

## ◆ 第52回建設省技術研究会報告特集 ◆

# 河道管理のための点検技術に関する研究

建設省河川局治水課

建設省土木研究所河川部河川研究室

建設省東北地方建設局河川部河川計画課、建設省関東地方建設局河川部河川計画課

建設省北陸地方建設局河川部河川計画課、建設省中部地方建設局河川部河川計画課

建設省近畿地方建設局河川部河川計画課、建設省中国地方建設局河川部河川計画課

建設省四国地方建設局河川部河川計画課、建設省九州地方建設局河川部河川計画課

北海道開発局建設部河川研究課

## 1. はじめに

これまでに実施された河道改修、河川構造物の設置により河川の治水機能は確実に高められている。堤防、各種河岸防御工、水門、樋門など治水上の必要に応じて設置された河川構造物の総数は非常に多くなっている。今後は、河川の治水機能を向上しつつ維持していくために、治水上必要な新規構造物の設置だけでなく、既存の構造物の点検や維持管理を的確かつ経済的に行う必要性が高い。

また、河川環境にも配慮した川づくりを行うなかで見落とされがちな、植物の点検、維持管理についても検討を進める時期にきている。例えば、河川生態を良好に保全するために必要な植物群落の面積や配置とそれが存在することによる水位の上昇、流況、河床変動などに起因する治水上の問題の有無、程度を総合的に判断する川のデザイン手法に関する技術が開発されつつある。しかし、河道内の植物群落が時間的に変化するという基本的特性に関する知見(特に樹林化へと進展する状況や変化速度に関して)が必ずしも十分ではなく、点検、維持管理をどのような頻度でなにを対象に行うべきかという基礎的なことに関しても判然としないのが現状である。

本研究は、平成8~10年度において建設省技術研究会の一テーマとして行われたものであり、植生・構造物の点検維持管理技術を確立するための第一ステップとして、植生に関しては時間変化に関する基礎的情報を管理に役立つように整理・再構築すること、構造物に関しては構造物周辺の空洞化や河床変動の探査技術の適用性について主に検討を行い、それらの活用方法についてマニュアルを作成することを目的としたものである。

Study on Inspection Method of River Structures and Vegetation

## 2. 研究テーマと成果

本研究は3課題について検討を行った。それらのテーマ名と得られた成果について以下にまとめて示す。

### (1) 植生管理のための点検技術に関する研究

現場の管理に携わる技術者を主対象とした「河川植生に関する手引き」を作成することを最終目的としたものである。手引きの内容としては、植生管理に関わる基礎的な知識およびその管理への役立て方についてまとめてた。第3章にその概要をまとめて示す。

### (2) 堤防構造護岸の空洞化の点検技術に関する研究

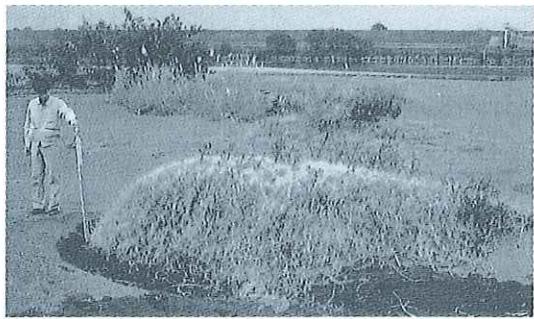
既往の調査手法を調査し、実用的と考えられる調査手法とそれらの調査対象、目的、調査のレベル(概略調査、詳細調査、検証調査)に応じた使い分け方法について提案した。提案した方法は、これまでの事例を基に作成したものであり、今後の事例の増加、調査技術の進展にも応じて改善していくべきものである。しかし、現段階では上記の使い分けの方法案を参考にすることによって適切な点検が行えると考えられる。第4章にその概要をまとめて示す。

### (3) 出水中における局所洗掘深の経時変化に関する研究

3河川の感潮域を除く砂床の河道区間(セグメント2-2と呼ぶ)に属する場所で調査を実施し、データを得ることができた。これらのデータから既存の護岸の根入れに関する点検技術、護岸基礎の根入れ深さの設計方法を検討する予定であった。しかし、得られたデータが少なく、また当初想定していたよりも複雑な洗掘深の経時変化が生じていることが分かり、上記のようなとりまとめまでに至らなかった。しかし、本研究の実施によって河床変動の実態についてこれまでにない貴重な情報が得られた。これらは上記方法を開発する上で基



(1) 侵食により竹林が破壊される事例



(2) 土砂堆積により生育が進行する事例

写真-1 洪水の土砂侵食・堆積作用が与える植生へのインパクトを表す事例

礎となる非常に重要なデータであり、今後とも調査・研究を継続したい。第5章にその概要をまとめて示す。

### 3. 植生管理のための点検技術に関する研究

#### 3.1 調査概要

本課題では以下の項目について検討を行った。

##### (1) 河川植生の役割および管理手法の検討

全国の具体的な事例調査をもとに、高水敷から水際までの植生分布と鳥類、ほ乳類、昆虫、魚類の生息の関連性、および植生が連続性を有して繁茂する場合のすみかとしての役割についての検討を行った。また、植生の管理について、全国の工事事務所を対象とした植生管理に関するアンケートを行い、管理上の問題点、管理に工夫した事例等を収集した。

##### (2) 河川植生の生育条件に関する検討

###### 1) 河川植生の基礎情報の収集整理

- ・河道内に繁茂する植物の種類、保護が必要な

貴重な植物についての知見をまとめた。

- ・代表的な河川植生に関して、その成長速度や遷移の特徴等についてとりまとめた。

##### 2) 植物の生育条件の検討

- ・現存植生の成立要因を自然的要因(冠水頻度、土壤等)と人為的要因に分類し整理した。

- ・植生の生育に影響を与える項目を整理した。

##### 3) 洪水の影響および植生変化の検討

- ・近年発生した洪水の前後の植生繁茂状況などを調査し、河川植生が受けたインパクト、植生の変化状況、その後の遷移の過程について検討した。

##### (3) 河川植生の生育環境に関する事例検討

13河川を対象として、「河川水辺の国勢調査」の全体調査定点において現在植生、地形、土壤、地下水位の現地調査と冠水頻度、人為作用の調査を行い、それらのデータを用いて潜在自然植生の推定を行った。

#### 3.2 河川植生の樹林化

近年の河道内植生の樹林化は河川管理上の問題となっており、大別すると、①断面阻害、②ゴミ投棄、巡視障害の問題などがある。また、環境上の問題点としては、樹木が鳥類の営巣箇所となって糞によって竹林が枯れるなどの問題や樹林化の促進とそれに伴う河川固有種の衰退などがあげられる。このような問題を引き起こす樹林化の要因を考える場合には、①短期的かつミクロな視点として樹林化の生育基盤としての立地条件の変化を洪水時の土砂移動から捉える見方と、②長期的かつマクロな視点として流域の土地利用の変化や気象条件の変化、さらに河川改修やダム築造などの影響から捉え、総合的に検討を行う必要がある。

##### (1) 樹林化の短期的かつミクロな要因

洪水と樹林の関係は大別して写真-1に示すような次の2つの側面がある。すなわち①洪水が樹林の基盤を流出させて倒伏・流失にまで至る側面と、②洪水によって土砂を供給し樹木の生育立地を形成する側面がある。このように、洪水の規模によって、植物が流失し植物群落が小さくなったり、それとは逆に土壤化が進行して生育がより進行し、植物群落が拡大したりすることになる。

##### (2) 樹林化の中長期的かつマクロな要因

樹林化の要因は、①河道特性や気候変化などの自然の営力によるもの、また②流域土地利用などの社会環境や出水パターンの変化などの人為的な

影響によるものに大別することができる。

河道と植生への影響を与えるこれらの2つの作用は、以下に示すような多岐に及ぶさらに詳細な要因に分類できる。

#### [河道形状の変化]

- ・砂州の移動
- ・河床低下などの河道形状の変化

#### [河道改修]

- ・河川改修によるみお筋の固定化
- ・ダム設置に伴う出水の変化

#### [高水敷利用の変化]

- ・高水敷農地の耕作放棄
- ・薪炭採取の減少

#### [流域の変化]

- ・流域の人口や土地利用の変化
- ・河川水質の変化

#### [気象の変化]

- ・洪水発生頻度の低下

これらの要因が生じた河道区間では、樹林化が大きく進行していた。以上より、例えば河積拡大のために河床掘削を行う場合には、高水敷の樹林化の進行とそれに伴う粗度増大についても検討する必要があることがわかる。

### 3.3 今後の課題

河川植生は洪水による搅乱、土砂輸送、土壤等との関連性が高いことが知られているが、相互の関係についてはまだ未知な部分が数多くある。そのような状況下、樹林化の要因分析を大まかに行い、川づくりにおいての着眼点を示すことができた。また、ここでは紙面の都合上省略したが、多自然型河岸防護工などを設置した後の植生の復元において潜在植生を用いた復元すべき植生の設定方法についても検討した。今後ともこれらの内容について新たな知見、研究成果の蓄積によりさらに見直すことが必要である。

## 4. 堤防構造・護岸の空洞化の点検技術に関する研究

### 4.1 調査概要

河川構造物の空洞化調査としては、一般的にボーリング調査や開削調査が実施されている。しかし、堤体全体の性状を把握するなどの広範囲の調査には多大な時間と費用を費やすなければならぬ。一方、広範囲の調査を簡便に行う手法として、地盤の電気的な特質(抵抗)を利用した比抵抗

や電磁波の反射現象を利用した探査法などの非破壊探査法が開発されており、現在では空洞探査などに応用されている。

本研究では、このような現状を踏まえ、従来、目視を中心に実施してきた構造物の空洞化の点検について、実用的で精度の高い既存の点検技術について系統的な整理を行い、ニーズにあった適切な調査方法の選択に役立つように整理した。具体的には、堤防に対する既存の各種物理探査の適用性に関する評価を行い、各手法の適用と基本的実施方法についてとりまとめた。

### 4.2 調査方法と適用性の検討

#### (1) 調査法の特性と適用性

河川堤防(河川構造物)の地盤構造・変状等を把握するためには現地踏査、物理探査、ボーリング調査等が行われる。これらの調査法の使われ方についてみると以下の傾向が認められる。

①各調査は、調査対象(目的)、調査段階、複数の調査が実施される中での位置付け等により、それぞれが持つ特性に応じて選択される。

②単独の調査では信頼性に劣り、また、把握される内容が限られているため、数種類の調査の組み合わせで実施されている例が多い。

この実態について調査を行い、各調査手法の適用性と調査目的、対象ごとへの各手法の組み合わせた利用法について以下の観点1)、2)をふまえてまとめることができる(表-1参照)。

1) 堤防の調査範囲は広域に及ぶため、非破壊で短時間に広範囲の調査が可能な方法が望まれる。したがって、調査手順として初期段階の調査(広域調査・既往調査資料の整理・目視調査など)を経て、物理探査により調査することが有効である。

2) 物理探査単独では間接的な調査であるため定量的な取り扱いが困難となることが多いことから、ボーリングあるいは小型カメラを用いた空洞の大きさに関する目視による点検などと組み合わせて解析することにより、より精度の高い結果が得られるようになるのがよい。

#### (2) 調査法の設定

河川堤防の管理・補修に必要な重要な資料とするためにより精度の高い調査が必要である。各探査手法の特性を活かした各調査対象に適した物理探査の選定(案)を表-1に示す。ここでは、主に探査目的(対象)、最大必要深度(各目的ごとに必

精度、堤防表面の状況(例えばのり面の護岸コンクリートの厚さ)の条件により選定することとした。また、選定された物理探査には、諸条件(例えば、鉄筋コンクリートか無筋か)によって、周波数の設定(アンテナの選定)や調査条件(探査深度・電極間隔など)が異なり、それについても表中に記述した。なお、表中の◎、○、△は一応の目安として適用性を表す記号である。表中に示された数値は既往調査により求められた探査深度・精度・コンクリート厚さからの推定値である。

各探査目的に共通して、準備段階として資料収集や地形調査、現地踏査を実施する必要がある。その結果、どの探査が目的に応じた探査なのか判断し、調査計画を作成する必要がある。

概査段階では、目的に応じて探査法が異なる。「樋門・樋管および護岸下の空洞」・「矢板裏の変状および空洞」の場合は地下レーダー探査や熱赤外線探査・打診音探査が、「堤体内部構造および基礎の把握」の場合は高密度電気探査や連続波レーダー探査が有効である。

精査段階では、空洞の深さや広さが定量的に測

定できることが要求され「樋門・樋管および護岸下の空洞」・「矢板裏の変状および空洞」の場合は地下レーダー探査が、「堤体内部構造および基礎の把握」の場合は高密度電気探査や連続波レーダー探査が、「地下水分布の把握」の場合は高密度電気探査がそれぞれ有効である。

また、目的に応じて補足・検証調査(確認ボーリング、ファイバースコープ、トレチ、各種土質試験)を実施することが望まれる。

## 5. 出水中における局所洗掘深の経時変化に関する研究

### 5.1 観測手法

予め定めた測線上(50m ピッチ程度)に音響測深器を搭載したラジコンボートを操縦して走らせ、定時刻毎に音響測深器による水深の測定と測位機(レーザートラック又は GPS)によるボートの位置(X, Y の座標)の測定を同時に使う。その結果を整理して河道横断図を作成する。これにより河床変動の挙動について解析を行うものである。阿賀野川および北上川での観測において使用した機器を表-2 にまとめて示す。

表-1 物理探査の選定(案)

探査対象物	調査対象	最大必要深度	必要精度	コンクリートの厚さ	物理探査の選定
河川構造物	樋門・樋管	背面・底面の空洞	2~3m	問題となる空洞の大きさは各探査対象物について明確になっていない。既往調査の結果からおよそ 50(幅方向) × 50(幅方向) × 5cm(深さ方向) <sup>*1</sup> 程度の規模を判定できる精度が要求される。	<ul style="list-style-type: none"> <li>1m 以上</li> <li>0.15~1m</li> <li>0.15m 以下</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>地下レーダー探査 ○: 鉄筋の有無や配筋間隔によりアンテナ等を設定する。</li> <li>地下レーダー探査 ○: 鉄筋の有無や配筋間隔によりアンテナ等を設定する。</li> <li>高密度電気探査 △: 構造物周辺や弛み程度は概略把握可能</li> <li>地下レーダー探査 ○: 鉄筋の有無や配筋間隔によりアンテナ等を設定する。</li> <li>高密度電気探査 △: 構造物周辺や弛み程度は概略把握可能</li> <li>熱赤外線探査 △: 樋管の場合は適用不可</li> <li>打診音探査 ○: 精査では不適だが、概査では適用可。</li> </ul>
	護岸	護岸下の空洞	1~2m		<ul style="list-style-type: none"> <li>0.15m 以上</li> <li>0.15m 以下</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>地下レーダー探査 ○: 鉄筋の有無や配筋間隔によりアンテナ等を設定する。</li> <li>地下レーダー探査 ○: 鉄筋の有無や配筋間隔によりアンテナ等を設定する。</li> <li>熱赤外線探査 ○: 精査では不適だが、概査では適用可。</li> <li>打診音探査 ○: 精査では不適だが、概査では適用可。</li> </ul>
	鋼矢板	矢板裏の空洞	数 10cm 程度	定性的に判定できる程度。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼矢板上面からの直接的な非破壊探査は不可能。</li> <li>・目視調査および一次派生的な空調の探査を実施。鋼矢板設置箇所の堤防の空洞探査など。</li> </ul>
堤防	堤防内部土質構造および基礎地盤構造	20~30m	土厚が約 1m 程度の層構造の把握が必要。	<ul style="list-style-type: none"> <li>表面がアスファルト等の場合</li> <li>表面が土質地盤の場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続波レーダー探査 ○: 地下水以深や疊層が分布する以深はやや信頼性が低い。地形形状が影響する。</li> <li>高密度電気探査 ○: アスファルトの穴あけや鉄板による接地抵抗の軽減により有用。</li> <li>浅層反射法 △: 起振装置の種類により、地形形状が影響する。</li> <li>連続波レーダー探査 ○: 地下水以深や疊層が分布する以深はやや信頼性が低い。地形形状が影響する。</li> <li>高密度電気探査 ○: 阻害条件に注意する。</li> <li>浅層反射法 △: 起振装置の種類により、地形形状が影響する。</li> </ul>
地下水	地下水浸潤状態	10~20m	地下水位および浸潤状態が把握できる程度。	—	高密度電気探査 ○: 阻害条件注意する。

注)\*1 既往調査による目安で絶対的な数値ではない。またその他の数値についても絶対的な数値ではない。

## 5.2 観測結果

観測地点の河道特性を表-3にまとめて示す。北上川については感潮区間(セグメント3)に近いセグメン2-2領域と考えられる。

### (1) 阿賀野川 (1995.7.17 洪水)

調査地点の横越地区(13.5km)は、湾曲に起因する水衝部が形成されているため、局所洗掘が特に著しい箇所である。平成7年7月洪水では横越地区において $5,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える出水で、図-1に示すようにピーク時を含めた前後各3回、計6回の河床観測を実施した。図-2は、横雲橋上流(水衝部の直上流)の横断図の重ねあわせを示したもので、①～④上昇期と④～⑦の減水期を比較したものである。上昇期に低水路内岸側で平均1.5mの洗掘が生じ、逆に外岸側局所洗掘部で1m程度の堆積が生じている。一方減水期は、上昇期とまったく反対の傾向の現象が生じている。一般的に洪水の上昇期には河床が激しく動き始め、ピー

ク時には河床洗掘が顕著になり、減水期には掃流力の減少とあいまって上流からの流下土砂によって河床洗掘部が埋め戻されると言っていた。しかし今回の観測で水衝部直上流では、それとはまったく逆の傾向、すなわち水位上昇期～ピークまでは砂州高位部が削れ、洗掘部が埋まり、総じて平坦化の傾向を見せ、ピークを過ぎると高位部では堆積傾向が広がり、反面洗掘部は洗掘に転じるという、砂州形成の復活傾向が認められた。

### (2) 北上川下流 (1997.6.29 洪水)

観測地点は、米谷狭窄部の上流に位置し、大きく蛇行する入口付近で、低水路が左岸寄りに位置し、低水路の右岸で洗掘が生ずる形状となっている。この局所洗掘は、低水路線形の湾曲及び右岸側の低水路河岸が突出して狭窄部が形成されているために生じたものと考えられ、1977年に確認された後、堆積、洗掘を繰り返している。平成9年6月29日の台風8号による出水は、図-3に示す

表-2 観測機器一覧

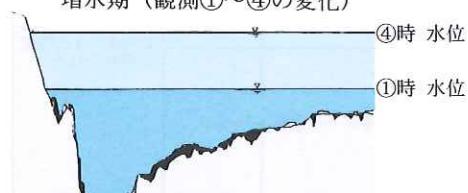
	阿賀野川	北上川下流
ラボジット コン	構造 FRP(モノハル・カタマラン艇)	FRP(カタマラン艇)
	エンジン 2サイクル 62cc・2基	2サイクル 62cc・2基
	艇長・重量 2m(約60kg)	2m(約60kg)
音響測定装置	形式 T.D.M-9000	TMM50-200-11
	測定精度 ±2cm ±水深×1/1000	1cm(50cm~100m)
	艇速速度 60mm/分	
測位機	送信機 半減全角約6度	
	形式 レーザートラックII型	
	測距精度 ±10cm	
GPSシステム	計測時間 0.5sec	
	方式 リアルタイム・キネマティック方式	
	XY精度 2~20cm(0.2秒間隔)	
通信機	形式 SS無線	
	転送ルート 9,600bps	

表-3 調査地点の河道特性

観測地点	北上川下流 (44km)	阿賀野川 (13.5km)
平面形	蛇行特性 堤防	ゆるやかな湾曲
	低水路	湾曲し、右岸が外周側
縦断形	河床勾配	1/5,700
	河床材料 D <sub>60</sub> (mm)	0.4
横断形	横断形状	複断面形状
	堤間隔 (m)	650
	低水路幅 (m)	200
	高水敷幅 (m)	80~350
	川幅・水深比	75~130
	平均年最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	2,650
		3,200

図-1 洪水ハイドログラフ(横越水位観測所)

増水期(観測①～④の変化)



減水期(観測④～⑦の変化)

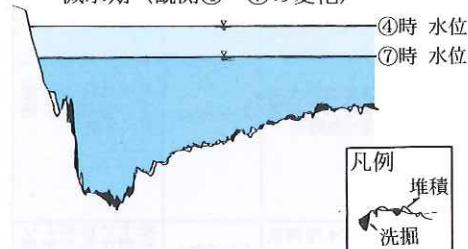


図-2 河床横断形状の変化

よう平均年最大流量規模の $2,640\text{m}^3/\text{s}$ の洪水であり、ピーク時付近3回と減水期3回の計6回の観測を実施した。図-4に洪水ピーク付近と減水時の河床横断形状の変化、図-5にその縦断形状の変化を示す。図-5からは、245mを境にして上流側ではピーク時まで洗掘されていたが、減水時に埋め戻されていく傾向がみられる。また、横断図(図-4)をみてもピーク付近で洗掘、減水時には埋戻しが

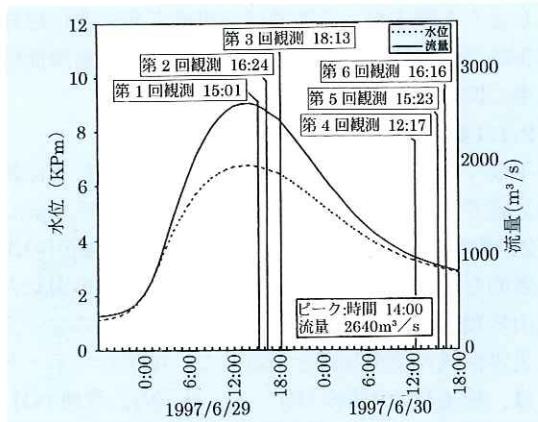


図-3 洪水ハイドログラフ(大泉水位観測所)

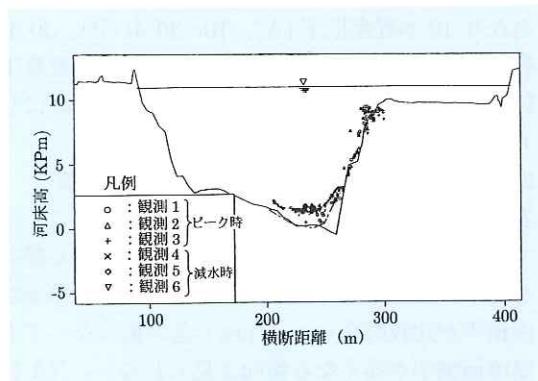


図-4 北上川 44km 地点横断形状

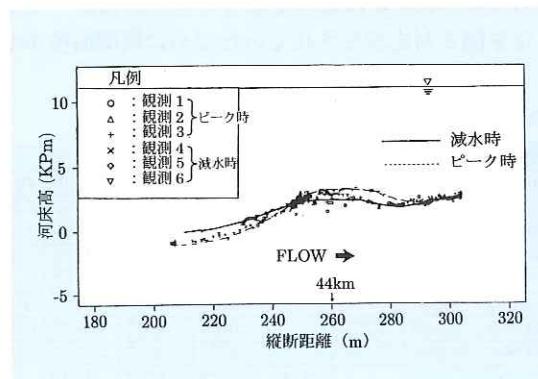


図-5 北上川 44km 地点周辺縦断形状

生じていることが分かる。なお、狭窄部44km付近では、ピーク時よりも減水時に河床の洗掘が進んでいることが縦断図(図-5)から読み取れる。

### 5.3 今後の方向と課題

各河川での洪水時の観測データが少ないとから、洪水時の河床変動量を考慮した根入れ長について検討するまでは至らなかった。今後は、引き続き観測データの蓄積に努めるとともに、そのデータを基にした定量解析の手法を検討する必要がある。また、観測機器については、阿賀野川で流速5m程度の洪水流においてもラジコンボートによる観測が成功し、良好な観測データが得られたことは意義深い。

### 6. おわりに

本報告を最後に本研究は一応終了することになる。植生の点検および空洞化調査については、当初の目的にほぼかなう形で成果をまとめることができた。また、局所洗掘深の調査では、残念ながら護岸の根入れ深さへの応用までには至らなかつたものの、阿賀野川の事例が顕著な例であるが、これまで知られていなかった河床変動の実態の一端について知ることができた。このような調査は、非常に難しいこともあり、3年間という短い期間では、十分な調査となつたとはいいがたい。しかし、今回の調査でその有用性が示せたと思われ、今後とも調査を継続して行なうことが望まれる。今後は上記の成果が活用されるように努力するとともに、何らかの形で引き続き技術開発を進め、より完全を期すことが必要である。それと同時に、点検した結果をどのように診断するのか、その診断結果を用いて維持管理を行うシステムについて、さらに踏み込んだ検討をはじめなければ、点検技術を活かすことはできない。これら検討課題の早期推進が今後の最重要課題である。

### 謝 辞

ラジコンボートを用いた河床変動の観測の実施・解析において格別なご指導を賜りました木下良作工学博士、和歌山大学の宇民正教授、京都大学防災研究所の上野鉄男助手に深甚の謝意を表します。

### <文責>

建設省土木研究所河川部河川研究室長 藤田光一  
同 河川研究室主任研究員 松尾和巳  
同 河川研究室研究員 服部 敦