

多自然型護岸の改良事例と課題

Improvement and Subject of Naturally Diverse River Revetment

高野安二¹⁾ 緒方裕幸²⁾ 大槻英治³⁾ 川口芳人⁴⁾

by Yasuji TAKANO, Hiroyuki OGATA, Eiji OTSUKI, Yoshito KAWAGUCHI

A river revetment is one of the most important part of naturally diverse river construction method, because it is often the boundary between land area and river basin in Japan.

This paper aims to report some view points for good design of naturally diverse river construction method with our improvement of biological revetment works in Midori-Kawa. First point is to create various velocity of river flow, especially, microscopic velocity close by the revetment is very important for aquatic living things. Second point is to make the boundary change from land area to river basin as gradually as possible.

Keyword: naturally diverse river construction method

1.はじめに

環境への関心が高まるにつれて、河川事業の実施にあたっては、魅力ある河川空間や水辺空間の整備、保全が最重要課題として取り組まれてきており、とくに、平成3年度からは多自然型川づくりと呼ばれる概念に基づく河川改修が本格的に始まるとともに、人と自然にやさしい河川空間の創出が進められている。多自然型川づくりの設計にあたっては、標準設計を用いないこと、施工完了から数年後以降を念頭に置いて設計・施工する事など従来の河川改修とは大きく異なる点が多く、試行錯誤的な取り組みが続けられている。

本文は、建設省熊本工事事務所が、多様な河川の生態系を保全・創出するために実施した多自然型川づくりの中から、特に水生生物の生育環境に配慮して実施した護岸の施工と改良の事例を通して得られた生物にやさしい水辺づくりへの知見と課題をまとめたものである。

2.多自然型護岸の概要

-
- | | | |
|----|-------------------|--------|
| 1) | 建設省九州地方建設局熊本工事事務所 | 所長 |
| 2) | 〃 | 副所長 |
| 3) | 〃 | 調査第一課長 |
| 4) | 〃 | 〃 調査係長 |

2.1 施工場所

多自然型護岸を施工した緑川は九州中央部を東から西へと流れ有明海へと注ぐ、流域面積1100km²、幹川流路長76kmの一級河川である。流域は河口付近で左右岸をそれぞれ宇土市、熊本市に接するものの、中上流域に大都市はなく、中山間地の渓谷地帯を抜けると比較的緩やかで広い扇状地形の中流域を有している。当該箇所は河口より約20kmの本川左岸にあり、川幅は250～300m、河床勾配は約1/400 で河床は10～20cmの玉石を中心とした砂礫で構成されている。当該箇所の約2km上流と約5km下流には農業用取水堰があるが、下流の堰は固定堰で、背水の影響は無視できる。流況に大きく影響を与えているのは、灌漑期の取水と発電および洪水調節に伴う緑川ダムからの放流である。約14km上流の観測点における流量を表-1に示す。施工箇所は高水敷が10m弱と比較的狭く、出水時は水障部となるため低水護岸を設置する必要があった。護岸の前面は瀬を形成しており鮎の産卵場所として禁漁区域になるなど魚介類は豊富であり、これらの良好な生息環境の保全・創造が改修に当たってのテーマとされた。

表-1 近傍観測点での流量

流 況	流 量
豊水流量	32 m ³ /s
平水流量	22 m ³ /s
低水流量	16 m ³ /s
渇水流量	9 m ³ /s

2.2 施工条件と構造

施工に当たっては、7名からなる多自然型川づくりのアドバイザーからの特に魚介類について施工前を上回るような多様な生育環境を作ることへ強い要望が出された。そこで、設計に当たってはこれを第一の条件とし、まず、護岸の前面約1.5mに捨石工による中之島を設けてこの間に淵としての水路を設定し、捨石工の前面を凹形状にしてよどみとして設定した。この際、中之島は粗石による捨石工で作し、多孔質な構造とすることで多様な流速を護岸近傍に生み出すようにした。護岸前面には、増水時の水生生物の避難場所かつ常時の小魚の生育場所として機能するように口径の異なるヒューム管を水平に設置した。また、水際にはヒューム管等を隠蔽すると同時に土砂等の付着を促進して馴染みをよくする目的で柳枝工を設けた。これにより、様々な魚介類をはじめ、水生昆虫等が利用できる隠れ場所を形成した。

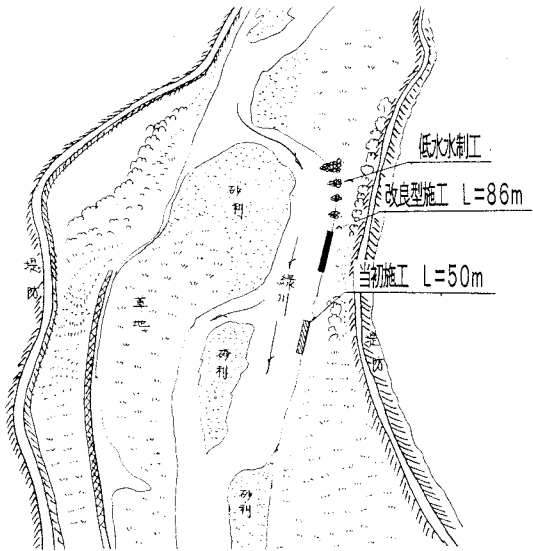


図-1 施工箇所の概略図

第二の条件は水障部においても長期にわたってを機能が維持される護岸構造を採用した。このため、まず、護岸部分を強固な構造にするために砂防用の片法枠を護岸のフレームとして用い、前述のヒューム管等をこの中に設置することで強度の確保を図った。中之島を形成する捨石工についても自然素材でかつ水中で腐りにくい松杭で固定している。護岸のフレーム内の底部と高水敷に接する背面には詰石を行い、境界部の土砂流出による護岸の崩壊を防止した。護岸上面には高水敷との境界を跨ぐ形で布団籠を設置し、出水時の表面からの洗掘を防止している。

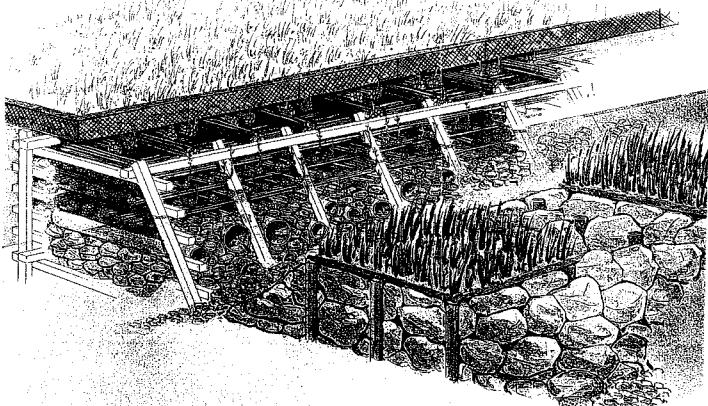


図-2 多自然型護岸のイメージ

第三の条件は、周辺景観との調和である。周辺はススキ原等が広がっているた

表-2 多自然型護岸の設計条件と対策の例

設計条件	機 能	対 策
①多様な魚介類の生育空間の創出	・多様な流速	・捨石工による淵とよどみの設定 ・粗石等の使用による多孔質化
	・隠れ場所	・ヒューム管の水中埋設 ・水際の植生（柳枝工）
②水障部における長期にわたる機能の維持	・強固な構造	・護岸構造物のフレームとしての砂防用片法枠の採用 ・捨石工の松杭による固定
	・流出防止	・護岸背面および底面への詰石の設置 ・護岸上面と高水敷表面への布団籠工の設置 ・護岸表面の土嚢、柳枝工へのネットの架装
③周辺景観との調和	・水際の植生	・捨石工上面へのガマの植付け ・水際の柳枝工の採用 ・護岸上面への土嚢へのチガヤの植え付け

め、まず、人工構造物である護岸構造を隠蔽する事をねらって、護岸上面の布団籠は土嚢で覆い、土嚢にはチガヤを植え付けた。水際には前述の柳枝工を設置し、捨石工上面には植生土嚢を設置してガマを植えた。これらについては、流出防止対策としてネットを架装した。

護岸の設計に当たって考慮した条件を表-2にまとめて示す。

3. 施工結果と改善施工

3.1 施工結果

施工後約2年経過時の施工箇所周辺の流速分布を図-3に示す。捨石工のよどみ形成部分では流速が大きく低下しており、また、追跡調査によって護岸近傍で魚介類が多種類確認されたことから、この多自然型護岸は魚介類を対象とした多様な生育空間の創出については満足のいく成果をあげたと考えられた。しかし、この時点において植生に関してはほとんどが活着せず、改良する必要があると判明した。この原因として、まず水中のガマについては元々が流れの無い場所で生育するものであるため、この箇所では流速が早すぎたものと考えられる。水際の柳については植生としてはなく護岸の保護工として位置付けていたため、枝を水平に組んでおり、水中のものは腐り、気中のものは枯死するという結果を生

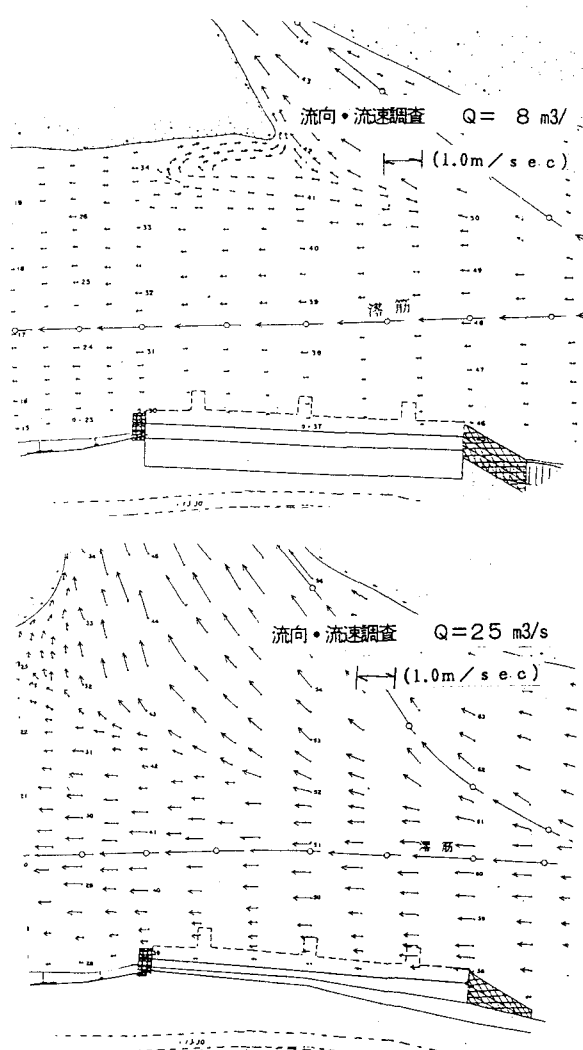


図-3 多自然型護岸周辺の流向・流速分布

じた。地上のチガヤについては当初より芽吹きが悪く、周辺に自生している雑草類も活着しなかったため、土嚢の材料がナイロンであり土壌、植生のいずれとも馴染みが悪かったこと、布団籠の上に直接土嚢を設置したため保水性に欠けたことが原因と考えられた。さらに、一連の調査後の平成5年度は9月3日の $1340\text{m}^3/\text{s}$ を最高にたびたび出水があり、高水敷の土嚢の多くが流出した。また、護岸と捨石工の間の淵は流速が小さくなりすぎて土砂が堆積してヒューム管が埋まってしまうという状況となった。出水後の護岸の状況を写真-1に示す。



写真-1 平成3年度施工箇所（平成5年の出水後の状況）

3.2改良施工

上記の施工結果を踏まえて、改良が必要な点と対策の検討を行った。

まず、護岸と捨石工の間の淵部分が出水を受けて埋没した点については、護岸と捨石工の間隔を倍にあたる3mへと広げること



写真-2 平成5年度施工箇所（施工中の改良事例）

とで、減水段階において堆積土砂がフラッシュされやすくなるように改良することとした。これと併せて、平水時に淵としての機能が低下しないように上流に加藤清正が治水対策として用いた石はねを模した水制工を設け、滞筋が護岸に向くことを防止することとした。

多様な流速の設定についてはある程度の成果をあげていると考えられるが、一層の向上を目指して捨石工の表面は比較的大きな石を用いて意識的に凹凸が大きくなるように仕上げることにしたほか、護岸の待避場所の入り口の流速のバリエーションを増やすためヒューム管に加えて小径の陶製管も用いることとした。

平水時と渇水時で数10cmの水位の変動が生じるが、これにに対しては柳を斜めに差込む形で植えること、および捨石工上面に設置する植生土嚢の設置高さを変えることにより対処することとした。これにより、植生の腐れや枯死を回避して水際の植生の維持を図るとともに、魚介類や水生昆虫等が生息できる環境が水位が変わっても近傍に確保されるものと考えた。

植生については、水際については前述の柳の植え方の変更だけでなく、捨石工上面の植生をガマからチガヤに変更してある程度の流速に耐えられるものにするるとともに柳の枝も植え込んだ。また、護岸上面は布団籠の上面にフェルト状のマットを緊結し、その上に麻袋製の土嚢を置く、土を直接敷きならす、さらに土の上にワラを敷くという3ケースを試すこととした。

改良した護岸の施工状況を写真-2に、また改良点をまとめて表-3に示す。

3.3改良施工結果

表-3 多自然型護岸の改善項目と対策の例（◎：向上、★新規対策）

設計条件	改善項目	対 策
①多様な魚介類の生育空間の創出	◎多様な流速	・捨石工の表面粗石の大型化（ランダム化） ・小径陶製管の採用（バリエーションの増加）
②水障部における長期にわたる機能の維持	★埋没防止	・水路幅の拡幅（減水時フラッシュ効果の向上） （石はねの設置（平時時の淵の流速低減））
	◎流出防止	・護岸上面の布団竈工への保水マットの緊結
③周辺景観との調和	★水位変動に対応した植	・水際の柳の斜め植付け ・捨石工上面植生土嚢の敷き高の変化
	◎水際の植生	・捨石工上面の植生の変更（ガマ→チガヤ） ・護岸上面の保水力の向上と自然素材の採用

改良施工を実施した区間は、平成6年3月までに完了した部分と平成6年6月までに完了した部分があるが、この3ヶ月の差は植生の繁茂に関してきわめて大きな影響を生じた。その理由としては、柳等が芽吹き根付き易い時期は3月程度までであり、6月完成部分はその時期を外してしまったこと、平成6年度は異常渇水の年となったため6月完成部分には生育に必要な水分が供給されなかったことが考えられる。

これに対して水域については、異常渇水に見舞われたにもかかわらず極めて良好な成果が得られた。これは、流量の減少によって周辺の瀬や淵に環境の悪化が生じたのに対して、この多自然型護岸の区間は比較的良好な環境を維持し得たことがもっとも大きな理由である。特に、渇水で猛暑となった夏期には水温の上昇も著しかったが、多自然型護岸は十分な水深（1.5m程度）と柳等による日陰の形成が功を奏し、鮎などが相当な密度で生息していることが確認された。

4. まとめ

検討の対象とした多自然型護岸は、全川を通じた整備計画に基づいたものではなく、あくまで当該地点の水際に求められる機能を最大限に盛り込むことを目指して設計したものである。よって、植生については周辺の植物相との一致よりは短期間での活着、生育に主眼をおいて選定しており、また、石材等も当該地域で見られる岩石ではない。多自然型川づくりは個別箇所の多機能化を目指すものではないため、今回の施工例は多機能型生態系護岸という呼ぶべきかもしれない。しかしながら、やむを得ない事情により、ある期間、既存のものに類似した環境を創出して生態系を保全する必要がある場合や、空間的な余裕が小さいために多機能化により密度の高い生態系保全を実施することが求められる場合などは、多自然型川づくりを実施するに当たって今回用いたような設計思想を適用することにより高い効果を発揮できるものとする。そこで、今回の施工事例から得られた知見のうち、主に生態系の保全を主眼とした多自然型川づくりに役立つものを以下のようにまとめた。

①微視的な流速分布の多様化の重要性：現在通常に行われているような1:500～1:100スケールの設計図面では魚介類の産卵、成長というような生息領域を作ることは極めて難しい。代表流速の設定や構造物の強度や堆砂対策などを大まかに設定した後は、できる限り1:1に近いスケール、つまり対象とする生物のスケールをもとに多様な流速分布を作り出すことを目指して設計することが水生生物の生息環境を創出するために極めて重要である。例えば、緩やかなカーブをつけた自然石張りの護岸工よりも、接続ブロック前面に消波

ブロックや巨石を一個ずつ点々と投げ込んだ護岸工の方が豊かな水生生物の生育環境を持つ場合が容易に起こりえるのである。

②水域と陸域を連続的に変化するような緩衝域の重要性：自然の河岸は陸域と水域が連続的に変化しているため、流量等が変化した場合でも、面的に安定した水際の水生生物の生育環境の確保が可能である。今回の施工例のように横断方向への広がり

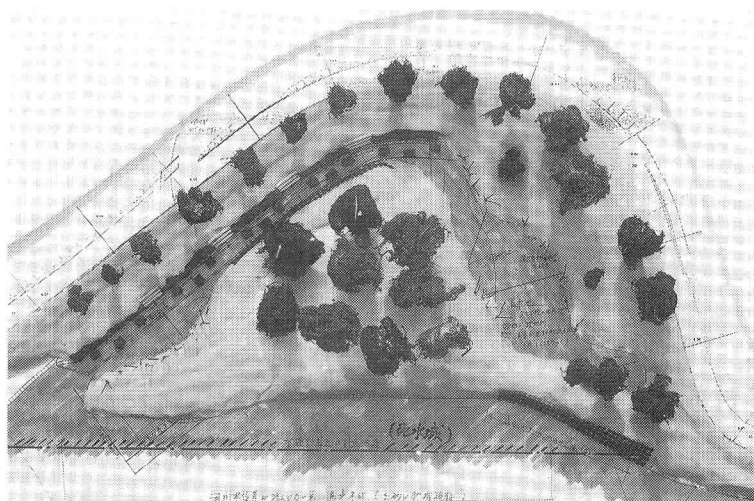


写真-3 模型を用いた水辺空間の設計例

に限られる場合は、水位変動に強い植生を水際に設けることや、水位変動に対応した構造を縦断方向に設けることなどにより、面的な広がりを持つ自然河岸に近い流量変化への対応を図る必要がある。そしてこれは、設置した多自然型護岸が長期にわたり継続的に機能するために特に重要であると考えられる。ただし、自然河岸でも追従が難しい流量変動もあるため、特定の生物の生育環境を位置を限定して確保する必要がある場合等をのぞけば、当該箇所の自然河岸の状況から推定される水位変動等へ追従できる程度の緩衝域を持てば十分と思われる。

5. 今後の課題

まえがきの繰り返しとなるが、多自然型川づくりは、川を取り巻く周辺の自然環境、地域の歴史・文化等を考慮して、地域にふさわしい川づくりの全体構想を作成し、個別箇所の整備を進めていくことが基本である。しかしながら、たとえば同じ機能を持つ河川整備を行おうとした場合、立案される整備計画は河川技術者同士でさえ大きく異なってしまう。これは、多自然型の河川整備のイメージは、その人が経験した河川空間のイメージに大きく左右されるためと思われる。また、施工中から施工終了直後の出来型管理や完成検査等では、当初目指していた機能が確保されているかどうかはほとんどわからないことも、同じ施工箇所を担当した河川技術者同士でさえ多自然型川づくりに異なるイメージを持ってしまう現状を生む原因となっている。前述したように完成後の一度の出水の影響で評価が大きく低下してしまうケースがある一方で、当初評価が低かったものが経年変化によって当初の予想を超える好成果を生じたりするケースも多いのである。そこで、建設省熊本工事事務所では、設計、施工、管理の各担当者と現場監督員および施工業者等の河川技術者同士が共通の認識をもてる作業方法等を検討を行っている。写真-3はその一例であり、平面図上に紙粘土等を用いて整備区間を立体化し、これによって水路幅の変化や水際の勾配等の認識を共有しようとしたものである。

今後の多自然型川づくりは広く一般の認知と指示を受けて実施していくことが求められてくると考えられる。これに対応するためには、生態系や景観への造形を深めること、周辺環境を念頭において整備目標を明確にすること、整備に当たって費用対効果の意識をもつことなどに加えて、整備する内容について共通認識を持てるような指標をどのように設けるかがもっとも大きな課題の一つであろうと思われる。