

河川堤防システムの安全管理に関する実証的研究

復建調査設計 福成孝三*1

渡良瀬遊水地アクリメーション振興財団 白井勝二*2

日本大学理工学部・慶応義塾大学大学院 吉川勝秀*3

By Fukunari Kouzou, Katsuji Shirai, Katsuhide Yoshikawa

わが国では、人口の約1/2、資産の約3/4が河川の洪水氾濫の危険性がある氾濫原に位置し、その多くが歴史的に築造されてきた河川堤防により守られている。しかし、堤防の安全性を、堤防断面という長い連続堤防の点として取り扱ったものは若干あるが、連続した堤防システムとして管理することに関する研究は皆無に近いといえる。

本論文では、利根川水系の過去約80年間の堤防決壊の実態を報告するとともに、堤防決壊の原因（洗掘、越水、浸透、構造物周りの浸透による決壊）を実証的に明らかにした。堤防決壊の原因は、堤防越水によるものが最も多いこと、近年になって構造物周りでの浸透（漏水）による決壊という問題が生じてきていることなどを示した。

この調査も踏まえつつ、歴史的に築造され現在に至っている堤防の管理について、堤防の機能限界・管理限界を明確にし、これからの時代の河川堤防システムとしての管理のあり方について、超過洪水をも見据え、被害の視点、危機管理の視点を加えて考察し、提案を行った。

【キーワード】 堤防システム、越水、堤防決壊

1. はじめに

河川の堤防は、土を材料として、嵩上げや腹付けが繰り返されてきた根幹的な治水施設であるが、いったん決壊すると氾濫域に多大な被害を及ぼす。我が国の代表的な河川である利根川でも、これまでに多くの洪水による災害を経験してきた。

本論文では、利根川におけるこれまでの約80年間の洪水と堤防決壊（洪水で堤防が切れ、河川水が氾濫原に氾濫したもの。以下、堤防決壊という）の実例を取りあげることにより、個々の決壊に至る経過と原因を明らかにした。

これまでの利根川における堤防決壊の事例をみれば、越水を原因としたものが多いことがわかる。

したがって、堤防の越水や決壊を防ぎ、流域全体の被害を軽減するためには、想定される越水に対して、

しっかりと対応することが大切である。1ヶ所の越水は河川全体の洪水水位にも大きな影響を与えるので、連続した堤防を、上流から下流に至るまで一連のものとしてその安全性を確保する必要がある。このような視点に立って、利根川におけるこれまでの長い期間にわたる複数の堤防決壊の事例を検証し、これを踏まえて計画・設計上の洪水規模、あるいは現況の河川堤防の流下能力を上回るか否かにかかわらず、堤防を越水あるいは堤防が決壊する場合を想定し、洪水による被害軽減を図る視点から、河川堤防の整備と管理の在り方について提言した。

2. 河川堤防の特徴

利根川では、明治以降、段階的に河川整備が進められてきており、現在でも長期的な（究極的な）目

※1 取締役執行役員

03-5835-2631 fukunari@fukken.co.jp

※2 専務理事

0282-62-1161 k-shirai@watarase.or.jp

※3 社会交通工学科 教授

047-469-5228 yoshikawa@trpt.cst.nihon-u.co.jp

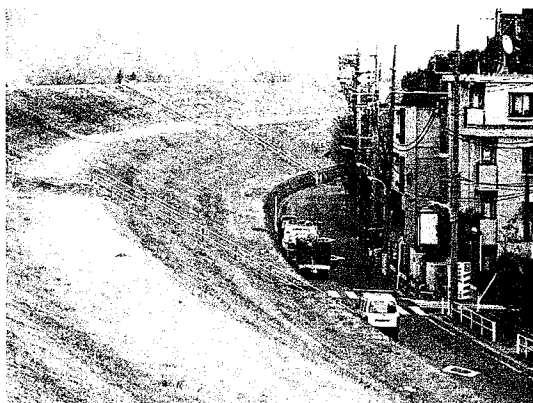


写真-1 大規模な堤防で守られている都市・地域

〔上：利根川の堤防（埼玉県内）、
下：荒川の堤防（東京都内）〕

標としては200年に1回起こる程度の洪水を対象とした治水施設が計画され、その整備が進められている。しかし、現在の治水安全度はその長期的な計画に対して十分な水準にはなっていない^{1), 2)}。

しかも、河川堤防は次に述べるような特徴を持っているため、その安全性は一様とはいえない。^{3), 4)}

- ① 河川は、自然の流れに沿って、長い年月をかけて今の形ができあがったものであり、一部の人工河川を除いて、その位置を人為的に変えることができない。
- ② 連続する堤防は、氾濫原のあらゆる地形条件、地盤条件のところを通ることを余儀なくされる。
- ③ 河川堤防は過去幾度にもわたって嵩上げや腹付けが繰り返されてきた歴史的構造物であり、堤体には多様な材料が使われている。
- ④ 堤体には一般的に近傍から採取した自然の土砂をそのまま使っていることが多く、土の品質が不均一である。
- ⑤ 堤防の基盤は川の氾濫により堆積した土砂で形成されており、複雑な構造となっている。
- ⑥ 降雨や洪水による外力は自然そのものであり、

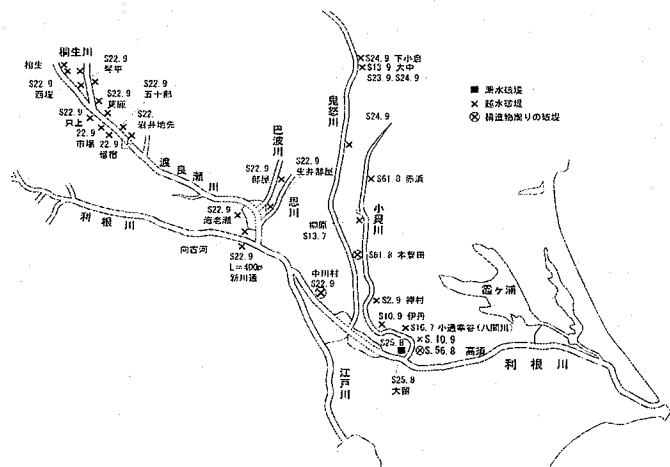


図-1 近年に利根川で堤防決壊した箇所

人為的にコントロールすることができず、また場所や気象条件によって異なる。

- ⑦ 河川水や降雨による水の浸透によって、土の強度や性質が非定常で変化する。地下水との関係も重要である。
- ⑧ 河川や堤防は、土砂の堆積や浸食、地盤沈下等により時間の経過とともに変化するが、その変化は必ずしも一様ではない。
- ⑨ 河川堤防の規模や形状は多様である。

つまり、現在の河川堤防の構成や、外力となる洪水の規模や性状は多様であるため、その安全性は縦断的にも一様であるとは言えない。このため、利根川の連続した堤防において、上述した項目のいくつかの特質が原因となって、その安全性の最も低いところで、幾たびもの堤防決壊が起こっている。

このような特徴を持つ河川堤防の安全管理のためには、単純化したモデル等による取り扱いは難しく、過去の堤防決壊の経験を検証することが重要である。

3. 利根川における過去の決壊の実績

(1) 明治までの災害

江戸時代の利根川の治水は、霞堤のほかには湖沼などの遊水機能に頼るところも大きく、堤防は人力によって施工され地先の防御を旨とする小規模なものであった。江戸時代にも、寛保2年(1742年)や天明6年(1786年。天明3年浅間山噴火後に河床が上昇)をはじめ、幾度も、その当時の河川の

能力を超える大洪水に見舞われている。

明治に入ってから、幾度も洪水に見舞われているが、中でも明治43年（1910年）8月の大洪水では、利根川が山間地から氾濫原に出てきた上流部付近（現在の埼玉県本庄市、深谷市、妻沼町など）の数カ所で堤防が決壊し大きな被害がもたらされた。

江戸時代初期に徳川家康とその家臣によって行われた利根川の東遷事業（東京湾に流入していた利根川を東の鬼怒川に付け替え、銚子から太平洋に注ぐようにした事業）¹⁾、²⁾以来、およそ100年に3回程度の頻度で大洪水が発生し、堤防決壊や堤防未整備区間からの氾濫流は東京にまで達している⁵⁾。

（2）昭和以降の洪水による堤防決壊の事例

利根川水系で、昭和に入ってからこれまでの約80年間に堤防決壊した箇所を図-1に示す。このような堤防決壊にまでは至らないが堤防が損傷を受けた箇所はこれよりはるかに多い。

堤防が決壊し、氾濫原に洪水流が溢れた事例についてみると、堤防決壊に至った原因は以下のように整理することができる。すなわち、現象的には堤防越水によるものが多い。それに加えて、堤防を越水するほどの水位の洪水ではなく、それ以下の水位で樋管等の堤防を横断する構造物周りの漏水に起因するもの、一般堤防部分での漏水に起因するものが数は少ないが、ある。

＜過去約80年間の堤防決壊の原因と箇所数＞

原因	箇所数
①堤防越水による決壊	28
②構造物周りの漏水	3
③一般堤防での漏水	1

以下に主要な洪水と堤防決壊の例を示す。

a) 昭和10年（1935年）9月洪水：小貝川左岸高須、伊丹堰での越水による堤防決壊

利根川全川で明治43年の洪水を上回る出水となり、各地で堤防の漏水、亀裂、越水が発生した。なかでも、小貝川が合流したあとの利根川は狭窄部となっており、その影響もあって小貝川は過去にも何回も堤防決壊したため、その改修が進められていた。しかし、堤防に沈下したところがあって、洪水時に水防団による土嚢積みによる水防活動にもかかわらず、越水深が最大40cm程度の時に堤防決壊が始

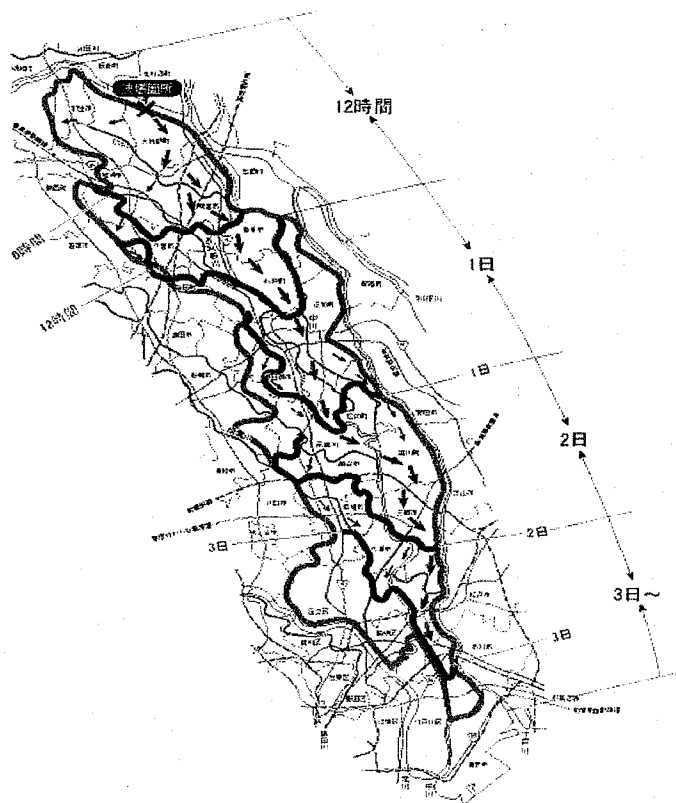


図-2 利根川右岸、埼玉県東村での越水による堤防決壊（昭和22年9月洪水）

〔堤防決壊地点からの氾濫流は東京まで至った〕

まり、221mの区間が決壊した。同時に、上流の伊丹堰近くの旧堤箇所でも、水防によって積まれた土嚢を越えて堤防決壊している⁵⁾。

b) 昭和13年（1938年）6月洪水：小貝川右岸豊田村などでの堤防決壊

利根川水系の下流部を中心にして降った雨のため、小貝川や利根川下流部で大洪水となった。小貝川では計画高水位を超えて既往最高水位となり、豊田村や上郷村などで堤防決壊した⁵⁾。

c) 昭和16年（1941年）7月洪水：小貝川左岸小通幸谷での堤防決壊

雨が多く高い水位が続いていたところに台風の接近による出水が加わり、利根川下流部では昭和10年の洪水を上回る既往最高水位を記録した。利根川本川筋の主要な堤防は嵩上げ、改築が進められていたため、越水・決壊による被害は無かった。しかし、小貝川の堤防の役割も果たしていた常磐線の盛土した線路敷で越水し、決壊に至った⁵⁾。

d) 昭和22年（1947年）9月洪水：利根川右岸埼玉県東村での越水による堤防決壊

カスリーン台風によるもので、明治43年以来の

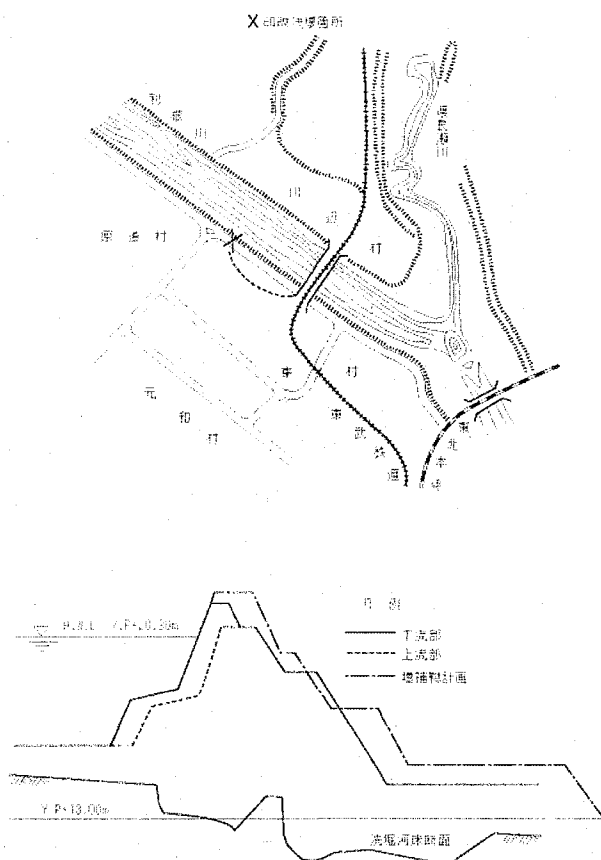


図-3 堤防決壊地点の平面図（上）と堤防横断面図（1947年当時）

大洪水となり、いたるところで既往最高水位を記録した。特に、埼玉県東村（現大利根町）では越水によって右岸側で堤防決壊が発生し、その氾濫流は埼玉県東南部から東京都葛飾区、江戸川区を経て、5日後には東京湾にまで達した（図-2）。家屋の浸水は約7万戸、その内の70%が床上浸水で、特に東京都では80%以上が床上浸水となり、全域で湛水深が大きかったのが特徴である。この堤防決壊により河川水が上流で氾濫したため、利根川下流部の水位は昭和16年の最高水位よりも下回り、下流部での出水被害は比較的少なかった。

堤防決壊した付近では、その下流側から順次嵩上げや腹付けによる築堤工事が進められており、決壊箇所のすぐ下流までは施工済みであったが、決壊箇所の堤防嵩上げは行われておらず、施工済みのその下流や対岸に比べて堤防の高さが低かった。また、①決壊地点のすぐ下流には東武日光線の橋梁があり、上流からの流木や草が橋脚や橋桁に引っかかることで河道を閉塞させ、その上流の洪水位を1m程度堰あげていた、②決壊地点には県道が通っており、川裏には坂路があり、ここに越流水が集中したことが、



写真-2 小貝川左岸、茨城県明野町赤浜での越水による堤防決壊（昭和61年8月洪水）

〔上：堤防を越水している状態、
下：堤防決壊口からの氾濫（手前が小貝川）〕

堤防決壊の原因・促進要因と考えられる（図-3）⁵⁾。

e) 昭和25年（1950年）8月洪水：小貝川下流右岸大留地先の堤防決壊

小貝川などの下流部では、昭和10年、16年の洪水を上回る出水となった。特に連続の雨で小貝川の堤防は水をたっぷりと含んでおり、漏水が始まるなどしたため、水防活動が行われていた。一時河川の水位が堤防の天端まで90cmに迫ったが、その後徐々に減水し始めた。しかし、堤防に亀裂を発見したとの報告があり水防が行われたが、減水中に表のり面の土がずれ始め堤防決壊に至った。この越水なき堤防決壊の原因については明確ではないが、当時は堤防補強工事中であったため堤体や地盤の土質条件の不安定、また長引く降雨に伴う含水量の増加、亀裂の発見が遅れたことなどが考えられる⁵⁾。

f) 昭和56年（1981年）8月洪水：小貝川左岸高須での樋管まわりの堤防決壊

小貝川からの洪水と、利根川本川の洪水の逆流が重なり、地下の支持層に至る鉄筋コンクリート製の

支持杭で支えられた高須樋管の周りで漏水が発生した。それが原因となって樋管に沿って堤防が決壊し、決壊口が広がったと考えられる。杭に支えられた樋管は、徐々に地盤沈下が進むと周辺の基礎地盤や堤体との間に不連続性を与える構造物で、不等沈下による変形があると一体性が損なわれ、空隙が発生して水みちができて漏水し堤防決壊の原因となる。

g) 昭和61年(1986年)8月洪水：小貝川左岸茨城県明野町赤浜での越水による堤防決壊

小貝川の最高水位は、決壊地点上流の黒子観測所で計画高水位を78cm超えた。堤防決壊した箇所は、堤防上を道路が通っており、この部分が上下流の堤防の天端よりも2m程度低く、ほぼ計画高水位の高さであった。このため、水防団によって土嚢積みが行われたが間に合わず、土嚢の上を越水し、川裏から洗掘され、85mにわたって堤防が決壊した。

h) 昭和61年(1986年)8月洪水：小貝川右岸茨城県石下町豊田での樋管周りの漏水による堤防決壊

小貝川の水位は堤防の天端より約1m低かったが、樋管のある場所の堤防裏のり部で漏水によって水が吹き上がるように湧き出しているのが発見された。決壊の原因は、樋管に沿って生じた水みちにあったと考えられる。すなわち、この樋管(摩擦杭で支えられた樋管)の周辺の漏水量が増大して堤体の土砂が流出し、堤体に入った亀裂が天端まで達して、堤体全体が数mにわたって陥没した。川表でシート張りやタタミ張り等を行ったが、低くなった部分から洪水が流れ込んで破壊口を切り下げ、同時に両側を浸食していった60mにわたって決壊した。

4. 堤防決壊の原因

堤防決壊の原因については、その前提として堤防そのものの計画、設計とその限界、さらには堤防システムとしての管理について理解しておく必要がある。

(1) 堤防決壊の原因のとりえ方について

a) 堤防の計画・設計と安全限界(管理責任限界)

堤防は、河川管理施設等構造令⁶⁾にも示されるように、「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の作用に

対して安全な構造にするものとする。」とされ、通常、計画高水位以下の洪水に対して管理責任を負うものとされている。そして、その計画での堤防の設置は、計画高水位に河川の規模に応じて設定された余裕高を加えた高さで行われる。すなわち、河川の堤防は、計画高水位に余裕高(土でできた堤防の安全を確保するために設けるもので、計画で定める洪水より一定の高さで堤防を高く盛った部分。その一定の高さを余裕高と言う。)を加えたものであり、堤防横断面はその高さで河川の規模に応じた堤防天端幅を取り、一定の堤防勾配で設けるものとされている^{1)、3)}。その関係を図-4に示す。

このことから、河川管理上は、水位が計画高水位もしくは堤防天端を越えることによる堤防の決壊は、その堤防の本来有している能力を超える洪水の発生に起因するものであり、堤防計画・設計上、河川管理上は不可抗力、すなわち管理責任の限界を超えるもの(あるいはそう見なされるもの)である。これに対して、計画洪水以下で生じる堤防決壊、すなわち堤防一般部での漏水および樋管等の堤防横断構造物の周りで漏水による堤防決壊は、計画洪水以下の洪水による越水なき堤防決壊である。この堤防決壊については、河川管理上も特に問題の多いものであることになる。

b) 堤防システムとしての安全性

これまでは、河川堤防の安全性は連続堤防の中の一つの横断面をとらえて、その流下能力や堤体の土質特性に基づいてその安全性を評価することに重点が置かれてきた。しかし、堤防は、河川の縦断方向に長いものであり、堤防の一横断面という点ではなく、縦断方向の線およびシステムとしてとらえる必要がある。すなわち、堤防が決壊あるいは越水した場合には、他の区間の水位が低下するなど河川全体の出水形態にも大きな影響を及ぼす。このため、河川堤防の安全性は、一横断面だけではなく、左右岸あるいは上流から下流までの縦断的に連続した一連のものとしてその安全性を評価する必要があり、堤防の縦断方向の特性を「堤防システム」として位置づける必要がある。

利根川における過去の堤防決壊の事例からもわかるように、「堤防システム」として防御できる容量を超える洪水が発生した場合には、上下流に比べて部分的であっても相対的に堤防の高さの低いところ

で越水し、堤防決壊に至っている事例が多い。この洪水処理能力とかがわる堤防のいわば量的な問題は、河道の洪水流下能力と水位との関係、そしてそれに備える堤防の高さからとらえ、安全性を把握する必要がある。堤防の高さは、完成後であるか整備途中であるか、さらには堤防決壊事例でみたように、その他の堤防管理上の特殊な理由による堤防の条件などによって異なってくる。したがって、適切な河川堤防の安全管理のためには、各箇所のある固有の条件に見合った現況の堤防高等の整備水準を踏まえた上で、出水規模に応じた被害軽減のための対応策を検討する必要がある。

また、越水なき堤防決壊については、堤防一般部では、堤体の形状、河川水や雨水の浸透のし易さなどの堤体や基礎地盤の土質特性が、堤防決壊の原因になることが多いため、堤体の構成や材料などを明らかにしておく必要がある。

特に、樋管などの構造物周りからの漏水によって堤防決壊に至る事例も多いので、構造物の沈下や構造物周りの空洞化の実態などについても日常的に調査し明らかにしておく必要がある。

これらは堤防の質的安全性を示すものとして、その日常的な安全管理が重要である。

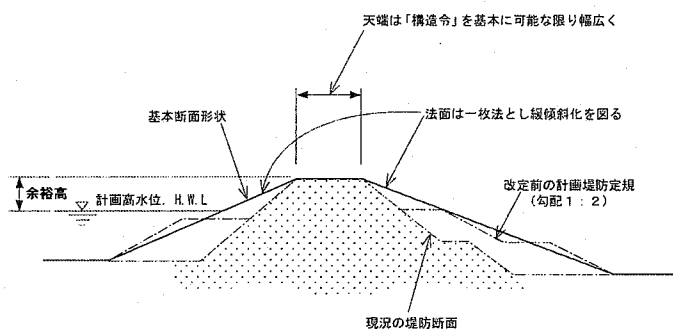
c) 被害の視点から見た安全性

河川堤防は、一般的に一定の洪水の規模を想定して計画・設計される。したがって、これを下回る洪水に対しては管理責任を有するが、これを上回る出水の場合には、河川管理責任の限界を超えるものとして扱われることが多い。しかし、計画・設計上の出水規模を上回るか否かにかかわらず、あるいは越水や決壊の原因がどのようなものであるにせよ、言い換えれば河川管理責任の有無にかかわらず、洪水による被害軽減のためには、堤防を越水あるいは堤防が決壊した場合のことも想定した河川管理が必要である。

また、洪水による被害軽減のためには氾濫域の土地利用の規制誘導や危機管理のあり方などについても、あわせて検討する必要がある。

(2) 堤防決壊の原因

堤防決壊の原因は越水によるものが多い。その他には、樋管等の構造物周りからの漏水や、浸透による越水なき堤防決壊がある。また、これまでの利根



(c) 近年の堤防の形状 (河川管理施設等構造令)

図-4 堤防の構造と高さの関係

川における越水による決壊事例でも、雨水や河川水の浸透による堤体の弱体化と複合して、決壊の原因になっている場合がある。

さらに、昭和25年8月洪水の小貝川右岸大留地先の堤防決壊のように、堤体や地盤の地質条件が悪く、しかも堤防の補強工事中のためカミソリ堤の状態、長期にわたる降雨によって堤体に多くの水を含みその強度が小さくなっていたことなどが複合して、決壊の原因になったものもある。

a) 越水による堤防決壊

計画洪水位を超え、さらには堤防天端を越える洪水による堤防決壊は、河川管理上は、管理責任限界を超えるものであり、通常は不可抗力によるものである。

その越水による堤防決壊について、現象論的・背景論的にその原因をみると、事例調査結果からは次のようなものが挙げられる。

- ① 河道および堤防システムの能力を超える出水で、越水が発生したもの。
- ② 堤防が段階的な整備の途上にあり、その能力以上の洪水で越水が発生したもの。
- ③ 堤防のある地先の個別特殊な事情により、堤防の高さが上下流に比べて不足しておりそこから越水したもの。
- ④ 流木や草が橋梁などに引っかかって堰上げが起こりその上流で水位上昇を招き、それが越水を助長したもの。

この内、河道容量・能力を大きく上回る洪水の場合には、昭和22年のカスリーン台風による洪水の利根川本川や渡良瀬川での堤防決壊、さらには昭和61年洪水の小貝川の堤防決壊で述べたように、上流部で越水する場合が多い。一般にある地点で堤防が

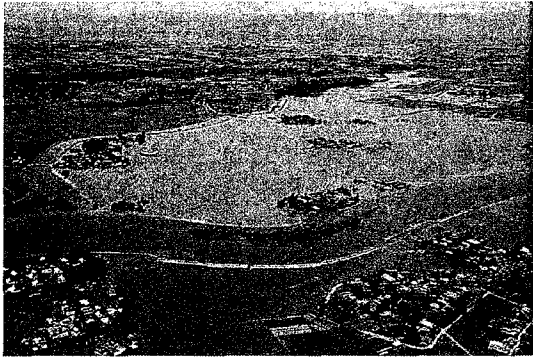


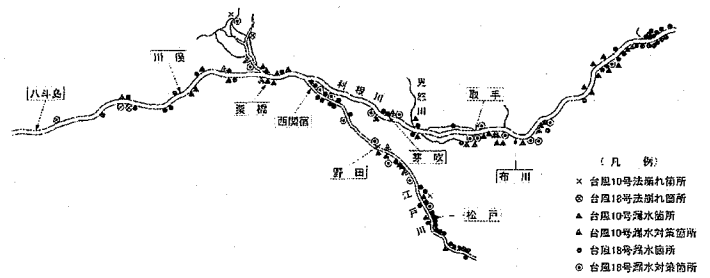
写真-3 昭和61年小貝川での越水による氾濫
〔この越水が生じた区間では堤防は決壊していない〕

決壊し、洪水が氾濫原に流出した場合には、その堤防決壊箇所周辺とともに下流の水位は大きく低下する。昭和22年洪水の渡良瀬川の場合には、洪水の規模が川的能力を大きく上回り、比較的河川勾配が急な一連区間で櫛の歯が欠けたように8カ所で決壊している。

越水によって堤防が決壊するに至る経過をみると、越水が始まって数時間後に越流水深が50～60cmになり、越流水によって堤防の裏のりが浸食、洗掘され、決壊に至っている事例が多い。しかし、越水しても堤防が決壊しない場合も多い（写真-3）。

越流による堤防決壊を防ぐためには、技術的には天端や裏のりの保護に留意した堤防や、堤体と周辺の宅地などの盛土を合体させたスーパー堤防を進めることが期待される。洪水規模が大きくなった場合にどこで越水が生じるかは水理・水文学的な推定をすることでほぼ正確に特定できるので、その推定を行っておき、洪水時の水防、洪水管理、さらには避難に、また事前の氾濫対策などに生かすことが重要である。堤防越水および決壊箇所を想定しておく、効果的な危機管理上の対応が可能となる。

越流による堤防決壊を防ぐためには、技術的には天端や裏のりの保護に留意した堤防や、堤体と周辺の宅地などの盛土を合体させたスーパー堤防を進め



昭和57年出水での漏水・法崩れ箇所

図-5 昭和57年洪水での利根川・江戸川での漏水による堤防の損傷、基盤漏水があった箇所

ることが期待される。すなわち、連続堤防だけではなくダムや遊水池などを含めた河川全体が持つ治水機能（これを河川システムと呼ぶ。）と、氾濫原にある被害ポテンシャルの大きさなどを総合的に勘案して、越水が想定される箇所を特定したり、越水による堤防決壊を防ぐための対応策を検討しておくことが、流域全体での被害軽減を図る上からも重要である。

b) 越水なき漏水による堤防決壊

■構造物周りの越水なき堤防決壊

堤体内にある樋管などの堤防横断構造物の周りから漏水し、計画洪水位以下の水位でも、また堤防越水が生じない状態で堤防決壊に至る場合がある。特に、軟弱地盤上にある構造物で、支持層で支えられた支持杭基礎で支持された樋管等は、土でできているその周辺堤防との間で不等沈下の状態をつくりだす。このため、構造物の下や周辺が空洞化して水みちができやすく、水みちからの土砂の流出、堤体土の崩落などが生じ、堤防決壊の原因になる。また、構造物の変位や材質の劣化、継ぎ手部の破損による漏水や堤防土砂の流出もその原因となる。支持杭で支えられた樋管はある時代以降一定の期間建設されたものであり、注意を要する。

■堤防一般部での越水なき堤防決壊

洪水が発生すると、堤防区間では多くの箇所で堤防漏水があることが普通である。漏水による堤防の損傷には、堤防の基盤からの漏水によって水と土砂が噴出し、その噴出口付近に堆積するボーリング、パイピングと呼ばれる現象によるものや、堤体内へ雨水や河川水の浸透して堤防が弱体化し、その安定性が減少して、堤防ののり面がすべり、崩壊するものなどがある。

この現象が大きく注目されたのは、利根川水系では昭和57年洪水の頃からである。昭和57年洪水での利根川の漏水箇所を示したものが図-5である。これらの漏水が堤防決壊にまで至るかは分からないが、洪水時においてこのような現象を把握し、漏水対策を実施することは重要な対応であるといえる。

昭和25年8月洪水の小貝川右岸大留地先の堤防決壊のように一般部の堤防で、越水なき堤防決壊に至った事例をみると、次のような原因が複合して堤防の決壊に至ったものと考えられる。

- ① 堤防が旧川（旧河道跡）や後背湿地、池沼跡等の軟弱地盤上にあり、基盤に透水性の高い砂層などがある場合には基礎地盤からの漏水
- ② 堤防幅が狭いいわゆるカミソリ堤防などの弱小堤での漏水
- ③ 堤防裏のり尻に池や地形上低い場所があり、堤防形状的に問題がある場所での漏水
- ④ 堤体の土質条件（透水性が高い材料を使用）や締め固め不足による漏水が複合的な原因となったことが考えられる。

堤防一般部での漏水による堤防決壊では、堤体が降雨や河川水により浸潤化して堤体土のすべりに対する安定性が減じ、のりがすべることで崩壊すると考えられる。堤防基盤からの漏水によるいわゆるパイピングのみで堤防決壊につながるかどうかは不明であり、今後の調査が必要であろう。パイピングとのりすべりが複合した越水なき堤防決壊もありうるであろう。

c) 洗堀による堤防決壊

今回の利根川水系の調査では、洪水流による浸食、洗堀による堤防決壊の事例は見出せない。関東地方にまでその範囲を広げると、昭和49年（1974年）の洪水による多摩川の宿河原堰の迂回流による堤防決壊の事例がある。洪水流による洗堀も、急流河川や河川横断工作物があって洪水流れが乱される場所等では、堤防決壊の原因になることがありうる。

5. 堤防の安全管理

堤防の安全管理においては、堤防の整備・増強がその基本であるが、その時点の整備の状況の下での水防活動等の対応も重要である。河川堤防の整備・増強についてはいずれかの機会に報告することにし

て、以下には堤防整備以外の対応について述べる。

（1）洪水時の水防活動による安全管理

水防活動によって堤防決壊を未然に防ぎ被害を抑止できた事例もあると推察される。昭和57年の台風10号の際には、利根川水系の下流等では昭和22年洪水に次ぐ規模の大きな出水があった。この時には図-5に示したように利根川全川にわたって漏水によるのり崩れや基盤漏水（ボイリング等）が多く発生したが、堤防決壊には至っていない。

この洪水での漏水について、規模の大きかった1つの具体例を示すと以下のようなものである。千葉県栄町地先では、前年の8月にも大きな出水があり、近くの小貝川で堤防が決壊した経験もあって、入念な河川の巡視が行われ、布鎌樋管周りの堤防からの漏水が早期に発見された。その結果、速やかに水防工法の検討と土嚢づくりが行われた。水防工法としては、樋管周りからの漏水を、流入水路を取り囲む形で設けた「月の輪工」で漏水流出側の水位を高くし、洪水水位と水の噴出場所の水位の差を小さくするものであった。この水防活動もあって、堤防決壊は避けられた。

しかし、昭和22年洪水による利根川右岸（埼玉県東村）の堤防決壊、昭和61年の小貝川左岸（茨城県明野町赤浜）では、堤防越水を防ぐ水防活動はある程度行われたもののそれを防ぐことはできなかった。水防活動に多くを頼ることは不可能であり、また水防体制が弱体化している現状ではなおさらであるが、洪水時に取りうる対応として重要である。

洪水時における堤防の安全管理のためには、問題や異常の早期発見と、タイミングの良い水防工法の実施が重要である。

なお、堤防決壊が生じて氾濫流が氾濫原にあふれ出した場合に、氾濫原内での水防活動によって重要地区を守るために氾濫流を調整・制御し、氾濫による被害を最小限に留めることも検討されてよい。

（2）日常的、事前の堤防システムの安全管理

利根川水系の過去約80年間の決壊の原因を検証した結果、河川堤防の実管理にあたって次のようなことが重要であることがわかる。

越水による決壊が多いので、一連区間の縦断的な

堤防高を精査し、大洪水時の水位とその堤防高さの関係を把握しておく。橋梁の取り付け道路として利用されている所や、軟弱地盤上にある堤防の沈下の実態を把握する。特に堤防決壊による氾濫流で多くの被害が想定される堤防区間では、堤防の高さについて、上下流、左右岸のバランスを把握しておく必要がある。アンバランスを解消することも、またそれを存置しておくことについても、危機管理上の視点（不明な危機に対応するのではなく、危機を特定して対応することのメリット）や被害の視点からは検討課題であろう。

また、洪水時の痕跡水位、堤防高との差を把握し、その場所の流出特性を把握しておくことも重要である。構造物の周りでの漏水を防ぐためには、止水矢板などによるほか、空洞に関する日常的な点検も重要な課題である。

（３）洪水被害軽減のための安全管理

洪水のような自然に起因する外力と、その構造的な安全性が一樣ではない河川堤防の場合、すべての起こり得る事象を事前に想定することは難しい。しかし、利根川でこれまでに発生した複数の堤防決壊の実例からもわかるように、決壊の原因のなかで最も多いものは越水であり、越水による決壊を防ぐことが最も重要である。つまり越水しても堤防決壊に至らないための対策を講じることが、堤防決壊による被害を軽減するためには最も重要なことである。すなわち、過去に発生した越水による決壊には、各々に固有の事情があるにせよ、連続した堤防システムのなかで最も堤防が低い部分で越水が生じ、堤防決壊が生じる可能性が高い。その箇所での堤防決壊により川の洪水流が氾濫すると、対岸やその下流区間に及ぼす影響も大きい。そして、洪水被害の視点に立つと、決壊箇所や氾濫流量とともに、その氾濫流が流下する範囲の洪水被害ポテンシャルの状況に応じて、流域に与える被害の大きさは異なる。

計画規模以上の洪水あるいは現況の河川堤防の持つ治水能力以上の洪水を想定した場合、洪水による被害を最小にするためには、縦断的に連続した堤防を一連のシステムとして考えて、連続堤防の中で越水の可能性の高い箇所が特定されるので、この特定区間から越水あるいは越水によって決壊した場合の被害を想定した上で、次のような方策を検討する

ことが、これからの河川管理にあたって重要なこととなる。

- ① ある程度の越水は許容する。
- ② 越水箇所を存置して水防や避難体制を充実させるとともに氾濫原の土地利用を誘導する（あるいは農地等の有する保水、遊水機能を活用する）。
- ③ 越水による堤防決壊を防ぐ高規格堤防（スーパー堤防）や越水に対する補強堤防（アーマレビー）の戦略的整備を図る。
- ④ 連続堤防システムの能力を超える洪水に対して安全性を高めるためにある水位を超過する洪水流を貯留・調節する遊水地との併用を図る。
- ⑤ スーパー堤防整備区間での余裕高の部分の未整備としておく。

以上のように、一定の被害を想定した上で堤防の安全管理を行うことも、今後は必要であると考ええる。

公平性に基づく一連区間・同一安全度の整備では、それを上回る洪水時にはどこで堤防決壊が生じるかわからないため、危機管理上の対応も十分にはできないことになる。重要地域をしっかりと守ること、あるいは洪水の際に被害軽減の視点からの的確な対応をとることは、かつてわが国では歴史的にも長い間、少なくとも第二次世界大戦以前には広く行われていたことである。現在でも堤防で国土や地域を守っている中国（長江等）やハンガリー、オランダなどでは明確に行われており、わが国でも今後検討されてよいであろう。

6. おわりに

連続した堤防は、上流と下流、左岸と右岸が一体となってその機能を発揮する。歴史的に築造されてきた固有の技術的特性を持つ堤防の安全管理のためには、近代的な治水整備が行われ始めて以降、比較的長期間に実際に経験した洪水の実態を検証した結果が最も重要な情報となる。

これまでの利根川における堤防決壊の多くは越水を原因とするものが多く、越水に対する対応が洪水被害軽減のために最も重要であることがわかる。堤防システムとしての縦断的な連続性を生かし、特定箇所からの決壊なき越水を想定することによって、流域全体の被害軽減を図ることも、今後の検討課題である。

すなわち、堤防の安全管理では堤防横断という点での議論ではなく、連続する堤防の縦断方向を含めた堤防システムとしてとらえ、洪水の規模と堤防施設との関係でとらえる必要がある。そして、過去の経験を踏まえて決壊や越水による被害を想定し、必要な堤防の強化策と合わせて、堤内地の土地利用の規制、誘導や、洪水はもとより日常的な危機管理の充実を図ることが重要である。

また、治水計画を策定する際には、流域に集積した人口や資産に応じて、各々の水系毎に治水安全度が決められている。しかし、一つの河川にあっては、流域内にある各々の氾濫原の有する被害ポテンシャルの大きさにかかわらず、公平性の原理に基づいて、上流から下流まで、一律の安全度を確保することを前提にして、連続堤防の整備が進められてきた。これからの、さらなる治水安全度の向上と治水投資の限界を踏まえると、このような公平性の原理に加えて、流域全体の被害軽減を図る視点から、土地利用の規制、誘導や危機管理による対応も含めて、堤防論の検討がなされる必要がある。

本論文ではこれらについて、第一段階の実績を踏まえた実証的な報告を行った。今後さらにそれを発

展、充実させつつ、システムとしての堤防管理論について報告したいと考えている。

参考文献

- 1) 吉川勝秀：河川流域環境学、技報堂出版、2005
- 2) 吉川勝秀：人・川・大地と環境、技報堂出版、2004
- 3) 中島秀雄：河川堤防、技報堂出版、2005
- 4) 福成孝三、吉川勝秀、田中長光、白井勝二：河川災害の想定外を想定内にするための安全・防災教育、安全問題研究論文集 Vol.1、2006.11
- 5) 建設省関東地方建設局：利根川百年史、1987
- 6) 国土開発技術研究センター・日本河川協会編（編集関係者代表：吉川勝秀）：改定 解説河川管理施設等構造令、山海堂、2000
- 7) 吉川勝秀：低平地緩流河川の治水に関する事後評価的考察、水文・水資源学会原著論文、水文・水資源学会誌、第19巻第4号、pp.267-279、2006.7
- 8) 吉川勝秀編著：多自然型川づくりを越えて、学芸出版社、2007
- 9) 京都大学防災研究所：防災学ハンドブック、2004

An Empirical Study on Safe Management of River Levee Systems

By Fukunari Kouzou, Katsuji Shirai, Katsuhide Yoshikawa

In Japan, approximately half the population and three quarters of property is located on flood plains where they are at risk from river flooding. Many are protected by river levees that have been constructed throughout history. There is some work on the safety of the levees by focusing on cross-sections of long continuous levees, but there is next to no research into managing the continuous levee systems.

This paper reports on breaches of the levees along the Tone River system over the past 80 years and presents empirical information on the causes for the breaches (scouring, overtopping, seepage and breaches due to seepage around buildings). The most common reason for levee breaches is overtopping water, but the paper shows that, in recent years, problems have occurred with breaches caused by seepage (leakage) around sluice pipes in levees.

Based on this survey, the paper clearly indicates the functional and control limitations of managing the historical levees that are still in use today and proposes ways to manage the levee systems in the future, keeping in mind excess flooding and the added factors of damage and risk management.