

河川護岸を形成するコンクリート製品の変遷に関する研究

Design Research on Historical Transition of Concrete Products forming River-bank Protection Works

田中尚人^{*1}・川崎雅史^{*2}

by Naoto TANAKA and Masashi KAWASAKI

1. 研究の背景と目的

河川を対象とした景観・デザインに関する研究は、中村・北村らによる広島太田川基町環境護岸の設計¹⁾を嚆矢として、実践的なデザインと直接関わり、また時にそれを支援する設計原理を確立するための着実な研究が蓄積されてきた²⁾。篠原・伊藤らは河川微地形の形態的特徴に着目し³⁾ 平水時の河岸・寄洲の調査を行い、河川風景主義に基づく設計手法の提案を行った。近年では、岡田・天野ら⁴⁾が、河川空間における設計理論や設計手法の妥当性を追跡調査し、砂州などの形成に着目し、構造物整備に伴う河川環境の変化を考慮する必要性を指摘している。河川の景観・デザインは、工学的見地に基づいた総合設計であり、自然地形を規範とし人間行動を含めた生態系との調和が求められる。このような河川の景観・デザインの基壇的な役割を果たす護岸素材については、島谷らの一連の研究^{5) 6) 7)}がある。また中村は、時間による素材の変化の重要性、ものづくりにおける素材の適切な選択の重要性を述べており⁸⁾、素材は人と河川の関係を考える上で考慮すべき必須の要素であると考えられる。

そこで、本研究では以上の研究の成果を踏まえ河川景観における適切な素材の使用を考えるための基礎的な研究として、河川護岸を構成する素材に着目し、文献資料及びヒアリングをもとに近年日本の川づくりにおいて問題視されているコンクリート製品の開発経緯について調査し、その変遷を概観した。コンクリート製品は、近代から現代にかけて河川護岸における中心的存在として使用され、素材の持つ可塑性の高さという特徴をよく反映し、様々な機能を特化させた造形が見られるので、各時代の人々の景観に対する要請を概観することが可能となる。

2. コンクリート製品開発までの経緯

本章では、次章で詳しく述べる1960年代から本格化するコンクリート製品開発までの経緯を把握するために時代に沿って、(1) コンクリート使用以前の河川護岸の様子、(2) 河川護岸における現場打ちを主としたコンクリートの使用を工学書等の文献・資料より調査した。

キーワード：景観、河川計画、土木史

^{*1} 学生員 修士(工) 京都大学大学院工学研究科
環境地球工学専攻 博士後期課程

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL&FAX 075-753-5123)

^{*2} 正会員 博士(工) 京都大学大学院工学研究科 同専攻 助教授

(1) コンクリート使用以前の河川護岸

まず、現場打ちによるコンクリート使用が主流となる以前の河川護岸の概要を把握するために、『明治以前日本土木史』⁹⁾をはじめとする、土木史の代表的な文献・資料を整理した。

河川護岸にコンクリートが使用される以前、土・木・石を中心とした自然素材を使用するしかなかった頃の土木技術では大規模な築堤は難しく、江戸時代に入ると漸く各地に特異な発達をした工法が全国的に普及し、その後川除普請の共通仕様が要求された。明治維新を迎えると地域性を持った川除技術が中央に集まり集約されていく傾向に拍車がかかり、外国人技術者たちによるオランダ方式の低水工事技術が導入されたが、河川護岸に用いられる素材としては、やはり現地調達可能な自然素材が中心であった。

(2) 河川護岸におけるコンクリートの使用

次に、土木学会編纂による『日本土木史』の各編^{10) 11)}をはじめとする文献・資料を整理した。この中で、特に山本の『日本の水制』¹²⁾は、河川護岸と非常に関係の深い水制工について、土木史的かつ河川工学的に鋭く考察した文献であり、本研究がこれに負うところは非常に大きい。本節では1910年(明治44)全国の主要河川に第一次治水計画が策定され、高水工事が本格的に導入された1920年代から、コンクリート製品の使用が一般化した1960年代までの河川工学に関する代表的な工学書を紐解き、河川護岸におけるコンクリートの使用を景観・デザイン的な側面から把握した。

(a) 眞田秀吉『日本水制工論』¹³⁾ 1922.5

本書は戦前に書かれた名著とされ、わが国に残る古来からの技術書や資料を基に、護岸・水制の歴史的な発展改良が詳述されており、護岸は「堤防又は河岸の侵蝕を防止せんが為施設するものにして、舟船の係留に供する時は、水深を維持する工法を採り、普通の場合には、沈殿を促進せしむる工法に依るものとす」と、低水工事を意識して定義されている。

第二編「発達論」では、伝統的な工法である石張工、石積工、玉石張、蛇籠張に加え、現代の河川護岸の基礎となる石詰コンクリート法砕工、植石コンクリート張(写真-1)、玉石コンクリート張(写真-2)、コンク

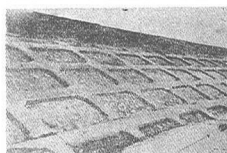


写真-1 植石コンクリート張
(『日本水制工論』より)



写真-2 玉石コンクリート張
(『日本水制工論』より)

リート張、ブロック張等のコンクリートを用いた工法について記述している。また、護岸については石張を主流とし、コンクリートの使用についても肯定的に述べているが、護岸表面が平滑になることを喚起し、表面に植石をすることの必要性を強く述べていることが、先見的で興味深い。また、コンクリート製品の先駆けとも言えるコンクリートブロック単床については、鉄線の腐食問題を指摘しているものの、その利は認めており将来技術開発が進めば相当普及すると評している。

(b) 宮本武之輔『最新河川工学』¹⁴⁾、1939.2

本書では、第2編「高水工事」第6章「護岸」において、「護岸は河岸または堤防を保護して流水による浸蝕を防止するためにその法面に施設する工作物であって、複断面の場合には河岸保護のために施設するものを低水護岸、堤防保護のために施設するものを高水護岸と言う」と複断面の断面が想定され、法柵工、籠工、石張工等と並び、コンクリート工の項を設けている。

コンクリート張工（concrete pitching）は「水勢相当に強く、而も石材に乏しい箇所に施工」されるとし、工法、コンクリート配合、施工などについて詳述しているが、真田の著書と同様に表面が平滑すぎることを欠点とし、粗度を増す工法として、表面に径12～15cmの玉石の長手をのり面に直角に植込む豆板工、玉石の代わりに雑割石を使用した植石工を紹介している。

また、プレキャストの先駆けと考えられる「場所詰コンクリート張の代りにコンクリート・ブロックを以て法面を張立てる」ブロック張工、「長方形のブロックに予め2箇の小孔を設け、これに鉄線を通して廣い簾のように編んだ」ブロック単床（block mattress）についても記述し、戦前の河川護岸工法の発展を示している。

(c) 安藝皎一『護岸水制』¹⁵⁾、1943.12

1943年（昭和18）という戦時体制下で「国土建設技術新書 河川篇8」として配本された本書は、「河川篇1 治水」と併せて、戦後も日本の河川に対する基本的な姿勢となる総合的な治水対策工法について述べており、河川護岸は、その河相と照合して、目的に適した工法を考えることが肝要である¹⁶⁾と述べている。

[3] 護岸水制の発展では、現在の河川工法の主流である河川護岸よりも、牛類、杵類、出し類等の水制工の記述が多く見られ、[3.5] 護岸類は目次には記載されていない項目であった。

コンクリート張については、(1) 法覆にて、自然素材を用いた芝工、柵工、柳枝工、礫掛工、立籠、石張工、に続いて、「適当な石材が入り困難な場合にはコンクリート張とする。これには既製のブロック張と場所打に依るものとがある。」と記述し、特にブロック張については、米国ミシシッピ川において適用された「ブロックを鉄線で連結したピツクスブルグ式」と「コンクリート版を積み合わせたメンフィス式」について触れ、最後に北海道の石狩川のコンクリート単床についても記述し、当時の技術者たちの目が広く海外に向いていたことを示している。

(d) 山本三郎『河川工学』¹⁷⁾ 1958.12

本書では、コンクリートブロックについての詳しい記述が見られ「形状寸法やブロック間の連結にいろいろの考案があって既に各種各様の特許工法もあり、この種のもは従来から盛んに各地で用いられている」とし、戦後10年の間にコンクリート製品の開発がかなり進んだことが読みとれる。その長所として、

1. ブロック1個の重量が通常30～50kg程度であり、一人で運搬するのに都合がよい
2. 石材の豊富でない地区には有利な工法で張立積上に特殊技術を要しないので割合単価は安くすむことをあげ、欠点として、
 1. 一般にブロック間の抱持作用が間知石などに比べ小さいので裏込の吸出しやのり面の狂いを生じやすい
 2. 勾配を変えたり曲面に張立を行うには不便が多い
 3. 屈撓性に欠けるうらみがある

ことをあげている。また、「コンクリートブロックは大きさ、形状などを自由に選び得る利点があって木工沈床などとだいたい同じ目的で使用され、強度も、耐久度も他の工法に比しはるかに大きく、工費も割合安く、いろいろの工夫が加えられてきている」と記述し、戦前に再三喚起されていた護岸表面の平滑さについては技術開発が進んだものと考えられ、コンクリートブロックに大きな期待を示している。

以上のように、明治初期までの自然素材を中心とした低水工事から、漸次高水工事に移行するにあたり、コンクリートは石材に代わる貴重な河川護岸の形成素材として注目され、様々な河川工学書に取り上げられ河川空間に浸透していき、河川護岸として求められる技術的な基準をクリアすべく製品開発が進められた。まず場所打ちの工法が定着し、順次ブロック製品などのコンクリート製品が開発され、1960年代に入るとその使用が一般的となり、同時に工学書では護岸を形成する一要素として扱われるようになり、以後より実践的に河川空間に求められる要請に応えるコンクリート製品開発が展開される。

3. コンクリート製品の類型化

(1) コンクリート製品の定義

土木学会のコンクリート標準示方書では、コンクリートの硬化後に据付けるか、または組立てるコンクリート部材をプレキャストコンクリートと称し、管理された工場で継続的に製造されるプレキャストコンクリート製品をコンクリート（工場）製品と定義している。

現在、数多くのコンクリート製品メーカーから、様々な仕様のコンクリート製品が販売されている。施工現場や社会の要求に応じた製品をつくり出すことの多いコンクリート製品業界では、業界が一体となって製品開発を行う傾向にあり、河川護岸に用いられるコンクリートブロックを全国的に生産・販売している3社^{※1)}の製品を調査・整理することによって、開発経緯の概要を把握できると判断した。

(財)全国土木コンクリートブロック協会によると、平成8年度の全国における河川分野のコンクリート製品の出荷量は推定800万t(全分野の出荷量1572.4万tに占める河川分野の割合は約50%)であり、本研究において調査対象とした3社の出荷量の合計は114.3万tとなり全体の1割強を占める。局地的に生産・販売するメーカーが多い中、3社は全国的に生産・販売を行っていることから、この3社を調査対象とし、各種パンフレット等の資料を収集し、ヒアリングにより確認を行った。調査内容は、製品の機能、形状(図面、写真等)、開発意図、開発年度、施工現場である。

(2) コンクリート製品の開発経緯と類型化

まずコンクリート製品の形状、開発意図、適用箇所の違いから、各種製品がどのような開発経緯をたどったのかを全体像として把握することが可能となるように図-1のように類型化した。この系統図を見ると開発経緯に、自然素材を用いた3種の工法を祖とする3つの大きな流れがあることが分かる。製品開発の同時代的な相互関係については次章で述べることにし、本章では製品の類型について以下記述した。(初見の製品の類型名はゴシック文字で表記した)

(a) 蛇籠からの発展

連節ブロックは蛇籠工に代わって、河川護岸専用開発されたブロックであり、その適用箇所は低水護岸を中心に、近年は多孔質植生ブロックの開発により一部高水護岸にも用いられるようになった。

そして1960年代、高度経済成長のなか「省力化」の波とともに大型連節ブロックが開発された。以後連節

ブロックの多くは大型化し、1970年代後半に入ると階段ブロックが開発された。1980年代に需要の高かった階段ブロックは、近年ではその水密性の高さが、逆に生態系を保全する適度な余裕を持った間隙を生み出さないことから、使用は控えられている。

従来は仮設護岸としか認知されていなかった大型連節ブロックは、連節部の間隙の多さから植生がよく繁茂する事例が多く見受けられ、多自然型川づくりの影響も受け、多孔質植生ブロック、覆土ブロックという次世代を担う製品の開発へとつながった。

本研究においては、ブロック自体に隙間をたくさん設け、その孔や間詰の土から植生を繁殖させることを目的としたブロックを多孔質植生ブロックと定義し、さらに透水性の高いポーラスコンクリート等を用いる製品もこの範疇に含めている。多自然型川づくりでは、生態系の保全・創造が必須の条件として掲げられ、護岸も緩傾斜化し、他系統のブロックも多孔質化が進んでおり、緑化積・張ブロックと多孔質植生ブロックの境界はなくなりつつある。

(b) 「石張り・石積み」からの発展

石張り工も石積み工とほぼ同じであるが前者はのり面保護を唯一の目的とするが、後者は土圧、水圧などの外圧にも耐える構造である。石張り・石積みから発展したブロックの系統には、大別すると1割(斜面が地面と45°の角度をなす)より緩い緩傾斜ののり覆工に用いられる張ブロック系と、1割より急な急傾斜(垂直護岸も含む)ののり覆工、土留工としても用いられる積ブロック系、擁壁系の3つに分けられる。

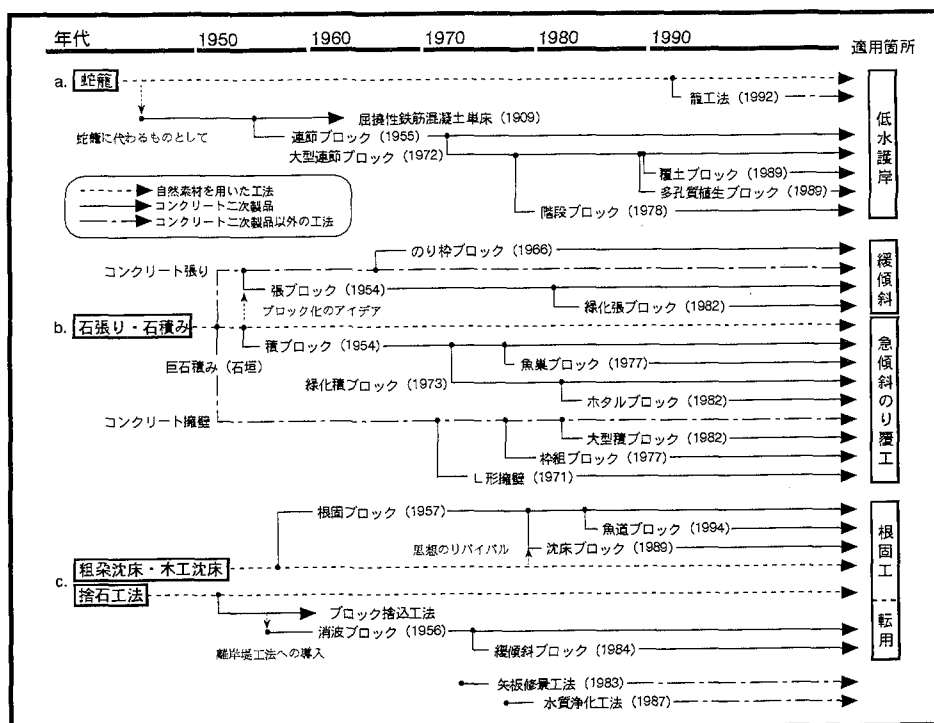


図-1 コンクリート製品の開発系統図

① 張ブロック系

張ブロックはその源流を石張工に持ちながら、連節ブロックの影響を色濃く受けて河川護岸用に開発された。それ以前もコンクリート場所打ちの護岸は存在していたので、開発の主たる目的は、工期の短縮、品質管理の向上等で、そのような流れの中、省力化の要請からのり枠ブロックは開発された。

1980年代に入り開発された緑化張ブロックは、初期のプランター型のものが、階段ブロックとよく組み合わせられて用いられた。しかし多自然型川づくりの導入により、河川護岸の緩傾斜化が目標とされ、より生態系に配慮した張ブロックも開発されている。これは、ある程度の土を保持できるような構造を取るか、従来のボックス構造をさらに大きくしてコンクリートが見える面をできるだけ小さくし、植生によりコンクリートの存在を消すような印象を与える。

② 積ブロック系

積ブロックは、従来は石積工の中でも一番堅固とされた間知石等を使用した谷積みによる河川護岸工事に用いられるようになったが、その主流は道路土工の土留工であった。土工の一種として用いられていた積ブロックが次に大きな変化を迎えるのは、高速道路の修景用として開発された緑化積ブロックの登場を待たなくてはならない。オイル・ショック後の価値観の多様化により、道路環境の美観化が進められ、人の目に優しい花卉類や低木等の緑で修景することが考え出された。時を同じくして、河川環境にも親水という大きな波が押し寄せ、河川空間にも積極的に人が入ることとなり、人の目に配慮した緑化の思想とともに緑化積ブロックが導入された。さらに親水というキーワードは、魚巢ブロック、ホタルブロック等の積ブロック系のコンクリート製品を生み出した。

③ 擁壁系

擁壁等の設計は、「道路土工 擁壁・カルバート・仮設構造物工指針」に準拠するのが一般的である。これは、擁壁が石積工から場所打ちに移行したのが、比較的大きな人工的な地盤の改変が必要とされた道路関係の土工から始まったことによる。しかし、コンクリート製品のプレキャスト化は河川の方が早く、これは河川工事に災害復旧工事の多いことや、出水期・濁水期の関係から、工期を短くする必要性が高いこと等が理由として挙げられる。このような河川工事の持つ特性、省力化、そして部材の分節化の動きから枠組ブロック、大型積ブロックが生まれた。

(c) 根固工の発展

根固工は、近世初期以来、明治中期まで治水の大きな流れであった低水工事においては粗朶沈床や杭柵類が用いられ、明治中期以降、昭和の中頃コンクリートの本格的な出現までは高水工事においても木工沈床が用いられるなど自然素材を用いた工法が中心であった。

しかし1950年(昭和25)、仏国の事例であるがテトラポットが使用され話題となり、わが国でも1955年(昭和30)から全国の港湾を中心として消波を目的とした

六脚ブロックをはじめ20種以上の異形ブロックが使用され始めた。また河川護岸の根固工にも、1957年(昭和32)に十字ブロックが初めて使用されて以来、各種の特許ブロックが続々と採用された。

いわゆる消波・根固ブロックとして用いられるコンクリート製品は様々であるが、本研究では主に海岸護岸においてテトラポットに準ずる形で、河川の根固工にも転用されるものを消波ブロックと定義し、これにない緩傾斜ブロックもこの系統に整理した。また、十字ブロックのように河川根固工として開発され、護床工にも流用されるものを根固ブロックとした。

近年多自然型川づくりの導入により、河川伝統工法が見直され、粗朶沈床や木工沈床が「材料の入手難や人手が多く必要であるなどの問題がネックとなり普及していないが、施工法や素材の研究によって今後とも広く使われて良い方法である」¹⁹⁾とされ、コンクリート製品の施工性の高さ等の長所を取り入れた沈床ブロックのようなハイブリッド製品が開発されている。また1992年(平成4)より実施されている「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」に関連して財団法人リバーフロント整備センターを中心として実験・開発が行われた魚道ブロックは根固ブロックとして扱われる。

4. コンクリート製品の変遷に関する考察

本章では、前章で明らかにしたコンクリート製品の類型と開発経緯を、1920年代から現在に至るまでの河川開発、護岸整備等の社会的背景と製品の開発目的を重ねて、コンクリート製品の変遷を考察する。製品開発の時期に大きく4つの時代区分を設け整理したものが、次頁の図-2である。以下に、詳細な考察を記した。

(a) 第Ⅰ期「実用化」

戦前それも明治の末に、札幌農学校出身で石狩川の改修に当たった岡崎文吉が「北海道庁42年式屈撓性鉄筋混凝土単床」(写真-3)と名づけられたコンクリートブロックを用いた根固め工法を開発した。この工法の主体となるブロック一個の大きさは、長さ約60cm、各辺約15cmのコンクリートの塊りであり、予めブロックの中央平面に二個の穴があいている。この穴に適当の直径のある金属線を通すと、屈撓性(地盤の変化に柔軟に適應する能力)が生じるという発想である。¹⁹⁾連節用の鉄筋の腐食等の問題で、十分な強度を発揮することができず、全国的に普及することはなかったが、1922年(昭和7)に眞田が書いた『日本水制工論』にもコンクリートブロック張の記述があることから、「石材に代わりコンクリートブロックを連節する」というアイデアは間違いなく、連節ブロックの嚆矢と位置づけることができる。

この屈撓性鉄筋混凝土単床の開発から約30年後、コンクリート製品の開発が本格化する。

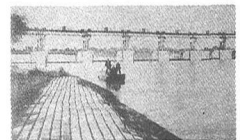


写真-3 屈撓性鉄筋混凝土単床
(「流水の科学者岡崎文吉」より)

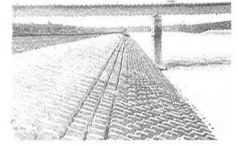
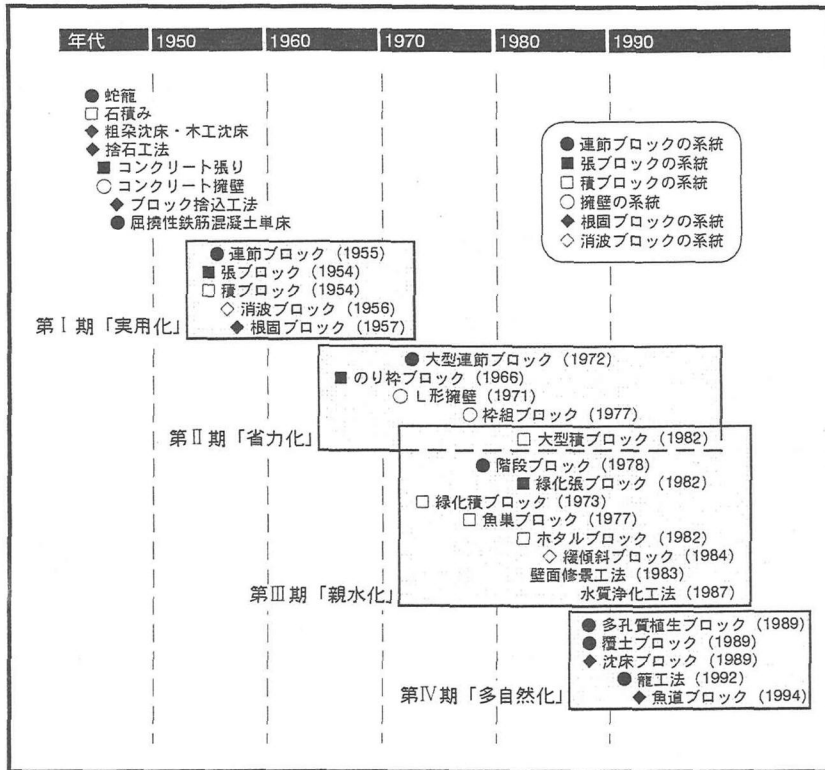


写真-4 連節ブロック
(「共和コンクリート工業資料」より)



写真-5 積(間知)ブロック
(「三菱セメント建材資料」より)



写真-6 張ブロック
(「共和コンクリート工業資料」より)

図-2 コンクリート製品の開発時期

① 連節ブロック^{注2)}

戦後の度重なる巨大台風による水害は、河川における災害復旧工事を急増させた。当時の河川護岸に用いられていた竹籠や鉄線蛇籠は、玉石を包む鉄線の耐久性と玉石の枯渇という問題を抱え、蛇籠に代わる新工法として開発されたのが連節ブロック(写真-4)であり、工場における大量生産によるコストダウンと施工の簡便性を目的とした製品であったと位置づけられる。

連節ブロックが使用された初期の事例として、1953年(昭和28)2度の水害に襲われた和歌山県日高川野口堤防の災害復旧工事が挙げられる。翌年12月から開始された工事において、当初8,000m²だった敷設面積は最終的には22,000m²近くに拡大され、これに要したブロックは河原で木製の型枠にコンクリートを流し込み即時脱型し作られ、約175,000個に達した。²⁰⁾

② 積ブロック(間知ブロック)

1963年(昭和38)、日光の第二いろは坂の道路擁壁建設において、建設省が間知ブロックの使用を認可して以来、道路工事において石積み(間知石)や場所打ちのコンクリートに代わって工場で量産され施工性に優れるコンクリートブロックの使用が一般化した。1974年(昭和49)にJIS規格が制定され、面の形状を長方形、正方形、H型及び六角形とし、ブロックの寸法は17種とした。以後、積ブロック(写真-5)は、その有用性が高まり急速に使用範囲が広がった。

③ 張ブロック

これと前後して、1955年(昭和30)に工事が始まり1961年に完成した愛知用水工事では、開水路部に漏水防止のため張ブロックが敷き詰められた。次いで、1950年代中頃になると淀川では特殊堤の漏水防止工法として、コンクリート裏込め工法が適用される。1956年(昭和31)には、大阪府三島郡島飼村の和道護岸において右岸17.4km付近の漏水防止のため鉄筋コンクリート矢板を基礎に、勾配2割5分、のり長9mのコンクリートブロック張が施工されて以来、島飼西護岸、仁和寺第5護岸等において次々と施工され、1960年代に入ると張ブロック(写真-6)は一般化していった。²¹⁾

④ 根固工への適用→消波ブロック、根固ブロック

河川護岸の根固工にも、それ以前の粗朶沈床や木工沈床に代わり、1957年(昭和32)最上川榎木・砂越地区の護岸に十字ブロックが初めて使用された。この十字ブロックが根固ブロックの原形とされている。この前後に、各種コンクリートブロック類、いわゆる特許ブロックが続々と採用され初め、災害復旧工事では大部分ブロックによる新工法で施工された。²²⁾

一方消波ブロックの方は、1951年(昭和26)頃には1.5m角の立方体コンクリートブロックの捨てこみ工法が存在していたが、1956年(昭和31)岩佐によって立方体の八角を欠いた形の六脚ブロック工法が開発され、実用新案特許及び工法特許を申請するに至った。²³⁾

これ以降、中空三角ブロックや、ホロースケアをはじめとする20種類以上の異形ブロックが考案され、全国の河川や港湾において使用された。

第Ⅰ期の考察

1950年代後半から60年代半ばまでに開発された製品の多くは、石材の枯渇という問題に起因した、石の代用品としてのコンクリートの製品化であることが分かった。もちろん、これ以前にもコンクリートの使用は

「場所打ち」という形で存在したことから、製品としての実用化が実践されたと考えられる。その最も分かりやすい例が、写真-7 に示す連石床から屈撓性鉄筋混凝土単床、そして連節ブロックと続く開発の過程である。コンクリートの持つ可塑性の高さが、言わば「自由に変形可能な石材」のような長所となり、安定供給という面からもコンクリート製品の需要増加に拍車がかかったのである。

(b) 第Ⅱ期「省力化」

① 大型化 → 大型連節ブロック等

高度経済成長は、1970年代に入ると土木建設関連業界に人手不足という状況をもたらした。そして、重量物であるコンクリート製品は、製品の大型化、機械施工の推進という双子の技術革新問題を抱えることになる。こうした背景の中、1973年（昭和48）大型連節ブロック（写真-8）が開発された。これは、人力中心に施工されていた連節ブロックを、機械で迅速に施工できるよう案出された製品であり、単位敷設面積当たりの目地間隔が少なく水密性が大きい、大型化をはかりながらカーブ施工を可能とした、等の技術的特性を持ち、用途も水路、堤防、施設保護、流路工、床止と幅広かった。



写真-8 大型連節ブロック
（「共和コンクリート工業資料」より）

② プレキャスト化 → 大型積ブロック等

熟練労働者不足や労働者の高齢化の背景から、現場作業の省力化を図るために、場所打ちの擁壁に代わり品質管理のゆきとどいた信頼性のあるプレキャスト製の擁壁が積極的に使用されるようになった。

日本でのコンクリート使用の初期の工事は道路土工によく見られる。コンクリート擁壁は、その構造形式より1.重力式、2.半重力式、3. もたれ式、4. L（逆T）擁壁、支え壁式、等に分類されるが、コンクリートプレキャスト製品では、1.～3.に用いられる大型積ブロックとL形擁壁が取り上げられる。構造的には「従来の

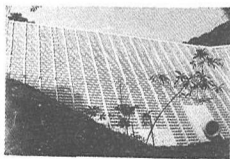


写真-9 枠組ブロック
（「共和コンクリート工業資料」より）

もたれ式・重力式の擁壁の輪切り製品」と位置づけられるのが、大型積ブロックと枠組ブロック（写真-9）であり、従来の場所打ちのコンクリート擁壁に比べ、地滑り等の地盤変化や地下水の浸透等湧水に強く、構造として柔軟である。また小さな部材の組合せ施工になるので、大型建設重機の使用が難しい場所にも施工が可能となった。

③ 分節化 → のり枠ブロック、枠組ブロック等

また、場所打ちのコンクリートの使用を極力減らす動きとして、ブロックの分節化があった。1974年（昭和49）に開発された、工場で製作されるのり覆工の縦横の外枠を形成するのり枠ブロック（写真-10）と、その中に中詰プレートと間詰或いは中張りコンクリートを打設して外枠と一体となって河岸、堤防等ののり面を保護するのり枠工法がその例である。河川空間に用いられることはごく限られた場合になるが、砂防工事や土留工事等において、コンクリートのプレキャスト部材を現場で組み上げ施工する枠組ブロックは、1977年（昭和52）に開発されている。

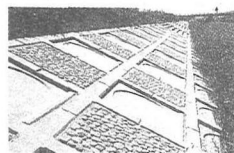


写真-10 のり枠ブロック
（「共和コンクリート工業資料」より）

第Ⅱ期の考察

1960年代半ばから始まる製品開発の第Ⅱ期は、高度経済成長の影響から、施工性、コストダウン等の「省力化」が製品開発の大きな目的となった。この時期川づくりには、治水、利水が重視され、後にコンクリートを用いる際に批判の対象となる画一的な景観を発生させ、いわゆる三面張りの川づくりが進んだ。これと同時に、水質の悪化や水害訴訟等が起き、それまでは関心の低かった河川について、人々が議論するようになった。この時期の最後に開発された大型積ブロック（写真-11）では、大きな面積のコンクリート表面が露出することが問題とされ、次の時代に含まれる景観に配慮した種々の表面処理技術の開発の契機となった。

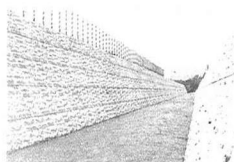


写真-11 大型積ブロック
（「共和コンクリート工業資料」より）

(c) 第Ⅲ期「親水化」

1973年（昭和48）のオイルショック以後の環境保全の流れの中で、高度経済成長期の河川環境の悪化により生活空間から切り放された感のあった河川空間に再び人が近づき始めた。しかしそれは、河川空間を舞台として様々な人々が親水という問題について色々なアイデアを出し合う混沌とした時代の幕開けでもあった。1981年（昭和56）の河川審議会答申「河川環境管理のあり方について」では「河川環境の保全と創造に資する河川工事の実施」に当たって、緑化護岸、生態系保全護岸、親水性護岸、魚巢ブロック等の設置、植樹帯の設定等豊かで潤いのある河川環境の保全と創造を図ることとされ、様々な事例が紹介された。²⁴⁾

① 緑化 → 緑化積ブロック、緑化張ブロック

親水に対して、まずコンクリート製品として考え出されたアイデアは緑化であった。1973年（昭和48）に緑化積ブロックが開発され、開発当初は高速道路等の修景を目的としたこの製品が河川に流用される形となった。

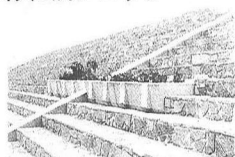


写真-12 階段ブロックと
緑化張ブロック
（「三菱セメント建材資料」より）

人が入る場所には緑が必要であるとするこの動きは、当時は他の自然環境とのつながりを考える意識は薄く、花卉類や低木等をポットに植えて修景するものであった。これは1982年（昭和57）に開発される初期の緑化張ブロック（写真-12）まで続く、人間のために植物を生育するいわゆるプランター型のものであった。

② 水辺へのアクセスの確保

→ 階段ブロック、緩傾斜ブロック

親水護岸推進の両輪の一つとなったのが、水辺へのアクセス能力を失ってしまっていた護岸に「人が川に入る、近づく」ことを可能にする階段機能をもたせたコンクリート製品であった。これには、1978年（昭和53）に河川の親水護岸として開発された階段ブロックと、元来は海岸の緩傾斜堤用の護岸として開発され、水流の減勢効果を備えることから河川護岸への転用が可能となった緩傾斜ブロック（写真-13）の2種類がある。



写真-13 緩傾斜ブロック
（「共和コンクリート工業資料」より）

③ 生物に対する配慮

→ 魚巣ブロック、ホタルブロック

そしてもう一方の車輪となったのが、生物への配慮を施したコンクリート製品群である。1977年（昭和52）には、魚類が生息する空間を考慮した魚巣ブロック（写真-14）が開発され、さらに1982年（昭和57）には石積み護岸で蜚が生息できる河川を造りあげた山口県一の坂川の事例に触発されたホタルブロックが登場し生物に配慮したコンクリート製品として、その後の河川デザインに大きな影響を与えた。

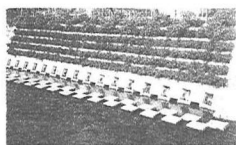


写真-14 緑化積ブロックと
魚巣ブロック
（「共和コンクリート工業資料」より）

④ 景観に対する配慮

1980年代に入ると、環境保全の一つの軸となったのはいわゆる「景観」であった。当時の景観は発達段階にあり、一般の人々には見栄えのような狭義のデザインを示す言葉として受け取られてしまい、現在の環境保全の考え方からすれば範疇外とも言える項目であった。しかし、当時はこの狭義の「景観」が最も受け入れられ易いテーマだったようで、各種ブロックはこぞって玉石や雑割石、鉄平石等の自然石を張ったり（写真-15参照）、擬石模様や擬木模様を施したりした

（写真-16参照）が、安易な化粧的な事例も多かった。1982年（昭和57）に開発された大型積ブロックや矢板護岸修景工法がその表面に何らかの表面仕上げを施していることから、コンクリートブロックの表面仕上げ工法に製品開発の一つのポイントがあったことが分かった。



写真-15 自然石を張った事例
（「共和コンクリート工業資料」より）



写真-16 擬石模様を施した事例
（「三菱セメント建材資料」より）

第Ⅲ期の考察

この時期に開発された製品群は親水という社会の要請に応えるべく多種多様な形態となった。特に1985年以降の動きは好景気も影響し顕著であった。水質浄化工法のような物理学的なアプローチから矢板修景工法等の各種の修景工法、さらには電飾工法（写真-17）といった造形的な試みまでもが行われ、各製品は言わばマイナーチェンジを繰り返し、他の製品との差別化、付加価値化を図った。しかし、その反動が1990年代に入り「河川空間とは本来どのような空間なのか」という根本的な議論をも巻き起こすことにもなった。

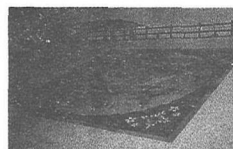


写真-17 電飾工法
（「日建工学資料」より）

(d) 第Ⅳ期「多自然化」

前期の「親水化」の流れを飛躍的に転換させたのが、1990年（平成2）建設省より通達された「多自然型川づくり」推進であった。これにより、河川デザインは大きく様変わりし、自然の創出という大きな設計思想を目指すことになった。

① 河川伝統工法の影響

→ 沈床ブロック、籠マット工法

多自然型川づくりの導入で、一躍脚光を浴びたのは河川伝統工法と言われる、蛇籠や粗朶沈床、水制等を用いた、わが国の治水の歴史の中で培われてきた河川工法であった。石崎はこの河川伝統工法が見直され始めた理由として、「現在のブロックによる護岸が洗掘に対して弱いこと、現在の護岸が景観的に見て良いのか」²⁵⁾の2点をあげている。しかし河川伝統工法にも一度途絶えてしまった工法を復活することが難しかったり、技術者不足等の問題が存在し、単に昔の工法をそのまま復活させるだけではなく、素材面においては現代技術との融合が図られ、1989年（平成元）には、各種の沈床ブロック（写真-18）が、1992年（平成4）には、蛇籠をより簡便に施工できる籠マット工法（写真-19）が開発された。

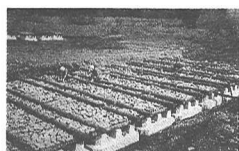


写真-18 沈床ブロック
(「日建工學資料」より)



写真-19 龍マット工法
(「日建工學資料」より)

② 植生 (緑化の発展形として)

→ 多孔質植生ブロック、覆土ブロック

多自然型川づくりの導入以来、生態系という生物の一つのまとまりが強く意識され、人間の植物に対する意識も、人間の視覚に訴えるための緑化から、植物群を形成することを目的とした植生の思想へと進化している。このような流れは、緑化積ブロックや緑化張ブロックにも見られ、大型連節ブロック自体に隙間をたくさん設けて、その孔や間詰の土から植生を繁茂させることを目的とした多孔質植生ブロック (写真-20) が、

1989年 (平成元) に開発された。近年実用化され始めた素材自体に透水性の高いポーラスコンクリートを用いてブロックの中に植物の根を活着させる製品も、この範疇に含めて考えることができる。

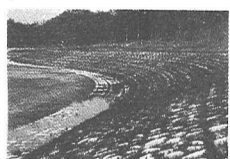


写真-20 多孔質植生ブロック
(「共和コンクリート工業資料」より)

1996年 (平成8) の「自然を活かした川づくり」等の建設省の発表によると、21世紀に向けコンクリートは河川空間の目に見える範囲から徐々に消されていくようである。このような流れの中、いわゆる「隠し護岸」として今後の河川護岸デザインにおいて重要な働きを期待されるのが覆土ブロック (写真-21) である。蛇籠による護岸も一部の河川で半永久護岸として認められる傾向にあり、大型連節ブロック自体も吸出し防止マット等を施工すれば、完全な水密構造でなくても半永久護岸として認められつつある。これは、明らかに植生を配して生態系の保全・創造を推進する動きであり、そのような観点からすれば、覆土ブロックは植生ブロックの一つの到達点として考えられる。



写真-21 覆土ブロック (東京都荒川、左：施工中、右：施工後)

第Ⅳ期の考察

1990年代の多自然型川づくりは、親水を考える時代の流れの中から、「河川空間とは本来どのような空間なのか」という問題を受け、地球的な規模の環境問題ともリンクし、生態系を強く意識した川づくりとして生まれたと考えることができる。90年代に入り、製品開発の焦点となったのは、生態系への総合的な配慮となった。建設省は第9次治水事業五箇年計画において、

「自然を活かした川づくり」を目指しコンクリートを極力使わない川づくりを提言している。このような状況下において、現在まで河川護岸の主な形成素材として用いられてきたコンクリートに、各時代において人々が何を期待し、その製品開発を行ってきたかを振り返ることは、今後の河川デザインに重要な示唆を与えると思われる。

5. 研究の結論

本研究は、文献や資料、ヒアリングを基に河川護岸を形成してきた素材、特にコンクリートについて整理し、近代に入り河川における景観・デザインに大きな影響を及ぼしてきたコンクリート製品の開発経緯を明らかにし、その変遷について考察したものである。主な成果を以下に述べる。

(1) コンクリート製品開発までの経緯

2章における文献・資料の整理により、コンクリート製品開発までの経緯を次のように把握できた。

- ① 近代の幕開けとともに、河川工事にも新しい技術の導入が試みられたが、日本の伝統工法に近い低水工事では自然素材の使用がまだまだ主流であった。
- ② 1920年代になり高水工事が本格的に導入されると、治水上の機能を満たすべくコンクリート使用のための工学的な研究が行われ、工学書にも記載され始めた。護岸は石材を主流としていたものの、コンクリート使用についても、粗度の必要性等の指摘がなされ可能性が予見されていた。
- ③ 1940年前後には、場所打ちコンクリートの使用以外にも、コンクリート製品の先駆けとなるブロック張り工法や単床工法が現れる等、護岸工法の急速な発展とともに、コンクリートの使用が一般化した。
- ④ 1960年代までには、コンクリート使用に関する種々の問題は解決され、いよいよ各種製品としての実用化の段階へと進み、以後、本格的なコンクリート製品の開発が展開された。

(2) コンクリート製品の類型化とその変遷

3章では、河川護岸に使用されるコンクリート製品を対象として、文献や資料、ヒアリングをもとに、製品の形状、開発意図、適応箇所に焦点を当て、コンクリート製品を20種類に分類した。そして、その開発経緯を系統図にまとめ、蛇籠から発展した「連節ブロック」の系統、石張り・石積みから発展した「張ブロック」「積ブロック」「擁壁」の系統、根固工として「根固ブロック」「消波ブロック」の系統、の6つの系に類型化した。

4章では、類型化されたコンクリート製品を、製品開発の目的や社会背景等と照らし合わせ、開発時期に、第Ⅰ期「実用化」・第Ⅱ期「省力化」・第Ⅲ期「親水化」・第Ⅳ期「多自然化」の4つの時代区分を設定し考察を加えた。

3章、4章の結果をあわせて見ると次のことが結論として導き出せる。

- ① コンクリート製品は、現代になり過去の歴史とは無関係に新しく出現したのではなく、河川伝統工法の流れを受けて、機能の強化と新たな機能の要請を受けながら、コンクリートの持つ可塑性の高さを活かして開発され、発展してきたことが分かった。
- ② 開発系統図(図-1)を見ると、特に石張り・石積みから派生したコンクリート製品の系統は、1970年代以降、植生や生態系への配慮等環境的な要請を受けて、製品の多様化が顕著になってきたことが分かった。
- ③ 特に製品の多様化が進んでいなかった低水護岸に適用されるコンクリート製品の系統も、近年になりポーラスコンクリート等、素材自体の技術開発により、新たな製品開発の視点が生まれつつあることが予測できる。
- ④ 根固工に適用されるコンクリート製品の系統も、石張り・石積みの系統に比べると製品の多様化が進んでいなかった。しかし近年になり、木工沈床等の河川伝統工法の現代的な活用を含め、景観・環境への再認識のもとにその可能性が広がっており、河川の総体的な環境づくりそのものを技術的に支える開発の視点が生まれつつあることが指摘できる。

6. おわりに

コンクリート製品が河川デザインに及ぼした影響はやはり善悪の双方がある。景観的な側面からは、コンクリート製品は、等質な製品が連続的に並ぶ画一的な景観の発生や、何でも河川空間に持ち込む行為を誘発するような製品開発も行われ、現在では批判を受けることも多い。しかし歴史的に見れば、水辺へのアクセスを広く可能にしたり(あくまで人間にとってのものであり生態系への配慮等が当時はなされていなかったが)、都市内河川等の景観面の条件の悪い河川に一定レベルの外観を与える、景観のスタンダードを向上させることには貢献してきたことも事実であろう。

よりよい河川デザインに必要なのは、やはり唯一無二の「場」の創出であろう。河川のみならず日本全土で問われているように、場所の持つ個性「風土」の喪失が現在大きな問題となっている。これは工場で大量生産されるコンクリート製品に頼った河川デザイン、コンクリート製品に使われるような設計体制の存在を暗に示している。そこで、今後のコンクリート製品には、それぞれの河川の持つ特性(地形や周囲の環境、人々との関わり等)を、最大限に活かすような設計に対応する製品開発が望まれる。自然素材が持ち得ない高い技術レベルや安全性、それに経済性やリサイクルの可能性等、人工素材ならではの長所を活かした用途を考え、自然素材とのすり合わせや、製品同士の組合せが可能となるような規格を持つ製品が必要となってくるであろう。

「環境」、「自然」を河川において、今後どのように創造していくかという難しい問題に一つのヒントを

与えてくれるのが、関の「都市の中心部では都市を引き立てるような、郊外の住宅地では身近に自然とふれあうことが、そして、農村ではのどかな自然を再生するような、それぞれの地域の特性に合わせた、さまざまなタイプの多自然型川づくりが編みだされていくことであろう。」²⁶⁾という関係性における自然性を示唆する一文である。これこそ生態系重視の「多自然型川づくり」から一步進んだ「自然な(その場の環境となじむ)川づくり」への発展・昇華への第一歩ではないだろうか。

謝辞

本研究を進めるにあたり貴重な御指導を賜った京都大学大学院工学研究科小林正美教授に深謝の意を表する。また、(株)建設技術研究所の竹内義幸氏、汕環境計画室の高木伸治氏、下記のコンクリート製品メーカー各社の皆様には様々な面で御助力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

注1)

- ・共和コンクリート工業株式会社
- ・日建工学株式会社
- ・三菱マテリアル建材株式会社リョーワ事業本部(敬称略、五十音順)

上記3社を、本研究の調査対象とさせていただいた。

注2)

本研究では、「建設省土木工事積算基準」²⁷⁾「建設省近畿地方建設局:設計便覧 第2編河川編」等を参考に「連結」も「連節(連接)」も併せて「連節ブロック」の表記とした。「連結ブロック」の表記は「土木施設災害復旧工法」²⁸⁾に見られる。

参考・引用文献

- 1) 中村良夫・北村眞一:河川景観の研究及び設計、土木学会論文集第399号/Ⅱ-10、pp.13-26、1988.11
- 2) 土木学会編:水辺の景観設計、技報堂出版、1988.12
- 3) 篠原 修・武田 裕・伊藤 登・岡田一天:河川微地形の形態的特徴とその河川景観設計への適用、土木計画学研究・論文集No.4、pp.197-204、1986.10
- 4) 岡田一天・天野光一・長谷川英男・横山貴一:河川空間の設計意図と利用実態との整合性に関する研究、土木計画学研究・講演集 No.19、pp.305-308、1996.11
- 5) 三浦 聡・島谷幸宏・佐藤憲二:矢板護岸の景観向上に関する研究、土木学会第45回年次学術講演会第Ⅳ部門、pp.204-205、1990.9
- 6) 鈴木雅人・保持尚志・近藤伸治:矢板護岸の景観向上に関する研究ーデザイン検討ー、土木学会第46回年次学術講演会第Ⅳ部門、pp.478-479、1991.9
- 7) 保持尚志・島谷幸宏・近藤伸治:矢板護岸の景観向上に関する研究、土木学会第47回年次学術講演会第Ⅳ部門、pp.162-163、1992.9
- 8) 中村良夫:風景学入門、p.211、中公新書、1982.5
- 9) 土木学会編:明治以前日本土木史、岩波書店、1936.6
- 10) 土木学会編:日本土木史(大正元年~昭和15年)、土木学会、1965.12

- 11) 土木学会編：日本土木史（昭和16年～昭和40年）、土木学会、1973.4
- 12) 山本晃一：日本の水制、山海堂、1996.1
- 13) 眞田秀吉：日本水制工論、pp.26-34、pp.215-223、岩波書店、1922.5
- 14) 宮本武之輔：最新河川工学、pp.89-101、工業圖書、1939.2
- 15) 安藝皎一：護岸水制、pp.19-52、常磐書房、1943.12
- 16) 安藝皎一：河川工学、p.166、共立出版、1952.2
- 17) 山本三郎：河川工学、p.303、p.307、朝倉書店、1958.12
- 18) 玉井信行・水野信・中村俊六：河川生態環境工学 魚類生態と河川計画、p.152、東京大学出版会、1993.11
- 19) 浅田英祺：流水の科学者 岡崎文吉、pp.563-572、北海道大学図書刊行会、1994.9
- 20) 人と国土と自然とともに 共和コンクリート工業四十年の歩み、pp.6-9、共和コンクリート工業（株）、1995.5
- 21) 建設省近畿地方建設局編：淀川百年史、pp.1276-1348、1974.10
- 22) 山本晃一：日本の水制、pp.178-182、山海堂、1996.1
- 23) 久宝雅史：六脚ブロック工法、序文、1960.7
- 24) 河川環境研究会監修・河川環境管理財団編：解説 河川環境、pp.263-287、山海堂、1983.8
- 25) 河川伝統工法研究会編：河川伝統工法、pp.8-14、地域開発研究所、1995.8
- 26) 関 正和：大地の川、p.32、草思社、1994.10
- 27) 建設大臣官房技術調査室監修・建設省工事積算研究会編：建設土木工事積算基準 平成8年度版、建設物価調査会、1996.4
- 28) 建設省河川局防災課監修・土木施設防災工法研究会編：土木施設災害復旧工法・施工編、山海堂、1983.5

河川護岸を形成するコンクリート製品の変遷に関する研究

田中尚人、川崎雅史

コンクリート製品は、近代から現代にかけて河川護岸を形成する中心的存在として使用され、素材の持つ可塑性の高さという特徴をよく反映して、時代の要請に応えた様々な機能を特化させた造形が見られる。本研究は、河川景観における適切な素材の使用を考えるための基礎的な研究として、文献、資料及びヒアリングをもとに、河川護岸を形成するコンクリート製品の開発経緯について調査を行い、その変遷を概観した。本研究では、コンクリート製品を自然素材を用いた河川伝統工法に端を発した3つの系統に類型化し、その開発時期に4つの歴史的な区分を示した。

Design Research on Historical Transition of Concrete Products forming River-bank Protection Works

by Naoto TANAKA and Masashi KAWASAKI

Concrete products have been the mainstream of River-bank Protection Works since beginning of the 20C. Because of their high flexibility, concrete products have changed into all kinds of shape reflecting the needs of the times. As the basic research on the river-landscape, we surveyed the design of concrete products historically. In this research, it is identified that concrete products could be classified into 3 genealogy following different traditional methods of construction and their developement fall into 4 periods historically.