

V-24

近自然工法におけるコンクリートブロックの適用法

北海道大学大学院 学生員 和田 直也
北海道大学工学部 正 員 佐伯 昇
北海道 正 員 野坂 俊夫
北海道大学大学院 学生員 徳重 英信

はじめに

近年、環境に対する問題が重要視されてきており、その中に河川の護岸材料の一つとして用いられるコンクリートブロックの問題が挙げられている。洪水の恐れが少ない農村地域の中小河川において、水棲昆虫や魚が生息できる場を提供するためには、従来から施工されてきたコンクリートブロックによる三面張り護岸を見直す必要がでてきた。¹⁾そこで著者らは、自然環境の要素をできるだけ取り入れた”近自然工法”の一手法としてPoint Fix工法を考案した。¹⁾²⁾

本研究は、この工法により新規施工された帯工No. 4、No. 5、護岸工No. 2において、そこで用いたコンクリートブロックが周辺の生態系に及ぼすものとして、コンクリート面から溶出するアルカリ分に着目し、場所、経過時間ごとに調査した結果を示す。

試験施工

平成6年11月から12月にかけて、Point Fix工法による帯工No. 4、No. 5、護岸工No. 2を施工した。この工法は、川の蛇行による砂州の移動を停止させるため、帯工を固定点とし、洗掘が予想される場所にのみ護岸工を施すものである。¹⁾²⁾河川工学的には、板倉研究室(北大工学部)の指導を受けた。

帯工No. 3から38m下流(Sp645)帯工No. 4を敷設し、ここに普通コンクリートブロックを用いた。これは、自然石に似せた大小8個のブロックを、ワイヤーで連結し構成したもので、一つの製品は幅1.0m×1.0m厚さ0.2mである。この圧縮強度は、300kg/m²である。帯工として、これを、一列に五つ(5.0m)並べ、片側の河岸で八列、40個を用いた。ブロック間は、互いに四角をボルトによって固定し、幅5.0m長さ8.0mのフレキシブルな連続した構造である。帯工兩岸の勾配は、1:2(約35度)とした。河川の平面図をみると、帯工を現河道に沿うように堤防に平行な直線軸から、反時計回りに10.5度の振り角をつけた。河床にはφ0.5~0.6mの自然石を用い、幅5.0m長さ5.0m厚さ1.5mとした。(写真-1)

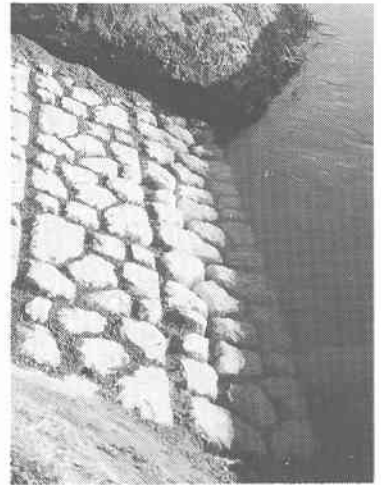


写真-1 普通コンクリート

帯工のNo 5は、Sp605の地点(No. 4下流40m)に敷設した。川幅、河床幅、そして河岸勾配はNo. 4と同値である。帯工として、ふとん籠を用いた。中の材料には、玉石の代わりに廃コンクリートを用いた。ふとん籠は、No. 1~No. 3と同仕様である。廃コンクリートは、破碎してふるいにかけたものを用いたが、一辺がφ0.05~0.5mまでである。平



写真-2 廃コンクリート

An Application of Concrete Block by Near Nature-Hydraulic Construction
by Naoya WADA, Noboru SAEKI, Toshio NOSAKA, Hidenobu TOKUSHIGE

均するとφ0.3m程度である。帯工の振り角は、時計回りに8.5度である。(写真-2)

護岸工No. 2は、Sp578～Sp588の右岸にL型の透水性コンクリートを10m施工した。これは、護岸工No. 1と同様に土中に埋め込んだもので、河岸からL型の側面まで2.5m、地上高からL型底面までが3.2mの位置に設置した。この形状、寸法は護岸工No. 1と同じ²⁾で、透水係数は、0.4cm/sである。上部には帯工No. 5で用いたふとん筆を幅5.0m長さ3.6m敷設した。河川勾配は1:2とし、のり面に柳止工を施した。(図-6)

調査及びその結果

試験施工の項目で述べた、普通コンクリート、廃コンクリート、L型透水性コンクリートの三種について、任意の場所、時間ごとにコンクリートブロック周辺のアルカリ分の測定を行った。水が接触すると、コンクリートがアルカリ性を示すのは、コンクリート中の水和成分である $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が水に溶解、 Ca^{2+} と 2OH^- に解離するためであることは知られている。このアルカリの値はpH（水素イオン濃度）で表され、セメントと水を練り混ぜると注水直後には、pH値が12～13程度となるのが一般的で、コンクリート硬化後も静水中に浸水した場合、コンクリートに接する水は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の溶出により、12以上の強アルカリを示す。³⁾植物への影響としてはこのpH値が、4以下または9以上になると、植物根の細胞の代謝が乱れ養分吸収は低下し植物の生育が悪くなる⁴⁾と示されている。また、河川水質の環境基準としてpH値が6.5～8.5の間であれば、生活環境を保全できる⁵⁾と定められている。そこで本研究では、pH値の許容限度を8.6とした。pH値の測定は、ポータブルpH計を用い、現地で直接pH電極を挿入する方法をとった。現場での施工は、片側の河岸ずつ行い、帯工No. 5右岸、No. 4右岸、No. 4左岸、No. 5左岸の順で行った。測定は、任意の時間ごと連続して行い、コンクリートブロックを敷設した時点から開始し、施工終了後、許容限度以下になるまで続けた。図-1, 3に測定場所を示し、帯工No. 4右岸と帯工No. 5左岸についてpH値の調査結果を図-2, 4に示す。

図-1においてAは、流水中の川の水のpH値の測定地点である。これをpH値の基準値と見なした。B, C, Dは、それぞれ帯工の下部、中央部、上部（写真-1参照）で同じ深さを示し、施工中の湧水に5～15cm程度pH電極が浸かる位置で測定を行った。それぞれ一箇所の地点で、三回の測定を行い、図の縦軸方向一列にこの測定値をプロット（三点）した。図-2は、各測定場所で経過

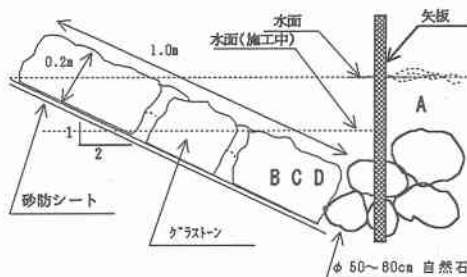


図-1 普通コンクリート 測定断面図

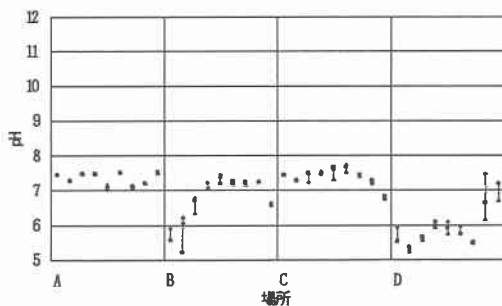


図-2 普通コンクリート pH結果

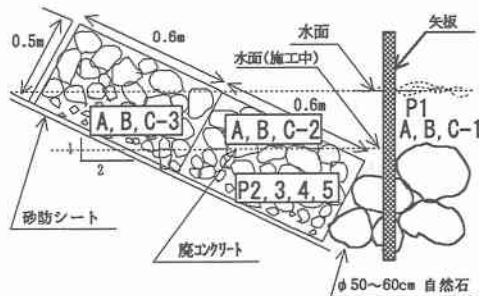


図-3 廃コンクリート 測定断面図

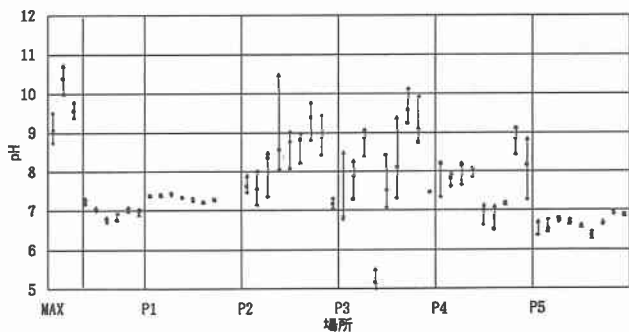


図-4 廃コンクリート pH結果-(1)

時間ごとにpH値の変化を表したグラフである。三点間を結んだ線の長さは、pH値のばらつきを示している。経過時間はおおよそ7時間である。この図において、A地点の7番目から9番目までのデータと、D地点の7番目から9番目までのデータは、工事終了後、図-1中の矢板を撤去した後(10分後)にpHを測定した値である。

図-3は、図-4, 5中の測定地点を示している。図-4は、施工中のpHの値を矢板(図-3)を撤去するまで(施工後20時間)、2~4時間おきに測定したグラフである。測定場所は、P1地点が川の流水中で、P2, P3, P4, P5はそれぞれ、帯工上部、中央部、下部、そして下流部の排水用ポンプ付近とした。

(写真-2参照)一地点につき、三回測定を行い図-4の表示形式は図-2と同様である

図-5は、施工後1日目(矢板を撤去)から、23日目までのpH値の時間変化を示している。測定場所は、帯工上部よりA、中央部がB、下部がCの三箇所と、川の流水中が1、流水中の帯工の間が2、帯工の奥の静水中が3の三箇所、A-1からC-3まで九地点の測定を行った。一地点につき、三回測定を行い図-5の表示形式は図-2と同様である。

護岸工No. 2の測定は、Sp578付近の図-6に示してある場所に、直径0.1mの穴を垂直方向に約2.0m掘り、深さごとに土中のpHを測定した。このボーリングによるpH調査は、掘削した穴にpH電極を直接挿入する方法を試みた。結果を図-7に示す。

考察

図-2のAにおいて、川の水のpH値は7.5前後の安定した値を示した。この値は、施工後矢板を取り除いてからコンクリート表面、約1.0cmの位置で測定したpH値(図-2のAの8番目と9番目の値)とほぼ同じであった。また、矢板を撤去した後にコンクリートブロックの間を測定した(図-2のDの7, 8, 9番目の値)が、7.5を上回る値は示されなかった。図-2のDにおいて、5~6程度の低い値を示したが、これは施工中、C地点付近で、矢板の継ぎ目からの湧水がありC地点からB地点方向に水が流れたためである。つまり、D地点では、水の動きがほとんどなく泥が混ざ合わされた状態を測定した。この状態でのpHの結果は、図-2のB地点での初期にも同様にみられる。図-2のB, C地点で、9番目の値が7.00以下であるのは、設置後普通コンクリートブロックの間に土を入れたためであると思われる。

帯工No. 4全体のpH調査の結果、施工中、及び施工後のpHの最大値が、川の水とほぼ同等の値を示した。これは、普通コンクリートから抽出するアルカリ分の量が少ないことと、溶出したアルカリ分が、川の水の流れによって簡単に拡散されてしまうことなどが考えられる。コンクリートブロックを敷設した場所の水面と河床面の比率はおおよそ1:1であり、施工後の浸水面積は、片側の河岸で5.0m²(浸水の長さ約1.0m×帯工幅5.0m)であった。接触水量についての報告に、pH値の最大値は、接触水量が少ない方が高い値を示す⁸⁾とされている。

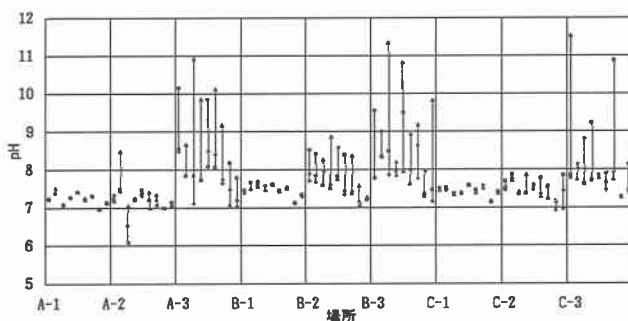


図-5 廃コンクリート pH結果-(2)

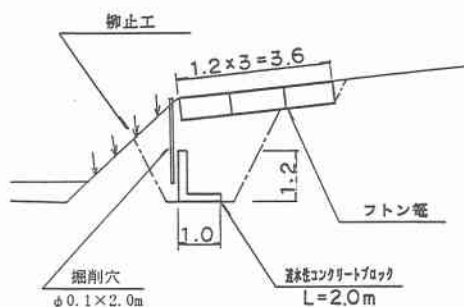


図-6 L型透水性コンクリート 断面図

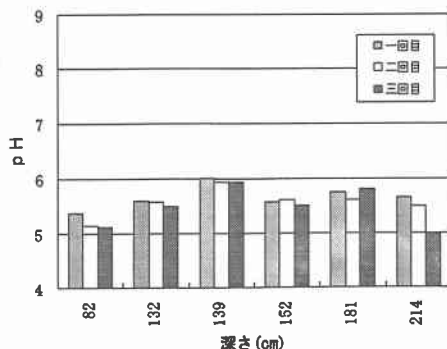


図-7 L型透水性コンクリート pH結果

る。これより、今回の施工程度の規模のコンクリート量では、この周りに接触している水において、pH値の極度の上昇はないことが明らかである。また、ここで用いた普通コンクリートは、施工日の一ヶ月近くまえから現地に運び込まれており、その期間自然環境条件で曝露されたことになる。空気中での曝露期間の影響に関する報告に、中性化試験結果によると、脱型時あるいは脱型後4日間空気中に曝露したものでは、フェノールフタレイン溶液の塗布によって供試体表面は赤変したが、脱型後25日間空気中に曝露した供試体では、供試体表面が部分的に赤変せず、pHは10以下に低下していたと考えられる。空気中に曝露することにより炭酸화가進行することは事実であるが、フェノールフタレイン溶液による判定では、供試体表面が部分的に炭酸化した程度と考えられる⁷⁾と示されている。これより、コンクリートブロックの表面の炭酸화가促進し、アルカリ分が低下したことが考えられる。7)の論文は、空気中での曝露であり、現地では雨や風などの自然環境により、より一層の炭酸화가進行したものと考えられる。

図-4のP1のpH値は、7.5程度の安定した値を示した。P5は排水用ポンプがある場所であり、かなり濁った水の測定であった。P2, P3, P4の測定結果より、時間とともにpH値の上昇が確認できる。特にP2地点においてその変化は顕著である。これは、湧水がP2地点付近(帯工上部)であり、濁った水によるpH値低下の影響が早期に緩和されたためであると思われる。帯工No. 5全体のpH値は、ある特定の部分で許容限度の8.6を越えた。最大値は10.72を記録している。これは、水と接触している廃コンクリートブロックの表面積が大きく多量のアルカリ分が折出したこと、廃コンクリート間は流速が著しくおそく、拡散しにくいこと、現場で用いる粒径の大きさに破碎してからの曝露期間が短いことなどが挙げられる。また、現場にて廃コンクリートをふとん籠に入れるとき、再度破碎したり、破碎したときにでるコンクリートの粉と一緒に入れたためであると思われる。図-4のP3地点の4番目の測定で、pH値が5.00以下になった。この原因として、廃コンクリートと一緒に入れられた鉄筋の影響であると思われる。

図-5においても、局所的に高いpH値がみられたが、23日間の測定で全体的にpHが低下していることが分かった。しかし、帯工内部の多くの地点で、許容限度としたpH値8.6を大きく上回った。最大値は11.51であった。この原因についても、図-4と同様であると思われる。測定地点A, B, Cを比較すると、全体的にpH値の大きさはB>C>Aの順であり、図-4のA-2, B-2, C-2を比べると明らかである。これは、水の流れがAからCの方向であることと、Aの上流とCの下流にある土の影響だと思われる。(写真-2参照)

図-7より、現場の土のpH値は5.5程度であり非常に低いことが分かる。深さ方向によるpH値の大きな変化はみられなかった。

まとめ

1) 普通コンクリートブロックから溶出するアルカリ分は極めて少なく、約7時間の計測中、どの地点においてもpH値は許容限度8.6以下であった。また、河岸の土が酸性のため施工中に、pH値の低下が見られた。以上より、普通コンクリートブロック面から溶出するアルカリ分は、この周辺に生息する動植物に悪影響を与えるものではない。

2) 廃コンクリートは、調査期間内(23日間)で、流れている水のpH値に大きな悪影響を与えるものではないが、流れの遅い帯工内部のコンクリートブロック間の一部分で許容限度8.6を越えた。このpH値は、経過日数ごとに低下しているが、23日目の最大値は、9.83を示した。これは、周辺の生態系に少なからず影響を与える可能性がある。今後この原因を追求し、全域に渡って均一に許容範囲内である条件を示すことが研究の課題となる。

3) 河岸の土壌は、酸性(pH値5.5程度)であり、土中に埋め込んだL型透水性コンクリートのアルカリ分は、その周辺に生息する生物に悪影響を与えるものではない。

参考文献

- 1) 佐伯、和田、野坂、徳重：近自然工法によるコンクリートブロックの適用についての2, 3の実験
土木学会北海道支部論文報告集 第50号、PP. 1008-1011, 1994. 2
- 2) 和田、佐伯、野坂、徳重：近自然工法によるコンクリートブロックの適用について
土木学会 第49回年次学術講演会講演概要集 V部、PP. 616-617, 1994. 9
- 3) 徳根 吉朗：セメント・コンクリート化学
- 4) 土質工学会編：緑化、植栽工の基礎と応用
- 5) 日本分析化学会北海道支部編：水の分析
- 6) 松村 亘：水質と水棲生物に及ぼす護岸コンクリートの影響についての2, 3の実験
土木学会 第48回年次学術講演会講演概要集 V部、PP. 412-413, 1993. 9
- 7) 関 博：コンクリートを浸漬した海水のpH変化について セメント・コンクリート No. 360, Feb. 1977