

球磨村渡地区の浸水被害を防ぐために ～地域や熊本高専と連携した取り組み～

佐藤 亜彦¹・的場 孝文²・村岡 薫³

¹九州地方整備局 八代河川国道事務所 調査第一課 (〒866-0831 熊本県八代市萩原町1丁目708-2)

²九州地方整備局 八代河川国道事務所 調査第一課 (〒866-0831 熊本県八代市萩原町1丁目708-2)

³九州地方整備局 八代河川国道事務所 調査第一課 (〒866-0831 熊本県八代市萩原町1丁目708-2)

熊本県球磨郡球磨村渡地区は、球磨川上流域の下流端に位置しており、近年出水においても度重なる家屋浸水被害に見舞われている地区である。そのため、浸水被害軽減対策として球磨川及び支川小川における洪水時の水位低下を図ることが重要課題である。対策検討にあたっては、熊本高等専門学校と協働で水理模型実験を実施し、導流堤(L=150m)による対策が効果的であることを実証した。また地元住民を対象とした公開模型実験を実施し、合意形成を図った。

キーワード 導流堤、水理模型実験、合意形成、水位低減効果

1. はじめに

熊本県南部を流れる一級河川球磨川は、流域の約80%を森林が占めており、上流域の人吉盆地、中流域の山間狭窄部、下流域の干拓地で構成されている。球磨川流域に降った雨は人吉盆地に集まり、山間狭窄部へ流れることから洪水被害が発生しやすい地形を成している。

国による河川改修は、昭和12年より下流域に着手して以降、戦後最大洪水である昭和40年7月出水を契機に工事実施基本計画が策定(昭和41年)され、本格的な河川改修事業に着手し、平成19年には河川整備基本方針が策定された。現在は「ダムによらない治水を検討する場」において、熊本県、流域市町村とともに今後の治水対策の検討を行っているところであるが、近年においても球磨川流域では頻繁に浸水被害が発生している状況である。

球磨村渡地区は人吉盆地最下流端に位置しており、球磨川流域内でも特に浸水被害が多発している地区であることから早急な対策が求められている。当該地区における浸水被害要因、及び浸水被害軽減対策の取り組みについて報告する。

2. 球磨村渡地区の浸水被害

(1) 近年の浸水被害

球磨村渡地区は熊本県が管理する支川小川が球磨川に合流する場所に位置しており、表-1に示すとおり近年10年間で5回の家屋浸水被害に見舞われている。当該地区は球磨川上流域において外水氾濫により住家の浸水被害が発生している唯一の地区であるため、早急な浸水被害軽減対策が重要課題となっている。

表-1 渡地区における近年出水の浸水被害状況

	H16.8	H17.9	H18.7	H20.8	H23.6
床上浸水(戸)	7	16	14	3	3
床下浸水(戸)	15	7	16	16	3
合計	22	23	30	19	6

(2) 浸水被害の要因

浸水被害の要因としては、球磨川本川の水位上昇に伴

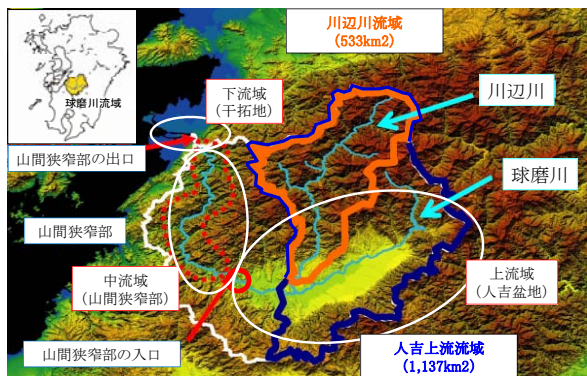


図-1 球磨川流域位置図及び陰影断彩図

って小川への背水による小川無堤部からの外水氾濫、また渡地区を取り囲む山地部からの雨水流入、及び地区外の雨水を運んでくる農業用水路等による内水氾濫が相まって発生していることが考えられる。その背景としては、低い位置に架かる桁下高の低い国道219号橋梁及びJR橋梁、また渡地区内の複雑な用排水系統、及び旧国道沿いに立ち並ぶ敷高が低い家屋等が複雑に関係している。渡地区における平成17年9月における浸水区域図と被害要因を図-2に示す。

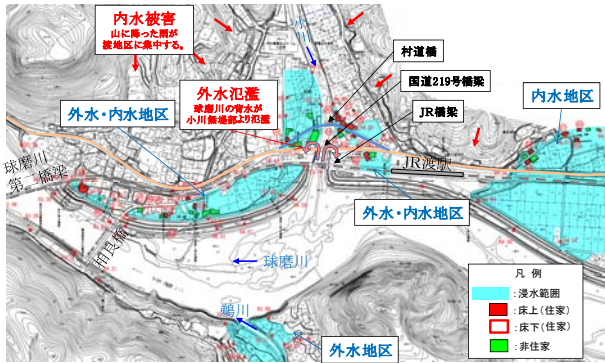


図-2 渡地区の浸水区域図と被害要因

3. 浸水被害軽減対策の検討

(1) 総合的な浸水被害軽減対策の取り組み

2(2)で述べたように、いくつもの要因が複雑に絡み合っている渡地区の浸水被害を軽減するためには、国・県・球磨村が一体となり、関係者全員がその要因を認識し、総合的な対策を講じることが重要となる。

想定される浸水被害軽減対策(案)としては、外水氾濫対策として国道219号橋梁及びJR橋の高上げ等による小川の堤防整備があり、内水氾濫対策として山水の分派、用排水路系統の見直し、家屋の高上げ及び排水ポンプの設置などが考えられる。またソフト対策としては、災害危険区域の設定、実践的な防災マップづくり、川標(かわしるべ)による防災意識の啓発、及び水防協力団体の指定による避難誘導の円滑化などが考えられる。

今回は、その中で球磨川を主とした外水氾濫対策について報告する。

(2) 外水氾濫対策の検討

小川の水位上昇を促している要因としては、図-3で示すとおり小川合流地点で球磨川の河幅が大きく膨らんでいることから流速が著しく低下する河道形状であること、また小川は球磨川本川にほぼ直角に合流する地形であるため洪水が流下しにくいことなどが考えられる。従って、球磨川及び小川合流部における洪水流の円滑化を図ることで、水位低減対策を講じることが可能と考えた。

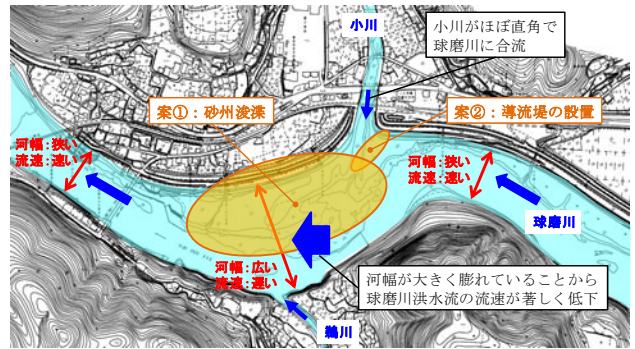


図-3 球磨川の河道特性及び解析による水位低減対策案

水位低減対策の検討を実施する上で、平面二次元流況解析を構築して解析を実施した。モデル構築においては、洪水時には小川が合流することから複雑な流れが発生するため、準三次元不定流計算を採用している。

構築した解析モデルを用いて水位低減効果対策を検討した結果、案①: 球磨川河道内の「砂州浚渫」、及び案②: 小川合流地点に「導流堤設置」を行うことが最も効果的であるとした。しかし、小川合流地点を含めた河道形状や洪水流のパラメータ設定及び導流堤の諸元設定等が複雑であるため、机上での解析結果は定性的な効果の把握に留まっていた。

4. 水理模型実験による検討

机上の解析モデルで検討した「砂州浚渫」及び「導流堤」を適正に評価できる手法として水理模型実験を実施した。

模型実験を実施する上で、「砂州浚渫」については、必要性の有無及び費用対効果の確認を行うことが重要となる。また「導流堤」については、最適な導流堤長及び堤高を選定することが重要となる。例えば、導流堤長を下流側へ長くするほどに、小川の洪水流を流下しやすくすることができ、小川合流地点の水位低減効果を図れると予想できるが、導流堤により球磨川本川の河幅を狭めることとなり、他地点への水位上昇を誘発する影響が予想される。そのため、総合的に判断して最も有利な諸元を設定する必要がある。

(1) 水理模型実験の手順

水理模型実験による検討にあたっては、「小型模型」及び「大型模型」の2種類の模型を製作して実施することとした。その目的は表-2のとおりであるが、小型模型は特に地元住民との合意形成ツールとしての役目があることから、地元に近い熊本高等専門学校八代キャンパス(以下、熊本高専)に設置することとした。

表-2 水理模型実験の目的と検討内容

	目的	検討内容
小型模型	<ul style="list-style-type: none"> 施設効果等の相対的比較 定性的な傾向の把握（概略検討） 合意形成ツール 	<ul style="list-style-type: none"> 導流堤の高さ、長さ方向等の諸元の変化（検討ケースの絞り込み） 砂州浚渫対策の必要性等
大型模型	<ul style="list-style-type: none"> 定量的な効果の確認（詳細設計） 	<ul style="list-style-type: none"> 小型模型の結果を参考に検討ケースを設定 導流堤周辺の水位変動状況 河床変動状況等

(2) 熊本高専との協働による小型模型製作及び水理実験

小型模型については平成24年9月に熊本高専と当事務所により締結した「連携・協力に関する協定書」に基づき熊本高専敷地内に設置したものであり、小型模型の製作及び実験の一部を、熊本高専と協働で実施した。

小型模型は、球磨川右岸に合流する支川小川、及び左岸で合流する支川鶴川を含む球磨川52k400～54k000範囲を再現し、模型での水深3cm以上を確保しうる模型縮尺として1/120とした。また、固定床模型として河床の粗度を調整し、砂州浚渫の検証を行えるように一部を5mm程度の砂利を敷き詰めて製作した。完成した小型模型の全景を図-4に示す。

小型模型の製作や実験の過程では、熊本高専の学生も授業の一環として参加し、水理模型の基礎となる横断板の設置や、導流堤設置前と設置後の水位状況の計測等の作業を行った。作業の様子を写真-1に示す。

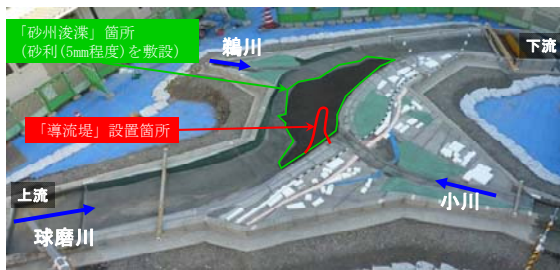


図-4 小型模型の全景



写真-1 高専学生との小型模型製作状況

(3) 小型水理模型実験による検証

小型水理模型実験では、解析により抽出した「砂州浚渫」及び「導流堤」の検証を行った。検討ケースを表-3

に表す。まずCASE1～3で対象洪水の再現を確認した後、CASE4～9で対策工及び諸元の検証を行った。

表-3 小型水理模型実験ケース一覧表

実験ケース	対象洪水	対策工			概要	
		導流堤		砂州浚渫		
		堤長	堤高			
CASE 1	現況河道	S40.7	—	—	水位把握	
CASE 2		H17.9	—	—	検証	
CASE 3		1/30確率	—	—	水位把握	
CASE 4	対策工	H17.9	L=75m	T.P.+91.8	—	第2小段高
CASE 5			L=95m		—	
CASE 6			L=130m		—	
CASE 7			L=95m	T.P.+94.5	—	第1小段高
CASE 8			—	—	浚渫高 TP+84.0	浚渫単独
CASE 9			L=95m	T.P.+94.5	—	CASE 7+8

検証した対象洪水は近年最大の平成17年9月出水とした。これは、球磨川上流の基準地点「人吉」において計画高水位を超過した洪水であり、渡地区においても外水氾濫を引き起こしている洪水である。

対策工の実験では、CASE 4～6として導流堤高を堤防第2小段高程度のT.P.+91.8mとし、導流堤長を変化させて検証したところ、CASE 5と6では小川地点の水位低減効果は同程度であり、導流堤延長が短いCASE 5（導流堤長L=95.0m）が有効であると判断した。

次にCASE 7として導流堤高を堤防第1小段高程度のT.P.+94.5mに設定してCASE 5と比較した結果、導流堤高の高いCASE 7の水位低減効果が高い結果となった。

砂州浚渫単独案であるCASE 8の検証を実施したところ、水位低減効果はCASE 5と同程度であった。次に導流堤+砂州浚渫の併用対策としてCASE 9の検証を実施したところ、CASE 7より若干水位低減増が確認されたものの、浚渫範囲が広範囲であることから経済性・維持管理性を考慮した結果、水位低減効果としてはCASE 7が最も効果的であるとした。以上の各対策工による水位低減効果を図-5に示す。

小型水理模型実験結果より、砂州浚渫案を棄却し、導流堤（L=95m、T.P.+94.5m）の単独案を一次選定案として設定した。この結果を基に、続いて大型水理模型実験を実施した。

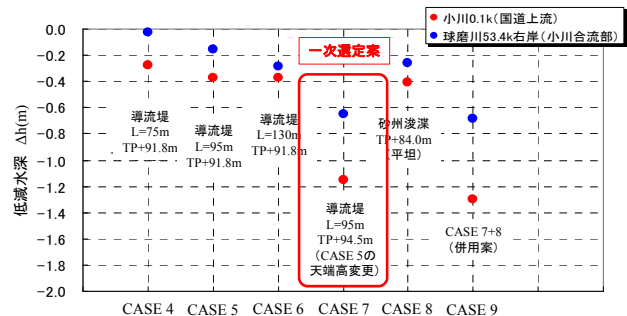


図-5 小型水理模型実験による各対策工の水位低減効果

(4) 大型水理模型実験による導流堤効果の検証

大型模型は球磨川52k400～54k400範囲を再現しており、移動床模型として代表粒径 $D_{60}=40\text{mm}$ より模型河床材料の粒径を 0.6mm 以上で再現しうる模型縮尺として $1/60$ とした。

大型水理模型の実験ケースは、表-4及び図-6のとおりである。対象洪水は小型水理模型実験と同様に平成17年9月出水とし、対策工を実施することで小川の水位を現況堤防高以下に抑えることを目標水位とした。

前述したとおり、小川地点の水位低下を図ることが目的であるが、導流堤設置により他地点にて水位上昇を誘発しないか確認するために、導流堤設置箇所より上下流地点及び対岸（左岸）地点において水位変動測定を実施した。

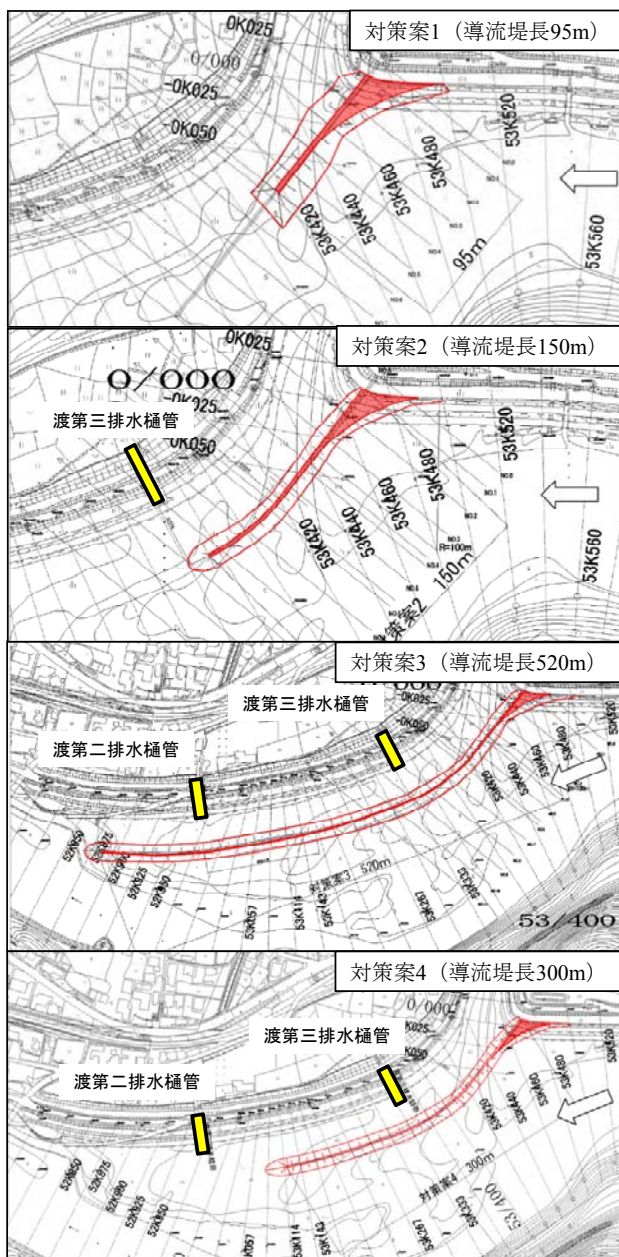


図-6 大型水理模型実験による実験ケース（導流堤長の変化）

表-4 大型水理模型実験ケース一覧表

実験ケース	対象洪水	導流堤長	導流堤高	備考
N-1	H17.9	現況河道（無対策）		
対策案1-1	H17.9	L=95m	T.P.94.5m	
対策案1-2		L=95m	T.P.95.5m	完全非越流型
対策案2		L=150m	T.P.94.5m	
対策案3		L=520m	T.P.94.5m	
対策案4		L=300m	T.P.94.5m	

まず小型水理模型実験で設定した一次選定案を対策案1-1（L=95m, T.P.+94.5m）として検証を実施し、導流堤高を上げた対策案1-2（完全非越流型）と比較検討した結果、小川地点における水位低減効果はほぼ同値であり、上下流・対岸（左岸）地点への水位上昇の影響もみられなかったことから、経済性を考慮して導流堤の高さを抑えた対策案1-1を基準とし、完全非越流型を棄却した。

次に、導流堤長を変化させた対策案1-4の検証を実施したところ、導流堤長が長いほど小川地点での水位低減効果は得られるものの、導流堤長が長くなるにつれて球磨川の河幅を狭めることとなり、上流地点及び対岸（左岸）の鶴川地点で水位上昇を誘発する結果となった。導流堤長と各地点における水位変動状況を図-7に示す。

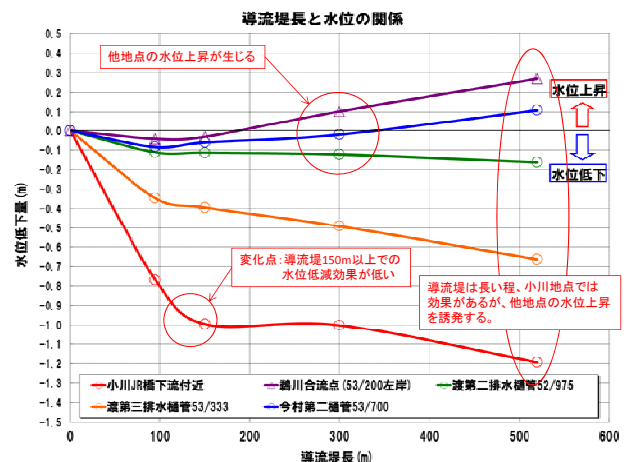


図-7 大型水理模型実験結果による導流堤長と水位の関係

以上の大型水理模型実験結果より、小川地点での水位低減効果及び小川合流点付近の上下流・対岸（左岸）への影響を考慮して、対策案2（導流堤長L=150m, 導流堤高T.P.+94.5m）が最も適していると判断した。

(4) 河床変動の検証

導流堤設置に伴い、洪水時には導流堤自体が水衝部となることから導流堤沿い及び導流堤先端付近で河床洗掘のおそれがあるため、大型水理模型実験により洪水流通水後の河床変動検証を実施した。地質調査の結果、河床より約2m以深に岩盤層が確認できているため岩盤層以下は洗掘されないものと想定し、対策案5（対策案2+岩盤層設定）として大型模型に再現し、対象洪水流を平成17年9月出水とした。

通水後の河床状況を確認したところ、図-8のとおり導流堤の先端付近にて岩盤層まで洗掘される結果となった。導流堤基礎は岩盤層まで根入れすることから構造上問題ないと考えているが、導流堤自体が水衝部であり、洪水により繰り返し洗掘が進行することを考慮し、洗掘防止対策として導流堤周辺に根固め工設置の対策を講じることとした。

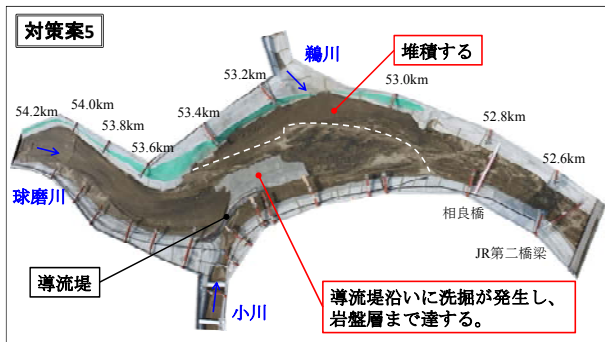


図-8 大型模型による洪水流通水後の河床変動状況

5. 地元住民を対象とした公開模型実験

導流堤は河道内に構造物を設置することから河幅を狭めてしまうため、導流堤設置による水位低減効果を地元住民に図面等で説明しても理解して頂くことは極めて難しいことが予想される。そのため、平成25年4月17日に小型模型による公開模型実験を開催した。球磨村議会議員及び渡地区地元住民を対象としており、公開模型実験の様子を写真-2に示す。

まず導流堤設置前の現況河道で平成17年9月出水程度の洪水流を流し、小川の無堤区間にて越水し外水氾濫が発生したのを確認した後に、導流堤を設置することで設置前に発生していた越水が解消され、導流堤による水位低減効果を実際に確認して頂いた。公開模型実験を終えた後には、地元住民から「導流堤の効果が分かりやすかった」、「早く整備してほしい」などの声もあった。

またテレビ3社、新聞2社等、報道関係者も多数来られ、全国でも珍しい取り組みとして多くの報道に取り上げて頂き、PR面でも効果的な公開模型実験となった。



写真-2 小型模型による公開模型実験の様子

6. 今後の取り組み

導流堤設置箇所付近の球磨川本川左岸側には、球磨川48瀬の1つである熊太郎の瀬が存在し、鮎釣り場として有名であるため、河川内に人が入る機会が多い場所である。また、舟下りやラフティングコースでもあることから、河道内に設置する導流堤は景観に配慮した検討が必要となる。導流堤は洪水時には水衝部となることから強固な構造物とする必要があるため、自然石を用いた練石張構造とし、コンクリートを表面に極力出さないよう配慮する。巨石張りは施工者によって出来映えが左右されるため、施工の要点を記載した施工要領図を作成し、施工者に参考資料として配布することとした。導流堤水際部においては前述したとおり根固め工を設置することとしており、根固め工も自然石を流用した連結タイプを採用することで、景観に配慮することとした。

導流堤設置工事の説明会においては、漁協や舟下り会社及びラフティング協会等を対象に開催し、工事の理解を得る必要がある。説明会では持ち運び可能な1/500模型を当事務所職員で製作して説明会を実施した。1/500模型を写真-3に示す。このような簡易的な模型を使用することで、図面等では平面的で分かりにくい箇所も立体的に理解して頂き、工事の理解を得ることができた。



写真-3 説明会用模型 (縮尺1/500)

6. さいごに

球磨村渡地区における水位低減対策として、今回「導流堤」を最適案としたが、設置後の洪水流により河道が変化し、瀬の位置等が変わる可能性もあるため、導流堤設置後のモニタリングが重要である。

また、今回の導流堤は渡地区の浸水被害軽減対策の第一歩であり、今後とも抜本的な外水・内水氾濫対策及びソフト対策を地域との適切な役割分担の下、事業を進めていく必要がある。

今回、水理模型実験の一連業務に携わり、水理模型実験は対策工法の検証だけではなく、地元住民への説明用ツールとして、首長及び議会議員を含めた地元住民に大変好評であった。また、熊本高専とも連携して事業を進めることが出来た。今後も連携して安全・安心で活力ある地域づくりに取り組んでいきたい。