

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)	所属	役職	
	荒木 智三(あらき ともかず)	いであ株式会社 建設統括本部 水圏事業部 河川部	グループ長	
②研究 テーマ	名称	将来の人口変動を踏まえた治水安全度バランスの適正化方策に関する研究		
	政策 領域	[分野] 流域計画・流域管理課題分野	融合 技術	
		[公募課題] 流域対策と連携した治水安全度バランスの適正化		
③研究経費 (単位: 万円)	平成27年度	平成28年度	平成 年度	総 合 計
	140万円	130万円		270万円
④研究者氏名				
氏名	所属・役職 (※平成29年3月31日現在)			
安田 実	いであ株式会社 常務取締役			
半沢 諭	いであ株式会社 建設統括本部 水圏事業部 河川部 グループマネージャー			
板谷越 朋樹	同上			
森岡 敬士	いであ株式会社 名古屋支店 陸圏部 グループマネージャー			
⑤研究の目的・目標 (申請書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)				
(目的)				
本研究は、中部地方整備局管内の1級水系の河川を対象に、想定最大外力までの浸水被害を踏まえた治水安全度のバランスの評価手法について研究するとともに、庄内川をモデル河川として治水安全度バランスの適正化を図るために、人口減少を踏まえた流域の施策と河川事業との連携方策についてモデル的検討を行う。				
(目標)				
想定最大規模までの洪水による浸水被害額や人命被害などについて被害期待値又は被害値を算出することにより、中部地方整備局管内水系の計画治水安全度のバランスの評価を行う。治水安全度バランスの評価は、外れ値判定などにより、他に比べ被害が著しく大きく、バランスを欠いており、治水安全度の設定が低いと判断される氾濫ブロックを評価することにより行う。また、被害が甚大な庄内川をモデル河川として、治水安全度バランスの適正化を図り治水安全度をより高めるための計画治水安全度の向上や堤防強化等の河川対策と氾濫区域内土地利用施策との連携についてモデル的検討を行う。				

⑥研究成果

1. 研究の背景・目的

直轄管理河川の治水計画の安全度は、1/100～1/200と設定されているが、氾濫被害の規模の差を考えると必ずしも適切なバランスが確保されているとは言えないのではないかとされる。そこで、中部地方整備局が管理する13水系15河川を対象に、計画規模を越える想定最大規模までの超過洪水による浸水被害を踏まえた治水安全度バランスの評価手法について研究する。また、庄内川をモデル河川として治水安全度バランスの適正化を図るため河川と流域が連携した方策をモデル的に検討する。

なお、本研究の期間は、平成27・28年度の2年間である。

2. 2カ年の研究内容

(1) 平成27年度の研究内容

平成27年度は、入手可能な氾濫解析データの制約から、研究手法の構築を主眼とすることとし、全15河川について、計画規模を上限とした被害期待値を用い治水安全度バランスの分析を行った。分析の対象となる治水計画は、河川整備計画である。

(2) 平成28年度の研究内容

平成28年度は、想定最大規模洪水を対象とした検討を行うこととしたが、氾濫解析データ入手の制約から庄内川、安倍川、大井川、豊川、矢作川、鈴鹿川の6河川を対象とした。

この6河川について治水安全度バランスの分析を行い、被害甚大ブロックを抽出するとともに、庄内川DL1ブロックについて河川・流域が連携した対策についてモデル的検討を行い、治水安全度バランスの適正化について考察を行った。分析の対象となる治水計画は、河川整備基本方針である。

3. 研究成果

3.1 研究の流れ

氾濫ブロック毎に洪水氾濫による被害と洪水外力との関係式である被害関数を求め、これに洪水外力発生の確率密度関数を乗じることによって求まる被害期待値を算出する。被害期待値の分布状況に基づき治水安全度のバランスがどのようになっているのかを分析する。被害期待値のバラツキを分析することによって、中部地方直轄河川全体を通した治水安全度バランスの分析が行えると考えられる。定量的な分析の一手法として、外れ値判定を行うことにより、他に比べ被害期待値が著しく大きく、バランスを欠いており、治水安全度の設定が低いと判断される氾濫ブロックを「被害甚大ブロック」として評価する。被害甚大ブロックをモデルとして、将来の人口減少も踏まえつつ、河川対策と氾濫域対策とを組み合わせた洪水被害軽減対策をイメージ的に設定し、治水安全度バランスがどのように適正化するかモデル的に検討する。

3.2 中部地方整備局管内の全15河川を対象とした分析

(1) 対象とする被害指標

平成27年度は、中部地方整備局管内の全15河川を対象に公表資料である直轄河川事業再評価関係資料(平成25年～平成27年)のデータをもとに検討を行うこととした。このため、計画規模洪水までの被害額を指標とした分析を行った。

(2) 期待値算出のための降雨等の確率密度関数の設定

河川の基準地点ごとに、年最大洪水に対応する降雨又は流量(「降雨等」 x)を整理し降雨等の発生頻度を表す確率密度関数 $f(x)$ を求める。

$f(x)$ は、(一財)国土技術研究センターの水文統計ユーティリティVer.5を用いて、13の確率分布モデルの中からSLSCが0.04以下の確率分布関数形を求め、その中で河川整備基本方針規模の降雨等に相当する x の値が、各河川の計画値に最も近い値を示す関数形を、最も適合していると判断して $f(x)$ を定めた。

(3) 被害期待値の算出方法

①被害関数の設定

各河川の氾濫ブロック毎に x を変数とする浸水被害の被害関数 $h(x)$ を求める。国土交通省の既往検討で様々な超過確率年の洪水時の想定被害額が得られているので、これをもとに15河川290氾濫ブロックについて、Excelを用いて多項式の近似式を求めることで被害関数を求めた。

②被害期待値の算出方法

以上により求めた $f(x)$ と $h(x)$ の積を積分することにより、氾濫ブロック毎に計画規模までの被害期待値を算出する。なお、積分範囲の設定を変えることにより、任意の洪水規模の範囲の期待値を求めることができる。

例えば、整備計画規模 X_d 、基本方針規模 X_p 、想定最大規模 X_m とすると、整備計画の被害期待値については、 $\int_{X_d}^{X_m} f(x)h(x)dx$ 、基本方針の被害期待値については、 $\int_{X_p}^{X_m} f(x)h(x)dx$ より算出でき、それぞれの河道状態での治水安全度バランスを分析することができる。

(4) 被害期待値の算出結果と治水安全度バランスの分析

本来、全河川を対象に想定最大規模までの洪水で被害期待値を算出し、分析を行うべきところであるが、得られるデータの制約から、積分の範囲を整備計画規模 X_d ～基本方針規模 X_p で被害期待値を算出した。

290の全氾濫ブロックを対象とした被害期待値は、非常にバラツキが大きく、値が0もしくは0に近いブロックが非常に多く、2億円以下の範囲で73%を占めた。これらの被害額が小さい氾濫ブロックには、水系一貫等の観点から相対的に安全度の設定が高くなっていると思われるものが多く含まれていると思われる。

そこで、各河川の治水安全度の設定に際し、資産などが集中し、その河川の安全度設定の根拠となったと思われる氾濫ブロック（「代表ブロック」と言う。）を対象に絞り込んだ分析を行う。代表ブロックは、(a)各河川の同一計画治水安全度区間の中で資産・被害額が最大のブロック及びこれと同程度の資産・被害額を有するブロック、(b)各河川の同一計画治水安全度区間の中で「平均資産額+標準偏差」より大きな資産・被害額を有するブロック、(c)15河川を通じて同一計画治水安全度の区分ごとに(a)(b)で選定されたブロックの平均資産・被害額より大きい資産・被害額を有するブロック、の(a)(b)(c)3つの観点から61ブロックを選定した。

代表ブロックの期待値は、分布範囲0～182億円、平均値21.70億円、標準偏差35.88億円、変動係数165%となった。バラツキはやはり大きく安全度バランスが保持されているとは言えない。期待値が大きくずれている氾濫ブロックを治水安全度が他の氾濫ブロックに比べバランスを欠いていると評価するため、値がある一定値の範囲から外れていることで判定することとした。一定値としては、被害額期待値の分布が正規分布から大きくかけ離れていることから、分布形によらず外れ値の検討に一般的によく用いられている「第三四分位+1.5IQR (IQR:四分位範囲)」を用いて判定を行うこととした。

その結果、庄内川の最下流部左岸のDL1を含む5ブロックが他河川に比べ著しく大きな被害が発生し、治水安全度バランスが欠けていると判断される被害甚大ブロックと評価された（図-1）。

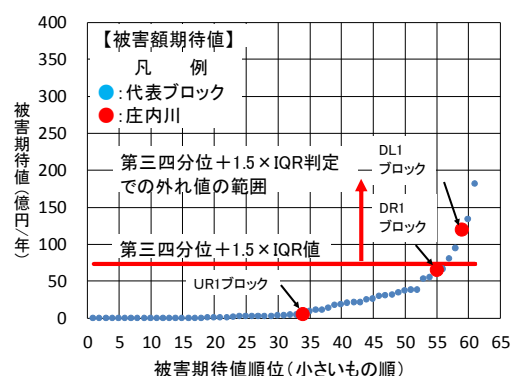


図-1 被害額期待値順位図(代表61ブロック)

(5) 将来の人口変動の影響

「国立社会保障・人口問題研究所」が公表している資料をもとに、研究対象河川流域の将来の人口の変化（将来推計人口：2040年～2015年）を集計したところ、平均で17.6%減少する結果であった。各氾濫ブロックの被害額が人口減少と同じ比率で減少するものと仮定して、被害甚大ブロックの検討を行ったところ、現況人口における場合と同様の結果が得られたため、以降の検討では、現況の人口を基本とし、将来の人口減少に関する検討は行わないこととした。

3.3 6河川を対象とした想定最大規模までの分析

(1) 氾濫解析データ

検討対象6河川について、想定最大規模外力に関する洪水浸水想定区域図検討に関連して、本研究に提供されたデータは現況河道・現況の洪水調節施設に関して以下のデータである。

(a)流量規模：①想定最大規模、②中頻度（1/100～1/200）、③中高頻度（1/30～1/100）、④高頻度（1/10～1/30程度）の4ケース

(b)25mメッシュでの水理量等：①各洪水時の有堤部での距離標での1か所ずつ破堤した場合の包絡した最大浸水深、②想定最大規模での浸水継続時間、③想定最大規模での家屋倒壊等氾濫想定区域（氾濫流、河岸浸食）

(2) 対象とする被害指標

氾濫域全域の人的被害リスクを表現する被害指標として、被害額他に、生命危険人口、3日以上孤立危険人口を算出することとした。

本検討では、氾濫計算に用いている洪水の各ケースについて、破堤地点ごとの最大浸水深を氾濫ブロック全体で包絡した値を用いて被害を算出した。但し、生命危険人口と3日以上孤立危険人口については、算定に必要な氾濫シミュレーションのデータが想定最大規模のみでしか得られないため、期待値の算出は行うことができず、想定最大洪水時の被害のみで検討を行うこととした。

なお、ここで示す被害指標値は、国土交通省から提供された氾濫シミュレーションの浸水深等の水理データをもとに、本研究での分析のため本研究で独自に算出したものであり、国土交通省の各事務所等で算出している数値とは異なる。

(3) 指標値の算出方法

①被害額及び被害額期待値

被害額は、「治水経済調査マニュアル（案）」(H17.4)に基づき算出した。被害額は、直接被害

と間接被害の合計とした。

②生命危険人口

浸水発生時の人命喪失は浸水時の水深規模と破堤氾濫時の家屋倒壊時に発生するものと考えられるため、これらを要因とする死者数を算定した。算定は、複数の破堤地点の氾濫を包絡した氾濫状況により算出することから、「想定死者数」ではなく、洪水時のリスクとして理解しやすいよう、氾濫ブロック全域について浸水時に生命が危険にさらされる恐れのある人口として「生命危険人口」と表記することとした。

浸水深によるものは「水害の被害指標分析の手引」(H25試行版)(平成25年7月、国土交通省水管理・国土保全局、以下「分析の手引き」と呼ぶ)に定義している「想定死者数」の算定方法を準用する。なお、避難率は、40%を用いた。

家屋倒壊が発生する区域では、木造家屋の非避難者は全て死亡すると想定し、浸水深による想定死亡者数に合算することで、生命危険人口を算出することとした。

③ 3日以上孤立危険人口

孤立者数についても死者数と同様に氾濫ブロック全域についてのリスクとして理解しやすいよう「孤立危険人口」と表記することとした。孤立者数の算出方法は、「分析の手引き」に記載があり、その手法を準用することとし、本検討では、食糧等の備蓄量を参考に生命の危険や救助の困難性を踏まえて3日以上孤立する人口を被害指標とすることとする。

3日以上孤立危険人口の算出は、想定最大外力時の浸水継続時間72時間以上の区域について、避難率40%とし、避難が困難となる閾値は、50cmとして孤立危険人口を算出した。

(4) 被害指標算出結果と治水安全度バランスの分析

被害額期待値、生命危険人口、3日孤立危険人口の3つの指標に関する、第三四分位+1.5×IQRを超える氾濫ブロックを被害甚大ブロックとして評価した。なお、被害期待値の順位図は、図-3を参照のこと。

評価結果のまとめを以下に示す。

①被害額に基づく被害甚大ブロックは、庄内川下流DL1、庄内川下流DR1の2ブロックが評価された。庄内川の資産が大きいことが反映されたものと考えられる。

②生命危険人口については、庄内川以外の他河川の1ブロックが被害甚大ブロックとして評価された。これは、当該ブロックでは他に比べ家屋倒壊の危険性があるエリアが非常に広く設定され死者数の発生が大きいためである。なお、庄内川ではこのエリアの設定は多くの事例と同様に河川沿いに限定されている。

③3日以上孤立危険人口については、庄内川下流DL1、庄内川下流DR1が外れ値と評価された。これは、庄内川の氾濫区域内の人口が大きいことが反映されたものと考えられる。

以上の分析の結果、庄内川下流のDL1、DR1の両ブロックが被害甚大であり、他に比べ安全度バランスが著しく欠けていると判断される氾濫ブロックと評価され、治水安全度を向上させる必要があるブロックと考えられる。

3.4 河川・流域連携方策のイメージ的検討

(1) イメージ施策と試算方法

庄内川下流DL1ブロックをモデルに、河川対策を主とする①②、氾濫域対策を主とする③④、両者を複合する⑤をイメージ施策として効果を試算した。

①治水安全度の向上(1/200→1/500, 1/1000)、②堤防強化(14k上流, 8k上流, 全川で難破堤整備)、③非居住化促進区域の設定(家屋倒壊等氾濫想定区域(氾濫流)対象)、④二線堤による氾濫区域の分割、⑤堤防強化・非居住化促進区域設定・二線堤整備の複合案(②-1, ③, ④の複合案)

イメージ施策⑤の概要図を図-2に示す。

①治水安全度向上: 期待値算出下限を1/200からそれぞれ1/500, 1/1000とした、②堤防強化: 想定する堤防強化区間に該当する破堤地点の破堤計算結果を除外して被害数を試算、③非居住化促進区域の設定: 左岸堤沿いの家屋倒壊等氾濫想定区域内の居住人口, 居住世帯および延床面積の数を0として被害数を算定、④二線堤による氾濫区域の分割: 影響把握用浸水解析モデルを構築し二線堤整備後の浸水深の上昇量を想定して被害数を算定。

(2) イメージ施策による治水安全度バランスの変化

①治水安全度向上により、図-3に示すように被害額は大きく軽減され、DL1ブロック、DR1ブロックとも被害甚大ブロックではなくなる。

②堤防強化(難破堤化)により被害額は軽減され、堤防強化区間が長くなるほどその効果は大きい。8k上流区間までの強化とすることにより、西側ブロックの被害も大きく減少し、被害甚大ブロックではなくなる。3日以上孤立者数については、被害額に対する効果ほどの効果はない。

③非居住化促進区域の設定は、全氾濫区域に対し設定エリアの人口が少ないため被害額や3日以上孤立者数に対する被害軽減効果は限定的である。生命危険人口については、家屋倒壊危険区域での死者数が大きいことから、このエリアの人口が無くなることにより大きく軽減される。



図-2 河川・流域連携方策のイメージ図(複合案)

④二線堤による氾濫区域の分割により、浸水深のせきあげのマイナスの影響はあるものの被害額で見ると分割されたことによりほぼ被害甚大ブロックでなくなる。

⑤全体としては、治水安全度の向上や堤防強化と言った河川対策の効果が大きいですが、将来の人口減少をとらえ、生命の危険が高いエリアからの人口転出や二線堤の整備も一定の効果がある。但し、二線堤はマイナスの影響も大きいことから、慎重な検討が必要である。堤防強化については、河川沿いの氾濫域が非居住化促進区域の設定対象となるエリアであり、土地利用施策との連携を考慮すべき施策と捉えることも必要と思われる。

4. 今後の展望

今後、次の様な課題に取り組む必要があると考える。

①的確に安全度バランスの評価を行うため、全国の河川を対象とした検討を行う必要がある。

②氾濫区域における流域施策についてイメージレベルの試算的な検討を行ったが、より多様な施策や実効性のある施策、立地適正化計画への組み込み方策等について、意欲のある関係自治体と連携した検討が必要である。

③生命危険人口、孤立危険人口について、一定の避難率を全氾濫区域に一律に設定して検討しているが、氾濫区域の特性や市町村の取り組み状況に基づくより現実的避難実態を反映した検討を行う必要がある。

④堤防強化について、破堤するかしないかの条件設定を行って被害軽減の効果を検討しているが、堤防の縦断的な不均一性を踏まえた破堤確率を設定した検討が必要である。

5. 河川等政策への質の向上への寄与

想定最大規模洪水に対応しつつ洪水被害を軽減していくためには、全国的に治水安全度のバランスを取りつつ効率的に対策を進めていく必要があるが、想定される被害の大きい氾濫区域についてより高い安全性を設定することが甚大な被害の軽減と全体としての被害軽減に有効であると思われる。本研究の成果は、今後のこのような治水対策における治水計画の目標の設定や流域施策の立案に資すると考えられる。

6. 主な発表論文及びホームページ等

①被害期待値を用いた治水安全度バランスの評価手法と適正化に関する研究，平成28年度土木学会全国大会第71回年次学術講演会

謝辞

本研究は、中部地方整備局及び関係事務所から河川・氾濫区域等の諸元、雨量・流量等の水文量、氾濫解析結果等の諸データの提供を受けて実施致しました。研究にあたって、庄内川河川事務所調査課の皆様には、様々な助言を頂きました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局,治水経済調査マニュアル(案), 2005.
- 2) 一般残団法人国土技術研究センター,水文統計ユーティリティ ver1.5, 2006.
- 3) 小波秀雄, 統計学入門, 2015.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局,「水害の被害指標分析の手引き」(H25 試行版),2013.
- 5) 安田実, 荒木智三他:被害期待値を用いた治水安全度バランスの評価手法と適正化に関する研究, 平成28年度土木学会全国大会第71回年次学術講演会, 2016.

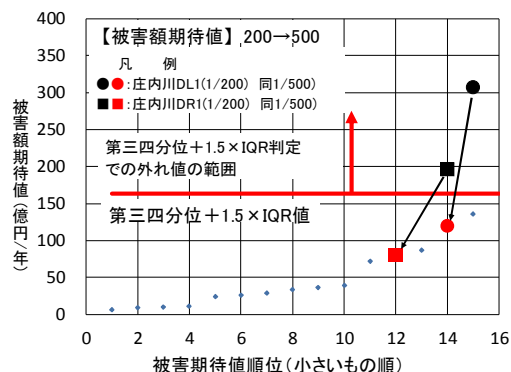


図-3 治水安全度の向上による被害額期待値の変化と順位図(200→500)

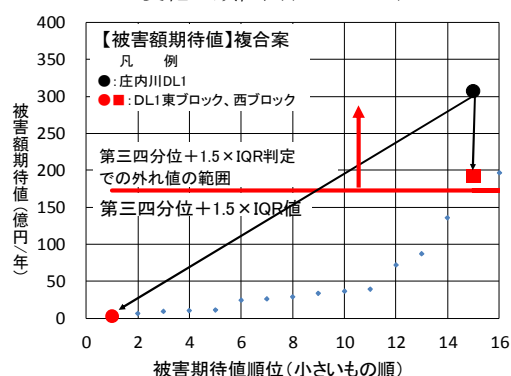


図-4 複合案による被害額期待値の変化と順位図

⑦研究成果の発表状況

- ・被害期待値を用いた治水安全度バランスの評価手法と適正化に関する研究、平成28年度土木学会全国大会第71回年次学術講演会

⑧研究成果の社会への情報発信

なし。

⑨表彰、受領歴

なし。

⑩研究の今後の課題・展望等

本研究では、中部地方の直轄河川を対象に国土交通省関係事務所から氾濫解析結果等のデータ提供を受けて検討を実施したものであるが、今後、次の様な課題に取り組む必要がある。

- ①的確に安全度バランスの評価を行うため、全国の河川を対象とした検討を行う必要がある。
- ②安全度バランスの評価は4分位法により一定の外れがあるかどうかにより行ったが、より適切な手法がないか、また外れ値の範囲をどのようにとらえるべきかについて、検討が必要である。
- ③氾濫区域における流域施策についてイメージレベルの試算的な検討を行ったが、より多様な施策や実効性のある施策、立地適正化計画への組み込み方策等について、意欲のある関係自治体と連携した検討が必要である。
- ④流域と連携した施策の検討においては、効果を評価するため詳細な氾濫解析と被害算定を行う必要があることから、氾濫解析モデルと河道の水理解析モデルを構築することが可能な流域を対象に検討を行う必要がある。
- ⑤生命危険人口、孤立危険人口について、一定の避難率を全氾濫区域に一様に設定して検討しているが、氾濫区域の特性や市町村の取り組み状況に基づくより現実的避難実態を反映した検討を行う必要がある。
- ⑥堤防強化について、破堤するかしないかの条件設定を行って被害軽減の効果を検討しているが、堤防の縦断的な不均一性を踏まえた破堤確率を設定した検討が必要である。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

想定最大規模洪水に対応しつつ洪水被害を軽減していくためには、全国的に治水安全度のバランスを取りつつ効率的に対策を進めていく必要があるが、想定される被害の大きい氾濫区域についてより高い安全性を設定することが甚大な被害の軽減と全体としての被害軽減に有効であると思われる。本研究の成果は、今後のこのような治水対策における治水計画の目標の設定や流域施策の立案に資すると考えられる。