

流域治水の実現に向けた 粘り強い堤防技術の開発

粘り強い堤防から始まる流域治水のネクストステージ



河川政策グループ
主任研究員

味方 圭哉



河川政策グループ
副総括（首席研究員）

佐古 俊介

1 はじめに

近年、全国各地で激甚な被害をもたらす水災害が毎年のように発生しており、令和元年東日本台風などを踏まえ、2020年7月の「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について」の答申¹⁾がだされた。これまでの「水防災意識社会」の再構築する取組²⁾をさらに一歩進めて、“社会のあらゆる関係者が、意識・行動に防災・減災を考慮することが当たり前となる、防災・減災が主流となる社会の形成を目指し、流域の全員が協働して流域全体で行う持続可能な治水対策（以下、流域治水という）への転換”が提案された。

流域治水では、「氾濫させない」という河川防災ではなく、「あふれ出ることを前提としている」点が、これまでの治水施策と大きく異なる点である。

越水に対し粘り強い河川堤防（以下、「粘り強い河川堤防」という）は、流域治水を進める上で「氾濫をできるだけ防ぐ・被害対象減らす対策」として位置づけられており、令和元年台風第19号の被災を踏まえた河川堤防に関する検討会報告書³⁾（以下、「検討会報告書」という）において設計できる段階ではないとされつつも、危機管理対応として整備すべきと位置づけられている。

しかし、「粘り強い河川堤防」の整備は、現時点では、越水した場合の効果に幅や不確実性があること等から、今後の取組むべき課題として、必要となる性能の具体化や、構造物の安定性を長期的に維持するための維持管理の検討、関係業界団体・大学の研究者や学会等との連携を図るとともに、共同で研究・開発を行う体制の構築等が必要であるとされている。

流域治水の実現に向け、粘り強い河川堤防の技術を社会実装していくためには、①性能を明確にする。②性能を示す技術開発を促す。③技術開発の評価を行うために技術的な事項を整理する。④実践するための制度や基準類を構築する。ことが必要となるが、本稿では、①性能を明確にする。③技術開発の評価を行うために技術的な事項を整理する。の2点について、既往の検討成果等と併せて、国土技術研究センター（以下、JICEと

いう）の自主研究成果を報告する。

2 河川堤防設計のパラダイムシフト

2.1 流域治水への転換が堤防設計に与える影響

流域治水は、従来の「氾濫をできるだけ防ぐ」ことに加え、あふれることを前提に「被害対象を減少させる」、「被害の軽減、早期復旧・復興」を加えた点が、これまでとまったく異なる治水施策である。

粘り強い河川堤防は、流域治水の施策におけるハード対策の一つとなるが、施設能力を超えた洪水による越水に対して、堤防を高くするのではなく強化することで、決壊までの時間を少しでも長くし、住民の避難時間を確保する点が、従来河川堤防の整備とは異なる考え方となる。

（1）河川堤防の現状

河川堤防の現状は「検討会報告書」³⁾において、以下のようにならされている。国が管理する河川の堤防必要区間延長は両岸で約1万3千kmに及ぶ。

- ・河川堤防は、歴史的な経緯の中で、工事の費用が比較的低廉であること、材料の取得が容易であり構造物としての劣化現象が起きにくいこと、不同沈下に対する修復が容易であること、基礎地盤と一体としてなじむこと、嵩上げ及び拡幅等が容易であること、洪水や地震等により堤防が損傷した場合の復旧の容易さなどから、多くが土で造られてきており、大洪水に遭遇して危険な状態になることを経験すると、その後順次嵩上げ及び拡幅等を実施することにより強化を図ってきた構造物である。
- ・このように築造された河川堤防は上述のように長大構造物であり、また、基礎地盤自体が複雑かつ堤体の土質も様々であるなど、堤体の強度が不均一で不確実性を有している。
- ・これらのことから、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対しては、既往の被災経験と実績をもとに満たすべき断面形状の基準を設定することによって、安全な構造とすると

ともに、一連区間の河川堤防の安全性を向上させるためには、維持管理を通じた局所的な弱点の把握と適切な対策を引き続き行うことが重要としている。

(2) 越水に対する土堤の脆弱性

土堤は越水に対して非常に弱く、越水した際決壊に至る可能性は越水しない場合に比較して圧倒的に大きい。令和元年東日本台風では142箇所で堤防決壊が発生し、このうち122箇所は「越水」が決壊の主な要因と推定された。このような問題が起きるのは、堤防の設計法自体に欠陥があるからではなく、越水という事象がもともと設計に考慮されていないためである。

河川堤防の強化に関する技術検討会⁴⁾(以下、「技術検討会」という)において、2015年以降の主な越水事例より、堤防が越水してから損傷や決壊まで、どのくらい時間を要するかを示しているが、3時間以内で54%(越流水深30cm以下)。5時間以内では63%(越流水深50cm以下)が損傷または決壊することが明らかになっている。つまり河川堤防の半分は、越水が開始してから3時間以内しか「もたない」ことが分かる。

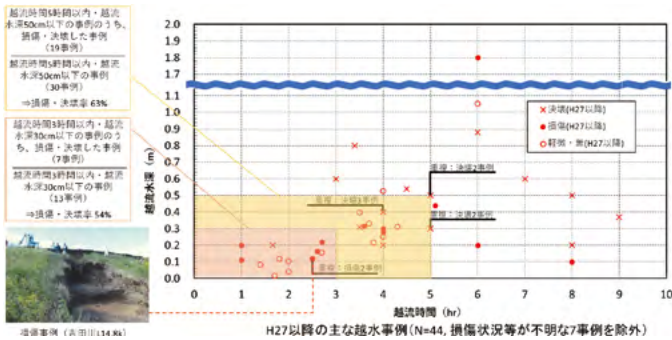


図1 2015年以降の主な越水事例⁴⁾

(3) 決壊と越水の影響の違い

堤防が決壊すると、氾濫水による人的被害や物質的被害は甚大になることが想定される。一方で、越水しても堤防が決壊しなければ、これらの被害を小さくすることができる。

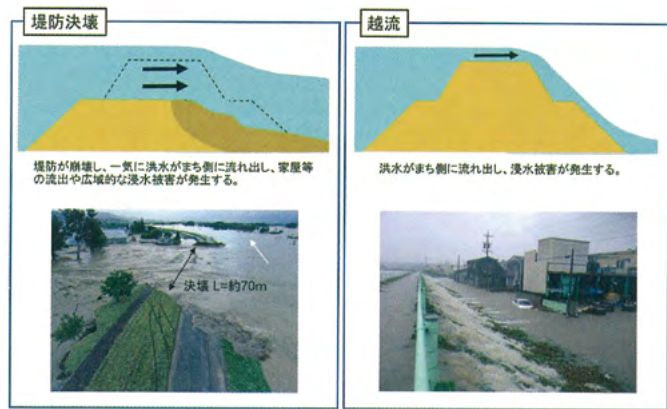


図2 決壊と越水の被害状況の違い⁵⁾

図3に令和元年東日本台風における千曲川の氾濫解析の時間的推移を示す。氾濫解析は平面二次元モデルを用いており、左図が越水後3時間の氾濫範囲。右図は決壊後2時間の氾濫範囲となる。

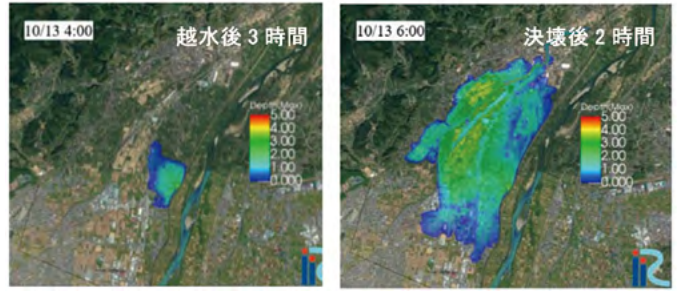


図3 越水と決壊の浸水範囲の違い⁶⁾

決壊後の範囲は、越水後の範囲と比べ時間が短いにも関わらず浸水面積が広範囲であり、堤防が決壊すると浸水範囲が非常に大きいことが分かる。

2.2 「粘り強い河川堤防」の設計の考え方

「検討会報告書」³⁾においては、「粘り強い河川堤防」が目指すべき方向として、“越水した場合であっても堤防が決壊するまでの時間を少しでも引き延ばす”とした危機管理型ハード対策の概念を発展的に踏襲し、越水に対し危機管理型ハード対策を上回る効果を有するべきとしている。

「技術検討会」⁴⁾において、「粘り強い河川堤防」の目的を、越水が生じた場合でも、避難のための時間を確保する、浸水面積を減少させるなどにより、被害をできるだけ軽減すること、としており、「粘り強い河川堤防」の実現にあたっては、以下の双方の性能を実現する必要があると定めた。

- ・既存の堤防の性能を毀損しないこと
- ・越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする粘り強い“性能”(以下「越水に対する性能」)を付加すること

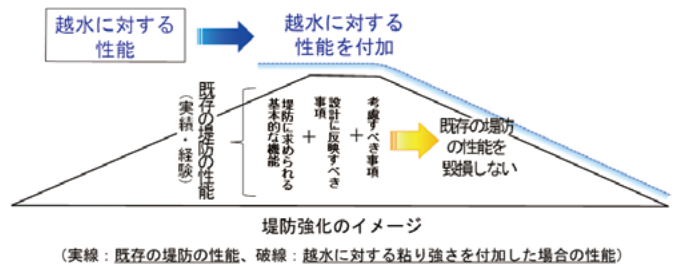


図4 堤防強化のイメージ⁴⁾

2.3 粘り強い河川堤防の技術開発の体制

「技術検討会」⁴⁾において「粘り強い河川堤防」の技術開発における体制が図5のように構築された。この中では技術の公募を行い、パイロット施工や大型の水利模型実験等による対策工法の検証を行ながら技術開発を進め、対策工法の評価を踏まえ、本格的な河川堤防の強化対策の実施に向けた取り組みを行うことが示されている。

■研究・開発を行う体制

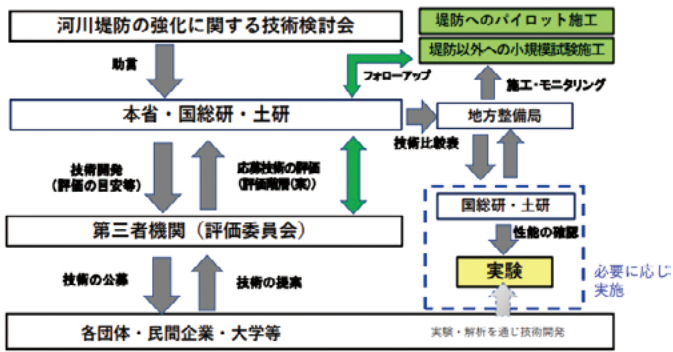


図5 技術開発における研究・開発を行う体制⁴⁾

2.4 技術開発を促進させるための性能の設定

「技術検討会」⁴⁾において、近年の越水事例における越流水深や越流時間、近年の越水事例（図1）の堤防の被災状況、避難にかかる時間の研究、過去の越水に対する堤防強化の検討における越流水深・越流時間の研究などを踏まえ、技術開発目標（評価の目安）は、「**越流水深 30cm の外力に対して、越流時間 3 時間**」とし、その間は越水に対する性能を維持する構造とすることを定めた。この性能を定めたことは、粘り強い河川堤防の技術を確立する上できわめて重要な事項となる。JICE では、この技術開発目標を設定するための事例等について自主研究で資料収集を行うとともに、学識者との議論を通じて、委託業務において技術開発目標設定の意思決定のプロセスを支援した。

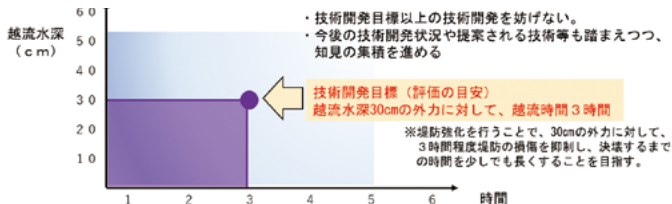


図6 技術開発目標⁴⁾

なお、技術開発に当たっては、この技術開発目標以上の「越水に対する性能」の技術開発を妨げるものではなく、今回の技術開発目標（評価の目安）に基づく技術開発の状況や、技術開発目標以上の越流水深や越流時間等の技術の提案等も踏まえつつ、引き続き知見の集積を進める必要がある。

3 越水に対する既往の堤防強化対策との違い

3.1 越水に対する既往の堤防強化対策

越水に対する河川堤防の強化対策に関する既往の研究は、主に表面被覆型を対象として土木研究所等で行われてきており、大型堤防模型実験の結果、ある条件の下では一定の効果が発揮されることが確認されている一方で、強化対策の効果の発揮に幅や不確実性があることも確認されている。

「越水に対する**「性能」**」を有している既往の堤防強化対策としては、高規格堤防、遊水池の越流堤がある。また「越水に対す

る機能」を有している事例には、アーマーレビー、フロンティア堤防、危機管理型ハード対策、設計対象の津波高以上の津波に対して粘り強さを発揮する粘り強い海岸堤防等が挙げられる。以下にその特徴を示す。

(1) 高規格堤防（図7）

高規格堤防は、新たな超過洪水対策として、1987年3月河川審議会において整備することが答申され、人口・資産・社会経済活動の中枢機能が集積する首都圏および近畿圏の中心部を氾濫域に含む大河川の約873kmを整備区間として1987年より実施されてきた。河川管理施設等構造令第18条によると、高規格堤防設置区間および当該区間にかかる背水区間において、高規格堤防設計水位以下の水位の流水に伴う越水に対して壊れないといった特徴をもつが、長大構造物である河川堤防の全てに展開するには、莫大な時間と費用を要する。

<高規格堤防整備後>



図7 高規格堤防の概念図⁷⁾

(2) 遊水池の越流堤（図8）

遊水池や洪水調節地の越流堤は、河川砂防技術基準計画編において河道と洪水調節地内の水の流れを一体として捉えた非定常平面二次元流解析等により、洪水流量の時間変化や遊水池への洪水流入量を算定し、調節効果の検討を行うとともに、目的に応じて個々に構造設計がなされている。堤防の一部を低くし、ある程度洪水水位が上昇すると、この部分から洪水流を遊水池へと流れ込ませるようにすることから、十分な安全性を確保しておく必要があるため、机上検討と実験による検証を併せて評価すること等により構造が決定されている。

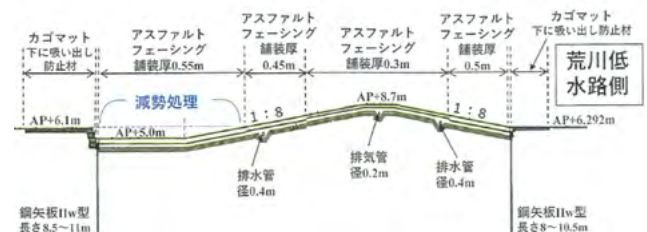


図8 荒川第一調節地の越流堤⁸⁾

(3) アーマーレビー、フロンティア堤防（図9）

アーマーレビーやフロンティア堤防は土堤に被覆する補強工法で、越水や浸透に対する機能を強化した工法として1988～2003年頃にかけて堤防強化対策を試験的に施工されている。アーマーレビーの検討では、1967～1976年に生じた越水事例に基づき、おおその目安を設けており⁸⁾、福岡⁹⁾により設計手法が検討されている。これらの堤防は、現在の粘り強い河

川堤防の前身ともなる取り組みであったものの、維持管理上の課題があるとともに、コストも小さくないこと等から、全国的には展開されなかったと考えられる。

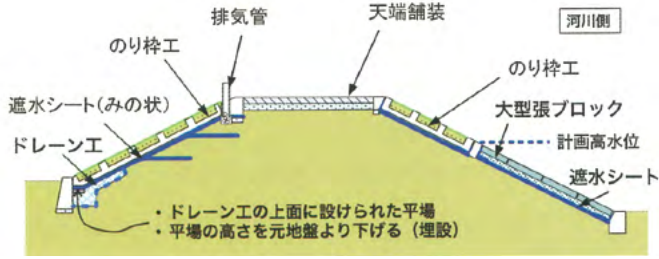


図9 アーマーレビーの構造⁵⁾

(4) 危機管理型ハード対策 (図 10)

危機管理型ハード対策は、2015年9月の鬼怒川の堤防決壊を契機に、決壊を少しでも遅らせることによる被害の軽減、特に人的被害の軽減を主な目的として、全国の河川において堤防天端の舗装や裏法尻の補強等する構造上の工夫として対策が実施されている。

構造上の工夫とは、想定を超えた外力が作用しても対象の構造物が壊れるまでの時間を少しでも延ばすために、弱点となりやすい部位を保護することで壊れるまでの時間を引き延ばすための、構造上の仕様を規定したものであると言え、想定を超える外力を設定して設計されたものではないことに留意する必要がある。

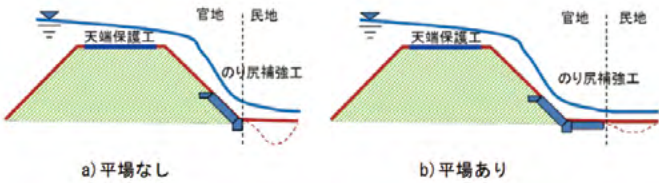


図 10 危機管理型ハード対策の構造¹⁰⁾

(5) 粘り強い海岸堤防 (図 11)

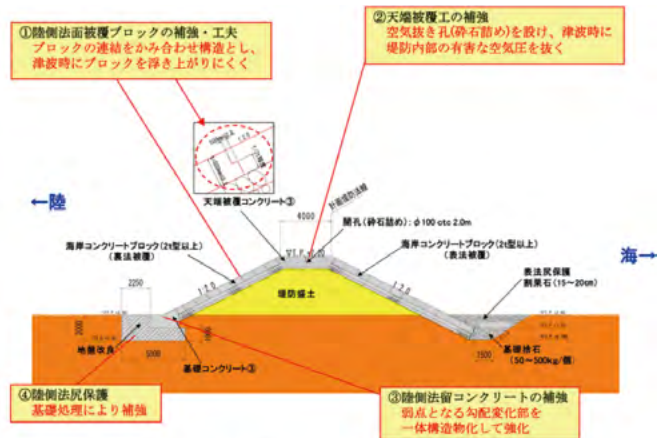


図-3.2.8 仙台湾南部海岸の復旧堤防の構造

図 11 粘り強い海岸堤防の構造¹¹⁾

粘り強い海岸堤防は、2011年3月の東日本大震災を契機に、設計対象の津波高さを超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような技術開発を進め、整備していくことを目的にした

堤防である。海岸堤防等の被災状況等を調査し、被災形態の特徴を整理し、被災メカニズムを想定して強化対策が実施されている。これも危機管理型ハード対策と同様、構造上の工夫として実施されたものである。

3.2 既往の堤防強化対策との違い

「粘り強い河川堤防」は、「あふれ出ることを前提」とした治水施策として、30cmの越流水深に対し、避難に要する3時間は決壊しないという性能を定め、従来の高規格堤防や洪水調節池(遊水池)の越流堤より少ない費用と時間で危機管理対応として整備を進めて行くものとなる。表1に越水に対する効果を有する既往の堤防強化対策の比較結果を示す。

表1 越水に対する効果を有する既往の堤防強化対策の比較

構造の種類	越水性能	越水機能	越水に対する効果	費用、時間
・高規格堤防 ・遊水池の越流堤	有 (個別の設計外力に対応)	同左	決壊しない	大
・粘り強い河川堤防	有 (30cmの越流水深に対し3時間※1)	同左	すぐには決壊しない (一定の避難時間を有する)	中～小
・アーマーレビー・フロンティア堤防 ・危機管理型ハード対策 ・粘り強い海岸堤防	なし ※2	有	すぐには決壊しない (効果に幅がある)	中～小
・一般的な土堤	なし	なし	なし (極めて脆弱)	小

※1一つの条件下において行われた実験結果に基づく
※2: 定量的な外力を定めない構造上の工夫

3.3 粘り強い河川堤防が目指す姿

越水に対する粘り度合いを、既往の堤防強化対策ごとにプロットしゾーン分けしたものを図12に示す。この中で、ゾーンIは「越水に対してすぐには決壊しない堤防」、ゾーンIIIは「決壊しない堤防」となる。「粘り強い河川堤防」は、ゾーンIの上位～ゾーンIV下位を目指すこととなる。

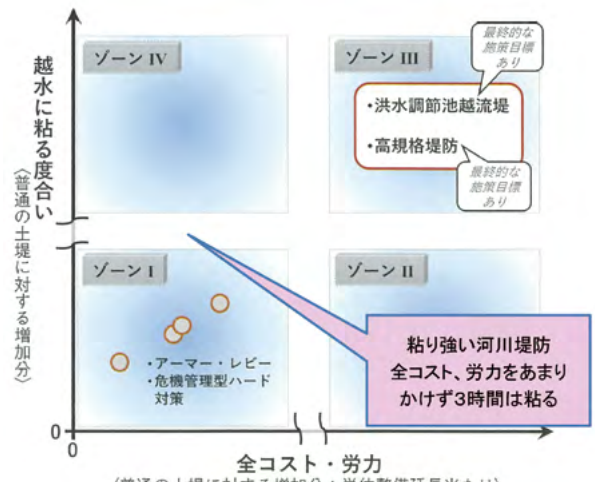


図 12 粘り強い河川堤防が目指すゾーン¹²⁾

4 粘り強い河川堤防の構造について

4.1 粘り強い河川堤防の技術開発対象

「技術検討会」⁴⁾において「粘り強い河川堤防」の構造は現状3つのタイプが考えられており、その概要について以下に示す。

(1) 表面被覆型

計画高水位以下の通常の流水の作用に対する堤防機能は土堤により確保し、越水に対しては土堤表面にシートやコンクリートブロックを設置することにより性能を発揮するもの。

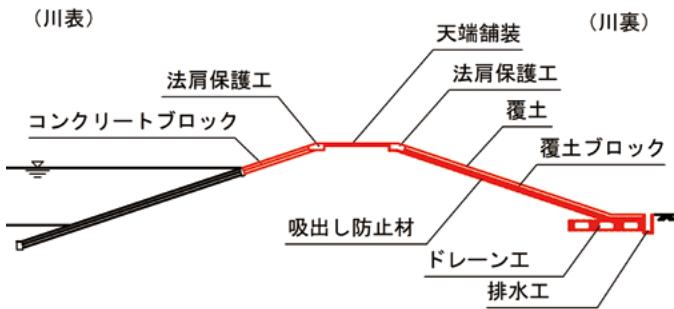


図13 表面被覆型のイメージ⁴⁾

(2) 自立型（自立式特殊堤を含む）

盛土の部分がなくとも自立部が自立する構造で計画高水位以下の水位の流水の通常の作用に対する堤防機能及び越水に対する性能を発揮するもの。堤防に求められる基本的な機能や設計に反映すべき事項、考慮すべき事項への対応は自立式特殊堤と同じと考えられるもの。

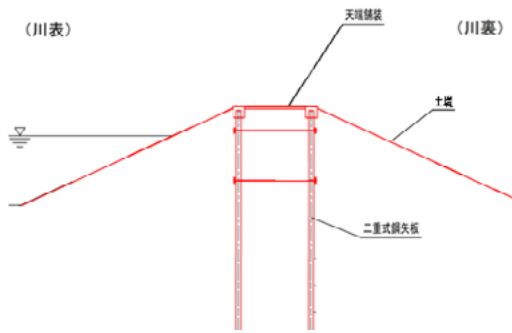


図14 自立型のイメージ⁴⁾

(3) その他構造

コア部分のみで自立はしないが、周辺の盛土（堤防）との複合体として計画高水位以下の水位の流水の通常の作用に対する堤防機能を発揮するものなどが想定される。

現状では基本的な機能や設計に反映すべき事項、考慮すべき事項への照査方法の規定がない。

討に係る技術資料（案）¹⁴⁾で設計することが可能となる。一方、自立型については、計画高水位以下に対する自立式特殊堤の実績はあるものの、統一的な設計手法は確立されていない。

JICEでは、自立型の設計および評価を行う上で、河川砂防技術基準に示されている従来土堤に求められてきた機能を分解し、それぞれの事項に対し自主研究において議論を行っている。その成果について以下に述べる。

5.2 自立型に求められる性能と機能について

(1) “越水に対する性能”について

「粘り強い河川堤防の技術開発にあたっての参考資料【自立型】」¹⁵⁾を参考に30cmの越流水深を作用させて設計を行う。その際コア部の安定性等にとって厳しい条件を想定する。

(2) “既存の堤防の性能を毀損しないこと”について

既存の堤防性能とは、「河川砂防技術基準設計編第2節堤防」¹⁶⁾に記載されている河川堤防に求められる機能と設計に反映すべき事項に基づき、以下について設計する。

1) 河川堤防に求められる機能の設計

計画高水位以下の水位の流水の通常の作用（常時、洪水時、地震時、波浪時の安全性）については、これまでの実績から、「河川構造物の耐震性能照査指針・解説-Ⅲ、自立式構造の特殊堤編」¹⁷⁾、「道路土工擁壁工指針」¹⁸⁾、「鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル」¹⁹⁾等を参考とし、設計をしていくことは可能となる。

2) 設計に反映すべき事項

設計に反映すべき事項は、同基準において、堤防は複雑な基礎地盤の上に築造され、過去の被災に応じて嵩上げ及び拡幅等の強化を重ねてきた歴史的な構造物であることを踏まえ、以下の項目を検討し、設計に反映するものとする。

- 不同沈下に対する修復の容易性
- 基礎地盤及び堤体との一体性及びなじみ
- 嵩上げ及び拡幅等の機能増強の容易性
- 損傷した場合の復旧の容易性
- 基礎地盤及び堤体の構造及び性状に係る調査精度に起因する不確実性、基礎地盤及び堤体の不均質性に起因する不確実性

その他、設計に当たっては、環境及び景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮するもの、とされている。

5.3 土以外の材料を用いた機能の確保

設計に反映すべき事項は、土堤の場合、材料が土であることで自動的にその機能を満たすこととなるが、一方で自立型のように土以外の材料を用いた場合、土堤が有していた機能をどのように確保するか問題となる。以下にその考え方を示す。

a. 不同沈下に対する修復の容易性

土堤の場合、不同沈下が生じた場合、それを目視等で確認で

5 自立型に求める技術的な事項の整理

5.1 自立型への取り組み

表面被覆型のうち被覆材がブロックのものについては、「改訂版河川堤防の構造検討の手引き」¹³⁾や「粘り強い河川堤防の構造検

き、盛土等により容易に修復が可能となる。また、事前に不同沈下が生じる可能性がある場合には余盛等を行うことにより対応可能となる。自立型の場合、堤体を容易に修復できない場合を想定し、良質な支持層へ支持させることでコア部の沈下量を抑制（堤防の高さを確保）し、実際に生じうる多少の不同沈下に対しては適切な間隔の目地を設定することによって対応可能であると考えられる。

b. 堤体及び基礎地盤との一体性及びなじみ

土堤の場合、堤体及び基礎地盤が土であるため境界部にミズミチ等の弱部は発生しにくい構造であると考えられる。自立型の場合、堤体及び基礎地盤で材料が異なることから、境界部にミズミチ等が生じ、堤防の弱部となる可能性がある。そのため、パイピングを生じさせない構造とするために、レインの式によって浸透安全性の検討を行うことにより対応可能であると考えられる。

c. 嵩上げ及び拡幅等の機能増強の容易性

土堤の場合、aと同様であり、盛土等により容易に機能増強が可能となる。自立型の場合は容易に嵩上げ及び拡幅等の機能増強ができない場合を想定し、将来の荷重増加をあらかじめ見込んだ設計にすることで対応可能であると考えられる。

d. 損傷した場合の復旧の容易性

土堤の場合、aと同様であり、盛土等により容易に復旧することが可能となる。自立型の場合は、地震に対して「河川構造物の耐震性能照査指針・解説-Ⅲ. 自立式構造の特殊堤編-」¹⁷⁾に準拠して設計を行うことで、地震動が作用した場合でも健全であることや、損傷程度をコントロールするような耐震性能の照査を実施することで対応可能であると考えられる。

e. 基礎地盤及び堤体の構造及び性状に係る調査精度に起因する不確実性、基礎地盤及び堤体の不均質性に起因する不確実性

土堤の場合、調査精度や不均質性に起因する不確実性を有していても計画堤防断面が確保されていればこの機能を満たすことになるが、自立型の場合は、堤体においては材料や施工に伴う不均質性は設計において十分考慮されている。そのため、基礎地盤の調査精度や不均質性に起因する不確実性については、過去の自立式特殊堤の施工実績を踏まえ、レインの式によって浸透安全性の検討を行うことで対応可能であると考えられる。レインの式は数多くの被災事例を根拠としており²⁰⁾、被災事例にはこれらの不確実性が内在しているためである。また、我が国の自立式特殊堤の数少ない漏水・噴砂等の被災事例は、レインの式を満足していないことが確認されている。

ることになり、治水計画や河川整備の手順について新たな視点を付与することとなる。すなわち、「粘り強い河川堤防」は構造上の問題のみに留まらず、治水計画自体の見直しを含め、流域内での安全バランスをどう実現するかという、流域治水を次のステージに引き上げる重要な技術となる。

今後は、「粘り強い河川堤防」の社会実装に向けての制度や基準類を構築することが必要となるが、以下に課題を示す。

- ・構造令をはじめとする法令、各種基準類の整備
- ・粘り強い河川堤防をどこで行うかの計画論の整理、基本方針、整備計画等の制度の見直し
- ・技術開発の推進とコストダウン
- ・温暖化の影響に後れをとらない速やかな整備

JICEでは、上記施策提言を行っていくために、「粘り強い河川堤防」のパイロット事業の実績や、民間等による技術開発の状況も踏まえながら、河川堤防技術のさらなる高度化・合理化とその構造設計法の開発に向けた検討を進め、学識者、行政関係者をメンバーとする研究会で継続的に議論を行っていく所存である。

【参考文献】

- 1) 「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について」
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou_suigai/pdf/03_honbun.pdf
- 2) 社会資本整備審議会：大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について～社会意識の変革による「水防災意識社会」の再構築～, 2015
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/daikibohanran/
- 3) 令和元年台風第19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会報告書
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/gijutsu_kentoukai/dai03kai/pdf/houkokusyosyo.pdf
- 4) 河川堤防の強化に関する技術検討会：,2022
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/teibou_kentoukai/dai01kai/pdf/kentou.pdf
- 5) 水害列島日本の挑戦：日経 BP, 2020
- 6) 令和元年台風19号豪雨災害調査団報告書, 土木学会水工学委員会, 2019
- 7) 高規格堤防とは：国土交通省水管理保全局
<https://www.mlit.go.jp/river/kasen/koukikaku/pdf/about.pdf>
- 8) 越水堤防調査最終報告書：土研資料第2074号,1984)
- 9) アーマーレビーの設計、その1：土木技術資料30-3,1988)
- 10) 越水による決壊までの時間を少しでも引き延ばす河川堤防先端のり尻の構造上の工夫に関する検討：国総研資料第911号,2016
- 11) 津波越流に対する海岸堤防の粘り強い構造の要点：国総研資料第1035号,2018)
- 12) 現代河川工学：藤田光一, 2023
- 13) 改訂版河川堤防構造検討の手引き：JICE,2012
- 14) 粘り強い河川堤防の構造検討に係る技術資料案 ver.1.1: 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 国立研究開発法人 土木研究所 地質・地盤研究グループ (土質・振動), 2023
- 15) 粘り強い河川堤防の技術開発にあたっての参考資料【自立型】Ver1.0: 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 国立研究開発法人 土木研究所 地質・地盤研究グループ(土質・振動),2022
- 16) 河川砂防技術基準設計編第2節堤防：水管理・国土保全局,2019.
- 17) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：河川構造物の耐震性能照査指針・解説-Ⅲ. 自立式構造の特 殊堤編- , 2012
- 18) (社) 日本道路協会：道路土工-擁壁工指針, 2012.
- 19) (財) 国土技術研究センター：鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル 2001.
- 20) E.W.LANE: SECURITY FROM UNDER-SEEPAGE MASONRY DAMS ON EARTH FOUNDATIONS, TRANSACTIONS OF AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 1919.

6 終わりに

粘り強い堤防から始まる流域治水のネクストステージに向けて

本稿では流域治水の実現に向け、粘り強い河川堤防の技術を社会実装していくために①性能を明確にする。③技術開発の評価を行うために技術的な事項についての報告を行った。

一方、「粘り強い河川堤防」を整備し、ある区間の耐越水性能を高めることは、対策前に比べ対岸や下流に新たな負荷をかけ