および引張接着強度とも高いものを選ぶことが望ましい。
		寒冷地	・冬期の路面温度を考慮し，低温時のせん断強度および伸び，引張接着強度の高いものを選ぶことが望ましい。



図－３　防水層の有無別の床版損傷度と外部浸透塩分量の関係[3)]



図－４　床版防水の追跡調査結果[5)]

参考文献

1）道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料：日本道路協会，昭和62年1月.

2）松井繁之：移動輪荷重を受ける道路橋ＲＣ床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次論文報告集，1987.

3）建設省：平成12年度（第54回）建設省技術研究会，指定課題，平成12年11月.

4）材料施工資料（第4号）コンクリート床版防水工：日本道路公団試験研究所，技術資料第124号，平成6年3月.

5）柴桃孝一郎，水上善晴，大橋　岳：床版防水システムの新性能基準について，防水ジャーナル，2001.6.

6）松本他：鋼床板上の砕石マスチック舗装，第24回日本道路会議論文集，p58～59, 2001.
7）藤本他：鋼床板上砕石マスチックアスファルトの転圧条件と締固め度，第24回日本道路会議論文集，p60～61，2001.
8）松尾他：鋼床版における砕石マスチック混合物の試験施工，第24回日本道路会議論文集，p62～63，2001.
9）坂本他：グースアスファルト代替工法としてのＳＭＡの開発，第24回日本道路会議論文集，p64～65，2001.
10）大島他：千住新橋の試験舗装，道路，1979-2，pp24～29，1979.

Ⅰ－６．３　直接基礎式橋台の設置位置に関する質問

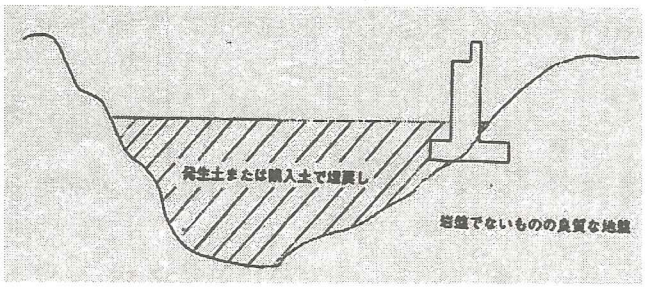
質問者:静岡県土木部
回答者:独立行政法人土木研究所 構造物研究グループ基礎チーム(TEL.0298-79-6795)

質　問

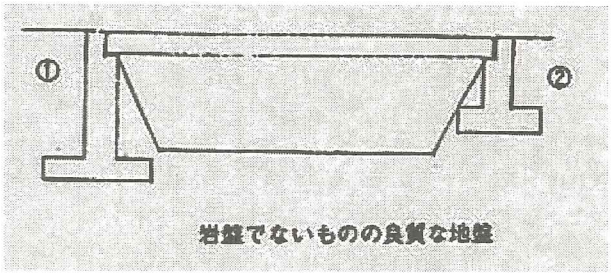
図－１のように良質な地盤の地山と発生土または購入土で埋め戻した地盤の両方に直接基礎底面を支持させる橋台の施工を計画しています。このような場合の安定計算をどのように行うかご教授願いたい。

（１）　この場合、道路橋示方書の極限支持力は適用できるか？
（２）　適用ができる場合は、橋台前面の埋戻し土に関する品質等の留意点はあるか？
（３）　適用ができない場合はどのように考えればよいか？

図－２のような跨道橋の直接基礎式橋台（良質な地盤）を施工する場合について，道路橋示方書では基礎を広がりのあり、地質が良質で均一な地盤で基礎を支持させる（①）とあるのですが、ＪＨの設計要領に基づく斜面上の直接基礎の考え方（②）を用いて設計してもよいかご教授願いたい。



図－１



図－２

回　答

第１の質問について，道路橋示方書の支持力公式は一様な広がりを持って分布している良質な地盤の全般せん断破壊を想定して導かれたものであり，このように地盤の性質が不連続なものへ直接適用することは難しい。
橋台の前側は埋戻し土に鉛直支持させるということだが，橋台は背面からの土圧に抵抗する構造物のためこの部分の抵抗力が非常に重要であり，地山に対して埋戻し土の強度は落ちるものと予想されることから基礎は底面の全面を直接地山地盤に設置するのが望ましい。基礎設置位置の制約があるのであれば，日本道路公団の設計要領にある斜面上の直接基礎のうち，段切り基礎の考え方を採用するのがよい。

第２の質問について，道路橋示方書では斜面上の直接基礎の設計については想定していないが，斜面上の基礎の考え方を否定してはいない。地山の条件次第で，橋台高を低く抑えることができ設計の合理化が図れるものと思われる。

Ⅱ. 紙 上 回 答

Ⅱ－１．１　河道（水域）熱収支から見た河川維持流量に関する技術情報または研究状況について

質問者：豊橋工事事務所
回答者：土木研究所　水循環研究グループ河川生態チーム（TEL.0298-79-6774）

質　問

日照・気温等の外的作用に関する、河道（水域）熱収支から見た河川水域生態系維持のための必要流量（限界水温に至らない適正水温の維持のための必要な流量もしくは方策）という観点からの過去の研究事例の有無と取り組みの状況について、わかる範囲で御教示願いたい。

回　答

ご質問にあったような「河道（水域）熱収支から見た河川水域生態系維持のための必要流量」について検討した既往事例は無いようである。ただし、河川水の熱収支に関しては、いくつかの検討事例があり、気温、日射、河川流量等から河川水温を予測するモデルを作成することは、困難ではないと考えている。

今後、事務所で検討していきたいとのことだが、河川水温は魚類のみならず他の河川生物や水質にも影響を及ぼすと考えられるので、これらについて一般的な事項を述べる。

魚類は、適温を超える高温下では活動が鈍り、摂餌力が低下するとともに、発育速度が低下することが知られている。また、水温の変化とともに、魚の体内のガス代謝も変化し、高温下ではより多くの溶存酸素を必要とし、より低い二酸化炭素濃度の中でしか生息できないと言われている。

藻類については、珪藻、緑藻、藍藻の順に適温が高く、河川水温の上昇は、一般に藍藻類の優先を促すと予想される。このことは、魚類の餌として好ましい珪藻等の減少や水質にとって好ましくない影響を引き起こす。

動物プランクトンについて、例えば大型枝角類のダフニアは、25 度以上の高温に弱く、30 度でほぼ全滅する。ダフニアは、植物プランクトンを効率良く摂餌し、自ら魚の良い餌となる生態系内の重要種であり、ダフニアの死滅は生態系全体に影響を及ぼすと予想される。

また、水温が上昇すると、有機物分解の促進や飽和酸素濃度の減少等による溶存酸素量の減少が予想される。

以上、河川水温は河川生態系を構成する個々の生物種に影響するとともに、これら構成種の相互関係（捕食関係等）を通じて、生態系全体に影響を及ぼすと考えられる。また、生物の適温は、生物種ごとに異なっている。このため調査にあたっては、その川の代表的な生物種及びそれらの生態について十分把握した上で、河川水温が河川環境に及ぼす影響を総合的に踏まえ、望ましい河川水温について検討されたい。

参考文献

1）新井　正・西沢利栄：水温論,1974 年
2）池田駿介・財津智亨・舘健一郎：荒川感潮域の熱収支構造,第 2 回地球環境シンポジウム講演集,1994
3）花里孝幸：地球温暖化と湖のプランクトン群集,陸水学雑誌 61 巻第 1 号,2000 年 2 月
4）ゲ・ヴェ・ニコルスキー：魚類生態学,たたら書房,1980

Ⅱ－１．２　ダム漏水の水質改善について

質問者：丸山ダム管理所
回答者：土木研究所水循環研究グループ水質チーム（TEL.0298-79-6775）

質　問

中部地方整備局の丸山ダムでは、ダム監査廊に流れる側溝内に堆積する赤褐色の堆積物を清掃すると河川へ直接放流することになるが色が目立つため河川が汚れたように見えるという問題点が生じている。堆積物の有効利用か安全に処理できる方法をご教示願いたい。

回　答

鉄は、人体にも通常４～５ｇ程度含まれ、また、医薬として多量に投与することもあり、毒性の強いものではない。鉄の、環境および水道水質基準値は衛生上の理由よりも、においや味がつくという味覚上の問題と、食器洗い、風呂、洗濯などに使用した場合に容器や布を汚染（着色）することによる。そのため、河川への放流後、環境基準値以下になることが既にわかっていれば、さほど神経質になる必要はないと考えられる。

しかし、ダムの管理者として、できる限り環境への配慮をすることは望ましいことであり、今回の質問の趣旨は大きく賛同できるものである。何らかの形で堆積物を処理することを検討するのであれば、水中の鉄を含む固形物の処理方式としては、次の方法が考えられる。固形物の性状を考慮し、適切な手法を検討することが望ましい。

（１）　沈殿法

沈殿法は、沈殿池等によって排水の流速を減じ、又は静止させて水中の固形物を重力により沈殿分離する方法である。

１）　自然沈殿法

横流式沈殿池を設置し、そこに対象水を通水し、固形物を沈殿させる。一般的に、水中の沈降性が良い場合に採択する。

２）　凝集沈殿法

凝集沈殿法は、固形物の粒子が小さく、コロイド状に分散して沈降しににくく、自然沈殿法では分離が困難な固形物を、凝集剤の添加によって凝集させ、粒子径の大きなフロックにして沈殿分離する方法である。この方法は、ストークス沈降式において、沈降速度が粒子径の２乗に比例することを利用したものである。対象とする固形物を含む水の処理に最適な凝集剤は、凝集試験（ジャーテスト）の実施により選択する。凝集試験とは、実際の対象水をビーカーなどに取り、これに凝集剤を注入して、一定時間後の上澄水の水質、生成されるフロックの大きさ、強度、沈降速度などを比較し、凝集剤の種類、注入量、凝集条件（撹拌速度、反応時ｐＨなど）等の最適条件を決定するものである。また、凝集剤のみでは、十分な凝集効果や沈降速度が得られないときは、凝集助剤の使用を検討する。

（２）　ろ過法

ろ過法は、固形物を含む水を、金網、砂層、ろ布等のろ材に通水して、固形物を捕捉、分離する方法である。ろ材の種類、ろ過方式、能力等により多くの種類があるので、対象とする固形物の粒度分布、性質等に適する機種を選定する。

最後に、いずれの場合においても、鉄を含む固形物（汚泥）が発生する。これについては、産業廃棄物処分業者へ依頼し、適切に処理が図られるよう留意する。

参考文献

１）建設省都市局下水道部監修、社団法人日本下水道協会編：事業所排水指導指針，pp182-206，1993

Ⅱ－２．１　霞堤の貯留効果評価に用いる不定流計算法(樹木群抵抗の取り扱い)

質問者:豊橋工事事務所
回答者:国土技術政策総合研究所　河川研究部河川研究室(TEL.0298-64-2283)

質　問

豊川を対象として4箇所の霞堤の流量低減効果を考慮した河道計画の立案に関する検討を行っている。この場合の河道計画の立案作業ではあらかじめ計画流量ハイドログラフを設定しておき、そのハイドログラフに対する各霞堤における河道流量低減効果を不定流計算によって評価するとともに、低減後の河道流量での計算水位が計画高水位以下となるよう、流下断面確保のための河道改修断面をﾄﾗｲｱﾙにより設定するという手順がとられている。その際、豊川には樹林帯が広く形成されていることから、河川砂防技術基準(案)調査編に示されている準二次元不等流計算(平均流速公式のレベル 3)と同様に、樹木群の抵抗を考慮した不定流計算を実施したいと考えている。そのような準二次元不定流計算法の可能性に関する技術的助言と見解についてご教示願いたい。

回　答

まず、河川砂防技術基準(案)調査編に示されている準二次元不等流計算[1]のように、河道横断面において粗度係数が異なる範囲ごとに分割し、分割した各断面(以下、分割断面と呼ぶ)での粗度係数および分割断面間に作用するせん断力の計算式を与えて不定流計算を行うことは原理的に可能である。簡潔に述べると準二次元不等流計算法とは、各河道横断面ごとに定常等流を想定し、様々な粗度係数を有する各分割断面の河床面および分割断面間に作用する力の釣り合いから、ある水位における合成粗度係数(河道横断面の粗度を一次元水位計算が可能なように一つの係数で表すとした場合の粗度係数)を求められる合理的な粗度係数算定モデルを組み込んだ一次元不等流計算であると言える。つまり、粗度係数算定モデルの部分をそのまま一次元不定流計算に組み込めばよい(そのような意味のことは、参考文献1)p.123「4.5不定流計算」の解説の最終行に既に示されている)。

以上のように計算法として力学的な整合性は十分確保でき問題はない(あとは数値計算のプログラミングの問題)。ただし、粗度係数をいかに設定すべきかが重要である。砂礫で構成される河床波の発達または平坦化(アッパーレジームへの遷移)や植物の倒伏または樹木への流下物の集積などによる粗度係数の増減については、現時点でなお研究段階であり一般的な設定法が定まっていない。しかし、今回の場合のように霞堤部の貯留効果を評価する場合には、ピーク水位だけではなく、水位の時間的変化(特に水位上昇期間)が良好に求められなければならない。地形的条件が同一であっても、貯留効果は水位の時間変化が急激であるほど大きくなるからである。以上を考慮すると、1)これまでに蓄積された粗度係数の変化に関する知見から予想される粗度係数の変化幅をまず定め、2)その幅以内でピーク水位とピーク流量の時間的ズレが小さく、かつ水位の時間変化量が最も小さい(非定常性が小さくなる)ように粗度係数の時間的変化を設定するのが現実的であると考えられる。このようにすれば、現状の知見で期待しうる最小の貯留効果を評価でき、それを計画に反映することは安全側に拠った結果を得ることができるためである。

そのような作業の手順の一例を以下に示す。まず、ある一定流量を連続通水した際の粗度係数の設定法(例えば参考文献2))を参考にして、水理量の増減に伴って生じうる粗度係数の値を予測する。その結果をそのまま非定常流れに適用すれば、河床波の発達および平坦化が瞬時に生じると仮定した(準定常の仮定)での計算になる。しかし、実際には瞬時に生じることはないので、現時点より前の時間での水理量側にズレた粗度係数になると思わ

れる。そのズレがどの程度であるかは、水位変化速度や流砂量などによってまちまちであると予想される。そこで水位流量観測所における既往出水時での測定結果と非定常計算結果が良好に一致するように粗度係数を試行錯誤して設定することで評価する(観測所と霞堤の場所は同一のセグメント内であることは言うまでもない)。そのように評価したズレ幅内で、上記のような粗度係数の時間変化に関する実態を加味して、非定常性が最も小さくなるように粗度係数の時間変化を設定する。

いずれにしても計算のみで貯留効果を明らかにするのには限界がある。したがって、霞堤部に水深の時間変化が測れる装置をおき貯留効果の実態確認を行うことを薦める。そのような調査の対象となりうる出水の機会はなかなか訪れないが、計画対象がそういう希な現象を対象にしているので根気よく調査する必要がある。具体的には最深部に沿って縦断方向に水位計を複数個設置するのが望ましい。この調査ではテレメータは不必要で出水後にメモリーからデータを読み出せばよいと思われる。そのような水位計は最近低廉なものが市販されているので、それをするのも良い。

最後に霞堤を洪水調節施設として計画に位置づけることの妥当性について照査することが必要であろう。貯留効果のほかに霞堤には、堤内地からの河道へ排水口(支川や氾濫流)としての機能、内側の堤防が万一破堤しても外側の堤防で氾濫をくい止める二線堤としての機能があることが知られている。計画規模の出水時の安全性の確保を考えた場合には、これらの機能をバランス良く活用し、最大限の安全性(万が一、氾濫した場合も想定して)が得られるようにすべきである。その答えが貯留効果であるのかについて十分に検討すべきであろう。

参考文献

1)改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説　調査編,pp.107　113
2)改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説　調査編,pp.130　138

Ⅱ－２．２　間伐材の活用分野の拡大

質問者：愛知県建設部
回答者：国土技術政策総合研究所　河川研究部河川研究室（TEL.0298-64-2283）

質　問

災害復旧工事の設計要領の中に伝統的な復旧工法が紹介されており、その中で木工沈床等一部の工法における材料には杉丸太も使用できることとなっている。しかし、それ以外の詰杭工、杭柵工、粗朶柵工及び一本土台、梯子土台など多くの工法では使用する材料が松丸太となっている。

愛知県では松の間伐材は無く殆どが杉や桧である。これらの耐久性は松と遜色ないし、また利用促進を図るため、「木工沈床以外の工法にも松丸太の代用として杉・桧の間伐材を使用できないか」についてご教示願いたい。

回　答

1）河川伝統工法の経緯

河川伝統工法には多種多様な工法がある。例えば粗朶沈床は元々ヨーロッパで用いられていた工法であるが、明治初期に来日したオランダ人土木技師が、その技術を日本に伝え、その後全国各地に広まった。しかし、昭和 30 年代以降、河川工事の機械化・省力化が進んだ他、職人が少なくなったり、標準的な設計になじみにくかったため、伝統工法はコンクリートを用いたブロック工法に変わっていったのである。

しかし、近年住民の環境意識の高まりと同時に、

・課長通達：「多自然型川づくり」の推進について：平成２年
・河川審議会答申「今後の河川整備はいかにあるべきか」：平成３年
・河川審議会答申「今後の河川環境のあり方について」：平成７年
・改正河川法：平成９年

などにおいて、環境や生態系に配慮した河川工法の推進が謳われた。また、平成 10 年には河川審議会に河川伝統技術小委員会が設けられて、検討が行われた。こうした動きに呼応して、近年粗朶沈床等の河川伝統工法が治水、環境に対応した工法として見直されると同時に、各地で施工されている。

2）河川伝統工法の種類

伝統工法は石・木といった自然素材を用いており、屈撓性があり、多孔質である点が特徴である。コンクリート工では洪水流により河床の土砂が吸い出される場合でも、伝統工法では河床変動に対応して撓むため、土砂の吸い出しが少なくてすむ。ただし、伝統工法でも、工法によっては吸い出し防止材を敷く必要がある場合がある。また、多孔質なため、空隙が魚などにとって良い生息空間となる。

伝統工法には様々な工法（表－１）があり、中分類で見れば、籠工、柵工、枠工、石工、沈床工、牛類、枠類、出し類などに分類される。各工法は多くの河川（表－２）で用いられており、各工法は河床勾配、河床変動、流速、波浪の影響などの河道特性に応じて使い分けられている。

例）柳枝工、栗石粗朶工：緩流河川のうち、比較的流速が遅く、波浪の影響が少ない河道区間の法面保護に適用
粗朶沈床、粗朶単床：緩流河川及び海岸の洗掘防止に適用。特に粗朶単床は大きな河床変動が発生しない下流部の護岸・根固めに適用
沈枠、聖牛など：急流河川に適用

3)伝統工法に用いる材料

質問にある防災研究会「災害復旧工事の設計要領[6]」のなかにも、多数の伝統工法が参考項目として記述されている。本設計要領には、質問者の指摘の通り

・木工沈床には杉又は松丸太

・詰杭工、杭柵工、粗朶柵工、一本土台、梯子土台には松丸太

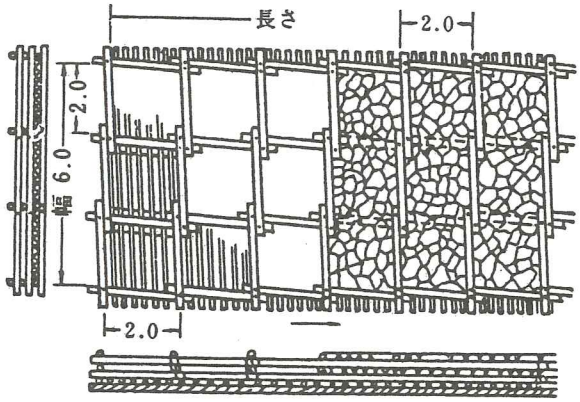
が単価表に書かれている他、大川倉の単価表には杉丸太が記載されている。指摘のあった各工法は図－１に列挙した。古くは、宮本武之輔「河川工學[7]」のなかでは杭柵工には杉を用いる、木工沈床には松又は杉を用いるとある一方で、同「治水工學[8]」の工事材料の項目では「粗朶は針葉樹を除いたカシ、ナラ、クヌギ、ツバキの如く堅固にして強靭性の富んだ材質を用いる」とある。

しかし、材料に用いる松は強度、水に対する腐朽の度合い（水中では松が強い）、コストなどを考慮した代表的な樹種、又は多用されている樹種を示したにすぎず、○○工は松丸太でなければだめとか、○○工は杉丸太でなければだめということではない。ただし、

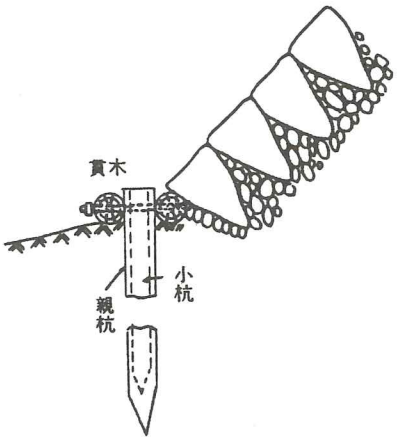
表－１　河川伝統工法の分類

大分類	中分類	小　分　類
法面工	芝付工	芝付工
	羽口工	萱羽口、粗朶羽口、石羽口、石羽取、土俵羽口
	法面工	柳枝工、栗石粗朶工、投掛工
	籠工	蛇籠、包柴工、柳蛇籠、粗朶籠
	石積工 石張工	石積工、石張工
法留工	土台	一方土台、梯子土台
	柵工	竹柵工、粗朶柵工、連柴工、板柵工、丸太柵、杭柵工
	枠工	杭打片枠工、片枠工、石枠
	籠工	蛇籠、包柴工、柳蛇籠、粗朶籠
根固・水制工	捨石工	捨石工
	寄石工	寄石工
	沈床工	粗朶沈床、粗朶単床、木工沈床、ケレップ水制
	籠工	蛇籠、包柴工、柳蛇籠、粗朶籠
	牛類	牛枠、笈牛、出雲結、猪子、瀬名牛、川倉、聖牛、越中三叉、菱牛、尺木牛、棚牛、百足枠、片牛、鞍掛棚牛、三基枠、尺木垣、八頭牛
	枠類	片枠、沈枠、傭枠、継枠、立枠、地獄枠、楯枠、鱗枠、鳥居枠、弁慶枠、胴木枠、三角枠、法枠、合掌枠、左五右衛門枠、石積左五右衛門枠
	出し類	小石出し、土出し、石出し

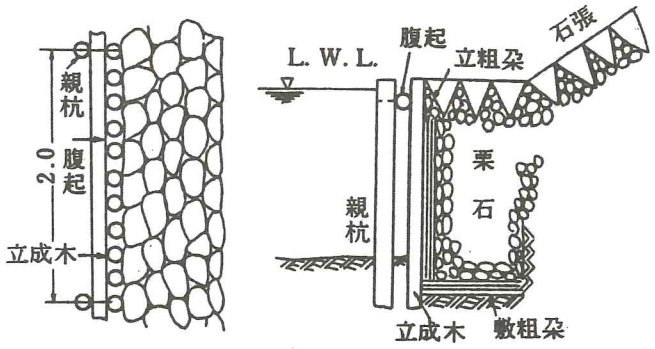
注１）「伝統河川工法による川づくり技術資料[1]」に加筆・修正した
注２）羽口は法面を意味する



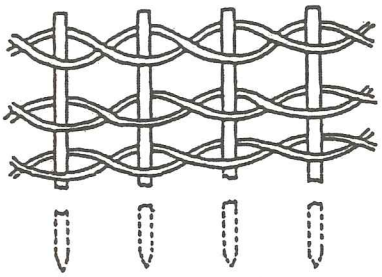
木 工 沈 床（3層建）



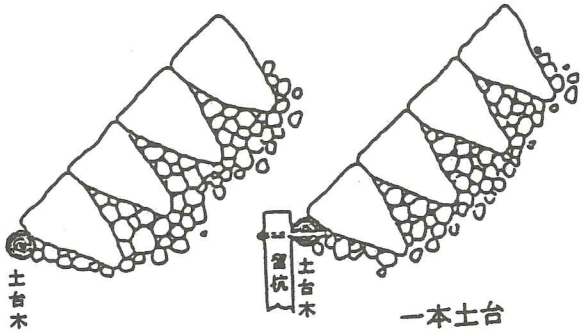
詰 杭 工



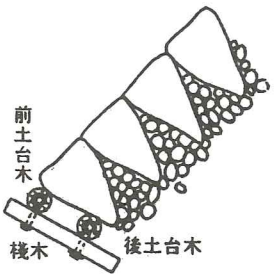
杭 柵 工（親杭付）



粗朶柵工



一本土台



梯 子 土 台

図－１　河川伝統工法の概要図

注）「災害復旧工事の設計要領[6]」及び「伝統河川工法による川づくり技術資料（案）[1]」より引用した

緊急復旧等の緊急時には入手しやすさを考えて、松や杉を使うこともありうる。

既往の伝統工法や粗朶工法に関する文献においても、例えば、「わかりやすい粗朶工法の施工事例集[9]」では、粗朶柵工（編柵工とも言う）では材料として堅くて、強靭性に富んだ、主として広葉樹（樹齢 7 ～ 10 年）が良いとされ、ナラ、クリ、カシ、クヌギ、コブシなどを用いることが推奨されており、前掲した宮本「治水工學[8]」と類似した記述がある。ここで、粗朶柵工とは雨水や湧水を遮断しないため、地下水が多い地域などに用いられる工法で、柵に柳枝を建て込み、背面を土砂詰めすれば、成長した柳により小川の淵の法面が保護されると同時に、生態系にとって良い環境となる。粗朶柵工は河川護岸の他に、山林道や公園の遊歩道に使われている。

また、「川づくり技術資料[1]」においても、粗朶沈床では材料として堅固な粘質性の木質、素性のよい側枝が適度にあるものが良いとされ、ナラ、クヌギ、カエデ、ツバキ、カシ、ケヤキなどを用いることが推奨されている。しかし、現地河川の事例を見ると、例えば信濃川下流（新潟県三条市）では粗朶沈床にマンサク、ヤツデ、モミジ（特に 10 年く

表－２　伝統工法が実施されている河川の一例

大分類	小分類	施　工　河　川
法面工	栗石粗朶工	信濃川
法留工	粗朶柵工	最上川、小皆川（加茂川支川）
	杭柵工	八東川（千代川支川）
	石枠	利根川、北上川、阿武隈川、木曽川
根固・水制工	粗朶沈床	利根川、信濃川、木曽川、阿賀野川
	粗朶単床	利根川、信濃川
	木工沈床	利根川、姿川（利根川支川）、宇曽ノ木川（網掛川支川）
	牛枠	利根川、加古川、那賀川
	笈牛	富士川、安倍川、木曽川、藁科川（安倍川支川）
	聖牛	富士川、天竜川、大井川、安倍川、高津川、藁科川
	越中三叉	庄川、神通川、常願寺川、九頭竜川
	菱牛	富士川、阿賀野川
	棚牛	利根川、富士川、天竜川、安倍川、酒匂川
	鞍掛棚牛	渡良瀬川、太田川（静岡県）
	沈枠	富士川
	弁慶枠	酒匂川
	合掌枠	利根川、多摩川
	土出し	江戸川、鬼怒川、中川
	石出し	富士川、木曽川、那賀川、矢部川、嘉瀬川

注１）「明治以前日本土木史[2]」「阿賀野川史[3]」「安倍川治水史[4]」「岐阜縣治水史[5]」などに基づいて、作成した
注２）蛇籠など施工事例が多いものは割愛している

らい経った粘り気のある木）が用いられた例もある[10]。ここで、粗朶沈床とは下格子を連柴で組み立て、その上に３層程度の粗朶を敷き込み、その上に更に連柴を配置したもので、各連柴の格子は二子縄で結束するとともに、上・下格子は三子縄で結束するものである。粗朶沈床は緩流河川及び海岸の洗掘防止などに用いられている。

このように、資料や現地実績を見ても、伝統工法に適切な材質は必ずしも統一されていないと思われる。そこで、多くの資料で推奨されている広葉樹（特に落葉樹）と針葉樹の特性を比較して、結論とする。広葉樹の大きな特徴はしなる（屈撓性がある）点にある。屈撓性があるために、河床変動に追随する粗朶沈床等に適していると言える。これに対して、針葉樹には柾目があり、なたで割ろうとすると、折れてしまう。すなわち、しなりが少ないのである。針葉樹の他の欠点としては、やにがついていたり、葉がかたいため、下流の生態系に影響を与えること、比重が大きいので作業に労力を要する（施工性が悪い）ことなどがあげられる。従って、屈撓性が重要となる粗朶沈床等には広葉樹（特に落葉樹）が良いが、柵や木工沈床等には杉やひのきなどの針葉樹も使うことができる。

参考までに、使用材料の耐久性がどの程度かというと、同上資料[1]によれば『粗朶は樹皮を付けたまま沈設されるので、施工直後は樹皮が剥離し、腐朽率が高い。その後はゆっくりした速度で劣化が進行する。水中の杭だけで見ると、水面下ほど腐朽は遅く、水面上の杭は腐朽が早い。また、水中の木の方が腐朽菌類の影響を受ける森林の木より腐朽速度が遅い』ことも分かっている。すなわち、腐朽しても、それは表面的な場合も多く、また木が水中にあるからといって、劣化が必ずしも早く進行する訳ではないと言える。加えて、注意しなければならないのは、渇水等で水中の杭が空気中に長期間さらされると、腐朽が早くなることである。

なお、河川伝統工法の使用材料の強度及び価格を他の樹種と比較して、表－３に示した。ここで、価格は建設物価調査会「建設物価」より、高さが 3m の樹木を 50 ～ 100 本単位で取引する場合の１本の単価で示しており、複数の種類がある樹種については、ある幅を持って書いている。また、樹種毎の曲げ強度は土木学会「土木工学ハンドブック（技報堂）」及び土木材料ハンドブック編集委員会「土木材料ハンドブック（山海堂）」を用いて調べた結果である。

表－３　樹種の価格及び強度

樹種	価格（東京）	曲げ強度
サクラ	6,200 ～ 9,000 円／本	－
ケヤキ	7,500 円／本	－
杉	7,500 ～ 11,000 円／本	300 ～ 750kgf ／ cm ^{2}
クヌギ	8,500 円／本	－
カシ	11,000 ～ 13,000 円／本	1,170 ～ 1,230kgf ／ cm ^{2}
ツバキ	15,000 円／本	－
松	20,000 ～ 20,500 円／本	360 ～ 1,180kgf ／ cm ^{2}
モミジ	28,000 円／本	－
栗	－	390 ～ 990kgf ／ cm ^{2}
ブナ	－	645 ～ 1,553kgf ／ cm ^{2}

4)今後のあり方

伝統工法はこれまでの実績や経験に基づいて、各地に施工されてきた。今後は「どの程度の洪水流に耐えられるか」という命題に対して、水理模型実験によりその物理的耐久性を明らかにしたり、伝統工法の採用が生態系に与える影響については、現存個体数だけではなく、生態学的に詳細な調査を行う必要がある。水理模型実験により得られた結果はコンクリートブロックのように、特性に対応した工法の特徴の整理が行われれば、河道・洪水特性に対応した工法の選択が可能となり、治水・環境によい災害復旧が可能となる。

参考文献

1）建設省北陸地方建設局：伝統河川工法による川づくり技術資料、2000年
2）土木学会：明治以前日本土木史、岩波書店、1936年
3）建設省阿賀野川工事事務所：阿賀野川史、1988年
4）建設省静岡河川工事事務所：安倍川治水史、1992年
5）岐阜県：岐阜縣治水史、上巻、1953年
6）防災研究会：災害復旧工事の設計要領、全国防災協会
7）宮本武之輔：河川工學、アルス、1941年
8）宮本武之輔：治水工學、修教社書院、1936年
9）粗朶工法編集委員会：わかりやすい粗朶工法の施工事例集、1999年
10）河川伝統工法研究会：河川伝統工法、地域開発研究所、1995年

Ⅱ－２．３　橋梁の水理検討における模型実験の必要性について

質問者:三重工事事務所
回答者:国土技術政策総合研究所　河川研究部河川研究室(TEL.0298-64-2758)

質　問

三重工事事務所管内の河川に架かる橋を改築予定である。当該地点は河口部の分派点付近に位置するとともに近接して設置されているサイフォンは周辺の河床低下によって露出しているため、洪水時の流況は複雑である。今後の河道改修によって分派流量の変化やサイフォンと河床の位置（高さ）関係が変化し、さらに複雑な流況を呈することが予想される。このような状況下における橋の改築に関する検討方法として、模型実験を行う必要性がどの程度あるのか、またその他の検討方法についての一般的な考え方をご教示願いたい。

回　答

橋の改築に当たっては、模型実験による検討を行う前にまず現況河道における問題点を明確にするための調査が必要である。その一つは過去の被災（問題）とその原因についてであり、①洪水の流体力によって橋梁そのものが破壊される危険性があるのか、または②橋梁周辺の条件が変化したことによって橋梁が破壊される危険性があるのか、さらには③橋梁そのものが周辺に影響を及ぼしているのか等に分類した上で調査検討する必要がある

①であれば、構造上の問題であるため、すぐに改築しなければならない。②に関する具体的な例として、全川的に河床低下が生じ橋脚のフーチングが露出するような状態であれば、橋脚周辺の局所洗掘はさらに進行し、結果として橋梁の構造上の安全性が低下することが考えられる。このような全川的な河床低下は疎通能力の増大に結びつくため、橋脚の根入れや根固めが十分であれば治水上はあまり大きな問題にはならない。③に関しては、主に次に示すような調査が必要となる。

・橋梁があることによって流れに影響を及ぼし、水位堰上げや新たな水衝部が発生することが考えられる。橋脚による水位堰上げ量は計算で工学上十分な精度で求まるが、橋脚や径間に流木が集積した場合には河積阻害率が増大するためさらに水位が堰上がる。その水位堰上げ量と流木集積量はほぼ関係付けられているが、流木集積量は橋梁の径間だけでなく主に上流からの流木の長さや発生量等に左右される[1)]。場合によっては大きく河積を阻害し、水位堰上げ量は橋脚のみよりもオーダー違いに大きくなり橋梁上流の堤防から溢水が始まる可能性が高くなることから、流域内の流木発生の特性について過去の出水等から調査することは必要不可欠と考えられる。
・橋脚の設置に伴う河岸への影響対策について「解説・河川管理施設等構造令」では橋脚の位置と河岸の位置関係及び必要となる護岸の設置範囲等を規定しており、当該河川の現況において橋梁周辺の河岸の被災状況等を調査することが重要である。
・当該地点は分流点近傍であることから、橋梁の存在が分流にどの程度影響を及ぼしているか調査する必要がある。特に自然分流の場合には、橋脚の向きが洪水時の流向に斜めになると橋脚が河積を阻害する可能性があり効率的に分派できないこともあるため、まず洪水時の分流点近傍の流況を空中写真等によって把握する必要がある。

以上のように、橋梁そのものだけでなく周辺条件との相互関係を事前に調べることが必要である。さらに当該地点は河口付近であることから、例えば河床高を低くして波

高の高い波が河道内に進入しやすくなると、河川流よりも波圧の方が支配的となって河岸被災が生じる可能性が高くなり、そのために波浪に関する調査も必要となる。また、河床が低下すると塩水遡上の問題もあり、これに関する調査も必要となる。さらに当該地点に近接して設置されているサイフォンは、現在は周辺河床より突出しているが河道の安定性にどのように影響を及ぼしているのか、その位置付けを明確にするために河床の経年的変化等についても調査する必要がある。

模型実験による検討を行うか否かの判断には、上記の調査結果だけでなく過去の災害で治水面及び行政面でどの程度重要な問題が生じたか、今後どの程度重要になりどの程度高度な管理を行うのか、そのために現況河道の形状や流量を大きく変更させるのか等の広い視点からの現地情報も必要である。これらに加え模型実験上で現地現象を再現できる限界も考慮して、最終的に実験の必要性を判断すべきである。その模型実験の意義や再現性等については次のようである。

模型実験は、一般には実物において起こった現象あるいは起こるべき現象を知り、予知するための一つの解析手段であり、実物の水理現象を比較的正確にかつ容易に知り得る有力な手段として重要な役割を有している。河川模型実験における実験手法は大別して、固定床実験と移動床実験に分けられるが、模型上で現地と同じ現象が生じているかどうか（相似性）が最も重要である。特に移動床実験における相似に関しては流水の他に流砂を考慮する必要があるが、これにはいくつかの問題を有している。特に模型河道上の河床材料が細かすぎると（約 0.6mm 以下）、模型上で ripple と呼ばれる河床波が卓越し水深の相似が得られないことが多い。この対応策としてなるべく大縮尺の模型にして河床材料を歪ませる(石炭粉等の軽量材質を用いる)ことがある。理論上は現地の河床材料が細かい程、縮尺を実物大に近いスケールにするか比重が水に近い材料を模型の河床材料に用いれば相似性は満足されることになるが、これではスケール的には模型ではなくなりまた実験手法的に非常に困難になるため非現実的である。具体的には固定床実験のみによって判断するか、または模型や流量を歪ませた移動床実験での定性的な判断に留めるかを選択する必要がある。固定床実験は、水位、流速分布や流況の把握には適しているが、適用にあたっては現地での河床変動が激しくないことが前提であるため、固定床実験のみによって結論を得る場合には、現地資料や河床変動計算などによって河床の安定性について十分検討しておく必要がある。その他相似性に関する詳細については、紙面の都合上表記できないため文献「河川水理模型実験の手引き」[2)]を参照されたい。

以上のように、模型実験は水・土砂の運動を解く一つの有力な解析手段であるが、全ての水理現象を模型上に再現することはできない。このため現象の相似性に関して十分検討し、かつ結果の解釈にあたっても相似性の差異の影響を考慮する必要があり、これによって模型実験の有効性が高まるものと考えられる。そのためにも前述の現地調査や河道特性調査の必要性が高いと考えられる。これら調査項目は多岐に渡るが、調査の分析が詳細に進む程、模型実験の必要性やその他の水理的検討方法をより明確に見出すことができ、結果として効率的な検討に結びつくと言える。

参考文献

1）坂野章、望月達也、藤田光一：橋梁への流木集積と水位せきあげ、土木技術資料 40-10、1998 年 10 月.
2）山本晃一、高橋晃：河川水理模型実験の手引、土木研究所資料第 2803 号、1989 年 10 月.

Ⅱ－２．４　低水・高水対応する流出解析手法

質問者:天竜川ダム統合管理事務所
回答者:土木研究所　水工研究グループ水理水文チーム(TEL.0298-79-6779)

質　問

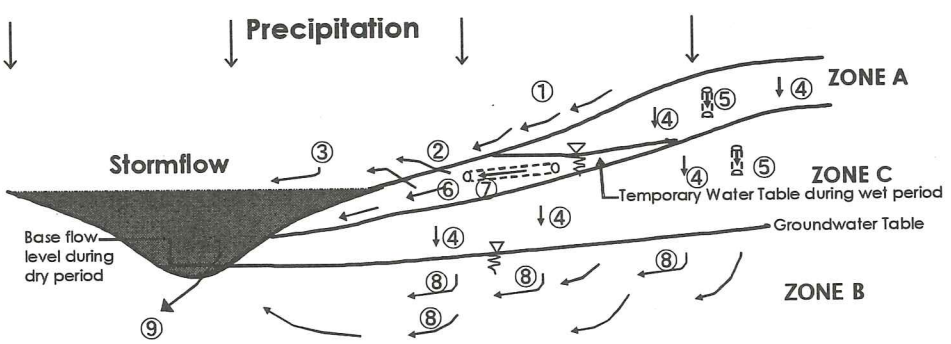
流出解析手法は、高水時に主眼をおいた手法が多くあるが、当事務所では、統合管理システムとして、流域雨量・予測雨量を用いて、逐次、流出を予測するシステムを構築しつつある。その解析手法として、低水時、増水時、低減時すべてに適用性が高い解析手法があればご教示願いたい。

回　答

すべての現象に対して適用性の高い解析手法は現時点では存在しないと言える。斜面における一般的な降雨・流出過程は、**図－1** に示す様に、複雑かつ多岐に渡っていることが過去の研究から明らかにされている。しかも降雨の規模(降雨強度、継続時間など)や時間の経過によって、支配的な流出過程は大きく変化する。短期流出では**図－1** の不飽和測方浸透流(図中⑥)がまず卓越し、それと共に復帰流(図中②)が発生する面積が拡大する。復帰流が発生している箇所は飽和域となり、そこに降る雨は直接河川に流出するようになり、結果として流出率が増加する。貯留関数法はこの関係を f_1, R_{sa} の係数により経験的に表現している。一方、長期流出では、この現象は支配的ではなく、時間をかけて流出する図中④,⑤,⑧の過程が支配的となる。タンクモデルはこのような鉛直方向の過程を直列に並べた幾つかのタンクで表現しているため、長期流出を表現するのに適している。

では、すべての流出過程をモデルで表現し、高水・低水により変化する支配的な過程もモデルの中で自動的に表現できる手法はないかという疑問が生じるであろう。流域を多くのメッシュ分割する分布モデルはこれを目指したモデルと言えるが、(1)場所ごとのパラメタを与えることは事実上不可能な問題、(2)たとえすべてのポイントのパラメタが推定できても面積をもつメッシュのパラメタとはならないスケール問題、のため小流域への適用を除いて実用化に至っていない。そのため、分布型モデルでは、貯留関数の同定と同じように透水係数等のパラメタを同定パラメタとして同定させることが多い。しかし、概念型モデルでは１セットだったパラメタ数が、分布型モデルではメッシュ数相当数と格段に多くなるため、分布モデルは最適解が多数存在する不定形に近い状態となる可能性が高い。同定用のデータには観測誤差が含まれていることも考慮すると、唯一の最適解を同定するのは至難の業である。従って、低水時、増水時、低減時すべてに適用性が高い分布モデルを構築することは、現実には困難な状況にあり、上記の問題点を克服するための研究が継続されているところである。

以上より、洪水時と低水時でそれぞれのモデルを使い分けて解析する現手法は効率と安定性の面で妥当であり、汎用的モデルの登場は少なくとも流域情報データの充実とスケール問題の解決を待たなければならない。



図－1　降雨流出過程の概念図

Ⅱ－３．１　ダム水位変動の平滑化方法

質問者：丸山ダム管理所
回答者：国土技術政策総合研究所　河川研究部ダム研究室(TEL.0298-64-3052)

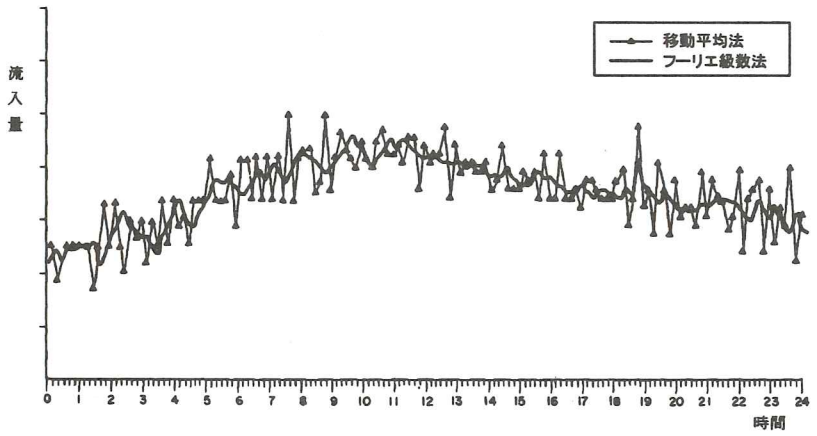
質　問

丸山ダムのダム管理用制御処理設備(以下、「ダムコン」という)による流入量計算によると、平水時で流入量が変化しないと思われる時に 300m³/sec 程度、また出水時の増水中にも関わらず 400m³/sec 程度の変動が発生する。この変動を小さくすることができないかご教示願いたい。

回　答

貯水池への流入量の算定にあたっては、通常の容量管理と整合を取りやすいことから、我が国では貯水池を流入枡と考えて、貯水量の変化量と放流量から流入量を逆算する方法が多く採用されてきた。貯水量は貯水位から求められるので、実際には流入量を貯水位の変化から求めていることになる。貯水位は貯留量の増減による水位変化の他に外的要因による水位変動も生じる。外的要因としては風浪によるもの、ゲート操作に基づく放流量の急激な変化によるもの、地震あるいは貯水池内の土砂崩壊等の突発的な現象によるものが考えられ、これらの影響を受けた貯水位変動が貯水池流入量算定時における誤差要因となり、ゲート操作や常時のダム管理での支障となることがある。このような誤差要因を除去するため、今までは移動平均法が多くのダムで採用されていたが、流入量算出に伴う時間遅れ等が問題となり、更には比較的長周期の水位変動を除去できないといった課題を残している。

これらの状況を踏まえて、旧土木研究所では比較的長周期の水位変動の除去が可能で、しかも時間遅れを伴わないようなフーリエ級数法を用いた手法を検討してきた[1]。この手法は、一定時間長の水位観測値を三角関数の合成関数で表現し、このうち貯水池の最長周期以下の周期を有する三角関数を波動変動成分とみなして除去し、残りを貯留変化に基づく水位とする方法である。本手法により平滑化した貯水位より算出した流入量と従来より用いられている移動平均法によるものとの比較検討を 5 ダムを対象に行っており、その一例を図-1 に示すが、いずれも移動平均法よりも良好に貯水池流入量を把握できる結果になっている。ただし、このフーリエ級数法でもゲート操作や発電操作に伴い貯水位が急変した時の水位変動は除去できず、例えばゲート操作の影響が及ばないと考えられる位置に水位計を設置する等の対応が必要になる。



図－１　フーリエ級数法と移動平均法の比較

参考文献

1)佐々木元、森北佳昭：貯水池流入量把握方法に関する一検討、土木研究所資料，2302 号，建設省土木研究所，昭和 61 年 2 月

Ⅱ－４．１　防災箇所の点検手法について

質問者:高山国道工事事務所
回答者:土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム(TEL.0298-79-6787)

質　問

道路の防災箇所（特に道路の上方部における高標高の箇所）の点検において、転石を確認する場合、目視による危険箇所の確認が必要であるが、現地の状況で登ることもできない箇所が多々ある。そのような場合、ヘリコプターを用いること等で確認は可能ではあるが、精度が落ちる。登ることのできないような高標高で急傾斜地の効果的な転石等の危険箇所の発見技術についてご教示願いたい。

回　答

全国一斉で行う道路防災総点検において使用する道路防災総点検要領[1)]には、落石・崩壊の点検を行う場合、浮石・転石の状況について不安定かどうかの観察を行い調査表に記入することとされている。しかしながら、質問で述べられているとおり、現地の斜面状況により登って踏査することが不可能な高標高かつ急傾斜の箇所がしばしば存在する。このような箇所においては、写真撮影、ビデオ撮影等による画像観察の適用が考えられる。この場合、例えば谷の対岸などに良好な視点場がある場合には地上からの観察及び撮影が可能である。また、そのような視点場がない場合には空中からの撮影が有効と考えられる。

地上からの観察･撮影の場合には､空中からの撮影に比べてコストはかからないものの、転石等の位置や大きさ、不安定の度合いなど調査結果の精度を確保するためには、当該斜面の近傍から高分解能での撮影あるいは観察を行う必要があることから、視点場の条件がかなり限定される｡したがって､実際には視点場を確保できない場合が多いと考えられる。

空中からの撮影の場合には、地上に視点場がない場合でも調査が可能となるが、調査結果の精度を確保するためには、地上から行う場合と同様に、当該斜面の近傍から高分解能での撮影を行う必要がある。しかしながら、通常のヘリコプターや固定翼機では、飛行高度をあまり低くできないことから、当該斜面に十分接近して飛行することができず、調査精度の点では不利となる。このような場合、より斜面に接近して飛行できる無人ヘリコプター[3)4)]や気球[2)]を利用する方法が有効と考えられる。

また､当該斜面の高さがあまり高くない場合には､高所作業車やクレーン車等を利用し、空中からの撮影と同様の撮影を行う方法も考えられる。

なお、いずれの場合にも、植生が密集している場合には植生下の転石を見ることができないことに留意する必要がある。これについては現在のところ植生の少ない時期を選んで調査する以外に有効な手法がないのが実状である。

参考文献

1)財団法人道路保全技術センター（建設省道路局監修）：平成８年度道路防災総点検要領（豪雨・豪雪等），pp30-45，1996.
2)財団法人道路保全技術センター：平成８年度道路防災総点検　点検機器資料集，38p，1996.
3)仲野公章・杉浦信男・葛西勝栄・山越隆雄：噴火に伴う有珠山土砂災害緊急対応について，土木技術資料，第43巻第２号，pp34-39，2001.
4)仲野公章・山田孝・山越隆雄：ＧＰＳ搭載自自律型無人ヘリコプターによる有珠山噴火災害調査，土木技術資料，第42巻第６号，グラビア，2000.

Ⅱ－４．２　アンカー付現場打ちのり枠工の安定計算について

質問者:岐阜県建設管理局
回答者:土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム(TEL.0298-79-6787)

質　問

アンカー付現場打ちのり枠工の安定計算において、枠の重量や積雪荷重を考慮すべきか。また、雪荷重を考慮するとすれば、最大積雪深をとるのか、あるいはどの程度の深さを考慮するのが妥当であるのかについてご教示願いたい。

回　答

アンカー付現場打ちのり枠工を設計する場合、アンカー工としての安定計算を行うことになるが、道路土工－のり面・斜面安定工指針[1)]では、アンカー工の安定計算においてのり枠の重量を考慮すべきかどうかについては述べられていない。一方、急傾斜地崩壊対策事業において用いられる急傾斜地崩壊防止工事技術指針[2)]においては、アンカー工の安定計算式の中ですべり土塊重量に構造物の自重を加えるよう考慮されている。したがって、のり枠の重量については、すべり土塊重量に対して無視できる程度かどうかが現場によって異なってくるために各現場に応じた判断が必要であるが、無視できない場合は考慮するのが適切と考えられる。

積雪荷重については、上記の指針においても考慮すべきかどうか述べられておらず、他にもアンカー工の安定計算における積雪荷重の考慮について述べた指針は現在のところない。ところで、斜面は一般に、梅雨や台風などによる豪雨等によって斜面内部の水分量が多くなるときには平常時に比べ不安定になる。同様に、積雪地帯においては、融雪による水分が斜面に浸透して水分量が多くなるときにも平常時に比べ不安定になる。このとき、同じ積雪地帯でも地域によって雪の量が違うことから、融雪時の検討が必要かどうか、また、必要な場合でも荷重として考慮すべき積雪深が現場によって全く異なってくると考えられる。したがって、現状では雪荷重については各現場に応じて判断するべきであり、例えば最大積雪深を一律に考慮するといった適用は避けるべきである。

参考文献

1)社団法人日本道路協会：道路土工－のり面・斜面安定工指針，pp211-219，1986.
2)社団法人全国治水砂防協会（建設省河川局砂防部監修）：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例　急傾斜地崩壊防止工事技術指針　本編，pp239-263，1996.

Ⅱ－５．１　シールド工法における安全性について

質問者：三重工事事務所
回答者：土木研究所　基礎道路技術研究グループトンネルチーム（TEL.0298-79-6791）

質　問

近畿地整の木津川において、かなりの深度でシールド工法により施工していたにも関わらず堤防陥没事故が発生したと聞きました。地質、シールド外径等、複雑な要因があると思いますが、シールド工法の安全性について、ご教示願いたい。

回　答

トンネルは、基本的には周辺地山により支持される構造物であるため、土被りが深いほど安定性が高まることになる。しかし、質問にもあるように非常に稀ではあるが、土被りがかなり深い場合でも施工中に陥没が発生した事例も見られることから、十分な土被りが確保できていても施工に際しては十分な注意を払う必要がある。また、トンネルの安定性は、トンネル断面の大きさとも密接に関係し、特に施工時における切羽の安定性は断面が大きくなればなるほど切羽の土質（地層）構成が複雑になり、さらに、シールド天端とインバートとの圧力差が大きくなるため、施工管理も難しくなる。

シールド工法における最小土被りはこれまでの実績によれば、一般には1～1.5Dとすることが多く、1D以下の施工実績もある。現在、計画されているシールドトンネルの外径は1.8mであり、最小土被りとして5mを確保することを考えていることから、トンネルの安定に必要な土被りは十分確保されており、施工時の管理も比較的行い易いものと考えられる。しかし、上述したように土被りが深い場合でも陥没などの事故が発生した事例もあることから、施工に際しては安全を確保するための施工管理や地盤条件によっては地盤改良等の補助工法などに関する十分な検討が必要である。

シールド工法の施工時に発生する陥没などの事故の大部分は、切羽の崩壊に起因していることから、安全にシールドトンネルの掘削を行うためには切羽の安定性の確保が重要となる。近年、シールド工法の一般的な工法として用いられている泥水式シールドや土圧式シールドなどの密閉型シールドでは、泥水圧または土圧により切羽面を支持し、積極的に切羽の崩壊を防止するとともに、切羽面の変形を抑えることで地盤の緩みを抑制しているため、安全性が高い工法といえる。ただし、密閉型シールドを採用した場合においても、切羽の安定を確保するには切羽の安定に必要な土圧あるいは泥水圧を保持し、シールドの掘進量に合わせた土量の排出を確実に行うことが必須であり、そのためには土圧または泥水圧の管理および掘削土量の管理が重要となる。また、巨礫・玉石層および切羽からの湧水が多いなどの特殊条件によりシールドの施工が困難な場合は、薬液注入工法、高圧噴射注入工法、凍結工法、圧気工法などの補助工法の検討が必要となる。その他、水底部において土被りに対して水圧が卓越する場合には、泥水や添加材の漏洩や噴出、トンネルの浮き上がり、セグメントの変形に対する検討も必要である。

Ⅱ－５．２　雨天時における区画線のすべり対策案について

質問者：静岡国道工事事務所
回答者：国土技術政策総合研究所　道路研究部道路空間高度化研究室（TEL.0298-64-4539）

質　問

雨天時に二輪車による事故が多発している。原因は区画線上を走行した場合に、すべりで事故を起こしていると聞いている。原因を含め、対策案として何が考えられるかについてご教授願いたい。

回　答

区画線は、JIS K 5665により１種（常温式）、２種（加熱式）、３種（溶融式）の３種類が規定されている。これらのうち１種および２種は液状であり一般にペイント式と称され、３種の粉体状の溶融式と区分される。

過去の研究事例[1]によれば、これらの区画線は表面が平滑な塗膜となることから、湿潤時のすべり摩擦係数が通常の舗装路面より 0.2 ～ 0.3 程度低下しており、特にペイント式が小さくなっている。

二輪車は、車体構造の関係上挙動が不安定となる場合が多く、雨天時にこれらの区画線上で急制動をかけたり何らかの操作を急激に行ったときなど、十分なすべり抵抗力が得られない可能性がある。

区画線のすべり摩擦係数を高める方策としては、区画線にグルービングを施す方法、すべりにくい骨材を混入している区画線や比較的すべり摩擦係数の高い工場製品の貼り付け式の区画線を用いる方法等が考えられる。いずれの方策も、今のところ二輪車のスリップ防止に特に有効であるかどうかは把握されていないが、すべり摩擦係数を高める効果は期待できると考えられる。この他、すべり摩擦係数が高い区画線としては表面に凹凸のある高視認性区画線が挙げられるが、二輪車に与える振動を考えると優れた対策とは言い難い。

また、区画線を施工するにあたって、二輪車の通行が多い道路等では、二輪車が通過する可能性が高い位置に区画線を施工しない、あるいは区画線の幅をむやみに広くしないこと等にも留意することが必要である。

参考文献

1）栗本、小野田、田宮、安藤：特殊路面のすべり、土木技術資料、Vol.18, No.12、pp30-33, 1976

Ⅱ－５．３　排水性舗装の路面表示材

質問者:北勢国道工事事務所
回答者:土木研究所　基礎道路技術研究グループ舗装チーム(TEL.0298-79-6789)

質　問

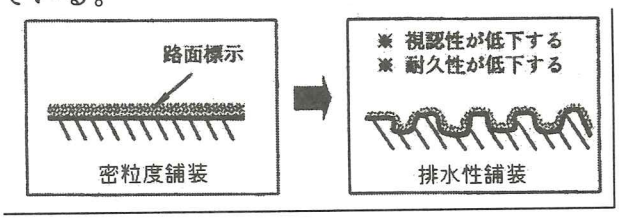
排水性機能を確保するために、各メーカでは技術開発が進んでいるが、一般のアスファルト舗装に比較し視認性が低下する。その対策や一般の溶融式ペイントで施工した場合の排水性機能の低下の程度および現在のメーカによる開発された路面表示材のタイプ比較についてご教示願いたい。

回　答

（１）排水性舗装に路面表示材を施工した場合の視認性

排水性舗装は、構造的な特徴として従来の密粒度舗装と異なり、舗装体内に連続した空隙を持った舗装である。この空隙の作用により排水性と吸音性の向上を期待したもので、雨天時の安全性および騒音の低減に効果を上げている。

排水性舗装に路面表示材を施工した場合、視認性が低下するといわれている。図－１に密粒度舗装と排水性舗装に、従来と同じ一般の溶融型ペイント（JIS K 5665　２種に相当するトラフィックペイント）の路面表示材を施工した場合の概念図[1)]を示す。密粒度舗装に、従来と同じ路面表示材を施工した場合、図－１の左側に示すように凹凸がないため均一な厚さに施工される。これに対して、排水性舗装に従来の路面表示材を施工すると図－１の右側のように骨材の凹凸（空隙）に沿って路面表示材が流れ込み付着する。このため、排水性舗装に施工した路面表示材は、密粒度舗装に比べ表面積が大きくなり、塗料厚が薄くなり視認性が低下する。さらに、車両の輪荷重は骨材の凸部に集中するため路面表示が削れ取られ耐久性が劣る。その結果、さらに視認性が低下してしまう。



図－１　従来の路面表示材を密粒度舗装と排水性舗装に施工した場合の概念図

その対策として、近年、新たに新材料・新工法として視認性や耐久性を高めた「水性型」、「溶融噴射型」、「２液反応型」等の路面表示材が開発されている[1)]。

（２）新しく開発された排水性舗装用路面表示材

１）路面表示材の特徴

一般に使われている溶融型ペイントと開発された３種類の路面表示材のそれぞれの特徴を表－１に示す。また、それぞれの概要を簡単に述べると以下のとおりである。

①水性型:水を溶媒の主成分とした水性塗料。従来の溶剤型の施工機械を転用できるため、施工性は溶剤型とほとんど変わらない。
②溶融噴射型：これまで溶融型(溶着型)として導流標示や矢印標示などに用いてきたものを回転式スプレーで噴射塗布したもの。
③２液反応型：主剤と硬化剤を混合し反応、軟化させたもの。

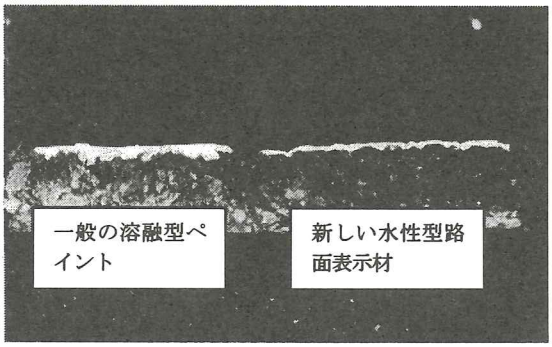
いずれも、従来の溶融型に比べて環境面への影響がさらに配慮されている上、視認性や耐久性が優れているとされる。

表－1　路面標示用塗料の分類

TYPE	使用樹脂	VOC含有量	塗装方法	塗料使用量	溶剤型を基準とした施工コスト	特　　徴
溶剤型	・アルキッド樹脂ワニス、またはアクリル樹脂ワニス ・平均分子量：数千～数万	20～30% 約 400～450g/L	エアレススプレー式	塗料：0.4L/m² ﾋﾞｰｽﾞ：0.42kg/m²	1	・50～80℃に加熱して施工する ・JHの標準使用 ・車両解放時間：5～6分 ・施工可能延長：8km/回
水性型	・アクリルエマルション ・平均分子量：数十万	2～4% 約30～60g/L	エアレススプレー式	塗料：0.4L/m² ﾋﾞｰｽﾞ：0.42kg/m²	1.3	・常温または加熱して施工する ・車両解放時間：5～7分 ・施工可能延長：8km/回
溶融噴射型	・石油樹脂(C5系) ・平均分子量：1千～2千	0%	回転スプレー式	塗料：3.15kg/m² ﾋﾞｰｽﾞ：0.35kg/m² 塗料に16%のビーズを含有	2.7	・180～200℃に加熱、溶融して施工する（発煙がある） ・固定規制が必要 ・車両解放時間：3分以内 ・施工可能延長：2km/回
2液反応型	・アクリル樹脂モノマーおよびオリゴマー ・平均分子量：数百（硬化後は数千～数万）	0%	エアレススプレー式	塗料：0.4L/m² ﾋﾞｰｽﾞ：0.42kg/m²	2.9	・常温で施工（気温により乾燥時間差がある） ・車両解放時間：8～15分 ・移動規制に不向き ・施工可能延長：4km/回

2）供試体における透水性

排水性舗装の供試体に一般の溶融型ペイントと新しく開発された水性型の路面表示材を塗布した断面の状況を写真－1に示す。一般の溶融型ペイントを塗布すると、写真－1の左側のように上面から約10mm程度空隙内に塗料が流れ込んでしまうことが分かる。これに対して新しく開発された水性型路面表示材は、塗膜自体に透水機能はないが、写真でも分かるように排水性舗装の空隙部に塗料がほとんど流れ込んでいないため、溶融型ペイントに比べ排水機能は損なわれない。一般の溶融型ペイントは、空隙内に塗料が流れ込んでしまう分、排水機能が低下すると思われる。また、空隙率20%の排水性舗装の溶融型ペイントの使用量は、密粒度アスファルト舗装に比べ約2.3倍の使用量となる。



写真－1　溶融型ペイントと水性路面表示材の施工状況

3）現場施工における透水性

日本道路公団が実道の試験施工で一般に使われている溶融型ペイントと開発された3種類の路面表示材の排水性機能について試験した結果を以下のように述べている[1)]。

① 噴射型は塗膜厚が厚い分、透水性能を著しく阻害する場合があった。

② 性型は溶融型と同程度の性能を示した。

③ 2液反応型は場所によって劣化の進行が早く、反射輝度も著しく低下する上、施工性も良くない。

なお、供試体で透水性を評価した結果では、現場試験で問題視された溶融噴射型の透水機能阻害は確認されなかったようである。

参考文献

1）加藤他：高機能舗装の路面表示工の適用性に関する研究、高速道路と自動車、第43巻第11号、pp24～33、2000年11月

Ⅱ－５．４　積雪寒冷地域外における融雪装置について

質問者：北勢国道工事事務所
回答者：土木研究所　基礎道路技術研究グループ舗装チーム（TEL.0298-79-6789）
　　土木研究所　技術推進本部先端技術チーム（TEL.0298-79-6757）
　　土木研究所　新潟試験所（TEL.0255-72-4131）

質　問

名阪国道は、東名阪自動車道と西名阪自動車道を直結する自動車専用道路の一般国道で、管理水準として高速道路並が要求されている。冬期にわずかな積雪により、滑り止め等の装着のない車両により、立ち往生・事故等のため、交通管理者からの要請による通行止め及び車両排除に多大な労力を費やしているところである。特に、積雪は夜間及び休日にある可能性が高く、職員による通行止め措置には非常に苦慮しているところである。

現在、散水融雪装置は、設置してあるものの、水源等の枯渇（水道水の利用）の課題があり、これに代わる経済的な（ライフサイクルコストを加味した）融雪装置あるいは舗装技術の現状と今後の見通しについてご教示願いたい。

回　答

ご質問の箇所は排水性舗装区間で、地下水が無くトンネルの防火水槽に水道水を貯めておき、これを水源として既存の散水融雪装置を、縦断勾配が６％ときつい２ｋｍの区間に設置されており、現地の気象は、夜間路面に降り積もった降雪が昼間には太陽光で溶けるとお聞きしました。

融雪装置につきましては、地下水が得られないことから、放熱管・ヒートパイプ・電熱線を舗装体内部に埋設して路面を暖める無散水融雪装置が候補として挙げられますが、いずれもコスト的には高価です。コスト低減への取り組みとして、下水道熱、工場やビル廃熱等の都市廃熱利用の融雪設備を検討していますが、熱量の豊富な都市部を対象としています。ご相談の適用箇所にこのような熱源が必要量あれば検討の余地はありまが、いずれにしても無散水融雪であり、コストでは散水融雪に勝るものではありません。

凍結抑制舗装は、アスファルト舗装内にゴムチップや凍結防止剤などを混入する工法で、主として路面露出の発生向上や、凍結遅延などの効果があります。現在施工されている凍結抑制舗装は、車両の通過時に振動で氷結層を破砕するゴムチップ混入系と、アスファルト舗装内に凍結防止剤を混入してそのにじみ出しにより、凍結を抑制しようとする塩化物混入型に分けられますが、主として、路面凍結の抑制が目的であり、積雪に対する対策としては、効果が薄いのではと考えます。

参考文献

１）冬期路面対策事例集　（社）雪センター　1997
２）道路防雪便覧　（社）日本道路協会　平成２年５月

Ⅱ－６．１　ブロック積擁壁の背面の土の種類の定義

質問者:静岡県土木部
回答者:土木研究所 技術推進本部 施工技術チーム （TEL.0298-79-6759）
国土技術政策総合研究所 総合技術政策研究センター
建設システム課 （TEL.0298-64-2677）

質　問

土木構造物標準設計の改訂に伴い、ブロック積擁壁の背面の土の種類が良い土、普通の土の二種類となっている。背面土の種類と土質区分の関連についてご教示願いたい。

回　答

土木構造物標準設計におけるブロック積擁壁の設計は「道路土工－擁壁工指針」に基づいている。擁壁工指針ではブロック積擁壁の適用条件として「主としてのり面の保護に用いられ、背面の地山が締まっている切土、比較的良質の裏込め土で十分な締固めがされている盛土など土圧が小さい場合に適用される。」としている。

これはブロック積擁壁を背面の土圧を押さえる抗土圧構造物としての適用することを制限した記述である。

適用箇所の選定は、兵庫県南部地震における擁壁構造物の被害のうちブロック積擁壁の被害が占める割合が高かったこと、ただし背面土の安定性が高い上述のような適用条件下では復旧が非常に容易であったことなどからブロック積の適用に際して特に留意すべき点であるといえる。

土木構造物標準設計では、従来から土工指針の考え方に基づき、適用区分を他の形式の擁壁のように礫質土（Ｃ１）、砂質土（Ｃ２）、粘性土（Ｃ３）という土質区分による区分ではなく、良い土（Ｕ１）、普通の土（Ｕ２）、良くない土（Ｕ３）という総合的な判断による３区分としてきた。しかし、今回の改訂では、このような知見をもとに良くない土に関する区分を適用から削除したものである。

背面土の区分については、背面土の土質区分から機械的に判定されるものではなく、擁壁の設置が計画されている現地の状況を踏査などにより判定した上で判断されなくてはならない。土質区分上は粘性土であっても堅固な状況であって、周囲の環境から将来にわたって現在の安定性が維持されると判断される場合はブロック積の適用が可能であるし、たとえ岩であっても将来的に風化・劣化により安定性が低下し、崩壊により発生する大きな土圧をブロック積によって押さえなければならないような状況が想定されるのであればブロック積擁壁の適用は不適切である。

良い土と普通の土の区分であるが、これは将来にわたってブロック積擁壁に土圧が作用するとは考えられないような条件を良い土、土圧が作用する可能性があるが、その場合でもその土圧が小さいと判断されるような条件を普通の土、と考えればよい。

参考文献

1）（社）日本道路協会：道路土工－擁壁工指針 1999.3
2）土木研究所報告第 196 号 平成７年（1995 年）兵庫県南部地震災害調査報告 1996.3

Ⅱ－６．２　道路側溝の平均流速の許容範囲について

質問者：岐阜県建設管理局
回答者：土木研究所　技術推進本部施工技術チーム（TEL.0298-79-6759）

質　問

道路排水工指針においては、側溝の許容される平均流速の範囲を定めているが、特に上限としては、どの程度までの流速が許容されるのか、ご教示願いたい。

回　答

１．側溝の許容される平均流速の上限についての基本的な考え方は、流水による洗掘（素堀り側溝等の場合）や流水中に混在する土砂による側溝表面の摩耗（コンクリート側溝等の場合）が過大にならないこと、および流水が側溝と排水ますの接続部のような断面変化部などで跳水などを起こさずに正常に流れること、にあると考えられる。

２．側溝の平均流速に対して、「道路土工－排水工指針」（（社）日本道路協会、昭和62年、p.32）には、側溝の材質に応じた許容平均流速の範囲が示されている。そこでは、たとえばコンクリート側溝では0.6～3.0mとなっている。

３．側溝の流速を定めるものは、マニング式に従えば、縦断勾配および流水断面である。しかしながら側溝は道路縦断線形に沿って設置されるものであるため、側溝の都合により側溝の縦断勾配を変化させることはできない。特に、山間部の道路では縦断勾配が大きく、側溝の流速を上記指針に示された許容範囲内に設定することができないことがしばしばある。

４．最も一般的に用いられているコンクリート側溝の場合について言えば、縦断勾配のかなり大きいところで用いられており、さらに縦排水工としても用いられているが、観察によれば、側溝表面が摩耗により劣化している事例はめったに見られないようである。ただし、側溝の接合部に隙間が生じて吸い出しにより側溝の不陸が生じる例もたまに見られるので、このようなことを避けるためにも施工は通常以上に綿密に行うのがよい。

なお、上記「指針」に示されている平均流速の範囲は、流水が常時存在する水路施設での経験を基にしているものと推定されるが、道路側溝では洗掘や摩耗が問題となり得るような流水が生じるのはせいぜい年に数回である。このようなことから、少なくともコンクリート側溝について言えば、洗掘や摩耗の観点から上記「指針」に示された平均流速の上限をある程度超えても許されるものと思われる。

５．流水が正常に流れるという観点からは以下の諸点に留意する必要がある。

縦断勾配の大きい山岳部の道路において、例えば切土部からの集水を側溝から排水ますを経て切盛境に設けられた縦排水溝で流下させるという排水系統のとき、側溝末端での流速が大きく、排水ますの容量に余裕がないと、側溝と排水ますの接続部で堰上げや跳水が生じて流水が側溝からあふれ出し、盛土のり面を流下・洗掘崩壊させた事例が過去に見られるまた、Ｕ型側溝の途中に部分的に設置されたふたに小枝やごみなどがひっかかって流水の障害になり、流水を路面やのり面にあふれさせたり、側溝の裏込めを洗掘させる事例もある。Ｌ型側溝やアスファルトカーブを用いる場合には、流水がますふたなどを介して正常に流下する必要がある。

以上に述べたような、流水が正常に流下することを保証する平均流速の上限値はどの程度かということについて一律に示すのは困難であり、また知見もない。現実的な対応としては、類似の現場条件における道路側溝の設置実態や異常流水の有無等の情報などを参考に設定されるのがよいと考える。

６．ここでは主に山岳部道路を想定して述べてきたが、道路線形や集水地域が与えられたとき、側溝の平均流速を調節できるのは第一義的には側溝の断面寸法のみであり、よほど

余裕のある断面寸法を採用しない限り平均流速を大きく調節することは難しい。したがって、平均流速がある程度大きくなっても流水があふれ出さないよう、排水ます設置部のような断面変化部や流れの屈曲部などを余裕のあるものにする、という配慮を行うのが現実的な対応として望ましいと考えられる。

Ⅱ－６．３　直接輪荷重のかかる箇所でのブロック積擁壁の適用

質問者：静岡県土木部
回答者：土木研究所 技術推進本部 施工技術チーム（TEL.0298-79-6759）
国土技術政策総合研究所　総合技術政策研究センター
建設システム課（TEL.0298-64-2677）

質　問

直接輪荷重が作用する箇所でのブロック積擁壁の適用の可否についてご教示願いたい。

回　答

「道路土工－擁壁工指針」ではブロック積擁壁の適用条件として「主としてのり面の保護に用いられ、背面の地山が締まっている切土、比較的良質の裏込め土で十分な締固めがされている盛土など土圧が小さい場合に適用される。」としている。

これはブロック積擁壁を背面の土圧を押さえる抗土圧構造物としての適用することを制限した記述である。

ブロック積擁壁の適用の可否は背面土の土質区分や荷重条件から機械的に判定されるものではなく、ブロック積擁壁に土圧が作用するか否かという観点から、擁壁の設置が計画されている現地の状況を踏査などにより判定した上で判断されなくてはならない。

輪荷重や上部付帯構造物による上載荷重が存在していても背面の地山が堅固な岩盤であってブロック積擁壁に土圧が作用する可能性がなければ適用上問題はないが、たとえ上載荷重等が作用していなくても背面の地山が不安定で大きな土圧が発生し、その土圧をブロック積が押さえなければならないような条件での適用は不適切である。

よって道路擁壁にコンクリートブロック積擁壁を適用する際には、輪荷重の有無を条件として機械的にブロック積擁壁の適用の可否を選択するのではなく、擁壁に作用する土圧という観点で現地の条件を総合的に勘案しなければならない。

【参考文献】

1）（社）日本道路協会：道路土工－擁壁工指針 1999.3

Ⅱ－６．４　再生骨材を使用したコンクリート２次製品化について

質問者：庄内川工事事務所
回答者：土木研究所　技術推進本部構造物マネジメント技術チーム（TEL.0298-79-6760）

質　問

総プロでまとめられた再生骨材の品質に関する暫定基準案について、耐久性を考慮しない場合については、どのような項目を満足すればよいか。

庄内川では、現在、上流部において復緊事業、下流部においては激特事業を実施している。

これら事業では、河積の増大を図るための河道掘削等により大量の河床砂利及びコンクリート取り壊し塊が発生する。この発生材料を護岸等のコンクリートブロック（２次製品）の骨材として有効利用したいと考えている。この場合、護岸は覆土する計画であるので耐久性を考慮する必要はないと考えている（施工箇所は温暖）。

このように耐久性を考慮しない場合におけるコンクリート用再生骨材としての品質に関する着目点についてご教示願いたい。

回　答

コンクリート解体材をコンクリート用骨材すなわち再生骨材として使用しようとした場合には、大きく次の２通つの方向性があります。

(a)高度な処理によりコンクリートから原骨材だけを取り出して使用する。

(b)ジョークラッシャーやインパクトクラッシャー等の一般的な破砕機によってコンクリートを破砕して使用する。

(a)の方法で取り出した骨材はJIS A 5308に規定する一般の骨材と同様に扱うことができますが、現状の技術では多大なコスト、エネルギーを必要とし、現実的ではありません。(b)の方法はできるだけ手間をかけずに利用しようとする方法ですが、生産される再生骨材は、原骨材、モルタルの付着した原骨材、モルタル塊、が混合した状態であり、密度や吸水率等の性質が一般の骨材に比較して劣ります。このため、現状では高い品質を要求されない路盤材として一般に利用されています。

(b)の方法で生産される再生骨材をコンクリートに使用した場合に、一般の骨材を使用したコンクリートに比較して次のような技術的問題点があげられます。

①強度がやや低下する
②凍結融解耐久性が低下する
③乾燥収縮が大きくなる
④再生骨材に塩分が含まれる場合は鉄筋腐食が生じる
⑤品質の変動が大きい

これらの技術的問題点の他にも、実際に使用する場合には、

⑥需要と供給のバランスがとれにくい

などの問題もあります。

ご質問の内容では凍結融解のあまり心配でない地域で、護岸ブロック（２次製品）に使用したいということですが、再生骨材の利用用途としては最も適した方法と一つと考えられます。③の乾燥の問

題に対して、河川護岸であれば乾燥の影響は少ないし、かつ２次製品であれば現場施工に比較して乾燥収縮の影響は緩和されると考えます。また、工場製作なので一日あたりの生産量を事前に計画できるので⑥の問題も生コンプラントほど大きくないと考えます。注意点としては品質の変動が大きいので余裕のある配合設計を行うことと、鉄筋を使用する場合には細骨材中の塩分量に注意する必要があります。

2000 年に「JIS TR 0006 再生骨材を用いたコンクリート」が発行されました。これは比較的簡易な方法で製造した再生骨材をあまり高い品質を要求しないコンクリートに使用しようとするもので、その標準仕様を示したものです。これがおおいに参考になるものと思います。

JIS TR 0006 の概要を紹介します。

再生骨材の品質としては表－１のものが使用できます。

表－１　再生骨材の品質

	再生粗骨材	再生細骨材
吸水率	７％以下	10 ％以下
微粒子分量	２％以下	10 ％以下
最大寸法	25 または 20mm	

結合材にはアルカリ骨材反応への配慮から高炉セメントＢ種またはフライアッシュセメントＢ種を使用し、単位セメント量 280kg/m^3 以上、水セメント比 60 ％以下とし、フレッシュ時の品質としてはスランプ 15cm 以下、空気量 5.0 ± 2.0 ％、コンクリートの呼び強度は骨材の品質が大きく変動しても容易に確保できる水準として 12N/mm^2 を標準としています。また、鉄筋コンクリートに使用する場合はコンクリート中の塩化物イオン含有量を 0.3kg/m^3 以下と規制しています。

護岸ブロックの製造においてもこの JIS TR 0006 が有効と思いますので、是非一読下さい。なお、従来の河川護岸ブロックには一般に呼び強度 18N/mm^2 のコンクリートが使用されています。JIS TR 0006 で標準としている 12N/mm^2 はこれよりやや劣る数値となりますが、この数値にはかなりの余裕が見込まれており、実施の強度はこれより高くなります。また、18N/mm^2 という数値自体が河川護岸の要求性能から求められた値ではなく、JIS A 5308 で規定されている生コンの最低ランクが 18N/mm^2 であるという理由によるもので、実際の河川護岸に必要とされる強度についてはよくわかっていないのが現状です。このようなことから、河川上流の急流部等で常に激しい流水を受ける部分では入念な検討が必要と考えますが、一般的な部分には再生骨材コンクリートの積極的使用が望ましいと考えます。

再生骨材を使用する場合には一般の骨材を使用する場合に比較して強度、耐久性等が若干劣り、バラツキも大きいことを十分念頭において使用することが重要ですが、条件を満足できる場所については積極的に使用を促進し、解体材の再利用率を高めていくことが建設行政の使命であると考えます。

Ⅱ－６．５　海岸耐候性鋼材について

質問者：三重県県土整備部
回答者：土木研究所　材料地盤研究グループ新材料チーム（TEL.0298-79-6762）

質　問

近年ライフサイクルコストの観点から耐候性鋼材がクローズアップされています。しかし、海岸部や飛来塩分の多い地域では従来の耐候性鋼材は使用できませんでしたが、近年海岸耐候性鋼材が開発されました。そこで、当工法を施工するにあたり、適用範囲や問題点についてご教示願いたい。

回　答

従来の耐候性鋼材（以後、ＪＩＳ耐候性鋼材と呼ぶ）は、飛来塩分量が 0.05mdd 以下か、海岸線から 20km 以上離れた地域では無塗装で使用してよいとされている。旧建設省土木研究所と（社）鋼材倶楽部および（社）日本橋梁建設協会との共同研究において全国４７カ所に１０年間の暴露試験結果から定めたものである。しかしながら、すべての橋梁部材は、降雨、日射、結露や漏水などの条件が異なるので、耐候性鋼材と言えども一様なさび層を形成することはない。このため、小さな試験片による暴露試験でのさび形成は必ずしも大型構造物におけるさび形成を再現していない。また、スパイクタイヤが禁止されてから、全国的に凍結防止剤として塩化ナトリウム（岩塩）や塩化カルシウムなどの塩化物の散布量が増大しており、海岸からの距離や飛来塩分量で適用区分することの合理性が失われつつある。現にＪＩＳ耐候性鋼材を使用した橋梁において部分的（桁端部、下フランジ下面、桁内面、排水管周囲など）に層状さびや粗いさびが生じている事例は多い。

海岸耐候性鋼材は、海浜耐候性鋼材とも呼ばれており、そのほとんどがＪＩＳ耐候性鋼材にＮｉ（ニッケル）を数％添加して耐食性を向上させたものである。その効果はまだ明確になっていない。現在、土木研究所では実大桁モデル試検体を横浜（荒天時に潮風を受ける海浜地区）、朝霧高原（山間地区）、親不知海岸（冬季に季節風を受ける海岸地区）、および沖縄（荒天時に波しぶきを受ける亜熱帯海岸地区）に暴露し追跡調査を行っている。暴露２年までの結果、降雨と日射を受ける部位ではＪＩＳ耐候性鋼材より腐食の進行は少ない。しかし、環境が最も穏やかな朝霧を除いて、いずれも下フランジ下面、腹板上部や桁内面に粗いさびが生じており層状さびに進展する。また、沖縄ではすでに層状さびとなったものもある。

以上の調査結果からは、ＪＩＳ耐候性鋼材と海岸耐候性鋼材の有意差は明確ではない。耐候性鋼材が腐食しろの考えである限り、海岸耐候性鋼材もＪＩＳ耐候性鋼材より粗いさびや層状さびの発生までの時間が多少長いだけである。このため、耐候性鋼材を用いた構造物は、いずれ大規模な補修が必須である。また、補修方法としては、塗装による補修が一般的であるが、全面さびである鋼材の素地調整方法やその程度並びに塗装仕様等に関する検討がなされておらず補修方法は確立されていないのが現状である。すなわち、耐候性鋼材を使用しても決してライフサイクルコストを低減することにはならないので、架設環境などを慎重に把握し適用の可否を検討する必要がある。

Ⅱ－６．６　EPS 工法採用の利点と留意点

質問者:北勢国道工事事務所
回答者:土木研究所　材料地盤研究グループ土質チーム(TEL.0298-79-6767)

質　問

軟弱地盤、地すべり地あるいは山岳地などの急峻な地形への道路盛土の築造、あるいは都市内で用地幅が制限され、しかも既設構造が近接している箇所への盛土の構築において軽量盛土材を採用するケースが増加しているが、軽量盛土材として EPS(発泡スチロール)を採用し、盛土構築を行った場合の利点及び留意点についてご教授願いたい。

回　答

EPS(発泡スチロール)工法は発泡スチロールの大きなブロックを、地盤材料として用いる工法である。EPS 工法は①超軽量性、②耐圧縮性、③自立性、④耐水性、⑤施工性などの特徴を持ち、主に荷重軽減対策や土圧軽減対策に用いられている。

EPS を軽量盛土材として採用する際、地下水以深などにおける浮力問題や以下のような化学特性に留意する必要がある。

(1) 耐熱性・耐火性

① 耐熱性

EPS の原材料はポリスチレンであり、70～80℃付近で軟化し始める。そこで、EPS が変形や強度変化を起こさない温度範囲としては原材料と同じく、70℃以下と考えればよい。従って、通常の作業環境ではほとんど問題となることはないが、重機などの発熱には注意が必要である。

② 耐火性

EPS 工法には難燃剤を添加して燃えにくくした EPS が用いられている。また、別の燃えにくさを表す評価法として、酸素指数(JIS K 7201)を併用し、難燃性を確保している。しかし、不燃性ではないため EPS が露出する場面においては火災燃焼への対策を十分行う必要がある。

(2) 耐久性

① 耐候性

EPS は紫外線により劣化し、表面が黄変してもろくなる。そのため、現場施工においては短期間で施工し、その後被覆を行う必要がある。

② 土中環境

EPS は湿気と酸素の作用する土中環境においても、腐食しないといわれる。

③ 耐薬品性

EPS は一般に、酸、アルカリ、動植物油に優れた抵抗性を持つが、芳香族炭化水素、ハロゲン炭化水素、ケトン類、エステル類などの鉱油系薬品については溶解しやすい性質を持っている。そのため、ガソリン、アスファルトなどと EPS との接触は避けることが必要である。例えば、薬品輸送が頻繁な路線やガソリンスタンドの近くなど、鉱油系薬品が道路上に飛散し EPS に接触するおそれのある場合は、EPS をシート等で覆い防御する方法がある。

④ 耐水性

EPS 自体は原料のプラスチックであり、かつ独立気泡を持つ構造のため耐水性に優れている。

参考文献

1) EPS 工法(発泡スチロール土木工法開発機構編)理工図書　平成５年２月

Ⅱ－７．１　積雪寒冷地における橋梁の排水処理

所　属：高山国道工事事務所
回答者：土木研究所　構造物研究グループ橋梁構造チーム（TEL.0298-79-6792）

質　問

橋梁に溜まる水が、橋梁舗装の早期劣化に影響するため、適切な排水処理を施す必要があるが、積雪寒冷地では床版に孔を開けることで凍結融解による損傷を受ける可能性があると思われるが、これについてご教示願いたい。

回　答

橋梁に溜まった水は、舗装を劣化させる原因となるので速やかに排除されなければならない[1)]。

通常、排水処理は、図－１(a)あるいは(b)に示すように伸縮装置の壁面や排水枡の側面に排水口を開けることにより行うのが一般的である。しかし、図－１(c)のように床版に排水管（排水パイプ、水抜きパイプなどとも称する）を埋め込んだ例もある。排水管の設置例を写真－１に示す。また、伸縮装置が非排水型の場合には、図－１(d)のような方法が用いられることもある。これらの中で、排水枡を利用する場合には比較的問題は少ない。しかし、その他の方法の場合には排水後の水の処理に十分注意する必要がある。

図－１(c)の方法によれば、既設の橋梁に排水処理を施すことも可能である。ただし、この場合には床版に孔を開けることによりその部分の床版の強度が低下するため、輪荷重の影響が小さく水の溜まりやすい位置に設置すること、および排水の処理について十分注意しなければならない。特に、床版に開けた孔と排水管との間の隙間を樹脂注入などにより埋めるなど、床版への水の進入を防ぐ工夫が必要である。

排水管など床版に孔を開けた部分における凍結融解の影響に関しては、現時点では、明確にされていないものの、損傷を受けたという報告はほとんどないため、大きな問題にはなっていないと考えられる。但し、積雪寒冷地においては、水平に近い排水管は、水が停滞し、凍結融解の影響を受ける可能性あるため、極力避けることが望ましい。また、構造上、水平に近い排水管を設ける場合には、排水勾配を３％以上とすることや、排水管の径を大きくすることなどの配慮が必要である。

一方、積雪寒冷地における道路橋の鉄筋コンクリート床版に対しては、凍結防止剤の散布による塩害によって耐荷性能や耐久性能が低下することの方が、凍結融解よりも問題となっていると考えてよい。特に繰返し荷重作用下での水の影響により、床版の疲労耐久性が著しく低下することが確認されている[2)]。よって、塩化物を含めた水の床版への進入を如何に防ぐかということが重要な課題の一つである。近年、積雪寒冷地における床版への塩化物の進入の影響について、防水層の効果を含めた調査が行われた[3)]。図－２に防水層の有無別の床版損傷度と外部浸透塩分量の関係を示す[3)]。図－２より防水層が設置されている方がされていない場合よりも塩分量が少ない傾向が得られたが、腐食発生限界塩分量 1.2kg/m^3（土木学会、コンクリート標準示方書）を超えた計測値も報告されており、今後、いかにして塩化物を含めた水の床版への進入を防ぐかということが課題となる。

なお、日本道路公団における床版防水層の調査においては、現在の品質基準[4)]では、塗膜系防水材料の場合で施工初期時点において、シート系防水材料の場合では約５年で防水効果が喪失しているという報告がある[5)]。図－３に床版防水の追跡調査結果を示す[5)]。このため、耐久性のある新しい床版防水システムの開発が求められている。

参考文献

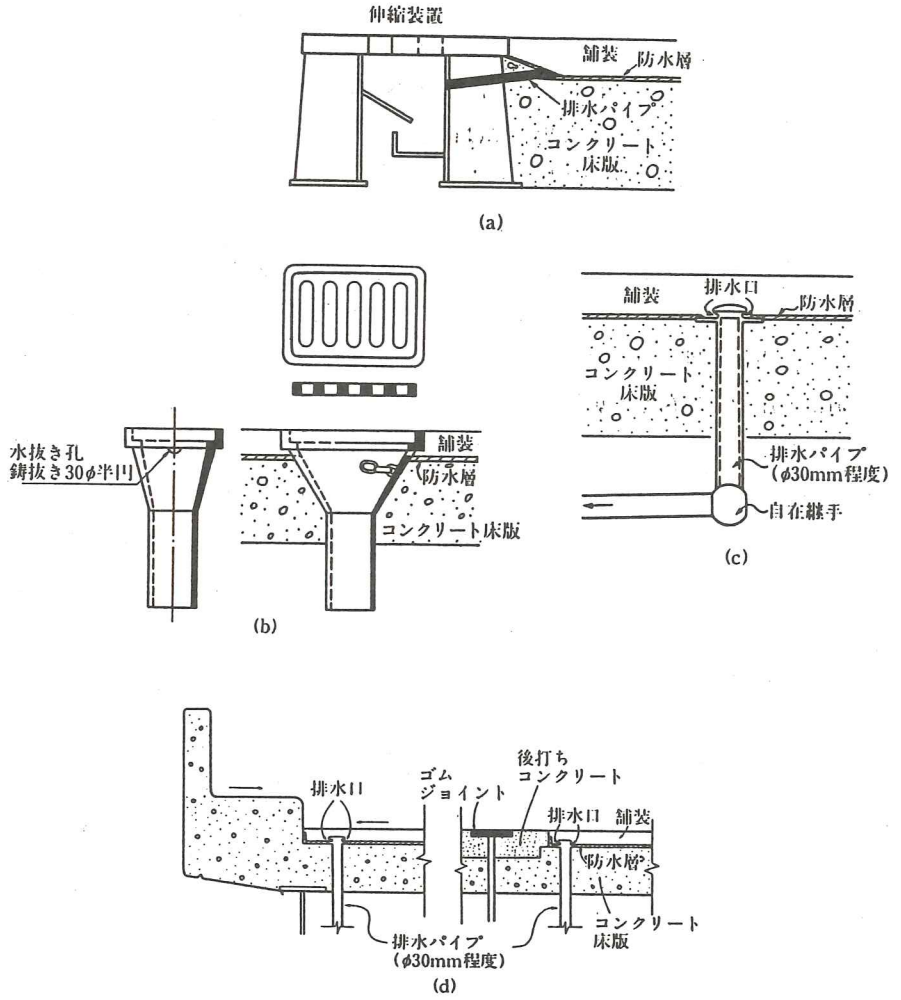
1）道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料：日本道路協会，昭和 62 年 1 月.

2）松井繁之：移動輪荷重を受ける道路橋ＲＣ床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次論文報告集，1987.

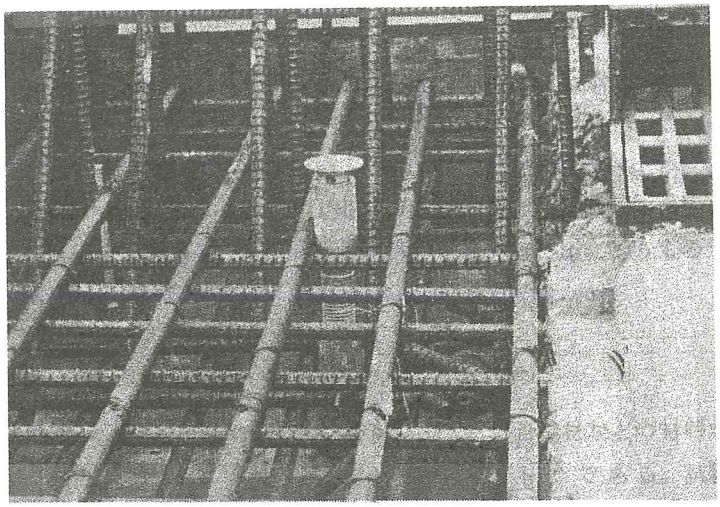
3）建設省：平成 12 年度（第 54 回）建設省技術研究会，指定課題，平成 12 年 11 月.

4）材料施工資料（第 4 号）コンクリート床版防水工：日本道路公団試験研究所，技術資料第 124 号，平成 6 年 3 月.

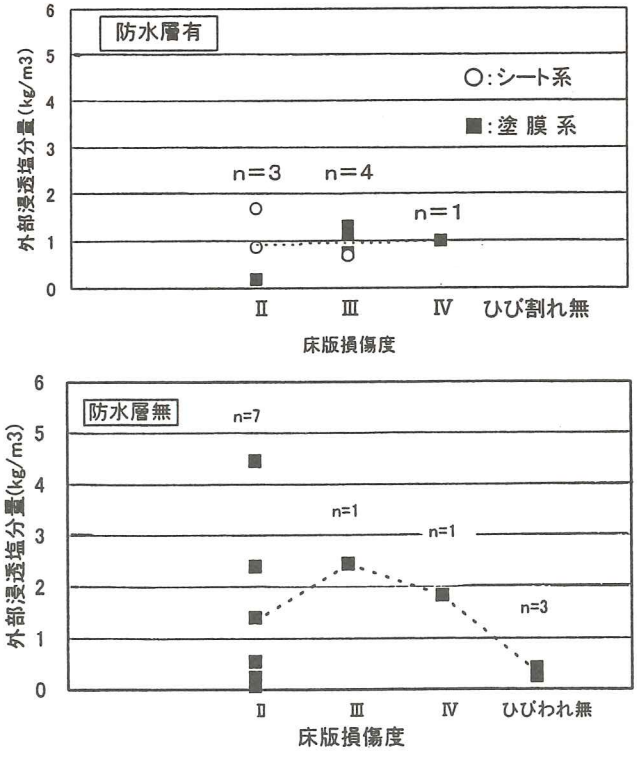
5）柴桃孝一郎，水上善晴，大橋　岳：床版防水システムの新性能基準について，防水ジャーナル，2001.6.



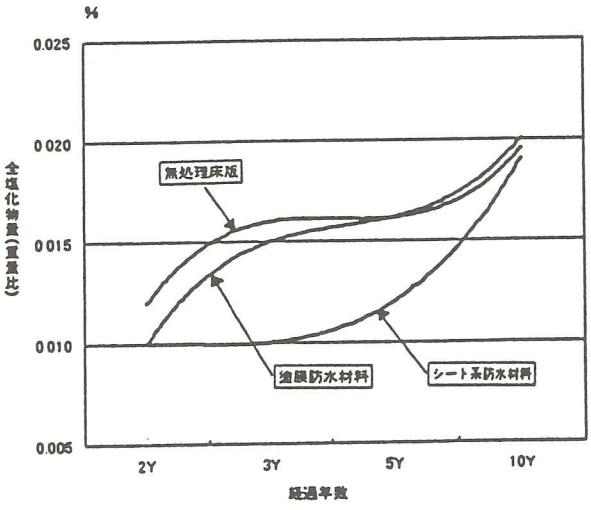
図－１　排水処理の例[1)]



写真－１　排水管設置例(上蓋の直下に見えるのが排水口である)[1)]



図－２　防水層の有無別の床版損傷度と外部浸透塩分量の関係[3)]



図－３　床版防水の追跡調査結果[5)]

Ⅱ－７．２　落石防護柵基礎工

質問者：岐阜県建設管理局
回答者：土木研究所　構造物研究グループ橋梁構造チーム（TEL.0298-79-6793）
土木研究所　耐震研究グループ振動チーム（TEL.0298-79-6771）

質　問

落石防護柵の基礎または基礎擁壁の安定性検討における安全率について、「落石対策便覧」で定められている値と、「道路土工　擁壁工指針」で定められている値が異なるが、いずれを採用すべきかご教示願いたい。

回　答

「道路土工　擁壁工指針」[1]による安全率は地震時の安全率であり、落石衝突時の安全率は「落石対策便覧」[2]によられたい。

なお、落石防護柵の基礎となる擁壁について地震時の検討を行う場合は、「道路土工　擁壁工指針」による地震時の安全率を採用されたい。また、落石防護柵の基礎となる擁壁で、背後にポケット部を設けた場合等、直接落石が衝突することが予想される場合には、落石防護擁壁としての安定性検討を行う必要がある。

参考文献

1)（社）日本道路協会：道路土工　擁壁工指針，平成 11 年 3 月.
2)（社）日本道路協会：落石対策便覧，平成 12 年 6 月.

Ⅱ－８．１　道路法面の耐震評価手法の確立

質問者：静岡県土木部
回答者：土木研究所　耐震研究グループ振動チーム（TEL.0298-79-6771）

質　問

道路法面の地震時安定性については、「道路土工－のり面工・斜面安定工指針」、「落石対策便覧」、「道路震災対策便覧（震前対策編）」等で言及されているが、定量的な評価については確立されたものがないと思われる。静岡県では予想される東海地震発生時の緊急輸送路確保の面から、道路防災工事を積極的に推進したいと考えているが、その際の優先度判定の基礎情報としたいので、道路法面の地震時安定性の調査・評価手法についてまとめられているようであればご教示願いたい。

回　答

道路法面（切土および自然斜面）の地震時安定性については、「道路土工－のり面工・斜面安定工指針」[1)]、「落石対策便覧」[2)]、「道路震災対策便覧」[3)]に言及されている。このうち、「道路震災対策便覧」には切土のり面・斜面の耐震性調査要領が示されており、現時点では同便覧により評価を行うのがよい。

「道路震災対策便覧」の調査要領は、既往の地震災害事例の調査結果をもとに、さらに豪雨時の安定度調査要領を参考にして（豪雨時の安定性と地震時の安定性については相関性があることが経験的に認められるため）作成されている。ただし、その基となった被害事例の数は十分でないこと、地山の地質構造や力学特性は極めて複雑かつ多様性に富んでおり、地域性があること、などの理由により、この調査要領により得られる判定結果の信頼性には限界があることを認識しておく必要がある。

「道路土工指針」および「落石対策便覧」では、既往の被害実態調査及びその分析に基づく被害発生の特性がまとめられている。また、急傾斜地の地震時安定については参考文献4)にまとめられているとともに、地盤工学会では平成７年兵庫県南部地震の後に地震時の斜面の安定性に関する研究委員会を設立し、その報告書[5)]がまとめられているので参考にされたい。

参考文献

1)(社)日本道路協会：道路土工－のり面工・斜面安定工指針、平成 11 年３月.
2)(社)日本道路協会：落石対策便覧、平成 12 年６月.
3)(社)日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編）、昭和 63 年２月.
4)(社)全国治水砂防協会：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例－急傾斜地崩壊防止工事技術指針－〔本編〕、pp.49-68, 平成８年７月.
5)(社)地盤工学会：地震時の斜面の不安定化メカニズムと設計法に関する研究委員会報告書、平成 11 年４月.

Ⅱ－８．２　構造特性を考慮した既設橋梁の耐震補強優先度について

質問者：静岡県土木部
回答者：土木研究所　耐震研究グループ耐震チーム（TEL.0298-79-6772）

質　問

現在、既設橋梁の耐震補強の優先度については、緊急輸送路上の橋梁や高速道路・鉄道等を跨ぐ跨線・跨道橋等、架設条件からなる橋梁の重要度をもとに決定している。しかしながら、橋梁自体の耐震性能も耐震補強の優先度判定に重要な要因と考えられ、これに関して現時点の研究成果がまとまっていればご教示願いたい。また、液状化（流動化）現象は、優先度判定の項目とする場合の重要度としてどの程度影響があるのか併せてご教示願いたい。

回　答

既設橋梁の耐震性判定と耐震補強の流れは、一般に図－１のように示される。数多くの既設橋梁のストックの中から耐震補強が必要な橋梁を適切に抽出することが必要とされることから、一般には、橋梁の構造諸元や現況の点検調査結果をもとに簡易な耐震性判定法によりスクリーニングが行われる。さらに、スクリーニングされた既設橋梁に対する耐震補強の優先度を設定し、この優先度に応じて詳細な耐震性判定を行うとともに、必要に応じて耐震補強を実施するという流れとなる。

簡易な耐震性判定法としては、既設橋梁の適用基準に基づく方法や、既往の震害経験による被害の影響要因を統計的に分析した結果に基づいて既設橋梁の耐震性を判定する方法などが一般に用いられる[1,2]。また、詳細な判定法としては、現行の設計基準の照査方法に準拠して耐震性を判定する場合が多い。

さて、ご質問の耐震補強の優先度については、指摘の通り、大きくは、①既設橋梁の構造上の耐震脆弱度、②地震発生の切迫度・地域の地震危険度、③路線・構造物の重要度、を総合的に検討して設定することが合理的と考えられる。このうち、②地震発生の切迫度あるいは想定地震発生時の地域の地震危険度については、これをある程度以上の精度で評価するためにはさらなる研究が必要と考えられ、現段階ではこうした地震危険度を評価できる地域も限定される現状にある。ここでは、ご質問の①既設橋梁の構造上の耐震脆弱性について、当該橋梁の適用基準等に従って簡便に相対的な耐震性を判定する方法について紹介する。

本方法は、鉄筋コンクリート橋脚、鋼製橋脚、落橋防止構造、支承構造、液状化・流動化など構造部分別に耐震性の相対的な関係を判定する方法である。相対的な耐震性の関係は、既往地震による被害の分析結果などから、鉄筋コンクリート橋脚については主鉄筋の段落しと適用基準、鋼製橋脚については適用基準、落橋防止構造については上部構造の線形と適用基準、支承構造については支承の種類と高さ、液状化・流動化については適用基準と水際線からの距離が、各判定項目で評価の要因となっている。

図－２～図－６は、それぞれ、鉄筋コンクリート橋脚、鋼製橋脚、落橋防止構造、支承構造、液状化・流動化の耐震性カテゴリーの判定フローを示したものである。各項目の耐震性カテゴリーをａ～ｅの５段階に区分し、表－２に示すような相対的な耐震性を表わしている。耐震性カテゴリーｅのイメージとしては、現行の耐震基準レベル（平成８年道路橋示方書）に相当するものである。以下に、それぞれ構造部分別に判定フローの考え方を示す。

（１）鉄筋コンクリート橋脚

適用基準が復旧仕様あるいは平成８年道路橋示方書の場合は、耐震性カテゴリーｅと判

定する。これ以外の基準を適用している場合には、鉄筋コンクリート橋脚を単柱、壁式、ラーメン、橋台、その他に分類し、単柱、壁式、ラーメンに対して適用基準と段落しの有無から耐震性カテゴリーａ～ｄを判定する。壁式とラーメンは特性が類似（橋軸直角方向の剛性が大きく、橋軸方向の剛性は単式の剛性レベルに近い）していることから共通的に分類している。橋台は耐震性カテゴリーｅに判定する。

（２）鋼製橋脚

判定フローは、基本的に鉄筋コンクリート橋脚と同様である。ただし、鋼製橋脚には、せん断破壊に至るような段落し部がないため耐震性をｂ～ｅの４段階で評価する。

（３）落橋防止構造

斜角が 60 度以下の斜橋、あるいは、最小半径が 100m 以下かつ交角 30 度以上の曲線橋の場合には、耐震性カテゴリーａに判定する。それ以外の橋は、適用基準で落橋防止構造の耐震性を判定する。ただし、昭和 46 年以前の道路橋示方書が適用されている場合には、径間数（２径間以上か否か）で判定区分が異なる。

（４）支承構造

適用基準が復旧仕様または平成 8 年道路橋示方書の場合は、耐震性カテゴリーｅと判定する。復旧仕様または平成 8 年道示を適用していないゴム支承（ゴムパッド、分散ゴム支承、免震ゴム支承）は耐震性カテゴリーｄとする。復旧仕様または平成 8 年道示を適用していない鋼製支承は支承高（15cm）でカテゴリーをｃとｄに区分する。

（５）液状化・流動化

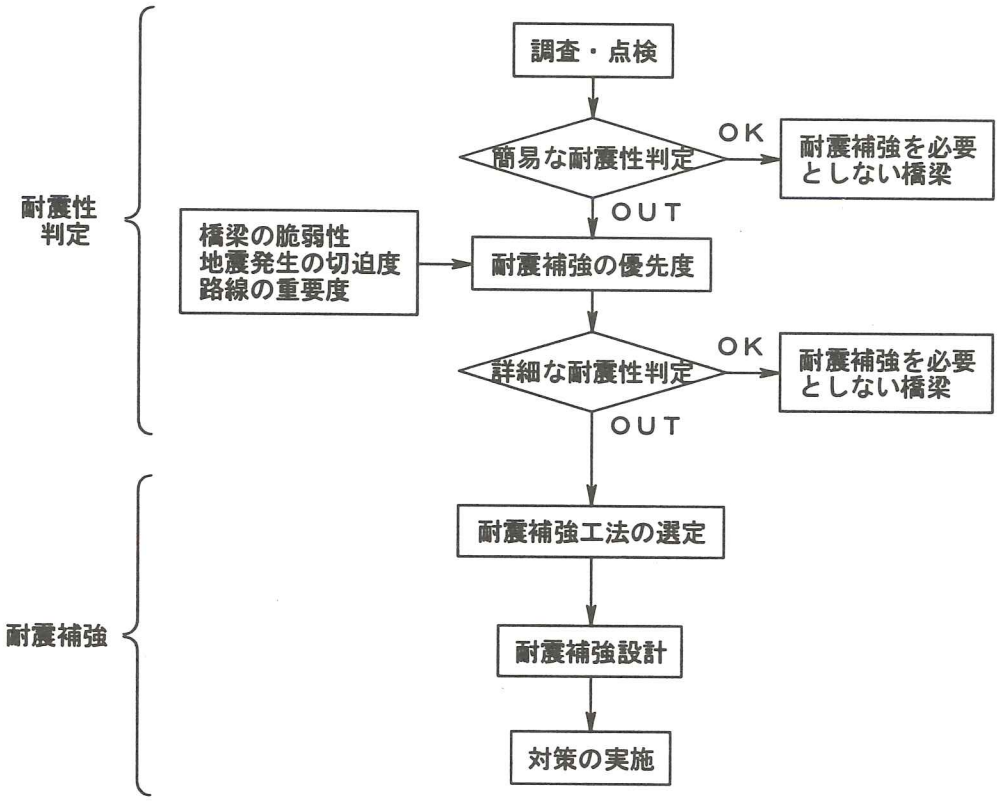
液状化・流動化の発生の可能性を過去における液状化記録または表－２に示す微地形分類から判断する。表－２は、液状化が発生する可能性のある箇所を微地形分類にしたがって、液状化の可能性の高い箇所、場合によっては液状化の可能性がある箇所、液状化の可能性の低い箇所に分類している。

液状化の可能性の低い箇所は耐震性カテゴリーｅと判定する。それ以外の箇所で、復旧仕様または平成 8 年道示が適用されている場合、耐震性カテゴリーをｅと判定する。復旧仕様または平成 8 年道示が適用されていない場合、液状化する可能性が高い箇所と可能性のある箇所に区分し、それぞれ、水際からの距離（100m 以内か否か）と適用基準（昭和 46 年以前か否か）で液状化・流動化に対する耐震性カテゴリーを判定する。

以上のように、ここに紹介した耐震性の判定手法は、適用基準を中心にして相対的な耐震性の相違を簡便に判定する方法を示したものであり、その他の方法については、文献[1,2]を参考いただきたい。また、ご質問の液状化（流動化）現象については、既往の地震被害経験によれば、これに伴う地盤抵抗の喪失あるいは地盤の側方への流動によって橋梁下部構造に大きな変形を生じさせることもあるため、上記（５）のように耐震性判定の要因として考慮するのがよい。

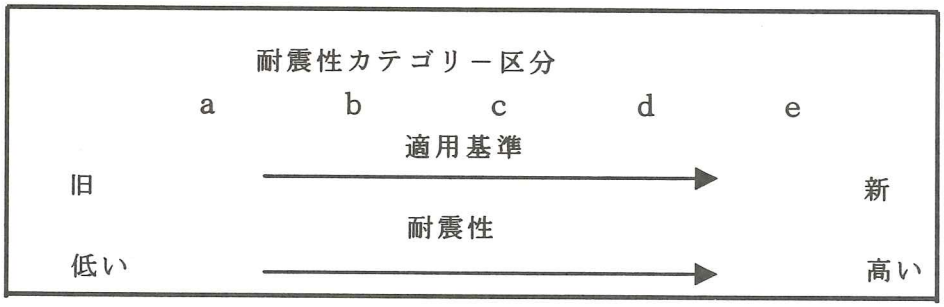
参考文献

1) 日本道路協会：道路震災対策便覧、震前対策編、1988
2) 国道交通省土木研究所、日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、(財)土木研究センター：道路構造物の震災調査・復旧技術と耐震補強技術に関する共同研究報告書、2001



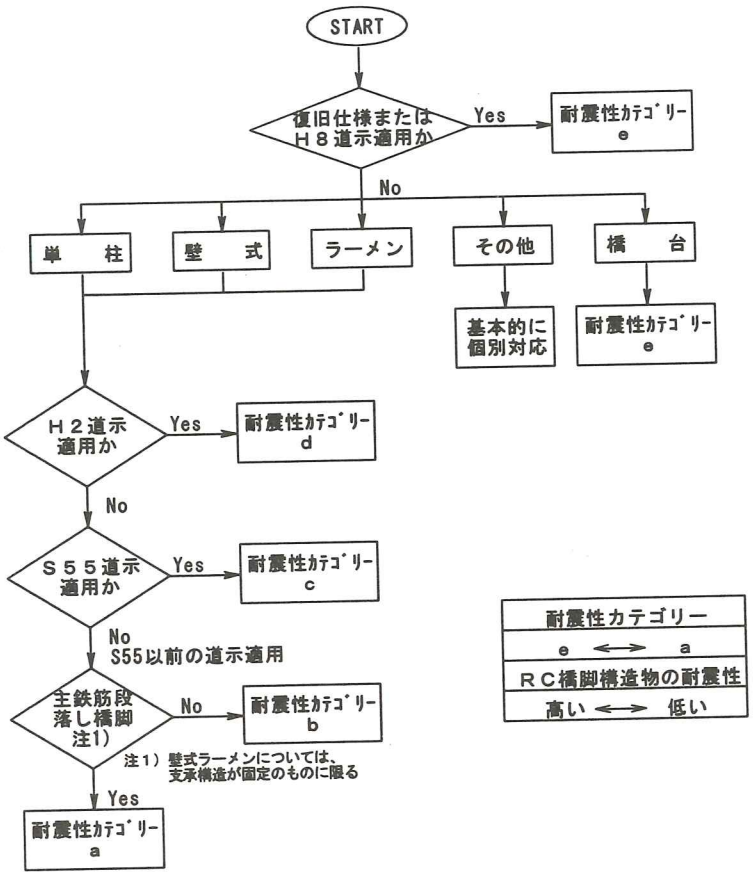
図－１　既設橋梁の耐震性判定と耐震補強の流れ

表－１　耐震性カテゴリーの判定例

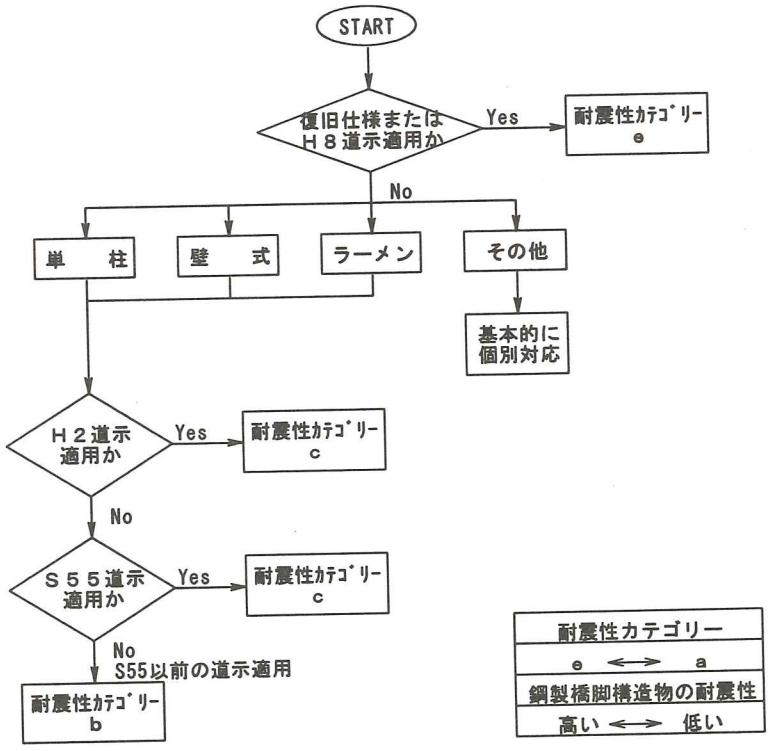


表－２　液状化の可能性の区分

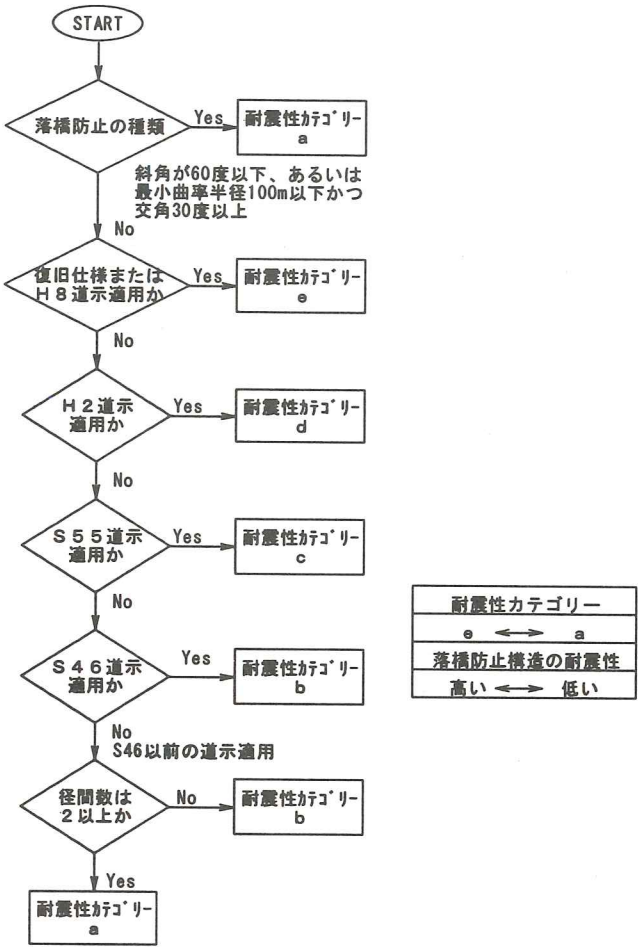
微　地　形　分　類	液状化の可能性
埋立地、干拓地、現・旧河道、砂丘および砂州間の低地、砂丘と低地の境界部、後背湿地上の盛土地	可能性が高い
勾配 0.5％以下の扇状地、砂泥質の谷底平野、後背湿地（氾濫平野）、デルタ、砂州	場合によっては可能性あり
上記１、２以外の沖積低地、台地、丘陵、山地	可能性が低い



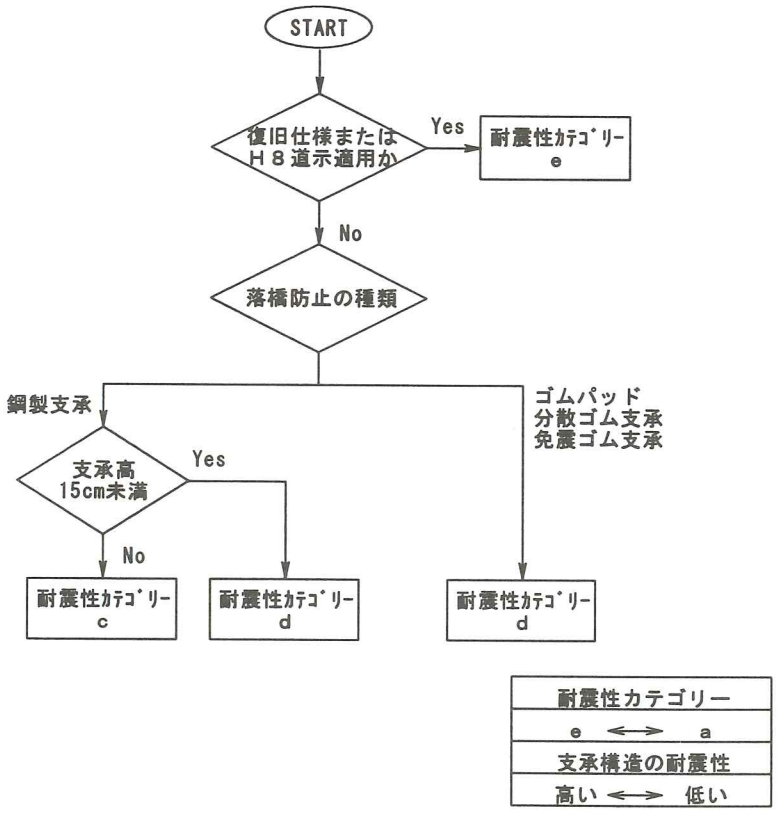
図－２　鉄筋コンクリート橋脚の耐震性カテゴリー判定フロー



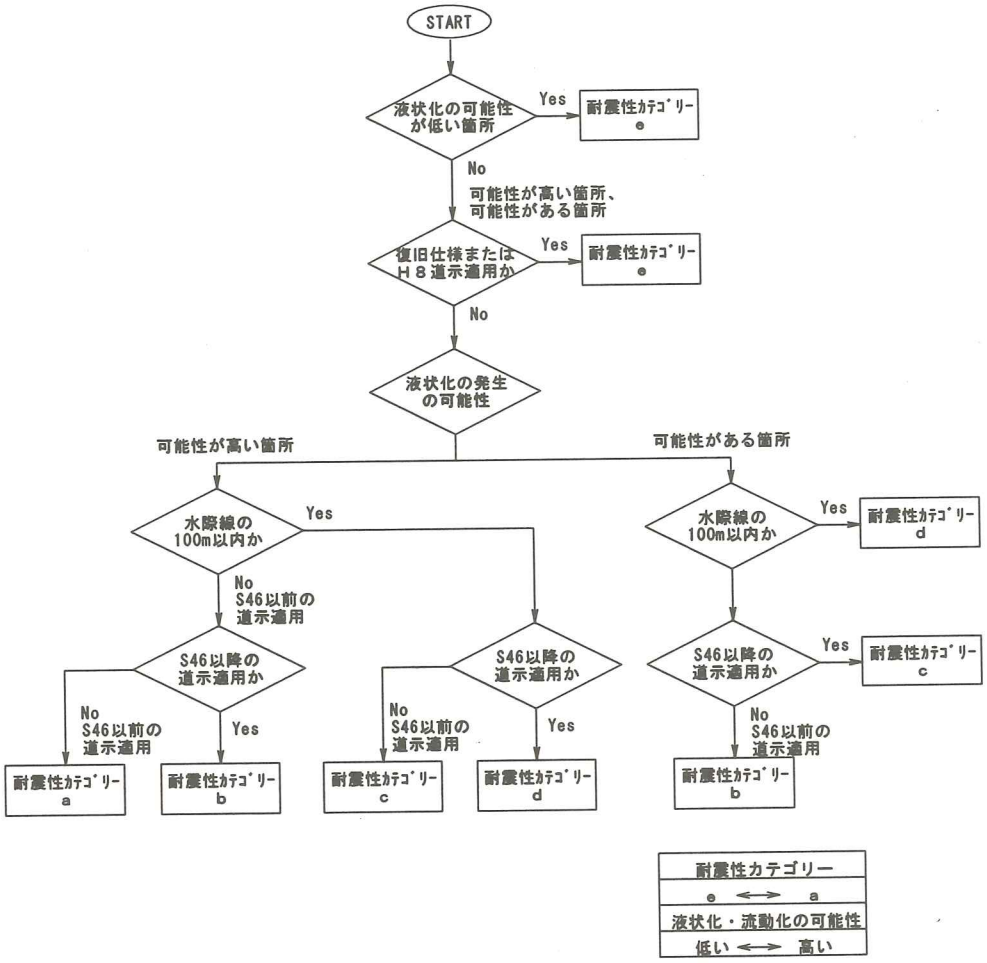
図－３　鋼製橋脚の耐震性カテゴリー判定フロー



図－４　落橋防止構造の耐震性カテゴリー判定フロー



図－５　支承構造の耐震性カテゴリー判定フロー



図－６　液状化・流動化の耐震性カテゴリー判定フロー