

減災システム整備における河川堤防技術

LEEVE ENGINEERING NECESSARY IN THE EVOLUTION FROM FLOOD-DISASTER FREQUENCY REDUCTION INTO ITS OVERALL CONTROL

藤田光一¹・諏訪義雄²

Koh-ichi FUJITA and Yoshio SUWA

¹正会員 工博 建設省土木研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

²建設省土木研究所 (同上)

In consideration of emerging concern for possibility and consequent disasters of a flood exceeding a capacity of countermeasures, the flood-disaster mitigation policy in Japan is evolving from disaster frequency reduction into overall disaster control. The key to pursuing the new policy is modifying and adopting structural and non-structural measures coherently so that the relations between flood scales and resultant disasters can be moderated and acceptable. While briefly reviewing the development of levee engineering and showing the significant roles of levee in the disaster control, the paper presents an overall view of levee engineering newly needed to support and cope with the policy evolution.

Key Words: Flood disaster mitigation policy, overall disaster control, processes of flood disasters, levee break

1. 堤防技術展開の流れと現状認識

河川堤防にかかわる技術は、次の3つの流れが相互に影響を及ぼし合いながら発展してきたと言える。第一は、経験に基づく技術判断と対処の積み重ねである。河川管理施設等構造令(以下構造令と略称)の第18条の解説¹⁾で述べられている以下の主旨、すなわち「長大な延長にわたる基礎地盤などの性状把握の限界を踏まえ、また、過去の被災への対応を重ねて来ている既設堤防には経験上それなりの安全性が確保されているという考えから、新設でない普通の堤防(高規格堤防でない堤防)の補強・修繕工事の際には、過去の経験に基づいた既設堤防の断面形状及び構造を踏まえて設計することが基本とされる。その際、被災履歴、地盤条件、背後地の状況等が勘案される」という考え方は、この流れを端的に言い表している。形状規定を基本とする堤防築造や、堤防被災事象の分析・教訓を踏まえた対応策実施の積み重ねが、一定の安全度を持つ堤防を着実に整備することに果たしてきた役割は大きい。

第二の流れは、工学的知見(土質工学、河川工学、施工技術など)の発達(これについては非常に多くの研究成果がある:たとえば、水理公式集第2編²⁾第6章2-3節)から発するものであり、堤防破壊現象を力学的にとらえ予測する手法を得て、工学的枠組みを持つ堤防設計法を開発・適用することを目指す。“物事をなるべく原理的わかって行いたい”と

いう自然な欲求がこの流れの一つの源である。加えて、第一の流れの特に実務面での有用性を認めつつも、それが経験に基づいていることの限界(・未経験の状況への対応が難しい、・結果として整備される堤防が持つ安全度とそのばらつきの情報が得にくい、・種々の判断の根拠を数量的に説明しにくい)を同時に認識し、この短所を克服しようとすることも強い動機となっている。この流れの技術研究の成果は近年実務面にも波及しつつある。河川土工マニュアル³⁾においては、材料選定や締め固めなど堤体施工について定量的な基準が示され、さらに「特殊な」既設堤防の拡築や「特殊な」地盤を対象にする場合、工学的手法に基づく検討(安全度の確認、対策工の設計)を行うとある。ここで言う「特殊」とは、経験に基づく断面形状・構造にしたがっただけでは所定の安全性が確保できない恐れがある状況を指す。また、河川砂防技術基準(案)設計編[Ⅰ]⁴⁾第1章2節では、「必要に応じ」工学的手法に基づく「安全性の照査」を行うとしている。同第1章3節では、高規格堤防については、事実上新設で、構造と要求性能が普通の堤防と大きく異なるため、工学的手法に基づく構造計算を行うとある。さらに護岸について、力学的観点から安全度照査・設計を行う手法が体系的に提示され⁵⁾、その適用が広がりつつある。こうして、経験に基づく断面形状・構造の設計(事実上の形状規定)が重みを持ちながらも、力学的背景を持つ手法による検討が技術判断に役

立てられる機会が増える方向にある。

第三の流れは、水害対策あるいは河道計画という上位の施策の新たな展開を源とするものである。堤防についての構造令⁹⁾第18条の条文すなわち「堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする」は、堤防技術を定める最も基本的な性能規定であり続けている。その上で、水害等の対策の新たな展開とともに堤防に新しい役割・性能が求められ、それを実現するために技術研究が行われるという流れがある。洪水調節池の越流堤や高規格堤防（たとえば構造令⁹⁾第18条）は、その例である。越水に対して一定の耐力を発揮する普通の堤防を設計する技術⁹⁾も堤防に対する新しい要求から生まれたものと言える。第三の流れからは、今後も堤防の性能やあり方についての新たな要求が出てくると考えられる。

さて、堤防技術の展開については、第一の流れに依存していた時代から、第二と第三の流れが徐々に勢いを増し、部分的には第一の流れと拮抗する状況に移行してきたという構図を描くことができる。そして堤防技術にとって今は、拮抗しつつある3つの流れの関係を整理し、それらを上手に連携させる方向付けを行うべき重要な時期にさしかかっていると見ることができる。

本総説は、以上の現状認識を踏まえて、堤防技術に関する課題整理を試み、堤防技術の方向性についての議論の一助とすることをねらう。堤防技術は膨大であり、その課題整理を完全な形で行うことは筆者らの能力に余る。ここでは、堤防はどうあるべきか、持つべき性能は何かという視点が今後より重要視されると考えて、今まで見てきた3つの流れの中でも第三の流れに着目する。そして水害対策の新たな展開の中での堤防技術のあり方という切り口から整理を進めることとする。なお、地震外力はここでは対象外とする。また、海外の堤防技術動向¹⁰⁾も日本の堤防技術に影響を与えつつあるが、ここでは取り上げないことにする。

2. 水害対策の新たな展開

(1) 減災システム整備の重要性

最近、防災施策において、「減災」という考え方が重視されつつある。新しい全国総合開発計画⁸⁾には、「阪神・淡路大震災のような大規模な自然災害にも対応できるよう、防災対策を強化する。災害の発生を未然に防止するという視点だけでなく、災害に対してしなやかに対応し、生じる被害を最小化するという視点に立った「減災対策」を重視する」とある。河川審議会答申には、「治水施設のみの対

応による限界を認識して、大洪水が発生しても被害を最小限にくい止められるよう、多様な方策を流域と河川において講じる」⁹⁾、「洪水や土石流等の自然災害と共存せざるを得ない現状においては、治水施設の整備による安全度の向上に加えて、危機管理施策により被害を最小限にくい止めることを治水事業の本来の使命と位置づけ」¹⁰⁾とある。

これらは、いずれも、水害対策の基本を次のようにとらえていると言い換えることができよう¹¹⁾。すなわち、災害を引き起こす外力を幅広く想定し、**外力と被害の質・量との関係を制御すること**を通じて、人間の生命が脅かされる度合いを最小限とし、かつ人間活動・社会の基盤に壊滅的な損害や受忍限度を超えた支障が生じない状況、システムをつくり出すことである。ここでは、これを「減災システムの整備」と呼んでいる。被害無発生ですむ外力規模を高め**被害発生頻度を減らす**こと（ある外力を想定し、その外力発生時に被害が起こらないよう種々の対策を講じること）は、減災システムの整備過程での有力な一手段、段階と位置づけられる。

このような減災システム整備においては、次のような事項が基本となろう。1) 現状の外力～被害関係の実態とその課題を把握する。2) 被害の発生頻度抑制の目標、無被害では済まない大きな外力発生時の減災目標を検討する。3) 減災（防災を含む）施設整備案について、その効果と限界を複数の外力に対し、現在および将来の各時点について評価する。評価に際しては、1つのシナリオに頼るのではなく、施設の信頼性や劣化、各種条件を広く想定する。4) 検討対象とする減災施設については、a)機能的には、外力に対応して災害を抑制するものだけでなく外力自体を抑制するものも、b)施設が設置される場については、水系内だけでなく水系外（流域）についても、c)効果発現の確実度については、信頼性が高く減災計画に確実に織り込むことができるものだけでなく、よりましな状況をつくり出す“チャンス”を増大させるものも含め、幅広く適用可能性を検討する。5) 施設整備以外の外力制御・抑制方策を検討する。6) 被害ポテンシャルの縮減方策を検討する。7) 外力作用中あるいは災害発生過程、災害発生後の各段階での被害発生回避・被害軽減対策を検討する。8) 各方策を適切に役割分担させ、将来の各時点での減災戦略を立案し実施する。

(2) 従来の方策の位置づけ

このような減災システム整備の基本事項に対応する個別メニューとして現在考え得るのは、まず3)4)の施設について（ハード対策）、河道改修、堤防、高規格堤防、放水路、ダム、遊水池、排水機場、水防林等樹林帯、二線堤、緊急用排水門、堤内水路

網、流域貯留・浸透施設などがあり、非施設対応となる5)6)には(ソフト対策)、土地利用誘導、水害に強いまちづくり、洪水予警報システム整備、ハザードマップの作成・周知、避難所・避難経路の確保、災害危険度の認識向上策などがある。7)には、ハードとソフト対策の両方が考えられ、洪水時の水防活動や避難指示・勧告および救助活動、災害発生直後からの迅速な復旧策などがある。

こうした方策の多くは、程度・段階の差こそあれ実施に移されている。まず、法律ベースで見ると、河川法(昭和39年)に基づく工事実施基本計画(平成9年の改正河川法では河川整備基本方針と整備計画)が、対象とする洪水外力を計画的に処理するための施設(河道改修、堤防、放水路、ダム、遊水池、排水機場など)の整備を位置づけ、平成3年の河川法の一部改正では、超過洪水対策としての高規格堤防を位置づけ、平成9年の改正河川法は堤防周辺の樹林帯を位置づけている。また、上記7)の一部は水防法(昭和24年)や災害対策基本法(昭和36年)に位置づけられ、洪水予報は水防法および気象業務法(昭和27年)に基づき建設省・気象庁により発表されている。さらに、昭和52年の河川審議会¹²⁾などを受けて実施されている総合治水対策においては、流域貯留・浸透施設の整備、土地利用誘導、水害に強いまちづくり、洪水予警報システム整備、災害危険度の認識向上策が施策メニューとして挙げられ、実施が進んでいるものもある。最近では、ハザードマップの作成・周知、避難所・避難経路の確保が河川管理者と自治体の共同で進められ、その効果を発揮しはじめている¹³⁾。近代制法制度に基づく治水事業が始まる以前になされた水防林、輪中堤、二線堤、霞堤などの整備や水害常習地帯には住まないという対応(“余儀なくされた”土地利用誘導と言える)の一部は良い遺産として今も生き残り、今日的水害対策として(考え方を含め)再生する可能性を保持している。水防事業はその先駆的事例と言えよう。

以上のように今まで行われてきた水害対策のいずれもが、様々な経緯も持つものの「減災」という新たな展開に資するものとなっている。しかし、減災システム整備をより強力に推進するためには、「(結果として)減災に役立つか」という視点を持つだけでなく、「意識して減災に向かう」状況を積極的に増やす必要がある。このためには、まず、個々の施策の有効性を減災システムづくりという視点で改めて吟味し、課題を明らかにして改良を図り、必要なら新しい施策を組み立てること、この際必要となる技術を開発することが求められる。さらに、個々の施策間を有機的に連携させ減災システムづくりを達成するための全体計画立案と実行のあり

方を明らかにしなければならない。

以下では、このような問題意識を本総説の主題である河川堤防について深めることを通して、河川堤防の技術に関する今日的課題を考えていきたい。

3. 減災システム整備という観点からの堤防破壊現象の整理

(1) 堤防破壊現象に着目することの重要性

被害発生頻度の制御において、河川堤防の整備は實際上最も重要な役割を担っていた。減災システム整備において洪水外力～被害関係の制御が目標とされると、2(2)からも窺い知れるように、ソフト対策¹³⁾の重みが増し、ハード、ソフト両方の対策を含む多様な施策の組み合わせが必要となり、河川堤防の防災施策上の重みが軽減されるように思えるかもしれない(堤防集中依存からの脱却)。しかし、河川堤防が洪水外力～被害関係を規定する最も重要な構造物であることを考えれば、減災システム整備においても河川堤防のあり方は依然として重要であると認識すべきである。河道計画の今後の展開においても、堤防安全度の質をより深く考慮することの重要性が指摘されている¹⁴⁾。また、ハードとソフト施策の連携の重要性が指摘されており¹⁵⁾、連携を進める過程で堤防に関し新たな技術的知見が求められる局面も多くなると考えられる。

以上から、減災システム整備においても堤防技術の重要性は依然として変わらず、新たな堤防技術構築を促す良い機会とこれを見ることもできよう。ただし、被害頻度制御においては所定の洪水外力に対する堤防安全性がもつばら焦点となっていたのに対し、洪水外力～被害関係の制御を目指す場合には、堤防がこの関係をどのように規定しているかを理解しなければならない。このための基本的知見として、第一に、洪水外力の作用開始から堤防破壊そして災害発生・拡大に至るプロセスの把握が必要となり、第二に、この結果として起こる災害の規模や質を把握することが必要となる。そしてこれらを可能にすることは大きな技術的チャレンジでもある。以下では、この2つの観点から、堤防の破壊現象を整理し、次章で行う堤防に関する技術課題考察の土台としたい。

(2) 洪水外力の作用開始から堤防破壊、災害発生・拡大に至る過程の見方

この過程を図-1のように表現し考えていく。図の横軸は洪水規模または洪水作用時間を表す。

堤防を含め河川構造物の多くは、ある一定の外力(多くの場合は計画高水位)を想定して造られることになっている(ただし、完成した構造物であって

も、技術的制約などから、この外力以下で 100%安全ということには必ずしもならない（構造令¹⁾第 18 条とその解説）。一方、仮に工学的に完璧な設計・施工がなされている場合に、設計外力を上回った途端に構造物が破壊するかといえば、必ずしもそうではない。構造物の設計では、一定の安全率が（結果としての場合も含め）見込まれている場合が多く、実際に構造物に損傷が発生するのは、この「実質的」安全率を越えてからである。また、設計上明確に安全率を見込んでいなくても、設計外力の算定手法に技術的限界があり、構造物設計の想定外力規模と構造物の損傷発生との間に結果としての余裕が含まれる場合もある。なお、河川構造物の中には、力学的に設計されるのではなく、先人の河川処理の経験と試行錯誤の中から、経験的に構造物の設計諸元が決められ、施工されているものもある。このような構造物の場合には、図-1 に示す「構造物設計想定」の外力規模が存在しないため、「構造物災害発生」がいきなり問題になる。

次に、構造物の災害が発生したら即堤内地の被害が発生するかといえば、必ずしもそうではない。たとえば低水護岸破壊→高水敷侵食→堤防の護岸破壊→堤防本体の侵食→破堤→堤内地災害という過程を辿る状況を考えよう。この場合、破堤に至る前で洪水が終わり、堤内地災害が起らずに済むことも一ケースとしては想定できる。また、越水により堤防裏法面が損傷を受けたが植生の侵食耐力がその進行を遅らせ、破堤に至る前に越水が終わり、堤内地の被害が軽微で済むという想定もあり得る。堤防を含む構造物の災害発生を堤内地での被害発生まで進行させるのに要する時間経過や外力増分を、ここでは「粘り強さ」と名付けている。これまでの水害対策では、このような設計外力を越えた領域での「粘り強さ」はアーマ・レビー⁶⁾など一部を除いて“表立っては”検討の対象にされていない。

破堤した後でも、たとえば破堤口に樹木群がある場合や高水敷がある場合には、それらが無い場合に比べて、氾濫流量や氾濫土砂量が少なくなるチャンスが増す¹⁶⁾。また、盛り土道路・樹林帯が氾濫流を制御したり、既存の水路網や土地改良の排水機場が氾濫水の迅速な排水に役だったりして被害を抑える場合もある¹⁷⁾。ここでは、このような機能を「被害軽減・バックアップ機能」と名付けている。「被害軽減・バックアップ機能」は、それを積極的に意図して配置されているとは限らず、偶然機能を果たしている場合や、先人が経験的に設置していたものが機能評価されていない場合も少なくないと考え、「意図していない」をカッコ書きで付けている。なお、「水防活動」は一般的に行われ、被害を未然に防いだり、軽減したりするために役立っている。

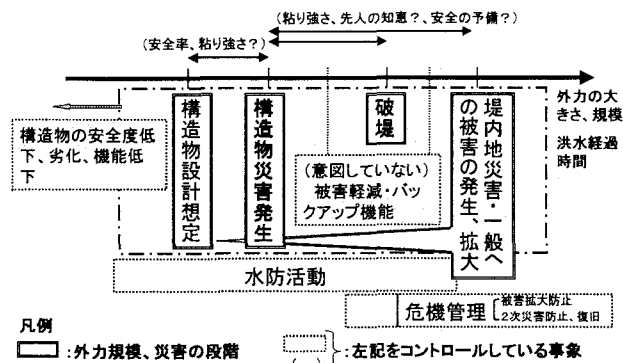


図-1 洪水外力の作用開始から堤内地災害に至る過程

る。また、近年重要視されている「危機管理」（被害拡大防止、二次災害防止、早期復旧を内容とするもの）もこの機能の延長線上に位置づけられるであろう。

ところで、先に述べたように、すべての災害が設計想定外力を上回って発生するとは断定できず（構造令¹⁾第 18 条とその解説）、想定外力を下回る規模の洪水や既往最大規模洪水以下で河川構造物に災害が発生することも考え得る。構造物が完成途上である場合は別としても、技術的限界から設計上考慮できていなかった現象が起り災害を受けることや、設計当時と構造物の置かれた水理・河道条件などが異なってしまい、それに対処することが技術的に困難で、設計時に想定できなかった外力が働き災害を受けること、予知・発見が技術的に難しい進行性の強度低下により過去経験したことのある規模以下の外力で災害が発生することなどが考え得る。図-1 ではこのような現象を「構造物の安全度低下、劣化、機能低下」と名付けており、この現象が起こることにより、構造物の設計想定外力→構造物災害発生→破堤→堤内地被害発生・拡大の一連のプロセスがより低い規模の洪水で起こる、時間的に早まるなどの結果がもたらされる。この現象も技術上の限界等から現在の水害対策においても重要な技術課題となっている。

(3) 河川堤防の破壊が起こす災害の規模・質の見方

次に、このようにして起こる災害の規模・質のとりえ方を考えてみる。洪水による災害の直接表現は、一般には、洪水被害額、浸水戸数、浸水面積、浸水想定区域、浸水深など、被害の結果の統計値によりなされることが多い。しかし、洪水外力～被害関係の制御に踏み込もうとする場合、被害の結果だけではなく、被害をもたらした物理的メカニズムとその外力パラメータを明らかにし、それと被害との関係を制御する可能性を見極める必要がある。こうした点に着目し、ここでは、災害を次の 3 つに分けて考える。

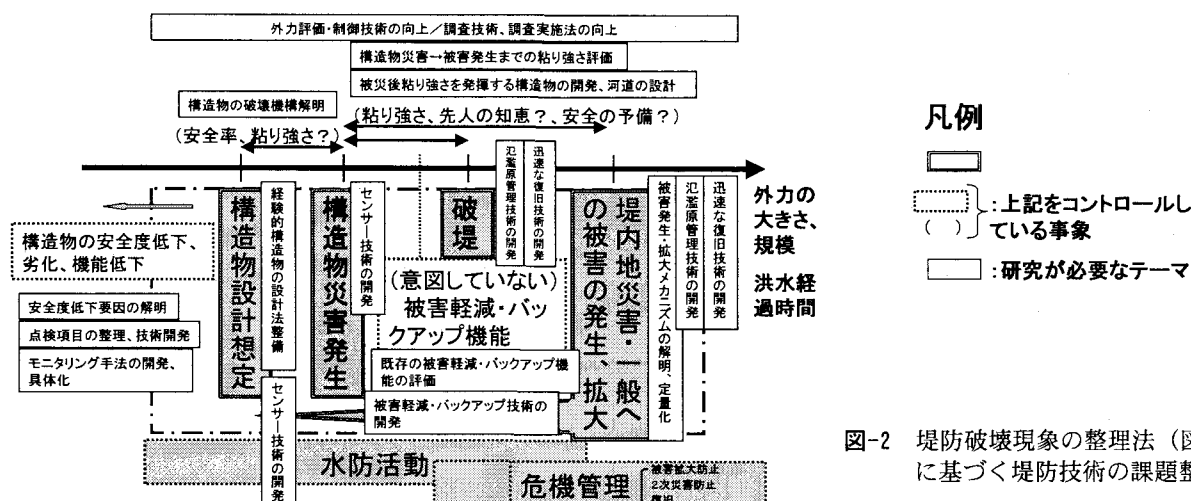


図-2 堤防破壊現象の整理法 (図-1) に基づく堤防技術の課題整理

1つは、資産が浸水することによって発生する被害を対象とした**浸水被害**である。2つめは、洪水流と氾濫流がもたらした土砂・流木が農地や家屋に流れ込み閉塞・堆積する被害や、高速の氾濫流によって土地が侵食または洗堀され、さらに家屋などが損傷・流失する被害を対象とした**土砂・高速流被害**である。これら2つの被害は、それぞれが卓越する河道特性が異なると考えられる。すなわち、浸水被害は緩流河川で深刻となり、土砂・高速流被害は上流部の河川で深刻になると推定される。

3つ目は、橋梁の落橋や重要な取水堰の流出、河川沿いの重要な道路や鉄道が侵食、洗堀などにより損傷を受けるなど洪水流・氾濫流による河道沿いライフライン（広義）の直接被害を対象とした**ライフライン切断被害**である。

このように対応する外力とメカニズムの観点から洪水災害を3つに分けて見ることは、外力～被害関係制御を通じた減災システム整備にとって大きな意味がある。例えば、浸水被害は、氾濫量や氾濫時間を制御することが被害軽減につながるであろう。土砂・高速流被害は、氾濫流速や洗堀量、氾濫土砂量と粒径、堆積土砂量、流木等を制御することがその軽減につながるであろう。ライフライン切断被害についても、対象物がはっきりすれば、種々の被害軽減策が比較的容易に検討できよう。

4. 河川堤防に関する今日的技術課題

(1)破壊プロセスの制御という側面から

前章で行った堤防破壊現象の整理法 (図-1) のとおり、洪水外力～被害関係制御を通じた減災システム整備という観点から重要と考えられる技術課題を図-2 に整理した。

a) 構造物の安全度低下、劣化、機能低下の局面

これを制御するためには、実際の災害事例の詳細かつ定量的な分析を通して、安全度低下を引き起こす原因の解明や、設計と実際の安全度との関係把握

を行い、その結果を点検やモニタリング、強化対策、構造物の設計法に反映させるという作業を継続し、情報を着実に積み上げる必要がある。

b) 構造物設計における想定外力の段階

この段階の現象の制御に関しては、まず、現在設計法が確立されていない構造物に対して工学的手法に基づく設計法の整備を進め、各地点ひいては一連区間の安全度をより高い信頼度で判断できるようにする必要がある。また、災害発生防止や被害軽減の観点からは、外力が設計想定を越えたことを括む広い意味の“センサー技術”の開発が水防活動や避難指示の情報として役立つ。

c) 構造物の災害発生段階

この段階については、構造物の破壊機構解明に関する研究を行い、構造物の設計想定外力と災害発生外力との間に存在する「安全率」や「粘り強さ」を定量的に評価できるようにする必要がある。この情報が、安全度の評価や水防活動の有効化、粘り強い構造物の開発につながる。また、この段階についてもセンサー技術の開発が水防活動や被害軽減のための初動対応に役立つ。

d) 構造物の災害発生から破堤、堤内地災害・一般への被害発生までの段階

実際の災害事例についての突っ込んだ分析により、粘り強さの評価や我々が意識していない既存の被害軽減・バックアップ機能の評価を行うことが被害軽減策の立案に役立つ。また、これらの粘り強さや被害軽減・バックアップ機能のメカニズムを踏まえた新工法や新技術の開発を行い、被害軽減対策に積極的に位置づけていくことも重要であろう。なお、この段階の粘り強さについては、事象発生の有無だけでなく時間経過も重要となる破堤メカニズム、すなわち流水による土などの侵食現象にかかわるものが特に大事になる。

e) 堤内地災害・一般への被害の拡大・進展の段階

ここでは、被害拡大・進展メカニズムの解明、定量化に関する研究を深めることが必要であり、同時

に、前記の被害軽減・バックアップ機能や粘り強さを発揮する方策の評価を連結させることが重要である。たとえば、氾濫流量を浸水被害と結びつける氾濫シミュレーションモデルは避難情報や氾濫原管理の検討などに既に役立てられているが¹³⁾（水理公式集第2編²⁾第2章7節）、ここに氾濫流量や土砂の低減効果をねらったバックアップ方策の評価を組み込むことが大事である。さらに、迅速な復旧技術の開発が2次被害、3次被害を含めたトータル被害の軽減につながるであろう。この迅速な復旧技術の開発が進めば、河道計画の考え方と影響しあうことになるかもしれない。

f) 各段階に共通して重要な技術課題

これらの技術課題に取り組むことで、堤防破壊過程の解明とそれに基づく被害制御の技術化が進めば、それに応じて新たな洪水外力評価技術が必要になる。また、微妙な外力作用形態の違いが災害規模に相当大きな差異をもたらす、あるいはある場所の外力～被害関係制御が他の場所の外力作用形態に有意な差異をもたらすとなれば、洪水外力について新たな制御の考え方が出てくるかもしれない。調査技術と調査実施体制についても新たな要請が出てこよう。たとえば、堤防の浸透破壊について土質力学的知見を踏まえた設計法を導入しようとする場合、堤防の土質構造が一定以上のレベルで明らかになっていることが前提になり、より効率的な土質調査手法の確立が合わせてなされる必要が出てくる。

(2) 被害制御の目標設定という側面から

前節で扱った堤防破壊、災害発生過程を制御する手法の研究が進み、その道具が整ってきたとすると、今度は、それをどのような考えに基づき組み合わせ実施に移すかという判断が重要になる。この判断は対象河川の状態を踏まえ総合的に行うべきものであるが、この判断を支える技術面での情報整理法を検討することも重要である。具体的には、現在と将来各時点について、河道縦断沿いの危険度や危険性の質、守ることの重要性、強化重点項目等を、“考えさせる”ような（ブラックボックスからの単一のアウトプットとして表示するだけでなく）技術情報整理が大事であろう。その基本は、3(3)で述べた「洪水災害の規模・質」と、3(2)、4(1)で述べた「洪水外力の作用開始から堤防破壊、災害発生・拡大に至る過程」の各段階における広義の外力～耐力情報になると考えられる。すなわち、最終的に起こりうる災害の予測結果だけを抜き出して考えるのではなく、それを災害発生のプロセス（起こり方、外力～耐力関係）と合わせて理解し、ハード～ソフト間の連携によって外力～被害関係を制御することを強く意識した情報整理法開発が急務と考える。

5. おわりに

本文では充分触れることができなかったが、堤防技術の発展が、官・学を中心とした技術者・研究者による多くの研究開発成果に支えられていることは言うまでもない。そのような技術の土台を一層充実させるためにも、多くの学問・技術分野の結集が必要な「堤防」という学際的対象について、個々の分野からでなく「堤防そのもの」を軸にした大局的な課題整理を新しい目で試みる必要があると考え、本総説に臨んだ。一つの切り口に基づくことによる不完全さにもかかわらず、本稿が堤防技術の議論の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) (財) 国土開発技術研究センター編：改定 解説・河川管理施設等構造令、(社) 日本河川協会、山海堂、1999。
- 2) 土木学会水理委員会：水理公式集、土木学会、第2編「河川編」、1999。
- 3) (財) 国土開発技術研究センター：河川土工マニュアル、(財) 国土開発技術研究センター、1993。
- 4) 建設省河川局監修、(社) 日本河川協会編：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説、設計編[I]、山海堂、第1章、1997。
- 5) (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、1998。
- 6) たとえば、土木研究所河川研究室、土質研究室：加古川堤防質の強化対策調査報告書、土木研究所資料、第2621号、1988。
- 7) たとえば、玉光弘明、定道成美、中島秀雄、藤井友竝：堤防の設計と施工－海外の事例を中心として－、土木学会編新体系土木工学74、技報堂、1991。
- 8) 新しい全国総合開発計画：21世紀の国土のグランドデザイン、第2部1章1節、1998。
- 9) 河川審議会答申：21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について、1996。
- 10) 河川審議会答申：新たな水循環・国土管理に向けた総合行政のあり方について、1999。
- 11) 水研究委員会：水と人とのかわりに関する研究、NIRA（総合研究開発機構）研究報告書、No.910006、1991。
- 12) 河川審議会答申：総合的な治水対策の推進方策についての中間答申、1977。
- 13) たとえば、末次忠司：水防災のための危機回避方策、土木学会水理委員会河川部会、河川技術に関する論文集、第6巻、2000。
- 14) 藤田光一：これからの河道計画のあり方に関する考察、土木学会水理委員会河川部会、河川技術に関する論文集、第5巻、pp.1-6、1999。
- 15) 福岡捷二：洪水・土砂災害軽減のための流域管理と地域計画（平成11年度土木学会全国大会、研究討論会総括）、土木学会誌、第85巻、pp.166-167、2000。
- 16) たとえば、藤田光一：大規模破堤による地形変化の実態、土木研究所資料、第3526号、1998。
- 17) たとえば、栗城稔、末次忠司、館健一郎、小林裕明：水路ネットワークによる浸水排除効果、土木技術資料、第39巻7号、pp.20～25、1997。

(2000. 4. 17 受付)