

植生群落の育成が可能な環境護岸ブロックの開発

DEVELOPMENT OF CONCRETE BLOCKS WHICH CAN CREATE COMMUNITIES OF VEGETATION AND RICH ECOSYSTEM

小松利光¹・島谷幸宏²・末松吉生³・福田尊弘⁴・甲斐洋一⁵・安達貴浩⁶

Toshimitsu KOMATSU, Yukihiro SHIMATANI, Yoshio SUEMATSU

Takahiro FUKUDA, Yoichi KAI and Takahiro ADACHI

¹フェロー 工博 九州大学大学院教授 工学研究科海洋システム工学専攻 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

²正会員 博(工) 建設省土木研究所 環境部河川環境研究室 室長 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

³正会員 東栄商興株式会社 代表取締役 (〒819-1132 福岡県前原市大字有田750番地)

⁴正会員 島根県松江土木建築事務所 工務第一課 主幹 (〒690-0011 松江市東津田町1741-1)

⁵正会員 福岡造園株式会社 代表取締役 (〒814-0155 福岡市城南区東油山1-10-2)

⁶正会員 博(工) 日本学術振興会特別研究員 九州大学大学院工学研究科 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

Recently, it has been expected to develop a method which not only can protect banks and beds of rivers but also can maintain ecosystems and natural landscapes. In response to these social requirements, we have developed a concrete block for revetment which is called the *Mother's Rock* and consists of a drainage space, a borrow material space and a water storage tank. The drainage space is filled with stones to drain well, and the borrow material space is planned to be filled with soil suitable for stabilizing plant vegetation. The water storage tank consists of stones and water which is used to keep the borrow material space wet effectively. Such three-layered system of the block makes it possible to create the communities of vegetation, the rich ecosystem and a variety of landscapes.

Key Words : concrete block for revetment, communities of vegetation, ecosystem

1. 緒 言

近年, 生活環境としての河川に対する人々の関心の高まり等を考慮して, 河川整備・管理に地域の住民の意見を的確に反映させられるシステムの構築が必要となってきた。

建設省でも, 国民の理解を得ながら社会資本の整備を図っていくため, 「公共事業の説明責任 (アカウンタビリティ) 向上行動指針」を策定し, 情報の共有化とコミュニケーションの推進, すべてのプロセスにおける評価の明確化などの4方針を掲げ, これに基づく20項目の施策を示している。そして来年度には事業評価システムを導入し, 2000年度末には全施策を実施する予定となっている。

このような総合行政の展開の必要性から, 平成9年6月に「新たな水循環・国土管理に向けた総合行政のあり方について」が河川審議会に諮問され, 今後は,

- ・流域を基本とした
- ・参加と連携を強化した
- ・地域の個性を活かした

「国土マネジメント」を目指して, 総合行政を推進していくことの必要性が示された。

大きな変革の時代と言われている昨今, 公共事業にも国民の厳しい目が注がれている。このようなときだけに尚更, 今後目指すべき河川整備のあり方ならびにそれを反映した現実的な整備方法を真剣に模索する必要があると思われる。

本論文ではまず, これからの河川整備の方向性を提示する。次に多自然型指向の現状において, 護岸ブロックの果たすべき役割を再検討・再認識するとともに, その基本理念を具現化した新しい環境護岸ブロックの提案を行う。

2. 河川整備に求められる姿

今後の河川整備を考えていく上で、いくつかのキーワードを挙げることができる。青山俊樹氏の言葉¹⁾を一部借りれば、「用」・「強」・「美」、それに生態系に責任をもつという意味の「生」を付け加え、この四つを兼ね備えた河川工法が必要と思われる。

「用」とは、地域の歴史・文化を反映し、地域の特色に合った多種多様な変化に対応できる工法を意味する。

「強」とは、災害に強い、より安全な国土づくりを意味する。環境・景観のみに重点を置くのではなく、国民の生命・財産の保全がまず最優先となる。

「美」とは、従来の画一的・直線的意匠ではなく、その地域にあった河岸形状が復元できる工法である。工事の前と後とで河岸形状が変わらず、護岸に植生が多種多様に配置でき、周辺の景観に馴染む必要がある。

「生」とは、生態系に責任がもてる護岸である。動物の生息条件・生息空間の確保、植物の立ち枯れ・根腐れの防止、日照面積・根の繁殖空間の確保、護岸内部に常時空気が、適宜水が供給できること、また多種多様な樹木の植栽空間が創出できるオープンスペースがあり、いわゆる高木・中木・低木や草花が生い茂ることができる構造が必要である。

3. 護岸整備の現状と護岸ブロックの果たすべき役割

河川整備における基本概念はそのまま護岸整備にも継承させることができる。治水「強」という最大の目標を掲げながら、同時に地域性「用」、景観性「美」、生態系「生」に対しても配慮の行き届いた河川整備が今後目指されるべきである。なお護岸整備を考える上で、対象護岸が急勾配法面か緩勾配法面かによって利用できる工法が大きく異なってくるため、以下にその特徴を整理しておく。

急勾配法面をもった河岸には天然の河岸と人工の河岸の二種類がある。急勾配の天然河岸は一般的には流水の浸食により生じたもので、湾曲部の外岸側や台地、山地の下刻部において見られる。天然の河岸には河畔林が育成し、下草には貴重な草本類が見られることもしばしばあり、生態系上・景観上優れていることが多い。この様な天然河岸は対浸食力の大きな岩などを除くと、流水の作用によっていつかは浸食され崩壊するが、その浸食速度等について十分な定量化がなされているとは言えない。そのため、浸食面後方に人家等守るべきものが存在する場合には、護岸工事が必要とされているが、従来の工法²⁾を用いたほとんどの場合において、貴重な河畔林や天然の法面が失われる結果となっている。

一方、人口密集地では用地の確保が困難であること

から、人為的に河岸勾配を急にせざるを得ないことがしばしばあり、やはり景観上や生態系の保全上、問題があることが多い。

急勾配法面の河岸防御工法の課題としては、十分な強度を持っていること、自然の3次元的な形態が保全できること、植生基盤が安定し水分が保持できること、景観的に周辺の環境になじんでいること、適用可能なコストであることなどが挙げられる。しかしながら、現時点でこれら全ての課題が満足される工法は未だ開発されていない。

一方、緩勾配法面に対する護岸工法に対しても新たな局面が生じている。既によく知られているように、河川護岸整備はコンクリート一辺倒に終止符を打ち、できるだけコンクリートを使用しない方向性の多自然型工法に移行してきた。しかしながら、防災に対する迅速な対処が求められていることから、最近になって建設省は都道府県や地方公共団体に対して、従来より存在する生態系を遮断しないような性能をもつコンクリートを積極的に採用するよう要請している。

このような状況下において、コンクリートブロックの果たすべき役割や使命は大変大きなものとなっている。急勾配法面に対しては従来存在しなかった環境保全・生態系育成型護岸を提供し、緩勾配法面に対しては多自然型工法の長所を損ねることなしに補強や修復対策を可能にするものとして、コンクリートの簡便さや強度・造形性を活かした製品の開発が強く望まれている。

4. 新しいコンクリート護岸ブロックの提案

(1) 設計上の基本コンセプト

これまでも、いくつかの環境護岸ブロックが開発されているが、夏場の日射の強い時期にはブロック内の土は乾き、植物が枯れてしまうといった深刻な問題点も指摘されている。これらの問題は、治水を絶対的なものとして環境機能を付録的に考える一次元的な発想に由来するものであった。このような限界を打破する新しいコンクリート護岸ブロックとして、「護岸域を治水(利水)空間と環境空間に分離するのではなく、この2つの空間を合体させる」ことを基本理念とした(図-1参照)、*Mothers Rock*と呼ばれる環境護岸ブロックの開発が行われた(以下、Mブロックと呼ぶ)。この護岸ブロックは、十分な護岸機能を有しながらも大地との連続性を保つという初期のコンセプトを活かし²⁾、植生の保護・育成機能、施工性、構造面(特に可撓性)のいずれに対しても飛躍的な改良が加えられたものである。

また、「良いものは高く」ではなく、「良いものをより安く」の考えから、製品単価(鉄線籠マットと同程度)やメンテナンスを最小限に抑えてトータルコストの削

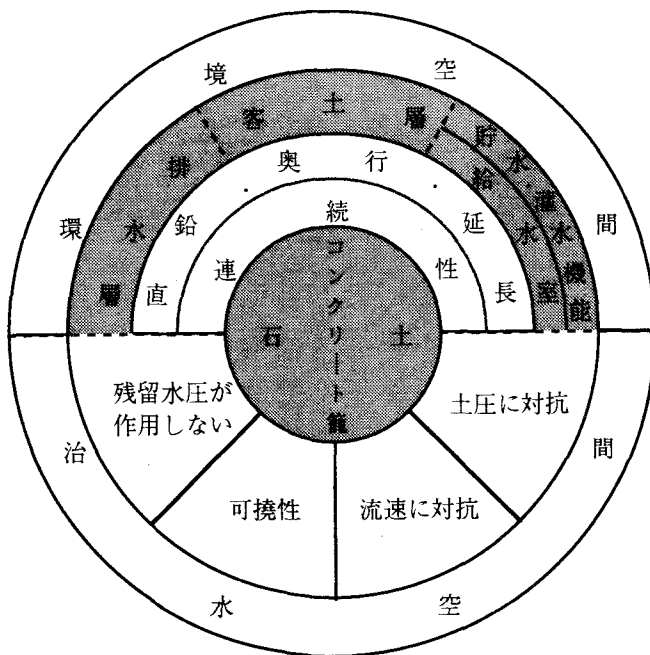


図-1 Mブロックの基本コンセプトの概念図

減を行っており、更に施工経験が乏しい人や重労働に不慣れな人にとっても施工が可能となるように製品の単純化・軽量化が図られている。

(2) 構造上の特徴

本ブロックは、「コンクリート籠型内に碎石およびり石を充填・転圧し、碎石類の重量とコンクリート籠重量から生じる上下境界面での静摩擦力で土圧に対抗させる」という点で構造上従来法²⁾と大きな違いを有している。この結果、以下のような著しい改善が図られた。

1. 排水能力が安定して確保されることから、残留水圧および客土の吸い出しが生じる危険性はほぼ完全になくなった。
2. コンクリート籠を下段のコンクリート籠の位置に全く関係なく積めるようになったため（上下段独立構造）、将来の地盤の変化に追従できるなどの可撓性に優れ、施工性も大幅に向上した。
3. 上記のように、碎石およびり石は本ブロックの強度面（治水面）でコンクリート籠とともに重要な役割を果たしているが、同時に排水層（環境面）をも構成している。このように「護岸空間を治水（利水）空間と環境空間に分離するのではなく、この2つの空間を合体させる」ことが実現されたため、製品単価やトータルコストの大幅な削減につながった。

(3) 生態系育成機能について

1) 三層構造

Mブロックは客土室と給水室および排水層の三層より構成されている（図-2 参照）。

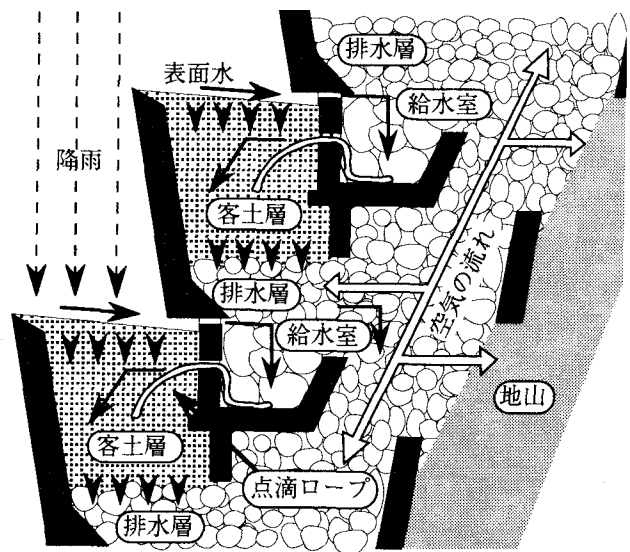


図-2 Mブロックの三層構造と水・空気の流れ

「客土室」は植物育成のための植栽土壌の部屋であり（奥行き40cm、深さ60cm、その内容土厚さ40cm、排水層の厚さ20cm）、高さ1.5m以下の低木類の植栽には十分な容量と言える。また、後述のように上記の標準タイプのブロックに加え、その複数倍の高さ、奥行きをもつ大型ブロックを組み合わせることも可能となるように改良がなされている。例えば、2倍サイズのブロック（客土室奥行き75cm、深さ120cm）では、客土厚さが95cm、排水層の厚さが25cmとなっており、高さ4～5m程度の高木の植栽も十分可能となっている。更に、客土層については河岸の延長方向に連続性が保たれているため、植物の根や土中生物に広々とした空間を提供している。

「給水室」にはがり石が詰められていて、石と石の間の隙間が昆虫や小動物などの生息空間になると同時に降雨等の水を一時的に貯水し、客土室へ水分を補給する。

「排水層」は碎石（40mm～20mm）を敷き詰めた層であり、排水性と通気性に優れている。

以上の3つの部屋はそれぞれ土・石・連通孔などを介して前後左右上下あらゆる方向に繋がりをもっている。更に、地山と外部の連続性まで保たれており、これらによって新鮮な水と空気の流通ならびに生物の往来空間が確保されている点は、他の護岸ブロックにはない最大の特徴であると言える。

2) 点滴灌水システム

植物の育成に不可欠な水の供給は当然雨水に頼ることになるが、夏場の渇水期には雨水だけでは不十分であり、急勾配法面での水の取り込みは困難を極めるこ

とが多い。そこで当ブロックでは雨水をブロック内に一時的に貯水し、その水を客土内に徐々に浸透させて、雨水を無駄なく利用する点滴灌漑システムを構築した。

この方法は、給水室に一時的に貯水された水を点滴ローブにより毛細管現象を利用して客土内に徐々に浸透させるもので、以下のような利点を有している。

1. 渇水期や日照が続くと客土表面が固くなるため、夕立等の一時的な降雨があっても水分の地中への直接浸透はあまり期待できない。一方、本ブロックでは、万一客土表面が固くなったとしても、それ以前の降雨の際に表層を流れて内部の給水室に貯留された水分の灌水により、全客土層に十分に水分を浸透・補給することが可能となっている。このように、比較的安定して水分を客土層に供給できることから、客土表面が乾燥して硬化するのを緩和する働きがあり、従って降雨時に広い表面積から水分を土中内部に取り込む機能を長期的に保持することができる。
2. 土壌に適度の湿り気を与えられる一方で、余剰水は速やかに排水層に排出されるため、根腐れの原因になる滞水を防ぐことができる。
3. 水の移動や浸透により、土壌内の新鮮な空気の流通を促進することが可能となる。
4. 昆虫や小動物の排泄物、屍骸などの栄養分を水と一緒に取り込むことにより、土壌をより一層活性

化できる。

5. 夏季のコンクリートの蓄熱作用の緩和に役立つ。

これらの有用性は種々の実験結果からも示されているが、本論では5章において現場施工の結果を用いてその一部を示すことにする。

(4) 植生群落の創造

従来の緑化ブロックとして、上面が開口した箱形のブロック本体に客土を充填し、植生を施して段積み施工するものがある。しかし、緑化ブロックの大きさが全て同一の場合には、単調な景観が形成されやすいこと、また充填できる客土が一定量に統一されるため、植栽可能な植物が限定されるといった問題が指摘されていた。このような多様性の乏しい植栽は、景観上問題があるだけでなく、脆弱な生態系しか創出し得ないため、生態系育成機能の面から見ても限界をもつものであった。

そこで、この問題を解決するために、基本サイズの2倍の高さとなる大型サイズの植生用ブロックを、基本サイズのブロックと任意に組み合わせて段積みする方法を今回新たに考案した。このような異なるサイズのブロックの組み合わせは、4-(3)節で既に紹介したように、従来の各段の上下一体構造²⁾を独立構造に変えることによって初めて可能となったものである。

大小様々な植生用ブロックの組み合わせは、景観上の単調性・画一性を排除できることから、護岸法面の美観を高めることができる。大型サイズの植生用ブロッ

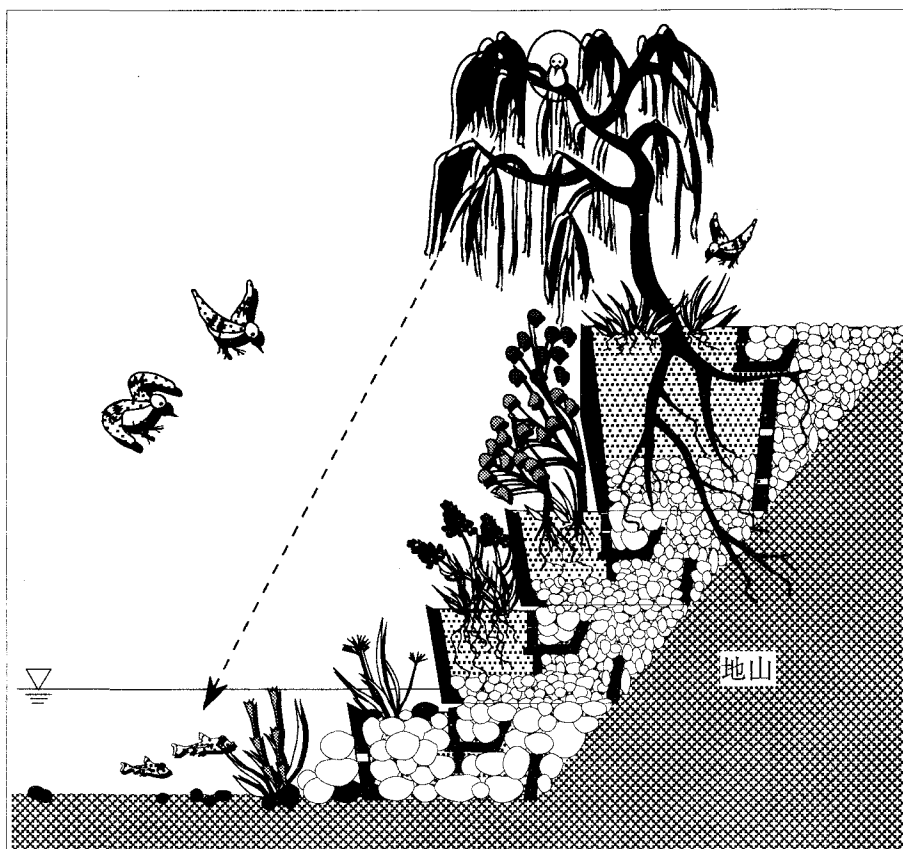


図-3 異なるサイズのブロックの組み合わせによる多様な生態環境（特に植生群落）の創造

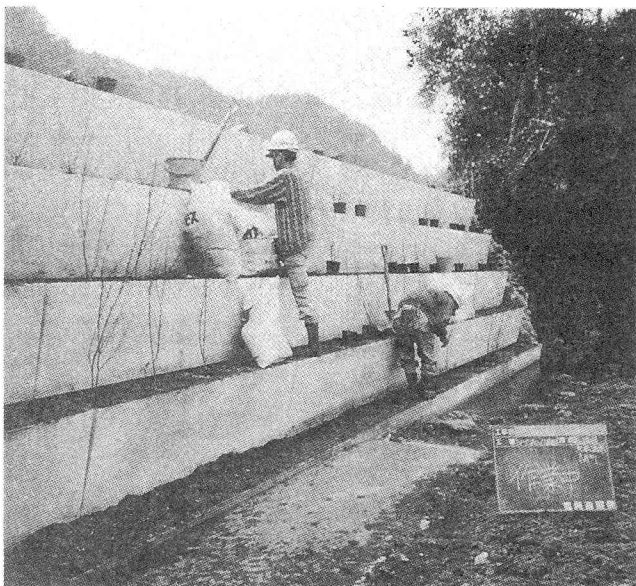


図-4 M-ブロックに植栽されたネコヤナギ（植栽直後）

クは、景観上のアクセントとして役立つだけでなく、大量の客土を充填できるため比較的大きな木まで（例えば柳など）植生することが可能となる。この高木によって創出される大きな日陰は、虫や爬虫類等の小動物、更に鳥類も好んで生息する空間を作り出すことから、豊かな河川環境の形成に重要な役割を果たすことになる。生態種の乏しい環境はどうしても脆弱な生態環境しか生み出せないが、大小のブロックを組み合わせることにより、高木から草花、昆虫から鳥類などといった多種多様な動・植物の生息空間を創造・育成することが可能となってくる（図-3 参照）。

5. 施工状況の紹介

Mブロックは長崎県の吉井川において、既に現地施工されているので、次にその概要を紹介する。

Mブロックが施工された場所は元々は自然護岸の湾曲部外岸側（左岸）で、出水により大幅に侵食が促進された地点である。このため、平成11年2月に高さ60cm、巾200cm、奥行き105cmの同一サイズのMブロックが、上下方向に7段、流下方向に7列配置された。河岸侵食対策という本来の目的に加え、今回、1) Mブロックの施工性の良さの確認、2) 実河川河岸におけるMブロックの治水効果の確認ならびに植生繁茂状況の観察、3) コンクリートの色彩や材質感、また景観上の配慮を全く行わない場合の周辺風景との調和状況、4) Mブロックの強度の実証、の4項目について調べることを念頭に置いて現場施工がなされた。したがって、今回は、4の(4)節で紹介された異なるサイズのブロックの組み合わせや、コンクリート籠表面の加工等の景観上の工夫は全くなされていない。

現地施工は平成11年2月に完了し、施工完了直後（2

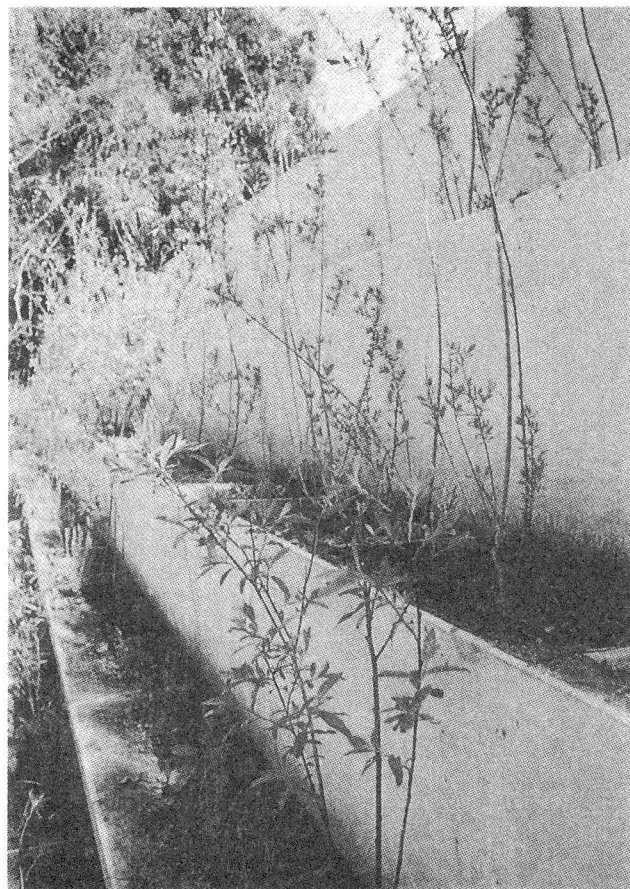


図-5 ネコヤナギの繁茂状況
（H 11 年 4 月 15 日：施工後約 2 ヶ月）

月10日）に高さ1m程度のネコヤナギがブロック枠毎に0～3本の範囲でランダムに植栽された。今回のブロック設置地点は湾曲部で施工が比較的困難な地点であったが、構造面そのものの改良や図-6に示すような流下方向へのコンクリート籠の接続方法の工夫による可撓性の強化等の効果もあって、施工に当たって特に問題は生じなかった。ブロック内の客土には、施工地点のすぐ隣りの水田の土壌に肥料を混ぜたものを用いた。また、施工後、施水は全く行われず、客土への水分は雨水からのみ補給された。植え込み直後の状況を図-4に、およそ2ヵ月後（4月15日）のネコヤナギの成長の様子

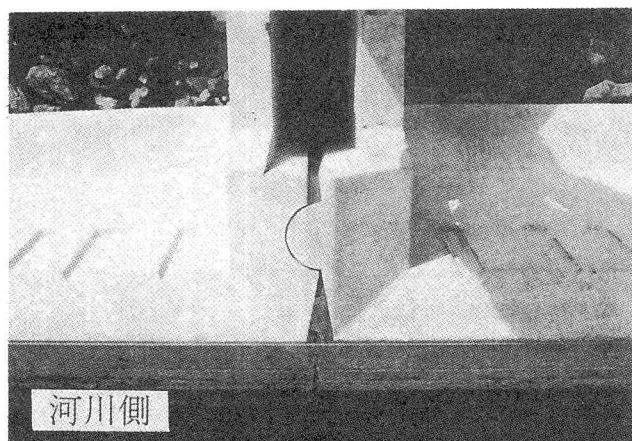


図-6 コンクリート枠の接続方法

を図-5に示す。2カ月もの間、全く水分や栄養分の人工的な補給を行わなかったにもかかわらず、ネコヤナギはしなびたりすることもなく成長した。またその周辺には雑草等も次第に繁茂しつつあることが確認されている。ネコヤナギの茎の太さ、背丈、枝葉の繁茂状況のいずれをとってみても、ネコヤナギの成長の様子が写真より容易に見て取れる(背丈に関しては、最大のもので1.6m程度にまで成長していた)。また、ブロック内の客土はいずれも適度な水分を保っており、数日間晴天が続いても客土の表面においてすら全く乾燥する兆候は見られなかった。実際、客土上に立って表面の土を踏んでみても、水分補給により十分土壌の柔らかさが保たれていることが確認された。

このように、現在までのところ、灌水効果ならびに植生繁茂状況については、期待通りの結果が得られているため、これから到来する夏場の本格的な日照りや渇水に対しても本ブロックの灌水機能が十分発揮されることが期待される。ところで、施工場所の周囲は完全な自然の護岸であったこと、現時点では植生がまだ十分成長し切っていないこと、今回は植栽以外の景観上の工夫を全く行わなかったこと等の理由により、Mブロックの本施工と周囲風景の間の景観上の調和については、まだまだ改良すべき点があると思われる。そこで、施工直後や冬枯れにより植生の景観的な寄与が小さくなった場合も考慮に入れて、ブロック表面の色彩やテクスチャー、更には大小のブロックの配置方法等について現在検討を行っている。

7. 結論

本論文で得られた結論は以下のようである。

- 1) 治水「強」という最大の目標を掲げながら、同時に地域性「用」、景観性「美」、生態系「生」に対しても配慮の行き届いた河川整備が今後目指されるべきであることが提示された。

- 2) 急勾配法面河川と緩勾配法面河川それぞれの特徴や問題点、更には今後の護岸整備の方向性が示唆された。
- 3) 「護岸域を治水(利水)空間と環境空間に分離するのではなく、この2つの空間を合体させる」ことを基本理念として開発された、三層構造からなる環境護岸ブロックが提案された。
- 4) 「コンクリート籠型内に碎石およびぐり石を充填・転圧し、碎石類の重量とコンクリート籠重量により生じる上下境界面での静摩擦力で土圧に対抗させる」ことにより、可撓性や施工性の大幅な向上、コストの削減が達成できた。また、大きさの異なるブロックを任意に組み合わせて用いることより、植生群落や多様な景観の創出が可能となった。

なお、Mブロックはコンクリートの使用を最小限に抑えた枠工法であるため、コンクリート籠の背面壁を後付けにすることで、既存の岩や石さらには大きな樹木などを計画護岸内に取り込んで残すことも可能になっている。既存の景観対象物や自然環境と共存できる護岸整備手法は、自然保護というだけでなく個性を喪失しやすい護岸整備においても地域性の温存を可能とするため、今後このような機能が強い社会的ニーズとなっていくものと思われる。

参考文献

- 1) 青山俊樹：新たな河川行政の展開に向けて、河川, 1月号, pp.7-8, 1999.
- 2) 小松利光, 中村由行, 末松吉生, 柴田敏彦, 森昌樹：生態系保全・育成機能を有する護岸ブロックの開発, 第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp.113-120, 1997.

(1999.4.26受付)