

佐賀平野における歴史的クリークの構造を 活かした雨水排水路の試行的築造

樋口明彦¹・高尾忠志²・林博徳³・栗生啓之⁴・時岡克行⁵・久保藺宏⁶

¹正会員 D.Des. 九州大学大学院工学研究院建設デザイン部門(福岡市西区元岡744)

E-mail:higuchi@doc.kyushu-u.ac.jp

²正会員 工博 九州大学大学院工学研究院建設デザイン部門(福岡市西区元岡744)

³学生会員 九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻(福岡市西区元岡744)

⁴正会員 株式会社建設技術研究所大阪本社道路・交通部

⁵非会員 東日本旅客鉄道株式会社横浜支社横浜土木技術センター

⁶非会員 第一復建株式会社水工部

佐賀平野には固有の歴史的クリーク景観が存在する。しかし現在それらの多くが宅地造成等により消失するかコンクリートブロック護岸の雨水排水路に改変されつつある。本稿は、既存の歴史的クリークに用いられている土羽護岸の技術を活かすことにより、歴史的クリーク景観固有の水辺の佇まいを留めた雨水排水路整備がどの程度可能かについて検討をおこなっている。

まず、コンクリートブロックを用いない雨水排水路構造の可能性について検討をおこない、佐賀市兵庫地区土地区画整理事業地内における幹線雨水排水路整備において試行的に土羽護岸構造を採用した工事を実施し、完成後3年間に渡り構造安定性・水辺の佇まいの再生状況について経年変化を観察した。

その結果、土羽護岸の構造に大きな問題はないこと、クリーク固有の緑に覆われた緩やかな法肩線形・蛇行した水線形状等がある程度再現されていること等について確認することができた。

Key words: creek, rainwater drainage, concrete block, historic bank structure, Saga Plain

1. 背景と目的

佐賀平野は、筑後川、嘉瀬川等の沖積作用と人工干拓により徐々に有明海を南進し、その面積を広げてきた低平地である。干拓地の広がりとともに農業用水の確保が重要な課題となり、主に江戸時代に、筑後川、嘉瀬川及び江湖の3水源と農地をつなぐ水路(地元では堀・クリークと呼び習わしている)が網の目のように構築されてきた(写真-1参照)。こうしたクリークは、農業用だけでなく、最近まで生活用水としても利用され、この地域を代表する暮らしの風景として人々の手で大切に維持されてきた。しかし戦後の高度成長期以降、大規模な圃場整備や都市開発を目的とした土地区画整理事業等によって、多くのクリークが埋め立てられ、またコンクリート護岸で固められた直線的な雨水排水路へと変貌してきている。

近年、環境や景観の保全に対する社会的関心が高まりつつあるなかで、平成12年にはクリーク環境をほぼ手付かずに保全した「ひょうたん島公園」(佐賀市兵庫

町大字洲地区)の整備に見られるように、残された歴史的クリーク景観の保全に向けた取組みが少しずつではあるが佐賀市によって始められつつある。

歴史的クリークを保全する最善の方法が現状保存であることは言うまでもない。しかし佐賀市における都



写真-1 佐賀市内における歴史的クリークの分布状況
(出典:「肥前佐賀の水土の知 成富兵庫の遺産」九州農政局筑後川下流農業水利事務所)

市化の進展や農業従事者の減少等を考慮すると、既存のクリーク群の多くを現状保存していくことは困難であると言わざるを得ない。

本稿では、佐賀平野におけるクリークに用いられてきた伝統的な土羽護岸の技術を雨水排水路整備に応用することによりコンクリートブロック積み護岸構造にかわる雨水排水路護岸構造を案出し、試験施工をおこなうことによりその構造的な信頼性と景観的な優位性について確認した結果について報告する。

2. 既往の研究

環境や景観に配慮した土羽護岸については、多自然型川づくりを中心とした河川に関するものと道路その他の切土・盛土法面の緑化に関するものに多数の研究が認められる。

多自然型の川づくりに関する研究では、例えば藤田等¹⁾は様々な多自然型河川護岸工法の安全性について検討を行っている。また千葉等²⁾は、複数の河川を事例として、生態系への影響を最小限にしながら自然護岸を保全する手法を検討している。

こうした研究と合わせて、例えばホテルの棲息環境保全と治水を両立させるため自然石の半練積み工法により整備された山口県の一の坂川のような初期の事例以来多数の実施事例が試みられ多くの知見が蓄積されている。本研究の対象地域である佐賀県でも、平成10年度に実施された城原川の多自然型河川整備は、古くからの草堰を用いた取水システムの保全等について広く知られている。³⁾

法面緑化については、緑化コンクリート護岸による植生の復元を対象とした佐藤等⁴⁾の研究等、緑化手法についての研究が多数存在する。また、武井等⁵⁾のように道路法面における自然復元工法に関する研究もなされている。

一方クリークは、一見すると小河川のようにも見えるが、佐賀平野の気候特性や地理特性を踏まえて、降雨時には排水施設として、常時は農業用水の貯留施設として機能するべく、人為的に造成された構造物であり、構造その他で河川とは異なる独自の工夫がなされている。地域性の強い特殊な構造物であるクリークの護岸構造を検討する際には、こうした特性を考慮する必要がある、この点が本稿の主題でもあるが、荒木等⁶⁾によるクリークの歴史的変遷についての研究や金澤等⁷⁾によるクリークを取り巻く集落の空間構造についての調査研究、野原等⁸⁾によるクリークの水質保全に関する研究、前田等⁹⁾によるクリーク整備事業に対する住民意識の調査研究、正木¹⁰⁾によるクリークを公園としてそ

のまま保全した事例報告等が認められるものの、クリーク護岸の構造特性に関する研究や、新規の護岸構造についての研究は認められない。

3. 試験施工対象地の概況

試験施工対象地は、兵庫北土地区画整理事業地内にある。同土地区画整理事業地およびその周辺の状況を図-1に示す。佐賀市を東西に貫く幹線道路である国道34号線と県道佐賀東部環状線の交差する地域にあり、JR佐賀駅を中心とする中心市街地から北東約2kmに位置している。この地域は、都市化の進んだ佐賀駅近傍にもかかわらず、これまで区画整理が行なわれず、水田地帯として歴史的なクリーク群が保全されてきたところであったが、平成10年から地権者主体による組合施行により住宅地・商業地の造成を目的とした土地土地区画整理事業が進められつつある。

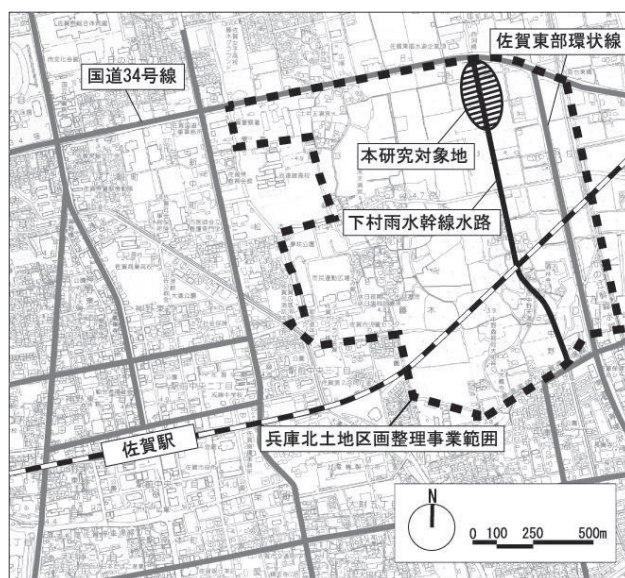


図-1 兵庫北土地区画整理事業範囲と研究対象地



写真-2 区画整理事業実施前の試験施工対象地の状況
中央が雨水排水路に改変予定のクリーク

土地区画整理に伴う造成計画では、対象地のほぼ中央を南北に縦断する形で下村雨水幹線水路と呼ばれる雨水排水路が造成されることになっていたが、その路線の大部分は兵庫町の北を流れる市の江幹線水路から導水した水を兵庫町一帯へ農業用水として供給していた既存のクリーク幹線と重複しており、計画通りの造成が行なわれればこの歴史的クリークとその景観が延長500メートル以上に渡り失われる状況にあった。写真-2は土地区画整理事業実施前のクリークの状況を示している。

対象地に隣接する兵庫南地区では、平成元年から兵庫北地区に先行して土地区画整理事業が行われ、既存のクリークが多数埋立てにより消失し、残りの都市雨水排水路に改変された。写真-3にそれらの一例を示す。従前のクリークは、幅員が20メートル以上あったが、宅地として利用できる部分の面積をできるだけ広く確保するために、水路の幅員が排水路としての機能を果たせる範囲で大幅に狭められ、その結果護岸は法面を急勾配としたコンクリートブロック積みとなっている。

兵庫北地区においても、既存のクリークをこれと同様のコンクリートブロック積み構造の雨水排水路へ改修することが当初は予定されていた。

4. 試験施工実施に至る経緯と関係者

試験施工がおこなわれることになったきっかけは、木下前佐賀市長から九州大学島谷教授に対して、「水路を佐賀平野の原風景にあった自然的なものにしてほしい」との相談があったことである。これを受けて事業主体である佐賀市河川砂防課を中心に、設計業務受託者としては第一復権(株)が参加し、設計監修者として九州大学が参加するかたちで取組みが進められることになり、平成16年、排水路の整備を担当する佐賀市の河川課（現河川砂防課）は、兵庫北土地区画整理事業組合に歴史的クリーク景観をできるだけ残す方向で整備を進めるとの方針変更を伝えている。

続いて事業の対象区間を下村雨水幹線水路北端の雨水排水路最上流部約250mとすることが決定し、従来のコンクリートブロック積み構造とは異なる手法を導入した構造を試みることとなった。

造成途中の土地区画整理事業地内が対象地であり、当時は兵庫北土地区画整理事業の主体である組合関係者の他にはほとんど市民側からの関心は示されなかったことから、協議会や検討委員会のような検討組織は設けず、必要に応じて組合を含めた関係者が集まって協議を行うかたちで事業を進めていった。

5. 歴史的クリークの構造的特徴

戦後に行なわれた区画整理や圃場整備以前につくられた佐賀平野の歴史的クリークの特徴の一つは、土羽で護岸が構築されていることである。地区によって法面の勾配には違いがあるが、概ね1:2～1:1の斜度で護岸が切られ、勾配が急な部分や土の緩い部分には土羽の



写真-3 コンクリートブロック積み護岸を備えた雨水排水路の例



写真-4 杭柵工(佐賀市内)



写真-5 屈曲したクリーク(佐賀市内)

法崩れを防ぐ目的で杭柵工や捨石工が広く用いられている（写真-4 参照）。地域住民による普請によって素堀により造成されており、強度を増大させるための土質改良等は行なわれていない。

水深は農業用水の需要や降雨量等との関係で一定ではなく、1メートル以下から1.5メートル程度の範囲で変動するが、元々低平地に掘削された水路であることから平均水面と地表面との高低差は0.5メートルから1.0メートル程度でしかなく、写真-2、4でもわかるように水面に近い印象を与える。

また、おそらくは自然に形成された水溜りや滞筋を手がかりに、少しずつ構築されていったことから、写真-5のように蛇行したり屈曲したりしているものが非常に多い。

柴山等¹¹⁾によれば、佐賀平野では地域の農村住民の手により、冬季の泥土揚げ、護岸の補修、夏季の草刈り等クリークの管理作業が常に行なわれ、水路の維持がなされてきたが、近年は農家の高齢化や農地の減少等から、管理が十分に行なわれていないクリークが増えつつある。

微妙な水位調節や有明海からの海水遡上の抑止等に使用する堰や水門が随所に設けられている。また、使われなくなった馬洗い場（馬の身体を洗ってやるために水深を浅くした場所）のように近所の子供達の遊び場として利用されている空間も存在する。

護岸部にはヨシ・マコモ等の抽水雑草が繁茂しているが、殆どのクリークでは法際まで農地や農道、あるいは民家が接近していることから、陸上部は常に除草が行なわれており著しい植物群落の形成が認められるところは少ない。畦道とともにクリーク際にも人の手によって植えられたナンキンハゼ等の樹木が分布している。水面にはホテイアオイを中心にヒシ等の浮標植物が繁茂している。変化のある水路形態は多様な生物相を可能とする環境を形成してきたと言われていおり、希少種であるカワバタモロコやニッポンバラタナゴ等の棲息が報告されている¹²⁾。

6. 従前の雨水排水路整備計画案

従前の対象地クリークの断面と今回計画されていた雨水排水路断面形状を図-2に示す。また表-1は、雨水排水路の造成に伴うクリークの主な諸元の変更点を示している。

水路部分の幅員は従前の変化のあるものから一律に法肩で8メートルに縮小される。これは、造成地の利用可能部分の面積をできるだけ広く確保するとの立場から計画流量を確保できる範囲で水路幅をできるだけ

狭くしようとしたためである。

盛土により、地表面と平均水面との高低差は従前に比べ1メートル以上増大している。

護岸勾配についても造成地の利用可能部分の面積をできるだけ広く確保するとの立場から1:0.5という急な勾配が採用され、これを実現するためにコンクリートブロック積みの護岸構造が用いられている。この勾配では法肩に転落事故防止のための柵が必要となる。

法肩に若干の植栽帯が設けられているものの護岸面は全てコンクリートブロックで覆われるため植物の生育は不可能である。

路床は土羽であり、水生生物の棲家となる砂礫のような基盤はない。流路の法線は直線となる。

流路の縮小に伴い生じる護岸天端の空間については、左岸（図-2中左側）では幅員3メートルの管理用道路（アスファルト舗装）が、右岸では幅員6メートルの緑道（アスファルトカラー舗装）がそれぞれ市の事業で整備される予定になっている。

なお、右岸については、大規模郊外商業施設用地が隣接する（平成18年に営業開始している）。また、左岸については分譲住宅地と商業用地が隣接する。

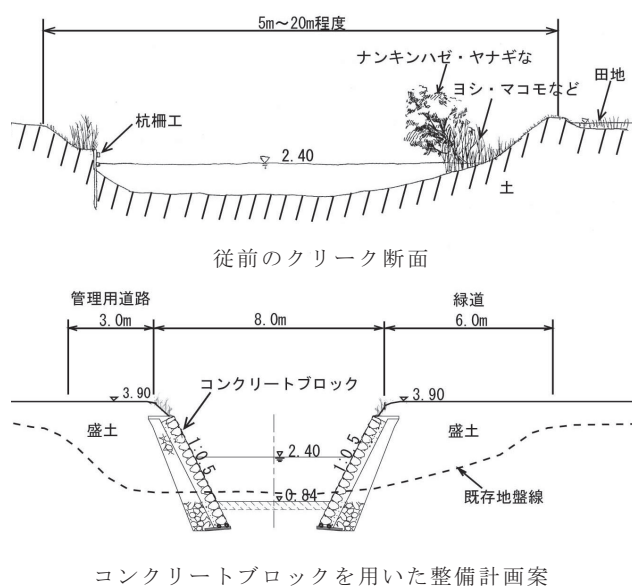


図-2 従前のクリーク断面と整備計画案の比較

表-1 対象地クリークの諸元の変化

	整備前	整備後
幅員	約20m	8m
水深	1～1.5m	1.5m
流速	0.2m/s	0.2m/s
計画流量	——	7.415m ³ /s
機能	農業用水路	雨水排水路

7. 歴史的土羽構造を活用した水路構造の導出

(1) 土羽護岸の採用

水路の構造をできるだけ歴史的クリークの構造に近づけることにより結果として既存のクリークに近い水辺の景観を創りだすことをデザインの目標とし、その主要な要素として土羽のみで護岸を構成することにした。従前の対象地クリークの断面と案出した雨水排水路断面形状を図-3に示す。

まず護岸の勾配であるが、「道路土工のり面工・斜面安定工指針（社団法人日本道路協会）」¹³⁾で、対象地で土羽による護岸整備を行う場合の標準安定勾配が1:1.5となっていることから、今回の検討では護岸勾配を1:1.5以下にすることとした。護岸天端の高さは、当初計画と同じ標高としている。

土羽護岸を用いて歴史的なクリーク景観に近づけるための工夫として、下記の各項を取り入れることとした。

- ・勾配が大きく変わらない範囲内で土羽護岸法面に盛り上がりと窪みをランダムにつけることにより、水路線形が曲線となるようにする。
- ・法肩を緩やかにラウンディングすることにより、既存のクリークに近い断面線形をつくる。
- ・工事初頭に既存クリークの表土をヤードに保管し、雨水排水路造成の最終段階で護岸法面に覆土する。これにより既存クリークと同じ植生の早期回復を期待する。
- ・低水時の水面よりわずかに低い位置に、クリークで用いられているのと同じ杭柵工を用いた土留めを施し、その背後に小段を設ける。杭柵工の谷側には礫を控え工として投入する。これには、土羽護岸法尻の補強の他に、水路に人が転落した場合に足場となること、水生生物の棲家を提供することを期待している。

(2) 管理用道路敷・緑道敷の幅員変更

前項で設定した護岸形状を対象地にそのまま適用すると、図-2のコンクリートブロック護岸よりも護岸の勾配が緩くなるため、水路部分の幅員が減少し、路床部で0.5メートル、平均水深部でも3メートル弱しか水路幅が確保できず、十分な水路断面が得られない。そこで、筆者らは佐賀市、佐賀県と協議を行い、管理用道路の幅員は3メートルを2.5メートル（軽トラックが通ることができれば良い、という市の判断）に、緑道平坦部の幅員は6メートルを4.5メートル（H.W.Lより上の斜面部も緑道とみなすこととした）に縮小し、水路部分の幅員を拡幅することとした。図-5に試験施工区間の平面形状を示す。

(3) 護岸部の構造安定性に関する検討

設定した断面形状について、円弧すべり、地盤支持力

について安定検討を行った。以下にその概要を示す。図-4は構造安定性についての検討を行う際に用いた断面形状モデルを示している。流水による護岸の洗掘については、計画流量に対応した流速が毎秒0.2メートルでしかないことから、特段の検討は行っていない。

なお、事前のボーリング調査により、対象地域の地盤は沖積粘土層が幾層にも重なっている軟弱地盤（有明粘土）であることがわかっている。

① 円弧すべりの検討

整備対象地域のなかで、検討条件が最も厳しい計画断面（盛土による計画高が高く、輪荷重が作用）について「道路土工軟弱地盤対策工指針¹⁴⁾」に準じて円弧すべりの検討を行った。安全率は、「土木工事設計要領第I編河川編九州地方整備局¹⁵⁾」に準じて、 $F_s \geq 1.25$ （常時）とした。

ボーリング調査結果をもとに、安全率の計算には以下の式を用いた。

$$F_s = \frac{\sum (C_u + l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi_u)}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

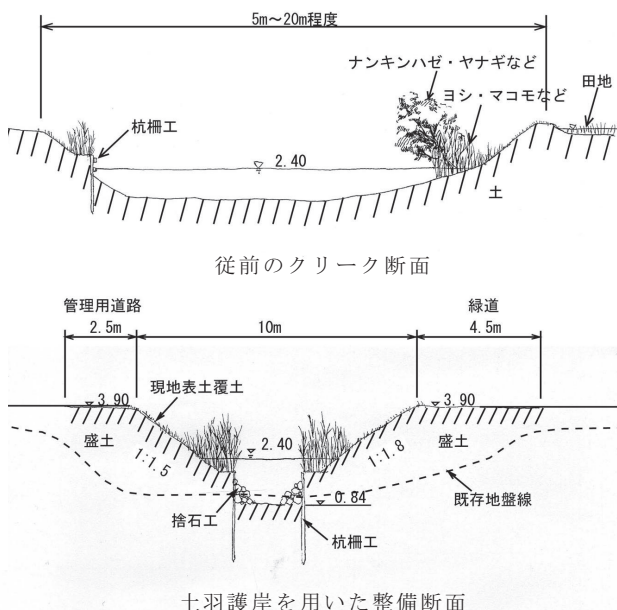


図-3 試験施工を行なった土羽護岸の形状

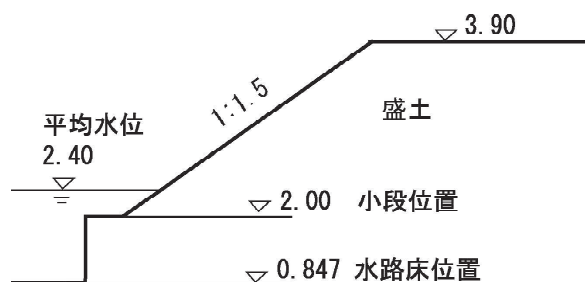


図-4 構造検討に用いた土羽護岸の盛土形状

ここに、

C_u : 細片部のすべり面に沿う土の圧密を考慮しない
非排水粘着力(tf/m²)

ϕ_u : 細片部のすべり面に沿う土の圧密を考慮しない
非排水せん断抵抗角(°)

l : 細片部のすべり面の長さ(m)

W : 細片の土の全重量(tf/m)

α : 細片部のすべり面平均傾斜角(°)

検討の結果、安全率 $F_s=0.739(<1.25)$ となり、円弧すべり破壊に対する安定対策が必要であることがわかった。円弧すべりに対する対策工法は一般に抑止矢板工法と地盤改良工法が挙げられるが、対象地の場合、軟弱地盤上に盛土を構築して道路や宅地の整備を行うことから上載荷重(計画盛土、建設重機)に対する地盤支持力の確保と沈下の低減をあわせて検討する必要があるため、これらの条件を同時に満足できる地盤改良工法を採用し、現地発生の盛土材にセメント系固化材を混ぜることで地盤改良を行うこととした。円弧すべりに対する地盤改良の改良諸元は下記の通りである。

- ・改良幅 $B=6.50$ m

- ・改良深さ H : As1 層下端(EL-1.19) まで

- ・改良強度 $q_{ud}=100\text{kN/m}^2$

以上を考慮して再度安全率を計算したところ、安全率 $F_s=1.261(>1.25)$ という結果が得られ、円弧すべりに対して所要の安定性を確保できるとの結果が得られた。

② 地盤支持力の検討

地盤支持力については、盛土を造成し敷均・締固めを行う建設重機(普通ブルドーザー 15t 級(衝撃込み))に対する現地盤の短期支持力、および盛土荷重(完成後)に対する現地盤の長期支持力について検討をおこなった。各支持力は、「セメント系固化材による地盤改良マニュアル¹⁶⁾」に準じてテルツァーの支持力公式を修正した次の各式により算出した。

- ・短期許容支持力(建設重機)

$$q_a = (\alpha c N_c + \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q / 2) 2/3$$

- ・長期許容支持力(盛土荷重)

$$q_a = (\alpha c N_c + \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q) / 3$$

ここに、

q_a : 許容支持力度(tf/m²)

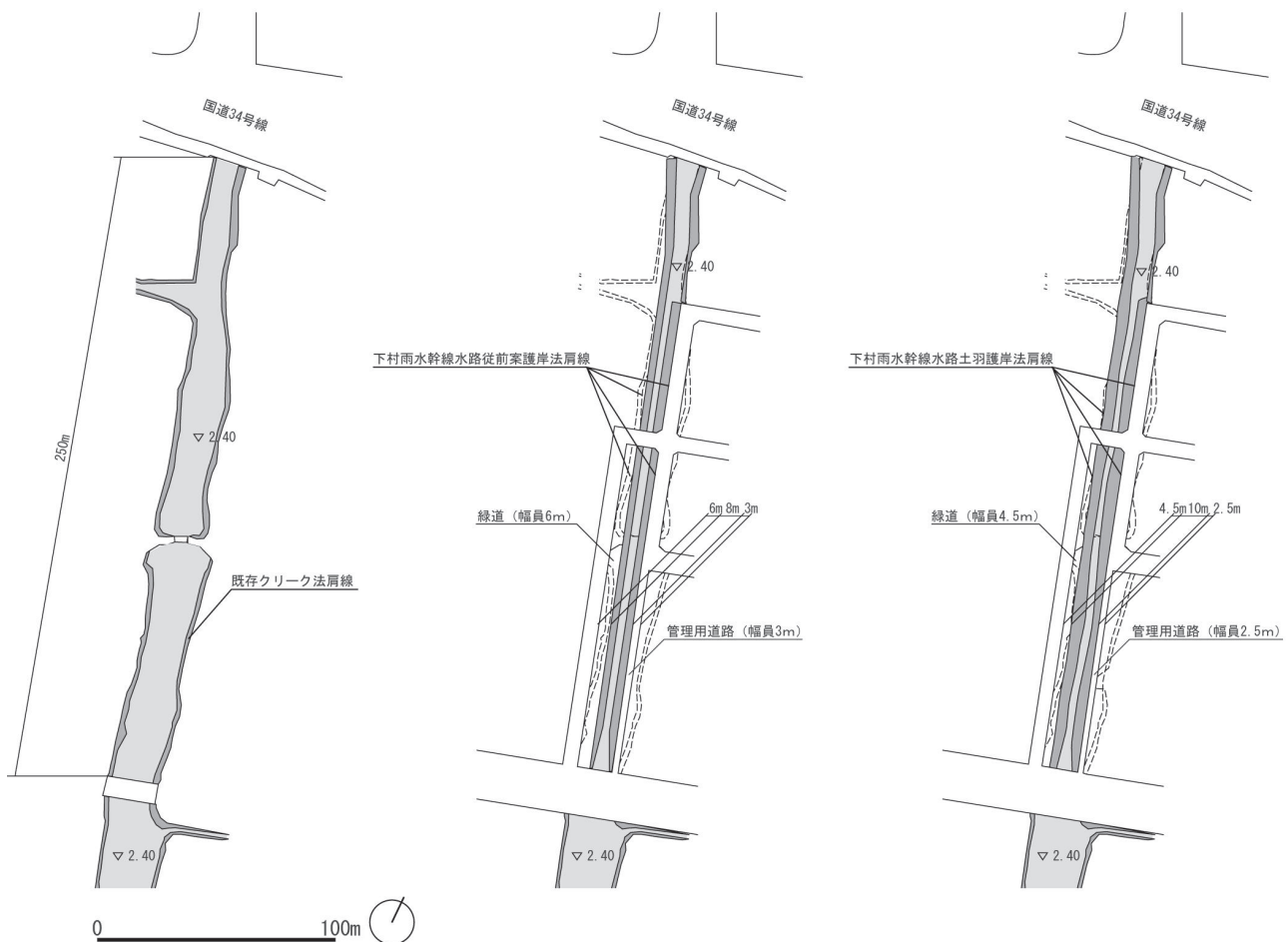


図-5 試験施工区間の平面図(左から「工事前の現況図」,「当初のコンクリートブロック護岸案」,「土羽護岸案」)

c : 基礎底面下にある地盤の粘着力(tf/m^2)
 γ_1 : 基礎底面下にある地盤の単位体積重量(tf/m^3)
 γ_2 : 基礎底面下より上の単位体積重量(tf/m^3)
 α, β : 形状係数

N_c, N_γ, N_q : 支持力係数, 内部摩擦角 ϕ の係数

D_f : 基礎に接近した最低地盤面から基礎底面までの深さ(m)

B : 基礎底面の最小値(m)

その結果, 短期許容支持力は

接地圧 : $P_0=63.7\text{kN}/\text{m}^2 > \text{短期許容支持力} : q_a=42.4\text{kN}/\text{m}^2$

長期許容支持力は

接地圧 : $P_0=59.2\text{kN}/\text{m}^2 > \text{長期許容支持力} : q_a=21.2\text{kN}/\text{m}^2$

となり, いずれも所要の支持力が確保できないことがわかった。そこで, 改良地盤および下部未改良地盤の支持力が確保できるよう改良諸元を「セメント系固化材による地盤改良マニュアル¹⁶⁾」に準じて, 下記のように設定し, 改良地盤の支持力と, さらに下の下部未改良地盤の支持力に対しても考慮して検討を行った。

・改良幅 B : 円弧すべり対策の改良幅 6.50m を除く現況クリークの河床すべて

・改良深さ H : 建設重機および盛土荷重に対して所要の支持力が得られる深さ

・改良強度 q_{ud} : 建設重機および盛土荷重に対して所要の支持力が得られる強度

その結果, 所要の支持力を確保することができるとの結果が得られた。

なお, 流量については, 土羽護岸を用いた整備断面と従前の計画断面について流量計算を行い, 土羽護岸断面は従前の計画断面に比して粗度係数が 0.025 から 0.031 に上がっている (コンクリートブロックを植生護岸にしたため) ものの, 通水断面積が 9.945 平米から 13.411 平米と大きくなったことで, 整備後流下能力 (8.429 立米 / s) は計画流量 (7.415 立米 / s) を上回る, との結果が得られている。

8. 試験施工およびその後の状況観察

図-3 下段に示した土羽護岸形状を基本として延長約 250m の区間について佐賀市により施工が実施され, 平成 17 年 4 月に完了している。施工途中の状況を写真-6, 7 に示す。写真-6 は施工中の土羽護岸と緩く蛇行させた小段部の状況を, 写真-7 は杭柵工施工中の状況をそれぞれ示している。

土羽造成にあたっては, 法尻を護岸勾配が 1:1.5 を超えない範囲で変化させ, 従前のクリークの護岸線形に見られた蛇行した線形を意図的に設けた。また, 法肩の土羽護岸と緑道・管理用道路との接合部は, 人工的

な形態とならないようラウンディングにより角を曲線化している。なお, これらの景観的な造成は, 写真-8 に示すように 50 分の 1 および 20 分の 1 の模型を作成し線形の検討を行なったうえで現地に採用している。

施工区間の表土は, 掘削中は別のヤードに移動し, 改良土による土羽造成終了後に滑動抑制の為の盛土安定保護シートを敷設した上に覆土することにより, 現地植生の短期での回復を図っている。覆土の厚さは約 30 センチとした。

施工完了後, 梅雨期を経て 4 ヶ月経過した段階における施工区間の状況を, 写真-9 に示す。出水期にあたるため水位が高い。写真-2 で示した従前の状況と比較すると, 工事の結果水面が大幅に狭くなっているが, 盛土による地表レベルの上昇は法面の植生が緩衝となることもあってそれほど如実には把握できない。コンクリートブロック護岸とした場合には, 法面の植生が存在しないことで水面と地表レベルとの高低差がより際立つと考えられる。

土羽法肩・法面における侵食や崩壊は発生していない。これは護岸法面の勾配が妥当であることと地盤改良の成果とによると考えられるが, 護岸法面上の植生回復が降雨その他による侵食等の抑制に貢献していることもあわせて推測される。

写真-10 に示すように, 従前に群落の存在が確認されていたヒシが工事後の水面にこの時点で確認できた。ヒシの早期再生の要因については, 今回の整備区間では施工後すぐに既存の歴史的クリークとの水理的な連続性が回復されていることから, ヒシの種子もしくは草本が流水によって既存のクリークから当該区間に運ばれた可能性が考えられる (河川においては, 流水が植物の種子散布に大きな役割を担っていることが知られている。例えば米森等(2000 年))。また, 施工時に覆土した既存クリークの表土の中にヒシの種子が含まれていたことも考えられる。加えて, 今回の整備区間は, 河床及び護岸がすべて土羽および礫で施工されており, ヒシが根を張りやすい環境が整っていたことも, 施工後速やかにヒシが定着した要因の一つではないかと考えられる。

写真-11 は, 施工完了後半年が経過した時点の状況を示している。渇水期に入り水位が低下しており, 写真-9 と比較して水位が下がった分水中にあった部分が暴露し, 護岸地肌が露出しているが, 法面の崩壊やすべり等の損傷は認められない。これについても先述のように護岸法面の勾配が妥当であることと地盤改良の成果とによると考えられる。

次に, 写真-12 は, 平成 18 年 3 月に区画整理対象地内に点在するサクラ・ナンキンハゼ等の樹木を排水路護岸に沿って移植する工事を実施した際の状況である



写真6 護岸工事の状況（平成17年3月）



写真-10 現地の植物の再生（ヒシ）



写真-7 杭柵工の施工状況（平成17年3月）



写真-11 工事完了後間もない段階（平成17年10月）



写真-8 法面の模型写真(縮尺1/50)



写真-12 樹木移植直後の状況（平成18年3月）



写真-9 施工完了後4ヶ月の状況（平成17年8月）



写真-13 工事完了後2年半経過（平成19年11月）

(土地区画整理用地内からの桜やナンキンハゼの移植は市側と組合が共同で実施した。組合が用地内の樹木調査を行い、市と九州大学でこの中から水路の並木に適当なものを選別した。移植費用は市が負担している)。法面天端部に木杭により植栽柵を仮設し、その中に客土のうえ移植を行なった。水位は写真-11よりも上昇しているが、その結果護岸法面に施したアンジュレーションによる水路水際線の緩やかな蛇行が視認できる。この段階でも法面の損傷は認められない。

写真-13は、工事完了後2年半が経過した平成19年11月の段階のものである。右岸側の管理用道路と左岸側の緑道が完成し、道路脇に木柵が設けられている。土羽護岸の勾配が緩いことから当初は写真-8の模型のように柵は設けずとも安全と判断していたが、施工の段階でやはり危険であるとの市の判断で柵を設けることになった。

写真-9と比較すると時間の経過によって土羽護岸が在来種の植物でよく覆われ安定していることが見てとれる。移植した樹木も無事活着している。

整備前にはクリーク沿いで農業を営む住民等によって水路の管理が行われていたが、試験施工後は市の雨水排水路として位置づけられることとなったため、他の排水路同様に市によって管理されることとなった。具体的な管理作業の内容は年二回(盆前と草が伸びきった10～11月頃)の草刈りのみである。水路周辺住民の管理への参加については、法面の勾配が急で危険であることから市側では考えていない。写真-13を見る限り年二回の草刈りのみの管理で特段の問題は発生していない。

写真-13を写真-3と比較すると、同じ造成地のなかであってもコンクリートブロック護岸の場合と土羽護岸の場合とでは景観的な空間の質が大きく異なっている。水際線の形状・法面植生の有無などが要因となって後者の方が前者よりもソフトな印象となっており、当初のデザインの目標はある程度達成されたものと考えられる(この点について、また今回の試験施工区間が歴史的クリークとどの程度類似していると市民から認識されるかについては、今後客観的な比較評価をおこなう必要がある)。

9. 結言

土羽護岸自体は広く土木工事で採用されている一般的な構造であり、それ自体に何ら斬新性はない。しかし、佐賀平野において雨水排水路の景観・環境を歴史的クリークのものと近づけることを目的としたものは今回の取組みが初めてのものである。

前章に示したように、施工後約3年が経過した現在の段階での短期的な評価ではあるが、試験的に施工を行なった土羽護岸水路において有明粘土の軟弱地盤上においても沈下・崩壊等の構造的な問題は発生していないことが確認でき、セメント系固材材による土質改良等をおこなった1:1.5勾配の土羽護岸構造には排水性能・構造安定性について妥当性があることを検証することができた。今後はさらに観察を継続し、構造面での信頼性を検証していく必要がある。

一方、景観面については既存のクリークに近い水辺の景観を創りだすことをデザインの目標としたが、写真-2の従前の景観と比較してみると、護岸法肩付近については従前とほぼ同質な状況が再現され、ほどほどに蛇行させた水路線形もうまくいっているように思われる。これは土羽護岸造成の造形の容易さを活かした結果である。

水路幅が大きく減少したことによる水面の縮小については検討可能な水路空間の幅を広げる以外にはいかんともしがたいところである。しかし、例えば写真-5のクリークのように、地域に残るクリークの中には水路幅員が5メートル足らずのものも多数あることから、従前と比較さえしなければ、市民が水路幅員について特に狭隘という印象をもつことは考えにくいだろう。

造成盛土により従前と比較して水路法肩が1メートル以上も高くなることにより、特に低水位時には水面と水路法肩との高低差が大きくなり、その結果歴史的クリークに見られる水面の身近さを実現することが困難となる。こうした状況が発生するのは主に渇水期だけであるが、これについては、護岸法面中段に小段等を設けること等を含めて今後検討する余地があるだろう。

この種の事業を実施するか否かの判断においては、従来のやり方と比較した場合の工事コスト評価が大きなファクターとなると考えられる。今回の試験施工実施対象地周辺で最近実施された幅員8メートルのコンクリート護岸排水路工事では、直接工事費で301,880円/mという数字が得られている。これに対して試験施工では直接工事費で175,260円/mとなっており、直接工事費ベースで土羽護岸を用いた方が約40%安価という結果になった。土羽護岸による排水路はコンクリート護岸に比べて草刈など維持管理の手間がかかる。そうしたコストをどう考慮するか、またどのような効率的な維持管理が考えられるかは今後の検討事項である。

今回の試験施工では、緩傾斜の土羽護岸を実現するために水路両側の用地を合計2m水路用地に取り込むという敷地条件の変更を行っている。しかし周囲を含んだ全体としての風景としてみたとき、右岸側に巨大な大型商業施設が迫り(写真-13では樹木背後に見える)、左岸側には次々と住宅が建設されている状況のなかでの雨水

排水路の佇まいには、田園の中を流れるクリークのような開放感は感じられない。これは言わずもがななことではあるのだが、今回取り組んだ土地地区画整理事業地内での仕事の限界である。今後の展開では、水路部分だけでなく周辺の空間まで含めた取組みとしていくことが望まれる。今回の試験施工の結果を踏まえ、例えば一定規模以上の住宅地造成では設置が義務付けられている公園空間を活用して水路沿線に空間的な余裕を付加するなど、行政側の考え方の整理が必要となるだろう。

最後に、地元住民の反応について若干触れておく。本事業には、水路に隣接する土地地区画整理事業の関係者（地元農業者を中心とした地権者等）の合意を得ることが必要であった。幼少期にクリークで水泳や昆虫採集をした体験を例にあげ、当時の環境を次世代に残したいという声が多数聞かれ、最終的には試験施工を了承していただいた。しかしその一方で、自然に近い環境とすることで蚊やハエをはじめとする害虫が発生し土地地区画整理対象地区の地価が下落するのではないかとの声や土羽護岸とすることによる維持管理・安全性についての懸念も投げかけられた。こうした課題については今後さらに現地の観察を続けながら検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 藤田祐一郎他：「多自然型護岸に関する実験的研究」土木学会第47回年次学術講演会 pp. 496-497, 1992. 石野和男：「日本古来の水環境を例とした多自然型水路の設計法の考察」土木計画学研究・講演集No. 19(1), pp. 161-164, 1996. 等

- 2) 千葉武生他：「中小河川における天然護岸の保全手法に関する研究」環境システム研究論文集vol. 30, pp. 77-83, 2002, 10.
- 3) 樋口明彦他：「川づくりをまちづくりに」学芸出版社, 2003.
- 4) 佐藤健司：「ポーラスコンクリート護岸工法」ランドスケープ研究 67 (1), pp. 17-20, 2003 .
- 5) 武井幸久他：「自然の創発と法面緑化」土木学会第55回年次学術講演会IV, pp. 650-651, 2000.
- 6) 荒木宏之, 古賀憲一, 荒牧軍治, 二渡了：「佐賀クリーク網の歴史の変遷と住民意識」環境システム研究Vol18, pp. 32-37, 1990.
- 7) 金澤成保, 於保泰正：「低平地集落の空間構造と水環境」都市計画論文集No. 30, pp. 367-372, 1995.
- 8) 野原昭雄, 古河憲一, 荒木宏之：「佐賀クリーク網における水質保全活動と住民意識」環境システム研究Vol20, pp. 372-377, 1992.
- 9) 前田恵子, 近藤隆二郎：「DEMATEL法を用いた佐賀平野におけるクリークと人の関係の変遷と再構築」環境システム研究論文集Vol 29, pp. 305-313, 2001.
- 10) 正木裕美：「佐賀平野における歴史的形態をとどめるクリークの保全と活用」農業土木学会誌第65巻第12号, pp. 1157-1167, 1997.
- 11) 農林省九州農業試験場出版 柴山秀次郎他：「クリーク水田地帯における生態系の実態解析」III. クリークにおける水生雑草の繁茂の実態, 1977, pp. 38-47.
- 12) 佐賀県環境生活局：「佐賀県レッドデータリスト2003 年版」pp. 47-49.
- 13) 「道路土工のり面工・斜面安定工指針」社団法人日本道路協会 p. 161.
- 14) 「道路土工軟弱地盤対策工指針」p. 34-35, p. 55, p. 58-63.
- 15) 「土木工事設計要領第Ⅰ編河川編」九州地方整備局, p. 1-74.
- 16) 「セメント系固化工材による地盤改良マニュアル」p. 68.

(2008. 4. 11 受付)

CONSTRUCTION OF RAINWATER DRAINAGE APPLYING STRUCTURAL FEATURES OF HISTORIC CREEKS IN SAGA PLAIN

Akihiko HIGICHI, Tadashi TAKAO, Hironori HAYASHI, Yoshiyuki AOU,
Katsuyuki TOKIOKA and Hiroshi KUBOZONO

Many of the historic creeks in Saga Plain are now in danger of demolition or replacement by rainwater drains made of concrete blocks for residential and commercial developments.

In this paper, the structural features of the historic creeks such as the bank structure made of earth and wood stakes are carefully examined and a new method of structuring rainwater drain walls by earth rather than concrete blocks is proposed. The new method is applied on a rainwater drain construction work in Saga City.

Three-year-long observation of the construction site after completion suggests that the proposed new method is structurally stable and it also enables expressing the original atmosphere of the historic creeks that includes slightly curved shape of the water and the bank shoulder covered by grass. The new method is also cost-effective.