

河川工事課	稚内開発建設部
小樽開発建設部	網走
函館	帯広
室蘭	釧路
旭川	石狩川
留萌	土木試験所

### Ⅰ ま え が き

一般に護岸の計画に当たっては、河状及び縦横断面形、堤防の法勾配、土質等を考慮して施行箇所、延長、工法等について定めると、建設省河川砂防技術基準（案）に明記されているが、同基準第3編設計編第3節護岸には、コンクリートブロックによる法覆工の設計基準は記されているが、河川の性状などから決定されるべき計画箇所や、工法の具体的な概観はあまり記されていない。

現実に各現場では、先人の労苦の結晶により経験的な創意工夫にささえられた工法により、計画、設計、施工されている。これらの工法には、基本的な機能上の欠陥は見い出されない。しかし、今後河川改修事業の中で護岸の占める比率は高くなると予想されるので、護岸の計画及び設計の基準を策定する必要にせまられている。

### Ⅱ 目 的

近年無堤地区の解消が進んでおり、低水路の安定、堤防の安全度の向上を目差し、河川改修工事の中に占める護岸工事の割合が多くなっており、今後ますます工事費に占める割合も多くなると予想される。施工方法も最近では工程の短縮や工費の節減から機械化され、材料も進歩して大型化・簡略化・工場製品化される傾向にある。幸い、北海道開発局では、根固工について昭和49年1月に「護岸根固工設計指針」を発刊し各現場では実用化されている。しかし、法覆工については、いまだ設計指針は作成されていない。

そこで、護岸法覆工を有効に計画、設計に採り入れていくために、指針の作成が必用であり、昭和

49年度を初年度とし5ヶ年計画で研究を進めている。また、今年度より全開発建設部を対象として北海道開発局技術研究発表会の河川部門指定課題として、取り上げることとなった。

最終的には、根固工と法覆工の設計指針とを合わせた「護岸工設計指針」を作成する予定である。

### Ⅲ 実施要領

#### 1. 調査年次計画

土木試験所では、昭和49年度から5ヶ年計画で護岸法覆工の水理機能の把握と設計指針作成のための検討を行っており、現在までの経過と今後の予定は次の通りである。

49年度は、初年度として現地調査による施工実態の把握と指針の素案を作成した。

50年度は、水理模型実験により護岸近傍における水理特性の解明と破損実態調査を各開発建設部に依頼して破損箇所とその原因や河状との関連について検討を行った。

51年度は、各開発建設部に護岸の施工実態をアンケート調査するとともに、現地調査として豊平川においてコンクリート圧縮強度の異なるブロックを張り暴露試験を開始した。

52年度は、実態調査の結果による問題点の把握と、現地調査の継続、及び指針の原案を作成していく予定である。

53年度は、最終年として護岸の設計指針を完成し、研究を完了する予定である。

#### 2. 51年度実施内容

技術研究会の初年度として、護岸法覆工の実態調査と現地調査を行った。

##### 2.1 実態調査

昭和40年度以降、北海道開発局が1級河川・指定河川で改修費及び災害復旧費により施工した護岸法覆工について調査票により調査を行った。なお調査方法は低水路護岸と堤防護岸との2種類に分け、各開発建設部で記入してもらった。また、各河川で実施している護岸の標準図も提出してもらった。

##### 2.2 現地調査

護岸コンクリートの適正な強度確認調査として、石狩川水系豊平川において、流水方向、河床状態などを考慮して現地施工済の低水路護岸工の表面および床止工の表面にコンクリートブロック供試体を張りつけて暴露試験を開始した。コンクリートブロック供試体作成後2週間標準養生を行い、さらに約2週間20℃の恒温室で乾燥後、接着剤を用いて張りつけたものである。いずれの箇所も水衝部に当り、今後の洪水により、河床材による摩耗、あるいは凍結融解に対する耐久性を調査し、圧縮強度との関係を調査していくつもりである。

#### 3. 51年度調査報告

各開発建設部で前記の調査票により記入してもらい、河川研究室で集計を行った。

調査票に基づき、施工例および工種などとの関連が考えられるいくつかのパラメーターとの関係を図化したり表にまとめて、現在までに開発局が施工した護岸法覆工について、種類、規模などの分析、解明を試み、若干の考察を加えた。

##### 3-1(A) 護岸施工の経年変化(低水路護岸)

表 1に昭和40年以降に施工された護岸の箇所数を河川別に工法もある程度区別して集計したのである。

40年代前半は、根固工なしの簡易護岸が多かったが、後半になると根固工付きの永久護岸が増えている。

法覆工に使用しているブロックは、ほとんど工場製品である。

根固工に使用しているブロックは、場所打のものが多かったが、最近ほとんど工場製品で占められている。

指定河川は、その性格上、根固工なしの簡易護岸で占められている。

3-2(A) 護岸の平面形状(低水路護岸用) 護岸が、河道に対してどのような位置に布設されているかを河川別にまとめたものである。

護岸延長が長くなると、データ一記入上河道と並行という事で集計されていると思われるので、この表により特徴的なことは不明であるが、多少の考察を加えると、凹岸河岸は、凸岸河岸の約2倍程度の施工例がみられ、根固つき護岸についても同様である。

これは、凹岸側が流水の水衝部にあたるため、護岸によって安全度の向上を目差している結果である。また、凸岸側については、以前に凹岸であったのが、河道改修などによって凸岸に変化したか、凸岸であっても高水時には流心の変化によって水衝部になるために施工されているものと推察される。

### 3-3(A) 護岸の延長調査

施工延長は、河川の蛇行のピッチ長さにより影響を受けると推察され、81~160m 程度のものは、小河川や中小支川に多いかと思われる。また、200~300m 程度のものは、中河川や、大支川に多く施工されているものと考えられる。法長は、3~9m程度までに集中している。これは、道内河川の計画断面の多くが複断面の形式をとっているため、河岸高が4m程度までになっているものと推察される。

根固の布設幅は、6~9mに集中しているが、河岸の安定、洗掘防止の面からこの程度あれば十分かと推定できる。

法留工の天端幅は、30cmと50cmに集中しており、50cm幅は、長い法長の個所に施工されているかと思われる。特別な場合を除き、法留工の天端は、30cmあれば十分と考えられる。

### 3-4(A) 河川の状況と護岸の関係

(イ) ブロックの㎡当り重量と河川の状況

計画高水流量と法覆工のブロック㎡当りの重量との関係は、特にないようである。法覆工は、河岸

表-1 護岸施工年度調査表

河川名	総計	内訳種別				法覆工		根固工	
		根固つき	法覆工のみ	永久	簡易	場所打	工場製品	場所打	工場製品
石狩川下流	237	58	179	67	164	2	177	10	48
〃上流	153	98	55	97	56	1	54	77	20
石狩川小計	390	156	234	164	220	3	231	87	68
尻別川	20	5	15	2	18	1	14	5	0
後志知別川	31	12	19	11	20	1	18	12	0
釧路川	26	6	20	5	21	0	20	1	5
沙流川	20	12	8	12	7	0	6	5	7
十勝川	160	21	139	9	150	5	134	0	21
釧路川	42	0	42	0	42	0	42	0	0
細走川	31	0	31	0	31	0	31	0	0
常呂川	98	11	87	9	89	0	87	2	9
湧別川	39	10	29	10	29	0	28	2	8
清川	17	6	11	10	7	1	10	3	3
天塩川下流	75	0	75	3	72	0	75	0	0
〃上流	191	25	166	21	168	1	165	14	6
天塩川小計	266	25	241	24	240	1	240	14	6
留萌川	84	0	84	5	79	0	84	0	0
一級河川計	1224	264	960	261	953	12	945	131	127
音別川	13	0	13	0	13	0	13	0	0
和天別川	22	0	22	0	22	0	22	0	0
武佐川	9	0	9	0	9	0	9	0	0
狩別川	12	0	12	0	12	0	12	0	0
増視川	2	0	2	0	2	0	2	0	0
指定河川計	58	0	58	0	58	0	58	0	0
合計	1,282	264	1,018	261	1,011	12	1,003	131	127

の一部に施行されるため、河川全体の規模を左右する計画流量には影響されなくても当然かと思われる。

計画河床勾配・河床材料平均粒径・河床材料比重と法覆工のブロックの $m^2$ 当りの重量との関係は、この実態調査からの結果では特にはっきりした傾向が出なかった。法覆工を計画するにあたって、掃流力・局部洗掘等を考慮してブロックの重量を決める必要があると思われる。これらの計算をする上での指標となる河床勾配・河床材粒径・同比重と無関係ということにはならないと思われるので今後、追跡調査等を行い実態を把握し、また机上計算等を行い数量化する必要があると思われる。

#### 四) 計画河床勾配と法覆工の構造の関係

法覆工ブロックの突起の高さは、 $2 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 12 \cdot 15cm$ 等に大まかに規格化されている様のみみられるが、特に実態調査の結果からは、河床勾配と突起の高さの関係はみられなかった。ただし、傾向としては、勾配の急なほど、突起の高いものが、多く使用されている様のみみられた。

法留工の深さは、 $30 \cdot 80 \cdot 90 \cdot 100 \cdot 120 \cdot 150 \cdot 200 \cdot 220cm$ 等に大まかに基準化されている様のみみられる。実態調査の結果からは、特にはっきりした傾向はつかめないが、勾配が急になるほど、深くなる傾向が出ており、設計上妥当なものと思われる。

今後、追跡調査を行い法面や法尻の状況を把握し、勾配との関係を数量化していく必要がある。

#### イ) 計画河床勾配と法覆工施工高の関係

法覆工施工高 = (計画河床高) - (根固工施工高)なる計算を行い、その結果と河床勾配を調べたものである。例えば、計画河床高より $50cm$ 低く施工してあると、 $+50cm$ という数値で現れている。この結果をみると、勾配が急なほど根固工の施工高は深くなっており、局部洗掘等の河道安定上からも妥当なものと思われる。今後、河床勾配、河床材料等を含めて法覆工施工高の安全な限界を検討していく必要がある。

#### ロ) 計画河床勾配と法覆工表面の粗度

計画河床勾配が $1/1,000$ より急な個所で法覆工表面に粗度のないブロックを使用しているものが相当数あるが、水理学上問題があると思われるので、今後現地調査等を行いその影響について検証する必要があると思われる。

粗度の種類としては、凸型粗度が $85\%$ 程度を占めている。棧型粗度は、勾配が急になるほど多く使用されており水理学上からも有利かと思われる。

#### ハ) 河床土質と吸出防止柵の関係

法覆工そのものは、河床材料が礫粒土の部分に施工されている場合が、 $90\%$ 以上占めており、次に細粒土が $7\%$ 、砂粒土が $3\%$ となっており、礫粒土の占める割合が大きい。

吸出防止柵の使用率は、約 $19\%$ 程度となっている。礫粒土で $15\%$ 、細粒土で $57\%$ 、砂粒土で $54\%$ となっており、粒径が小さくなるほど吸出防止柵の使用率が当然高くなっており、吸出し防止上法面安定の効果を考える上で妥当であると思われる。

マットとシートでは、シート類が約 $73\%$ 使用されており、シートの方が普及しているが、礫粒土の場合はマットでも十分効果があると考えられる。

今後、吸出防止柵の有無と破損の状態の現地調査を行い、法面の安定を考えていく上での問題点を

検討していく必要がある。

#### (ハ) 法留工の表面粗度

法留工表面に粗度をつけてあるものが21箇所、ないものが264箇所となっている。全体からみるとないほうが92.3%占めているが、昨年度の検討結果によると、水理学上表面に粗度がついているものが有利とされている。今後、この表面に粗度付きの法留工について現地調査等を行ない水理学上と材料面からの検討が必要であると思われる。

#### 3-5(A) コンクリート材質について

##### (圧縮強度)

法覆工において公示した圧縮強度の集計を行ったが、これによると、コンクリート標準配合表に示した設計基準強度 $210\text{Kg}/\text{cm}^2$ を用いた現場は約80%であり、他は $160\sim 240\text{Kg}/\text{cm}^2$ の範囲になっている。このことは、各河川の形態、河床の状態によって、流水による洗掘あるいは、砂礫による摩耗などに対する構造物作成上の決定理論が異なることは当然であるが、強度差が約 $80\text{Kg}/\text{cm}^2$ 以上もあることは、一概に各河川の設計基準強度を統一することの難しさが伺える。

また、法留工における公示強度では、 $180\sim 270\text{Kg}/\text{cm}^2$ の範囲であり、法覆工に比し大きい値を用いており、このことは、法留工が法覆基礎工の前面に1ステップ置いて施工されているため、流水、砂礫に接する頻度を考慮して強度を大きく取ったものと思われるが、根固工について設計基準強度を $210\text{Kg}/\text{cm}^2$ と定めており、今後さらに調査検討の必要がある。なお、アンケート調査資料では判別できないが、公示強度として、設計基準強度、配合強度及び指定強度あるいは、強度試験結果を混同して報告された面もあるように思われる。

いずれにしても、経験的な要素を取り入れて定められた経緯が強く、さらにいろいろな要因の影響を多く受ける構造物であり、今後の調査を待って実用的な標準強度の基準作成を行いたい。

##### (養生)

コンクリートブロックの養生方法について調査を依頼したが、調査方法の不備から取りまとめが難しく、養生方法については、打設時期、養生期間などを含めて、今後追跡調査を行って養生程度によるコンクリートブロックの品質を確かめることにした。

##### (混和剤)

北海道のような気象作用の厳しいところでは、凍結融解の繰り返しによる劣化を防ぐため原則として適当な空気量を連行したAEコンクリートが望ましく、当然全工場が混和剤を用いたAEコンクリートと考えていたが、AEコンクリートにしたことによる強度低下および連行した空気の小気泡による表面のアバタと表面の色黒を嫌ってプレーンコンクリートが約65%もあり、コンクリートブロックの耐久性上から憂慮すべき調査結果になっている。

なお、混和剤の種類として減水剤の使用が皆無であったが、一般のコンクリート二次製品では、AE剤より減水剤を使用したがる傾向が強いにもかかわらず全工場がAE剤を用いていることは不可解であり、混和剤についても追跡調査を行って実態を確かめたい。

次にコンクリートの圧縮強度について記述する。公示強度と検査時の強度の関係を調べた。一例のみ(堤所護岸)検査時強度が、公示強度を下回っているが、他はすべて公示強度の条件は、正確に守

られていた。一般に検査時強度に、公示強度に対して110~120%の範囲に集まるのが理想であるが、調査の結果では、100~210%の範囲に広がっている。このことは、その要因について、色々考えられるが、いずれにしても強度管理に対する信頼度は低く、不必要な高強度の発現工場のあることに注意を要す。

### 3-6(A) 法留工の基礎

基礎の種類と土質の関連が不明であるが、一応基礎は、矢板が90%近く占めていることは、支持力を持たせるためでなく、裏込材の流失防止のための止水効果を期待しているものと思われる。土質別と基礎の関係についても85%程度基礎無となっている。今後現地調査を行い、土質と基礎の必要性とその種類について検討していく必要がある。

### 3-1(B) 護岸施工の経年変化(堤防護岸)

表-2に昭和40年度以降に施工された護岸の箇所数を河川別に工法もある程度区別して集計したものである。

表-2 護岸施工年度調査表

河川名	総計	種別 水	別 衝	法覆工 場打	工場 製品
石狩川下流	39	17	22	0	39
〃上流	16	5	11	1	14
石狩川小計	55	22	33	1	53
鹿別川	2	1	1	0	2
後志利別川	2	0	2	0	2
鷗川	2	0	2	0	2
沙流川	5	1	4	0	5
十勝川	3	1	2	2	1
釧路川	-	-	-	-	-
網走川	-	-	-	-	-
常呂川	6	2	4	0	6
湧別川	-	-	-	-	-
清瀬川	6	6	0	0	6
天塩川下流	5	0	5	0	5
〃上流	5	0	5	0	5
天塩川小計	10	0	10	0	10
留萌川	-	-	-	-	-
合計	91	33	58	3	87

堤防護岸は、低水路護岸に比較し、施工例が極端に少なく、近年増加のきざしは見られるが、今後は築堤の進捗と共に積極的に施工されるものと思われ、堤体の安全度を高めるために、特に築堤を横断する作工物の取付部は慎重な計画、施工が必要であると感じられる。

また、護岸の種類は、低水路護岸と同様、近年になり永久護岸が施工される傾向にある。

法覆工ブロックも低水路護岸と同様、ほとんど工場製品である。

指定河川には、その施工例がない。

### 3-2(B) 護岸の平面形状(堤防護岸用)

護岸が、河道に対してどのような位置に布設されているかを河川別にまとめたものである。

堤防護岸の布設箇所は、低水路護岸と並行河岸の占める割合が同程度である。また、資料数が少ないのではっきりした特徴がどうか不明であるが、資料上からは、凸岸に凹岸より多く施工されている。これは、凸岸であっても高水時には、水衝部となったり、また市街地等を守ったりしているものと推察される。

### 3-3(B) 護岸の延長調査

施工延長は、河川の規模により蛇行のピッチが異なるために、変化しているものと思われる。

法覆工の法長も築堤高により変化するが、計画高水位以下の盛高が2~3m程度の堤防が多いものと予想される。

法留工の天端幅は、30cmに集中しており、30cmあれば工学上支障がないと思われる。

### 3-4(B) 河川の状況と護岸の関係

(1) ブロックの $m^2$ 当り重量と河川の状況

計画高水流量と法覆工のブロック $m^2$ 当り重量との関係は、低水路護岸と同様ないようである。堤防護岸も計画高水流量とは、直接影響を受けなくとも当然であると思われる。

計画高水敷勾配とブロック $m^2$ 当り重量との関係は、勾配が急になると重いものを使用されており、法面の安定を考えると妥当であると思われる。今後、勾配と重量の関係を数量化する必要があると思われる。

高水敷材料平均粒径とブロック $m^2$ 当りの重量との関係は、粒径が大きくなるほど重いものが必要とされており、法面の安定を考えると妥当であると思われる。今後、粒径と重量の関係を数量化する必要があると思われる。

高水敷材料比重とブロック $m^2$ 当りの重量との関係は、特にみられないが、今後数量化していく必要がある。

低水路護岸と同様、勾配、平均粒径、比重等を含めて重量との関係を数量化する必要がある。

#### (四) 計画高水敷勾配と法覆工の構造の関係

法覆工突起高さとの勾配の関係は実態調査の結果ではつかめなかった。突起の高さは、3・5・8・10cmの規格品が多く使用されている様である。法覆工表面の粗度を確保する上からも必要であるので、高水敷勾配と突起の高さとの関連性について進捗調査等を行い数量化する必要がある。

法留工の深さと勾配の関係は、実態調査の結果ではつかめなかった。法留工の深さは50・60・100・120・150cmに基準化されている様にみられる。今後、勾配と法留工の深さの関係についても、局部洗掘等を考慮して、数量化していく必要がある。

#### (V) 計画高水敷勾配と法覆工表面の粗度

堤防護岸には、粗度のついていないものが約55%占めており、1/300より急な勾配でも粗度がなく、水理学上問題があると思われるので、今後法面の安定や、法覆工の上下流のすりつけ部等の現地調査等を行い、問題点をつめる必要がある。粗度の種類としては、凸型粗度が多い。

#### (ニ) 高水敷土質と吸出防止材の関係

吸出防止材の使用率は、約16%で低水路護岸よりさらに普及していない。しかし、低水敷護岸と異なり常時水中にあるわけではなく洪水時に効果が発揮されるものであり、使用例の少ないのもやむを得ないと思われる。法面の安定からは、必要であり、砂粒土、細粒土にその使用例が多く見られる。今後現地調査を行い法面の安定を考えていく上での問題点を検討していく必要がある。

#### (ウ) 法留工の表面粗度

法留工の施工例は、33ヶ所あるが、すべて法留工の表面には、粗度はついていないが、水理学上からは、粗度は必要と思われるので、今後現地調査等をしていきたい。

#### 3-5(B) コンクリート材質について

考察は、3-5(A)に記述してある。

#### 3-6(B) 法留工の基礎

堤防護岸の法留工の基礎は、すべてなかった。法尻の洗掘や、漏水防止等特に問題がなければ、必要ないと思われる。

## 4. 総括

51年度実態調査の結果をまとめて列記する。

- (i) 護岸の種類は、根固工つきの永久護岸が増えており、ブロック類も近年は、ほとんど工場製品となっている。なお、堤防護岸も、根固はないが、同様の傾向である。
- (ii) 護岸の平面形状は、特に具体的な調査結果は出てこなかった。
- (iii) 護岸の施工延長・法長については、河川の規模等により決まるものと思われる。
- (iv) 法留工の天端幅は、30cmあれば十分と思われる。
- (v) ブロックの $m^2$ 当り重量と計画高水流量・計画勾配(河床・高水敷)・河床材料(平均粒径・比重・高水敷も同様)との関係については、特に明確な相関はなかった。
- (vi) 勾配(河床・高水敷)と法覆工の突起の高さや、法留工の深さとの関係は、多少の相関がみられた。また、粗度の種類は、凸型粗度が多く使用されている。
- (vii) 河床勾配と法覆工施工高は、急勾配になるほど深く施工されるという関係がみられた。
- (viii) 法面土質と吸出防止材の関係は、粒径が小さくなるほどその使用率が多くなっていた。
- (ix) 法留工の表面には、ほとんど粗度はついていなかった。
- (x) コンクリートの圧縮強度は、201~220  $Kg/cm^2$ に集中していた。

#### IV 今後の問題点

51年度の実態調査の結果、河川の各種水理条件と法覆工の設計・計画・施工に関連する明確な相関は、得られなかったが、今後これらの結果をもとに、現地での追跡調査等を行い指針作成の為の資料としていきたい。

- (i) 護岸の平面形状と施工延長については、河川の規模、蛇行の形状等をもとに決める必要がある。なお、建設省技術研究発表会の指定課題でも蛇行に関する調査研究を実施しており、この結果が52年度には出るものと思われるので、この結果も利用出来ると思われる。
- (ii) 計画勾配(河床・高水敷)、河床材料(河床・高水敷)と使用する法覆工ブロックの $m^2$ 当りの重量については、河道の安定上必要な要素であると思われるので、今後、水理学上からの解明を加え、数量化していく必要がある。
- (iii) 勾配(河床・高水敷)と法覆工の突起の高さや、法留工の深さの関係は、河床の土質も含めて、法面の安定、洗掘防止の面からも解明し、数量化する必要がある。
- (iv) 河床勾配と法覆工施工高も一応関連性はみられたが、法尻洗掘防止の上からも解明を加え、数量化する必要がある。
- (v) 法面土質と吸出防止材も一応関連性はみられたが、法面安定の上からも解明を加え、数量化する必要がある。
- (vi) 法留工表面の粗度も河道の洗掘防止の面から必要であるが、施工の難易度を考慮して検討していく必要がある。
- (vii) コンクリートの圧縮強度については、豊平川での暴露試験の結果をもとに最適強度を決める必要がある。

おわりに

この調査研究は、開発局技術研究発表会の指定課題として昭和51年度から3ヶ年計画でスタートしたものである。

今までの法覆工の設計にあたって、施工基面高、ブロックの選定法等明確な決めてが欠けていたようであるし、また施工後の効果について確実な現地調査がなされておりにされていると思われる。調査結果の資料を前にして、いかに判断したらよいか迷う箇所もあり、今まで予期しなかった現象もあることが判明し、今更ながら本研究の重要性を再認識した次第である。

今年度は、指定課題の初年度として法覆工に関する諸問題も一応提起され、今後の調査研究の方向も見い出され、初期の成果を充分おさめることが出来た。明年度以降着実に調査研究を積み重ね護岸法覆工法の貴重な設計指針となるよう努めるつもりである。

最後に現地において本調査にたずさわった方々に深く感謝の意を表すとともに、本調査研究を担当した者の氏名を記し報文を終ります。

部局	課	担当者
本局	河川工事課	鈴木重太郎, 小箱正治
小樽	蘭越事業所	河野 優
函館	今金事業所	京田 悟
室蘭	治水課	大石 誠
旭川	治水課	吉田 実, 三井欣也
留萌	治水課	佐藤明正
稚内	工務課	山本 武
網走	治水課	畦田 益美
帯広	治水課	黒川 弘, 石原重民
釧路	治水課	高橋 啓治
石狩川	工務第3課	斎藤義勝, 寺越良作
土木試験所		岡村武, 木元喬文, 吉岡絃治, 牧野成雄

#### 参考文献

- 1) 建設省；河川砂防技術基準（調査・計画編）山海堂
- 2) 建設省；河川砂防技術基準（設計編）原案
- 3) 北海道開発局編；護岸根固工設計指針。昭和49年1月
- 4) 吉岡絃治；護岸法覆工の破損実態とその水理特性。

第19回北海道開発技術研究会論文集 昭和51年8月