

ネコヤナギによる既設コンクリート護岸 の緑化工法の実河川への適用

NEW TREEPLANTING METHOD FOR CONCRETE RIVER REVETMENT BY UTILIZING SALIX GRACILISTYLA

帆足 建八¹・松本 邦男²・工藤 真之助³・島谷 幸宏⁴

¹名誉会員 松本技術コンサルタント株式会社 技術顧問 (〒871-0161 大分県中津市大字上池永 1285-10)

²正会員 松本技術コンサルタント株式会社 代表取締役社長 (〒871-0161 大分県中津市大字上池永 1285-10)

³非会員 松本技術コンサルタント株式会社 技師長 (〒871-0161 大分県中津市大字上池永 1285-10)

⁴フェロー会員 工博 九州大学大学院 工学研究院教授 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地)

Many of the bank protection works in Japan have been implemented by making use of concrete river revetments, due to which the beautiful landscapes and the important ecological functions of the rivers are seriously damaged. Lots of people, specialists and non-specialists alike, strongly require the restoration of the ecological functions of the rivers. To answer those requests, we have managed to create a new method of planting salix gracilistyla on the concrete river revetments. By closely examining the observation data based on the track record for the past three years, we have assessed how the beautiful landscapes and ecological habitats both in the water and on land have been restored. Furthermore, the functions of the natural green as safety measures against drowning, namely, by preventing sliding and offering a pull, are discussed as well.

Key words :Concrete river revetment, Treeplanting method, Salix gracilistyla, Landscape, Ecological habitat, Prevention of sliding

1. 既設護岸の緑化工法開発の経緯

自然河岸は、多くの機能を保有しており、その周辺に生息する生物や我々人間に多くの恵みを与えている。

一方、地形の急峻な我が国の河川では、河岸を災害から守り、周辺住民の生命・財産を守るために、その自然に手を加える構造物に寄らざるを得ない場所が多く、コンクリート製の護岸が永年に亘り構築されて来ている。

これら護岸は、一時の強度重視や工費節減策によって、三面張りに代表される無機質なコンクリート面の連続や単調化した河岸景観となり、また、生物にとっては極めて重要な機能を持つ水辺環境も失われて来ており、水辺に集う多くの人々や各分野の専門家等からも護岸整備の在り方が問われるようになっていく。更に、近年改正された河川法においても「河川環境の整備と保全」が追加され、多自然川づくりの技術開発も重要視されている。

しかしながら、既設護岸に対する緑化技術は、コンクリートという壁に阻まれて発想の転換が行われ難かったこと、護岸に手を加えることによる構造的な懸念や費用面の問題、また、水辺が水生生物をはじめとした多くの

生物に極めて重要な役割を持っているという認識が関係者において全般的に低かった等から開発が遅れていた。

本工法の開発の発端も、大分県における「大野川流域における魚にやさしい川づくり委員会」における淡水魚の専門家の指摘であり、これまで河川行政に携わって来た我々の反省を含めて、平成20年1月に実用化に着手し、平成20年11月にはNETISへの登録、平成21年5月には特許権の取得まで行った。また、本工法のような既設護岸を対象とした取組みは少なく、陸上部と水中部の水辺環境を同時に改善する技術としては最初の開発であり、以下にその開発内容と機能評価について述べる。

2. 開発に際しての基本理念と改善機能

既設護岸の中には、その周辺の自然が豊富であったり、自然的に環境修復が進んでいる等から、特に環境改善を必要としない箇所も存在するが、社会環境の変遷に伴う河川公園や各種施設並びにイベント会場等から成る水辺の楽校の整備等、河岸全般の機能回復と保全を必要とする場所は多くなっており、優れた環境に近づける技術が

必要である。したがって、その技術開発に際しての基本理念と改善機能を図-1のように設定した。

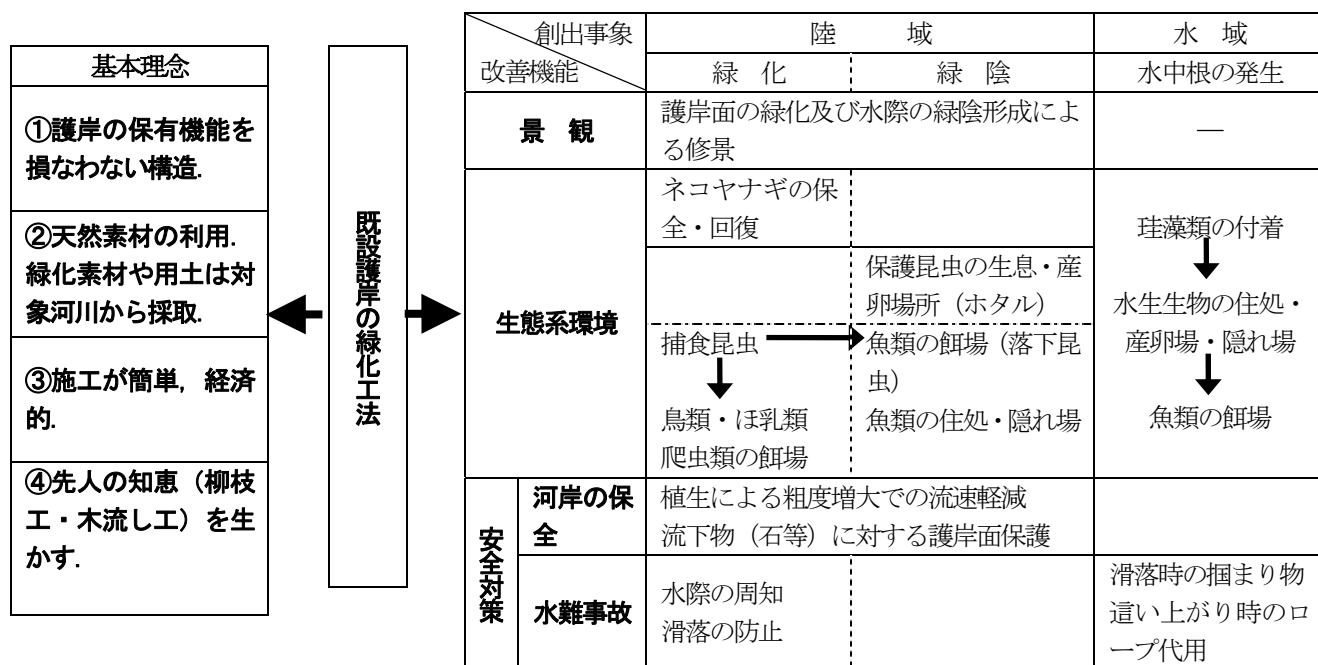


図-1 緑化工法の開発に関する基本理念と改善機能

3. 基本理念に対する検討

護岸の植栽に対する提案で河川技術者が最も懸念する点は、護岸に手を加えることによる安全性の問題である。

その安全性については、護岸に対する穿孔方法、植栽樹種の選定、植栽構造の3点が問題となるが、既設護岸を利用した試験施工と社内試験ヤードでの試験植栽を行って解決策を検討した。

(1) 植栽孔の開削方法

護岸への植栽孔の開削方法については、表-1に示す4種類（φ35, 50, 75, 100mm）の孔径に対する穿孔と、護岸ブロックを1個抜く5ケースに対して施工機器の選定を行い、その作業時間、騒音、振動、粉塵、濁水等の計測を行って各種の開削方法に対する施工性、環境適応性、経済性の評価を行った。

その計測と評価結果を表-1に示しているが、総合的な評価からφ75mmのコンクリート穿孔機の利用とした。

写真-1はその穿孔作業状況であり、濁水処理対策については改良を重ねて濁水が発生しないようにした。

なお、穿孔径φ75mmを採用した理由は、ネコヤナギの樹径が最大80mm程度であること、孔内に根張りするための空間が確保されること、孔底へ設置する吸い出し防止材や(3)で述べる竹ポット構造体（φ60mm程度）の設置



写真-1 護岸への穿孔方法（改良後）

表-1 植栽孔の開削方法に対する作業性比較（検討時）

作業方法	作業径	作業時間	騒 音	振 動	粉塵	濁水発生	総合評価
①	抜 石	45 分/個	高い	極大	多い	少ない	×
②	Φ35mm	3 分/個	高い	大	多い	少ない	×
②	Φ50mm	3 分/個	高い	大	多い	少ない	×
②	Φ100mm	35 分/個	高い	極大	極多い	少ない	×
③	Φ75mm	15 分/個	低い	小	無	少ない	○

作業方法・・・①: プレーカー利用, ②: 削岩機（孔径毎のビット利用）, ③: コンクリート穿孔機

及び間詰め材の充填作業が行い易い最小限の孔径であると共に、護岸の安全性からは小さい径が望ましいとした結果であり、試験施工や施工実績で妥当性を確認した。

また、穿孔は護岸面に対して垂直方向を原則とし、その穿孔深さは護岸ブロックを貫通させるまで行い、孔内及び裏込め部に根張りを行わせることで植栽の固定度をより向上させるように配慮した（後載図-2 参照）。

(2) 植栽樹種の選定

植栽樹種については、河岸周辺の植生調査に基づいて候補の絞り込みを行ったが、それらの中から先人の知恵に基づいてヤナギ類に着目した。しかし、河岸に自生するヤナギ類には多くの種類があり、写真-2 に示すような高木類は問題点も多く護岸への植栽には不適であり、植物の専門家の意見を拝聴すると共に以下の特性を考慮してネコヤナギを選定した。



写真-2 河岸に自生する高木のヤナギ類

a) 現地の天然素材利用の面から

①裸地・痩せ地等への先駆的特性を保有し、川辺に広く自生しており、寿命も30年程度は期待出来る。

②過酷な生育場所（亀裂の多い岩盤、護岸の目地等）でも根張りして活着し得る。

③挿し木で容易に不定根が発生し、萌芽し、成長が旺盛で早い。損傷を受けてもすぐに回復する特性も有する。

④低木（最大で3m位）で太径化しない樹種であることから細根（ヒゲ根）であり、護岸構造を損なう作用力は生じないことと、多く発生して強力な根張り効果が期待出来る（後載写真-12 及び13 参照）。

⑤多枝性であり、柔軟性に富んでいることから倒伏性や起立性を有し、洪水流への耐力を有する（後載写真-13 及び14 参照）。

b) 効果の面から

⑥水中の枝には水中根が発生し、これらは水生生物等の生息環境に寄与する（後述4. (3) 参照）。

⑦枝葉には昆虫類が蟄集し易く、それによる落下昆虫は魚類の餌を提供し、落ち葉は水生生物の餌となる。

⑧早春のネコヤナギの花穂、初夏のグリーンベルトの創出は景観を修復し、集う人々に安らぎを提供する。

⑨繁茂したネコヤナギは、河岸や水際位置の告知や、滑落防止或いは滑落した際の天然の救命具（ロープ代り）

となる（写真-3：山移川の植栽において強度確認）。

なお、他の比較樹種としては、ウツギやシモツケ等も候補としたが、水際での自生が少ないこと、枝が折れ易くかつ洪水流に対する耐力が小さいこと、繁茂状態に難があること、試験施工での発芽状況や成長具合が悪く枯死し易いこと、利用目的が緑化に限定される等ネコヤナギと比べた場合劣る面が多く、今後の課題とした。



写真-3 試験植栽による安全機能（ロープの代用）の確認

(3) 植栽の構造

植栽方法は、(1)に述べた各種植栽孔に対して直接植栽する方法やポット利用による間接植栽等様々な方法について試験施工を行い検討したが、ネコヤナギの最適な植付け時期が12月～3月と短くかつ厳冬期であることから、現地作業の省力化を第一義とし、天然素材の活用と共に全体的な作業手間の軽減化によって経済性を図ることとした。その結果は写真-4 に示す竹ポット構造体を用いる方法であり、図-2 に示すようにこの構造体を植栽孔に挿入し、根張り効果が発揮されるまでの期間は竹くさびでの固定による方法とした（写真-5 参照）。

なお、竹ポット構造体は、1節の竹ポット、ネコヤナギの挿し木（活着率を考慮して2本/1ポットとしたため、施工実績での活着率は95%以上である）、充填用土、棒ネット（市販のミカン袋）、麻布や麻紐、竹串等可能な限り天然素材で構成し、施工後は腐食することで自然に還元させる配慮をすると共に、側面には斜方向のスリットを3本と底面にはキリ孔を開けて、挿し木からの不定根を植栽孔内や裏込め部に根張りさせる役目と水分補給路の役目を担わせた。

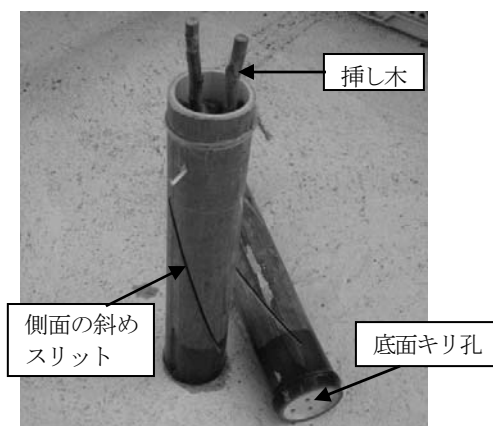


写真-4 竹ポット構造体

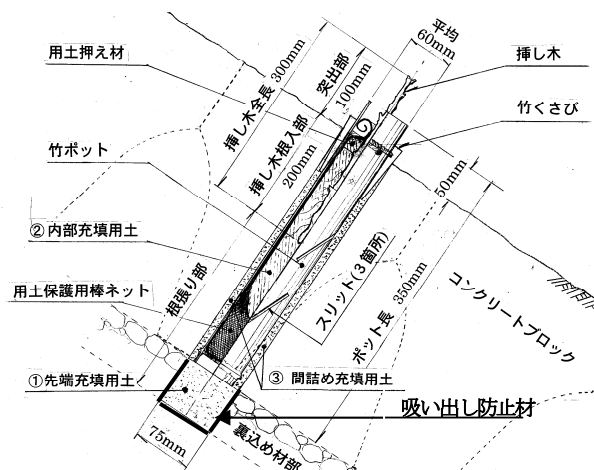


図-2 植栽孔への竹ポット構造体の挿入と固定



写真-5 竹ポット構造体の竹くさびによる一次固定

次に、植栽間隔や高さについては、写真-6 に示すネコヤナギの自生調査結果に基づいて設定し、図-3 に示すように間隔は 200～300cm、高さは平水位上 20～40cm を標準とした。この内植栽高さは、植栽直後における発根と萌芽の期間並びにそれに続く成長期での数ヶ月間は十分な水分補給が必要であり、植栽孔の先端部周辺に水脈の存在することが条件となる。これに対しては、自生位置が水辺から 50cm 程度以下が多いことと、利用する用土材料に対する毛管上昇高さ（毛細管現象により用土の間隙を伝って上昇する高さ）は、その確認試験において 40cm 程度は確保される結果が得られたことから、植栽場所の平水位と先端部が整合するように設定した。



写真-6 自生ネコヤナギの樹幅と樹高

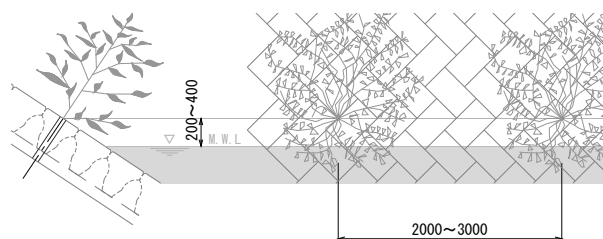


図-3 ネコヤナギの植栽高さと間隔の標準

4. 施工実績による機能評価

本章では、現在までの施工実績の中から岩岳川における観測データを中心として利用しながら、本工法に対する機能評価の結果を述べる。

(1) 植栽場所の状況

福岡県豊前市のほぼ中央を流れる岩岳川は、犬ヶ嶽を源流とする延長約 20Km の 2 級河川である。その中流域の下河内地内には合岩河川公園が整備されており、清流であると共に魚影の多い河川で、近接する小学校の学習地にもなっている。周辺の自然度は豊富であるが、写真-7 に示すように河川部の両岸には護岸が構築され緑陰の少ない環境となっていた。このような位置付けにあることから、豊前土木事務所において平成 20 年度に水辺の修景と生態系環境の改善を目的として 38 本のネコヤナギの植栽が施工されている。



写真-7 岩岳川対象護岸の植栽前の全景 (2009. 02)

(2) 成長状況からの機能評価

植栽後における成長過程は、38 本共 100%の活着率であり、発生枝数は 1 年目では写真-8 に示す 6 本/箇所程度であったものが、2 年目では剪定の効果（1 年目冬季に実施）によって写真-9 に示すように 30 本/箇所と増加しており、樹幅も各々の植栽（2m 間隔）が重なり合う状態までに、樹高も 1.5m までに成長した。写真-10 は、3 年目の初夏における全体的な繁茂状態であり、写真-7 と比較すると対象護岸面積のほぼ 50%の緑化と水際の緑陰が形成されている。また、写真-11 は、休眠期明けの 3 月における花穂の状態であり、河岸の風情を一層向上させる効果も得られている。以上から、目標の 1 つである景観改善機能について良好な評価が出来た。



写真-8 1年目の状況 (2009. 09. 16 撮影)



写真-9 2年目の状況 (2010. 11. 11 撮影)



写真-10 岩岳川護岸に対する植栽の3年目の初夏における繁茂状況 (2011. 04. 26 撮影)



写真-11 3年目の花穂 (2011. 03. 10 撮影)



写真-13 植栽の根元における根張り状況

次に、写真-12は竹ポット構造体における不定根の発生と伸長具合を確認するために試験植栽を掘り出したものであり、想定どおりのヒゲ根状態で護岸ブロックを持ち上げる作用力は働かないことが判る。また、写真-13は2年目での植栽の根元状況であり、竹ポットの天端が不定根で巻立てられた状態となっており、穿孔部からの吸い出し等も完全に防護されている。



写真-12 竹ポット構造体の不定根と伸長状態

更に、写真-14は2年目の夏季に発生した洪水によるネコヤナギの倒伏状況であるが、枝葉に大きな損傷を受けることなく洪水後は直ちに起立回復しており、洪水流や流下物による植栽の引き抜きやその作用力による護岸への影響等は発生していない。このように植栽の成長過程と護岸構造の安全性確保に対しては、全ての施工箇所 で想定通りの結果が得られることを確認出来た。



写真-14 洪水に洗われる植栽 (2010. 7. 14 撮影)

(3) 生態系への機能評価¹⁾

「ヤナギの下にドジョウ」の諺の源と思われるネコヤナギは、河岸に群生して緑陰を形成すると共に水中に伸びた枝に水中根を発生させる特性を有しており、水際における生物の生息環境を作り出している。本工法の開発に際してもこの機能を活用することとしており、その創出状況について観測を行っているが、岩岳川の場合では、38本の植栽に対して33本の場所で水中に枝を伸ばすと共に多くの枝に写真-15のような水中根が発生している。この水中根は、水生生物や魚類の住処、産卵場、隠れ場、餌場となるが、近隣の山国川水系における西谷川と山移川（大分県中津市）の採捕データでは、表-2に示すように多くの生物を確認している。また、写真-16は水中根に集まるギギ（貴重種）等の魚類である。

これらは水中根に対して写真-17のような珪藻類が付着していることに起因しており、その珪藻類を水生生物が餌とし、それを魚類が餌とする食物連鎖の環境が形成されている。施工実績での期間が浅く観測データが少ない中での評価であるが、植栽後2年経過の箇所においても着実に水中根が発生しており、数年後には生態系への水辺環境も創出されると思われる。なお、この機能改善の完成には植栽後3年位の期間が必要である。



写真-15 水中に伸びた枝に発生した水中根

表-2 ネコヤナギの水中根において採捕された生物

採捕場所	西 谷 川	山 移 川
採捕日	H22. 3. 20	H22. 3. 20
魚類	2	0
巻き貝類	カワニナ 16	0
	モノアラガイ 3	0
カワエビ類	3	0
ヨコエビ類	3	0
ミズムシ類	313	0
トンボ類	4	0
カゲロウ類	5	152
カワゲラ類	3	0
トビケラ類	26	4
ガカンボ類	1	0
ウズムシ	6	0
付着泥土の量	多い	少ない



写真-16 水中根に集まる魚類の群れ（西谷川）

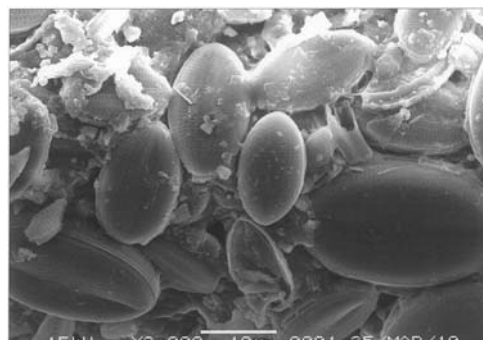


写真-17 水中根に付着した珪藻（電子顕微鏡）

5. 今後の課題

本工法の施工実績に基づく評価によって、既設コンクリート護岸に対する緑化が困難であるという先入観の払拭と共にこの種の工法開発を促す礎を示すことが出来たが、今後の課題として以下の点も残されている。

- ① 護岸面のどの位置でも対応出来る樹種或いは感潮区域に対して適応し得る樹種の検討。
- ② 本工法は、生き物（ネコヤナギ）を扱う技術である。したがって、適正な挿し木を選定するための知識と経験を有する技術者の育成と植栽後の十分な管理体系が必要であり、その施工体系の確立が急務である。
- ③ 本工法の施工実績は、現在のところ九州地方のみで少ないが（国土交通省、大分県、福岡県での計23箇所での約1000本施工）、植栽後の評価は学界・漁業関係者・事業者共に極めて良好である。しかし、新技術に対する事業者側の利用、発注等のフォローは未だ不十分であり、その積極的な支援を期待するところである。

謝辞：本工法の開発に際しては、多くの関係者から御指導を頂いた。また、国土交通省山国川河川事務所においては、試験施工に対する既設護岸の利用について快く御許可を頂いた。ここに厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

1) 帆足建八，工藤真之助：ネコヤナギによる既設コンクリート護岸の緑化工法の開発，応用生態工学会，第14回研究発表会講演集（2010年9月23日），p215-218，

（2011.5.19 受付）