

余笹川災害改修河道の追加安全対策

三品智和¹ 須賀如川²・助川純一郎¹ 古川保明¹
福田一郎³ 築瀬和裕³

¹中央技術株式会社 (〒310-0902 茨城県水戸市渡里町 3082)

²宇都宮大学名誉教授 河相工学研究堂 (〒276-0023 千葉県八千代市勝田台 4-2-4)

³栃木県余笹川流域河川改修事務所 (〒324-0041 栃木県大田原市本町 2-2828-4)

余笹川災害復旧は、側方侵食の著しい河川に、通常の技術基準に基づいた改修工事が行われた。このため災害復旧後は、未改修河川から一変、全川に亘る河道拡幅並びに護岸が整備され、洪水前河道とは異なる河床変動が予測されている。

本業務は、今後の洪水流に対する安全度を評価するため、詳細な現地調査を実施し、河道特性を十分考慮した追加安全対策の検討を試みたものである。

Key Word 余笹川災害復旧, 側方侵食, 追加安全対策, アーマーコート, 河床低下, 水衝作用

1. はじめに

余笹川災害復旧工事は、全国でも極めて稀な側方侵食著しい河川に対し、通常の技術基準に基づいた改修工事が行われた。その主な問題点は特殊な河道特性の他に、緊急事態のため、十分検討時間がなく、かつ、この地域にとっては60年振りの大洪水のため、過去の洪水資料がほとんどないということである。このような限られた制約条件の中、工事は計画規模1/50、災害年を含め3ヶ年という短期間で実施された²⁾。復旧後は、未改修河道から一変して、全川に亘る河道拡幅並びに護岸整備の河道に変化した。

今後余笹川では、護岸整備に伴い、側方からの供給土砂量が減少し、著しい河床低下並びに水衝作用の増大が考えられる。

本業務は、今後の洪水流に対する安全度評価をするため、アーマーコートの内容等、30回以上に亘る詳細な現地調査を実施し、河道特性を十分考慮した追加安全対策の検討を試みたものである¹⁾。

2. 余笹川洪水災害と今後の河道変化に関する考察

平成10年8月末に60年前の大洪水をしのぐ極低頻度

の大洪水が、未改修河川の余笹川に襲来した。その規模は、最大時間雨量90mm、日雨量607mmとこれまでの既往最大時間雨量44mm、日雨量203mmを遥かにしのぐ記録的豪雨となった²⁾。

洪水前余笹川は、両岸には植生が繁茂し、縦断的には不規則、かつ激しい蛇行河道そのままの未改修河道であった。そのため平成10年洪水では、洪水中に河道幅20~40mから60~100mに側方へ顕著な侵食が生じ、また、湾曲部等では、洪水流の直進性により、多くの新水路が形成された。

余笹川は、未改修河川から一変、全川に亘る河道拡幅並びに護岸整備により、今後は次のような河道変化並びに危険性が生ずると考えられる。

- ① 護岸整備により、側方からの供給土砂量減少し、河床低下並びに水衝作用が増大する。特に水衝部では、局部的に洗掘力が増大するため、護岸整備による側方侵食の制限と併せ、鉛直方向の侵食作用が強調されるため、護岸の基礎崩壊の危険性が高くなる。
- ② 場所によっては河道拡幅により、中小洪水時の水位低下、土砂運搬能力の減少、縦断的に不規則な土砂堆積並びに河道内の新規蛇行形成の促進等があり、急激な河床変動が想定される。これらは今まではなかった現象である。

- ③ 大洪水がしばらく発生しない中期的な想定をすると、河道内にポイントバーや不安定砂州が急速に発達し、旧河道への復元化や新規の深掘れ部の形成が考えられる。
- ④ 平成10年規模の大洪水(超過洪水)が生じた場合の破堤の危険性があり、被害軽減のための考察が必要である。

復旧工事は、上述の危険性に対し、床止工については、根固ブロック工や水制工あるいは木工沈床工等を採用し、護岸工については、平成10年大洪水での被災護岸は技術基準の1m根入れ護岸に対し、今回の洪水実績を考慮し1.5m根入れ護岸で施工されている。しかしながら、護岸整備により側方侵食が制限された今、鉛直方向の侵食が集中されるため、各地点の河道条件毎の強度評価が必要である。また、平成10年規模の洪水流に対しては、超過洪水対応のハザードマップ等が採用されているが、具体的な対策案を提案する必要がある。

3. 災害復旧後河道の現地調査

(1) 河床面の材料等の状況調査

災害復旧後の河床面は、縦断的に不規則な河床材料で構成され、処々に1mオーダーの巨石が多く分布している。そのため、今後は縦断的に不整な土砂堆積が予測され、特に河床の主な構成材料が巨石から砂に変化する個所では、流送土砂のバランスが不安定になり、著しい河床低下が予測される。そこで、河床面を河床構成材料別にグレード分けを行った。調査区間は、那珂川・余笹川合流点から余笹川・四ツ川合流点(区間距離16km)で実施した。図-1は調査区間の位置図を示したものである。



図-1 調査位置図

表-2は、縦断的な河床面のグレード分け(河床の構成材料分類)を示したものである。なお、分類条件は、現地写真より河床の構成材料を判断し、表-1に示す分布状況で分類した。例えば、那珂川合流点から4k500地点での河床面のグレードはEを示している。この地点は、径約0.5m程度の巨石が多く分布し、それ以外に砂や砂利の分布が観察されたことを意味する。

以上より、縦断的な河床面状況をグレード分けすることにより、洪水流に対する弱点個所をある程度予測可能にした。

(2) 河床の粒度分布調査(アーマーコート調査)

これまで余笹川が顕著に側方侵食する要因は、十分発達したアーマーコートにあると考えていた。それは、平成10年洪水後の河道調査において、洪水前後の河床低下がほとんどなかったため、その結果、河道幅が側方に洪水前の3~4倍に拡幅したと考えられた。そこで、復旧後余笹川の河床粒度分布を調査(アーマーコート調査)してみた。調査区間は、河床面調査と同様、22個所で粒度試験を行った。

a) 河床の粒度分布(アーマーコート)特性

図-2は、余笹川河床の粒度試験結果を示したものである。なお、1層目は表層から30cm程度、2層目は30cm以下の粒度試験結果である。図より、余笹川アーマーコートに次のような特性が認められた。

- ① 1層目と2層目共に、ほぼ同一河床材料であること、また、粒度分布が広範囲で、比較的粒径の小さい材料で構成されていることが認められた。
- ② アーマーコート形成に重要視される大径砂礫 d_{90} は、110mmと河床安定化に十分な大きさではないことが認められた。
- ③ 2mm以下砂粒子が30%と比較的多く、洪水時における土砂移動量が多いものと考えられる。

また、同図に余笹川支川である黒川の粒度試験結果を示している。この結果、黒川についても、1層目と2層目に多少の違いはあるものの、 d_{90} は90mmと余笹川同様に未発達なアーマーコートであることが認められた。

b) 河床構成材料の縦断分布

図-3は、余笹川復旧後の縦断的な河床構成材料を粒径別に分類したものである。なお、分類条件は、土質の分類条件に基づき、砂(0.075~0.2cm)、細礫(0.2~0.5cm)、中礫(0.5~2.0cm)、粗礫(7.5cm~)とした。また、採取個所を河道拡幅上及び新規水路箇所に分類している。

図より、縦断的な河床構成材料とその影響に関して、次のような特性が認められた。

- ① 新規河道箇所は、砂、細礫という粒径小の河床材料の占める割合が高く、河道拡幅上は、中礫、粗礫と

表-1 河床面グレード分類

河床面 グレード	河床面砂礫の分布状況		
	砂	砂利	巨石
A	◎		
B	◎	○	
C	◎	○	○
D	○	◎	
E	○	○	◎

◎：主な河床構成材料 ○：河床構成材料

表-2 縦断的な河床面状況

調査地点の状況		河道表面の状況	
那珂川・余笹川 合流点からの距離 (m)	参考事項	河床面 グレード	河床面代表 巨石の粒径 (m)
240	那珂川・余笹川 合流点	D	巨石無し
3860	余笹橋	B	巨石無し
4200		E	巨石無し
4500		E	0.5
4880	取水口	C	1.0
5200		D	1.0
5500		D	0.6
5940	協和橋下流側	D	1.0
6920		D	1.5
7240		E	0.8
7640	寺子橋	D	0.8
7900	落差工	E	1.0
8240		D	0.8
9200	木工沈床	D	巨石無し
9460	水制工	E	0.8
9860		D	巨石無し
10000	石堀子橋下流側	D	巨石無し
10380		D	巨石無し
10600		D	1.0
10980		D (巨石を除く)	1.0
11760		D	巨石無し
12100	下川橋下流側	D	0.8
12300		D	巨石無し
12400		D	巨石無し
12520		D	1.5
12660		D	0.5
12800		E	0.7 1.0
12860	下余笹橋下流側	E	1.0
13300		D	巨石無し
14000		D	巨石無し
14180		D (巨石を除く)	0.8
14300	ふれあい公園	-	0.8
14600		D	1.0
14700	中余笹橋付近	D	1.0 1.0
14900		D	巨石無し
15140		D	1.0
15400	蛇行部	C	巨石無し
15440		C	巨石無し
15540		D	巨石無し
15680	余笹川橋下流部	D	1.5
15700	余笹川橋上流側	D	巨石無し
16100	余笹川・四ツ川 合流点	D	1.0

大径砂礫の占める割合が高いことが認められた。

- ② 復旧後に生じた中小洪水流は、比較的改修河道内の旧河道上に沿って流下する傾向があるため、旧河道上は、河床面の砂や細砂が流出し、中礫や粗礫が河床表面を覆っている傾向が高い。
- ③ 縦断的に不整な河床構成材料は、中小洪水によって

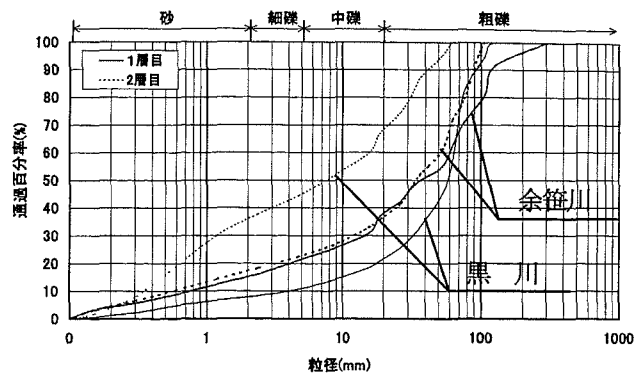


図-2 余笹川と同流域黒川の粒度試験結果

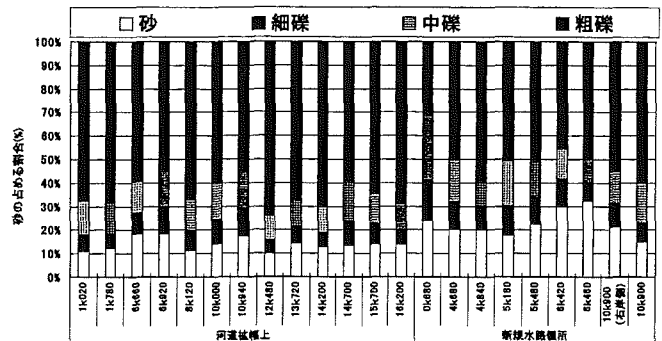


図-3 縦断的な河床の構成材料 (表層)

不規則なアーマールコート形成促進が予測される。特に巨礫から中・粗礫への変化点では河床変動が著しく、河道内に新規蛇行が生じ易い。

c) 考察

復旧後余笹川のアーマールコート調査を行った結果、アーマールコートは未発達であることが認められた。また、洪水前余笹川は、側方侵食あるいは新水路形成による、生産土砂量が多く、極端な河床低下や局所洗掘が顕著ではなかったと考えられる。

4. 河床低下の検討

(1) 計算方法

粒度試験結果を基に、各計画規模 (1/50, 1/10, 1/5) の洪水流に対し、混合砂礫を考慮した1次元河床変動解析を行った。計算方法は、粒径別限界掃流力の計算に Egiazaroff 式を用い、掃流砂量計算はその式の修正式である芦田・道上式を使用した。

(2) 計算結果

図-4 は、各計画規模における1時間後の河床低下を予測したもので、次のことが認められた。

- ① 縦断的に不規則な河床低下が認められた。特に 12k480, 13k720, 14k200 では河床強度が非常に弱い。
- ② 計画規模 1/5 以下で、アーマールコートが破壊する可能性が高い。

表-3 河道安全度調査における評価方法

危険度	評価項目	危険箇所	対策工
危険度A (早急な対策が必要な箇所)	河床面の状況調査 アーマーコート調査 不安定土砂の堆積調査 流路幅の拡張調査 不等流計算結果	10 箇所 延長：3.3km 全体の約1割	護岸前面に捨石工設置
危険度B (不安定土砂による河道内蛇行箇所)		9 箇所 延長：3.5km 全体の約1割	定期的なモニタリング
危険度C (超過洪水時の危険箇所)	余笹川流域洪水避難地図 (ハザードマップ) 平成10年洪水氾濫区域図 背後地状況調査	7 箇所 延長4.5km	水害防備林の設置 (モデル地区提案)

今回用いた計算では、上流からの供給土砂量を一律ゼロとしているため、実際より河床低下の進行は速い結果となっている。しかしながら、余笹川の河床低下の著しい区間がある程度選定できたこと、また、今後の改修工事の際の根入れ深さの目安になると考えている。

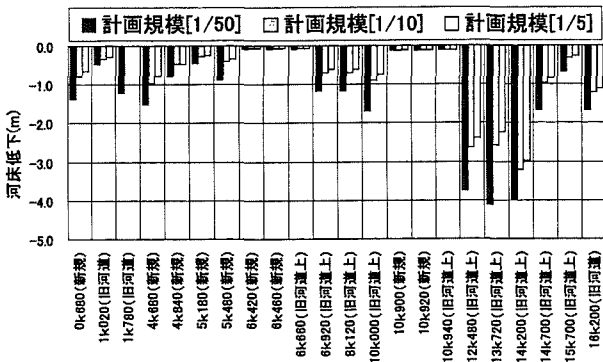


図-4 各計画規模における1時間後の河床低下

6. 河道の安全度評価

表-3は、今回用いた洪水流に対する河道安全度の評価方法を示したものである。表より安全度評価は、早急な対策が必要な箇所(危険度A)、不安定土砂による河道内蛇行箇所(危険度B)、超過洪水時の危険箇所(危険度C)とプライオリティーを付けた3段階評価を行った。

危険度AとBについては、危険度要因を1)河床面の状況調査 2)アーマーコート調査 3)不安定土砂の堆積調査 4)流路幅の拡張調査 5)不等流計算結果の5項目とした。この結果、河岸延長32km(河川延長16km)中、危険度A箇所は10箇所(河岸延長3.3km)、危険度Bは9箇所(河岸延長3.5km)認められた。これら危険箇所については、危険度Aは捨石等を護岸前面に設置し、護岸基礎工の洗掘止に対処し、危険度Bは今後定期的なモニタリングを行う上での重要箇所とした。

危険度Cについては、水害防備林の設置を提案した。設置箇所の選定は、余笹川流域洪水避難地図及び平成10年洪水氾濫区域図等を参考にし、背後地状況を踏まえ選定を行った。さらに、モデル地区を提案し、余笹川流域の土地条件に応じた樹林タイプ等の設定を行った。

このように河床変化の著しい河川に追加安全策を行う際は、今後の河床変化を予測した安全対策が必要である。

7. 結論

災害復旧後余笹川における現地調査の結果、次のことが明らかとなった。

- 1) 余笹川は、未発達なアーマーコートであることが認められた。この結果は、当初の予想とは異なり、河床の粒度試験結果より明らかにした。
- 2) 余笹川は、側方侵食あるいは新水路による供給土砂量が多いため、大きな河床低下や局所洗掘が顕著ではなかったと判断される。
- 3) 侵食性高い余笹川の部分は、根固めに留意することが重要である。これは、洪水前1mの根入れ護岸(計画河床高または最深河床高を基準)に対し、1.5m根入れで施工しているが、現地調査及び水理計算等より不十分である結果が得られた。
- 4) 今後は護岸整備に伴う側方からの供給土砂量が制限されるため、部分的並びに局所的な河床低下の進行が高い。
- 5) 河床変化の著しい河川の追加安全対策は、所定の水理条件に加えて、現地状況(アーマーコート、河床面状況等)等を十分考慮し、危険度に応じた対策案を検討することが重要である。

8. 課題

余笹川の追加安全対策に関する課題は次のようである。

- ① 危険度が高い箇所については、定期的なモニタリング等により、事前に対処することが大切である。
- ② 特に特徴ある河川では、追加調査を行う必要があると考えている。

参考文献

- 1) 三品ら：余笹川の災害対策河道の河道特性に関する考察，水工学論文集，第46巻，pp343～348，2002。
- 2) 須賀堯三・伊藤和典・池田裕一：極低頻度大出水後の中小河川における近自然工法の適用の検討—那珂川支川の余笹川の場合—，河川美化・緑化，河川環境管理財団，2001。
- 3) 伊藤和典・須賀堯三・茂木信祥・池田裕一：平成10年8月末の那須出水による余笹川の流路変化の特性，水工学論文集，第44巻，pp407～412，2000。