

# 環境に配慮した災害復旧工法技術基準等の検討

Examination of environmentally sound methods for post-disaster repair work

研究第一部 部長 沢 芳 邦

研究第一部 主任研究員 田中一朗

災害復旧事業に適用可能でかつ環境に配慮した護岸被覆工法に関する技術基準の作成を目的に、全国で行われている多様な護岸工法の調査（アンケート調査）を行い、その採用実態と課題を把握した。また、自然石護岸工法（空石張り、練石張り・練石積み）、杭柵護岸工法、粗朶法覆護岸工法、ジオテキスタイル護岸工法、ブロックマット護岸工法について、設計・施工基準、出来型管理基準等の検討を行い、基準（案）を作成した。

キーワード：技術基準、設計、護岸、自然災害、災害復旧

The objective of this project was to develop technical standards related to bank-protection methods that are not only suitable for repair work after a disaster but are also environmentally sound. A survey of various bank-protection methods that are used around Japan was done in a questionnaire format in order to ascertain how methods are selected and what problems are involved. The project also investigated standards for designing, constructing, and managing bank-protection structures using a range of methods: field stone (dry pitching and wet and mortar masonry), pile fencing, brushwood capping, geo-textiles, and concrete block matting. The outcome of this investigation was a list of proposed bank-protection standards.

Key words : code, design, bank protection, natural disasters, repair work

## 1. はじめに

平成9年6月に河川法の改正が行われ、「河川環境の保全と整備」がその目的に組み込まれた。災害復旧事業は通常の河川改修事業と異なり被災を受けた年に施設計画を策定し早期に復旧することを原則としており、諸条件には厳しいものがあるが、このような災害復旧事業においても、河川管理者として自然環境に配慮した河川整備を行うことが求められている。また、従前より、コスト縮減対策に関する行動指針の策定を受け、「より効率的な事業の実施」のための努力もなされている。

平成10年5月には、これらの視点に立脚した災害復旧事業の基本方針を記述した「美しい山河を守る災害復旧基本方針」(建設省河川局防災・海岸課監修)が策定され、平成11年5月には、拡充・改訂された。

しかしながら、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」に示された内容を、緊急性を要する災害復旧現場に適用し円滑に進めていくためには、環境に配慮した各種護岸工法の開発・拡充と適用流速の把握、対応すべき動植物の生活史およびその保全上の留意点の把握等、種々の課題があり、これらを一つ一つ解決していく地道な努力が必要である。

そこで、その第1段として、下記の事項について検討したので、その結果を報告する。

- ① 全国で行われている多様な護岸工法の実態調査(アンケート調査)
- ② いくつかの多様な護岸被覆工法の設計・施工基準、出来型管理基準等の検討

## 2. 多様な護岸に関するアンケート調査

全国で行われている多様な護岸工法(①植生護岸、②連結ブロック、③粗朶法覆、④杭柵、⑤かごマット、⑥自然石、⑦環境保全型ブロック、⑧その他の技術)について事例の収集を行い、各工法毎に技術的事項をとりまとめた。

### 2-1 収集方法と収集数

全国の都道府県災害担当部局を対象として「護岸等河岸被覆に関する多様な技術調査」に関する事例収集調査(アンケート形式)を実施した。収集・整理した件数を工法別に示すると、「表-1 収集・整理例数」のとおり全867件である。

表-1 収集・整理例数

Table 1 Breakdown of Information Collected by Category

工 法	収集事例
植生護岸	103件(11.9%)
連結ブロック護岸	38件(4.4%)
粗朶法覆護岸	11件(1.3%)
杭柵護岸	50件(5.8%)
かごマット護岸	241件(27.8%)
自然石護岸	225件(26.0%)
環境保全型ブロック	140件(16.1%)
その他の技術	59件(6.7%)
合 計	867件(100%)

注) ( ) 内の数字は、全体に対する割合

### 2-2 アンケートにおける技術事項のとりまとめ

#### a) 特徴・利点

各工法の特徴・利点を回答者がどうとらえているかをとりまとめ、「表-2 各工法の特徴・利点」に示した。

これによれば、環境に配慮した工法であることは当然として、次に「早さ、安さ」が求められていることが判る。

#### b) 技術的事項

適用流速と法勾配、法勾配と法直高、施工単価等について整理した。特徴的な事項を要約すると以下の通りである。

- ① 張芝護岸では、設計流速が2m/sを大きく超える流速での実施例が多く見られる。
- ② ブロックマット護岸・連節ブロック・木系護岸・かごマット多段積み工法では、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」に示された適用流速範囲内における実施例が多い。

- ③ かごマット平張り工法では設計流速が5 m/sを超える流速での実施例が多く見られる。
- ④ 自然石空張り工法では、法直高が3 mを超える実施例が多く見られる。
- ⑤ 自然石練張り工法および練積み工法では、概ね「美しい山河を守る災害復旧基本方針」

に示された適用流速範囲内の実施例が多い。

### c) 今後の課題

回答者の方々が各工法の課題をどうとらえているかを「表-3 各工法の今後の課題」にまとめた。結果を要約すると次頁の通りである。

表-2 各工法の特徴・利点

Table 2 Special Features and Advantages of Individual Bank-Protection Methods

工 法	特 徴・利 点							回答数
	早 い	安 い	強 い	長 持ち	自然に馴染む	特異な条件	その 他	
張 芝	11%	34%	0%	0%	52%	0%	2%	27
ジオテキスタイル	33%	33%	0%	0%	33%	0%	0%	1
ジオテキスタイル(急勾配盛土)	0%	0%	0%	0%	67%	0%	33%	2
ブロックマット	19%	32%	3%	3%	32%	3%	6%	14
連節ブロック+捨石	22%	7%	7%	4%	53%	2%	4%	55
杭 柵	2%	6%	0%	0%	38%	2%	2%	45
粗 朶 法 覆	0%	9%	0%	0%	91%	0%	0%	11
木 枠 護 岸	6%	6%	0%	6%	75%	0%	6%	13
かごマット	多段積	12%	14%	1%	65%	4%	4%	126
	平張り	14%	25%	0%	56%	1%	4%	115
自 然 石	空 張 り	5%	8%	8%	5%	68%	3%	3%
	練 張 り	1%	3%	15%	3%	68%	0%	10%
	接 着 金 網	22%	7%	0%	0%	48%	0%	22%
	+テンサー	20%	20%	20%	0%	20%	0%	1
	空 積 み	0%	0%	0%	0%	100%	0%	3
	練 積 み	2%	3%	11%	5%	76%	0%	54
環境ブロック(積み・張り)	9%	2%	5%	1%	75%	1%	8%	180
複合型護岸	0%	0%	25%	0%	25%	0%	50%	2

注) 網掛けをしている項目は、各工法で最も多く回答が得られたもの。

ここでは、分類の都合上、全回答を示しているわけではない。

表-3 各工法の今後の課題

Table 3 Problems Associated with Individual Bank-Protection Methods

工 法	今 後 の 課 題							
	コス ト	設 計	積 算	監 査	工 期	強 度	景 觀	その 他
張 芝	20%	5%	0%	0%	10%	40%	5%	20%
ジオテキスタイル	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
同上(急勾配盛土)	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ブロックマット	0%	0%	20%	0%	0%	30%	10%	40%
連節ブロック+捨石	13%	2%	9%	5%	0%	13%	13%	16%
杭 柵	17%	4%	6%	23%	4%	23%	2%	21%
粗 朶 法 覆	6%	6%	13%	13%	25%	25%	0%	13%
木 枠 護 岸	30%	10%	15%	5%	10%	20%	0%	10%
かごマット(多段積み)	17%	3%	13%	13%	5%	21%	13%	14%
かごマット(平張り)	10%	5%	10%	21%	2%	21%	15%	18%
自然石(空張り)	21%	6%	12%	24%	0%	9%	12%	18%
自然石(練張り)	38%	6%	14%	12%	6%	9%	6%	10%
自然石接着金網	40%	0%	0%	33%	0%	13%	0%	13%
自然石+テンサー	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
自然石(空積み)	13%	25%	25%	25%	0%	13%	0%	0%
自然石(練積み)	41%	7%	8%	17%	0%	2%	8%	17%
環境ブロック積み・張り	56%	6%	3%	3%	2%	5%	9%	17%
複合型護岸	67%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	0%

- ① 植生護岸（張芝、ジオテキスタイル、ブロックマット）の課題として、主に「強度」が挙げられている。実際に大きな流速まで使用されていることを考えると、強度を課題と感じつつ利用を拡大していくように見える。その理由は今後解明する必要がある。
- ② 杭柵等の木系護岸の課題としては、「強度」に加えて「監督・検査」あるいは「コスト」、「積算」の回答が多い。
- ③ 自然石護岸は、ほとんどの工法で「コスト」が課題に挙げられている。ただし、空積工法については「設計」、「積算」、「監督・検査」が多く挙げられている。

### 3. 技術基準類の検討

#### 3-1 基準化を検討した工法

アンケート調査で得られた多様な護岸工法の中から、現時点では技術基準類の整備され

ていない次の5工法について技術基準化を検討した。

- ① 自然石護岸工法（空石張り、練石張り・練石積み）
- ② 杭柵護岸工法
- ③ 粗朶法覆護岸工法
- ④ ジオテキスタイル護岸工法
- ⑤ ブロックマット護岸工法

#### 3-2 基準化する事項の抽出

巻末の参考文献 1)～9)に示した既往技術基準類を参考にして、各護岸工法に対する設計手法や付属工に関する基準化項目を整理・抽出した。その結果を「表-4 各護岸の基準化する事項」に示す。

#### 3-3 設計方針

既往の各種技術基準類、適用モデルおよび事例をもとに、各護岸の設計方針を検討した。その結果を「表-5 設計・施工技術基準(案)における設計方針」に示す。

表-4 各護岸の基準化する事項

Table 4 Content of Standardization for Bank Protection Structures

工法名	種 別	内 容
自然石護岸	設計の基本	適用範囲、護岸の構成
	法覆工の設計手法	掃流力・土圧による安定性照査
	付属工の設計	基礎工、天端工、小口止め工、すり付け工、裏込め材、水抜き工
	施工方法	土工、吸い出し防止材の敷設、胴込めコンクリートの充填、石積(石張り)、端部処理
	出来型管理	基準高、厚さ、延長
杭柵護岸	設計の基本	適用範囲、護岸の構成
	法覆工の設計手法	杭長の計算手法、中詰材の安定性照査
	付属工の設計	吸い出し防止材
	施工方法	土工、吸い出し防止材の敷設、杭の打設、中詰石の充填
	出来型管理	基準高、延長
粗朶法覆護岸	設計の基本	適用範囲、護岸の構成
	法覆工の設計手法	中詰材の安定性照査、粗朶柵の仕様
	付属工の設計	吸い出し防止材
	施工方法	土工、杭の打設、柳粗朶、吸い出し防止材の敷設、中詰材の充填
	出来型管理	基準高、延長
ジオテキスタイル護岸	設計の基本	適用範囲、護岸の構成
	シートの選定	シートの選定における考え方
ブロックマット護岸	設計の基本	適用範囲、護岸の構成
	法覆工の設計手法	流速に対する照査、活動に対する照査
	付属工	めくれ対策、覆土、マットの仕様、すべり止め工
	施工方法	土工、マットの敷設、覆土の施工
	出来型管理	基準高、法長、施工延長

表-5 設計・施工技術基準（案）における設計方針

Table 5 Way of Design and Construction Technical Standards (proposed)

基準名称及び工法	設計方針	
自然石護岸	空石張り	<ul style="list-style-type: none"> <li>「掃流—一体性が強い」モデルによる掃流力に対する安定性の照査</li> </ul>
	練石張り	<ul style="list-style-type: none"> <li>「滑動一群体」モデルによる流体力に対する照査。</li> <li>自然石の形状（半円形）に対する抗力係数<math>C_p</math>及び揚力係数<math>C_L</math>については、限られた実験結果しかないため、手法のみを示す。</li> </ul>
	練石積み	<ul style="list-style-type: none"> <li>示力線方程式により検討を行い、「コンクリートブロック積み擁壁の標準設計」を準用できる範囲を明確にする。</li> <li>標準設計の範囲外で用いる場合は、示力線法及びもたれ式を準用した手法を行い、安定性を確認する。</li> </ul>
	空石積み	<ul style="list-style-type: none"> <li>転倒に対しては示力線方程式により照査する。</li> <li>滑動に対しては「並進運動などの手法」の適用性を検討する。</li> </ul>
木系護岸	杭柵	<ul style="list-style-type: none"> <li>杭の根入れ長さを求める方法 現在までの施工実績を考慮し、ステップ1段の高さの2~3倍以上の根入れを確保する。</li> <li>中詰材は、掃流力により移動が生じるものと考えられるため、空石張り護岸と同様に、「掃流—一体性が強い」モデルとして必要粒径を算定する。</li> </ul>
	粗朶法覆	<ul style="list-style-type: none"> <li>粗朶法覆護岸の中詰材は、杭柵護岸の中詰材の設計手法と同様とする。</li> </ul>
ブロックマット護岸	ブロックマット	<ul style="list-style-type: none"> <li>「滑動一群体モデル」が最も適しているように見えるが、必ずしも、施工実績をうまく表現できない。そのため、実績を元に適用流速を示し、流体力に対する照査は行わず、敷設時の滑動に対する検討により安定性を照査し、不足力はアンカーピン等で補う。</li> </ul>
ジオテキスタイル護岸	ジオテキスタイル	<ul style="list-style-type: none"> <li>既往の論文等を参考に、シートの選定に当たっての考え方を示した。</li> </ul>

### 3-4 技術基準の主な検討事項

以下に技術基準（案）作成における主な検討課題2例について説明する。いずれの工法も経験上の知見はあるものの技術的には未知な部分を含むため、今後は施工後のモニタリング調査を行ない、技術指針のフォローアップを図る予定である。

#### (1) 自然石護岸工法（練石積み護岸）の控厚設定方法

練石積み護岸の設計は、一般に用いられているブロック積み擁壁の設計法を基本とした。ただし、深目地で施工された練石積み護岸のような表面の凹凸が大きい擁壁の控厚を設定する方法については、現在のところ基準などで決められているものはない。このため、設計に当たってはブロック積みと同等と考えら

れる控厚の評価が問題となった。

控厚の評価については、現在のところ以下に示す2種の考え方が用いられている。

- ① 自然石前面までを全て控厚とする考え方。
- ② 護岸背面から胴込めコンクリートの前面までを控厚と考え、胴込めコンクリートより前面については考慮しない考え方。

今回の設計手法検討に当たっては、上記2案に「③重心位置から護岸背面までの厚さの2倍の厚さを控厚とする考え方」を加え、示力線方程式から得られる各案の限界高さとブロック積みの限界高さを比較した。

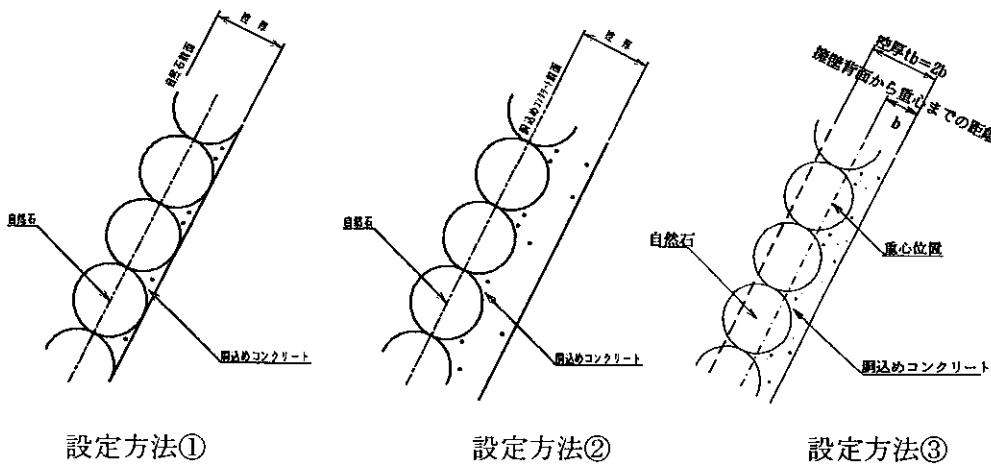


図-1 控え厚の考え方  
Fig.1 Thickness of Retaining Structures

示力線方程式による限界高さの算定に当たっては、護岸を一体と考え、護岸全体の重量

を壁厚（控厚）当たりの重量に換算し、壁体の単位体積重量とした。

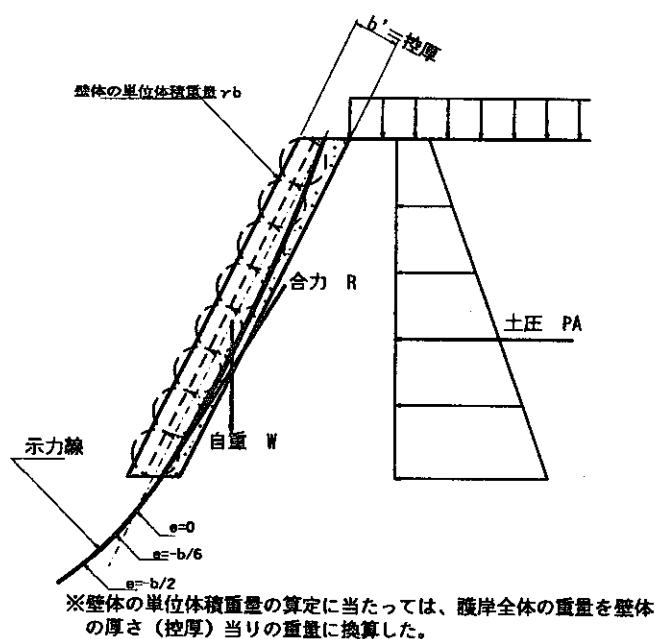


図-2 示力線の算定方法  
Fig.2 Calculation of the Indicative Flux Line

示力線方程式により、標準的な控厚と考えられる控 350mm の場合について、ブロック積み擁壁と各モデルの限界高さを試算した結果、各設定方法の限界高さは、以下のとおりである。

設定方法① 限界高さ＝ブロック積み擁壁の 0.6~0.8 倍

設定方法② 限界高さ＝ブロック積み擁壁の 1.4~1.6 倍

設定方法③ 限界高さ＝ブロック積み擁壁の 1.0~1.1 倍

この結果より、ブロック積み擁壁と最も近い限界高さを示す設定方法③により、控厚を評価してブロック積みと同様に用いることとした。

## (2) ブロックマット護岸工法

最初、流体力に対する安定性を「滑動一群体」モデルで求め、滑動に対する不足力をアンカーピンの水平支持力で負担させる手法によりブロックマットの安定性を考えた。しかし、抗力係数およびその作用面積など不明瞭

な要素が多く、現時点では検討結果に確信がもてないため、実績をもとに適用流速を示すとともに、滑動に対する不足力についても施工実績より、アンカーピンの必要本数を求める設計手法とした。

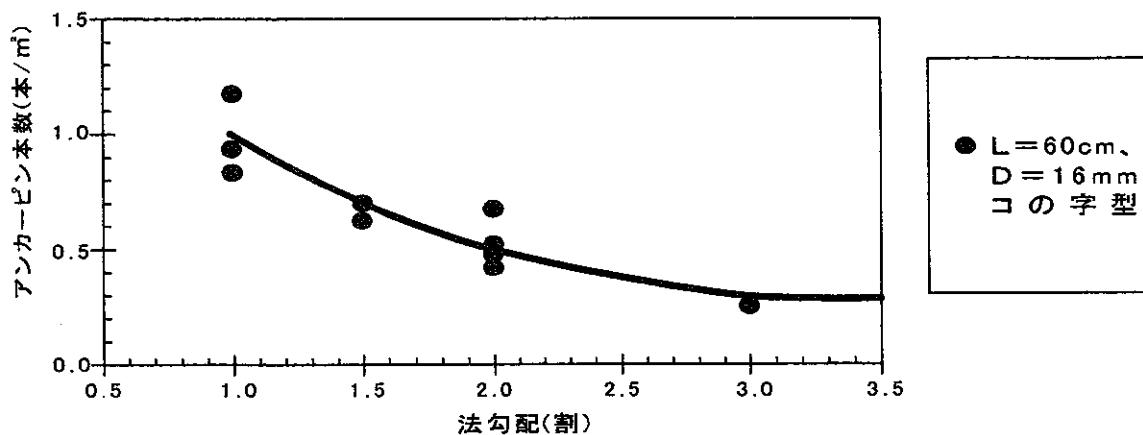


図-3 のり勾配とアンカーピン本数の実績

Fig.3 Varying Quantities of Anchor Pins on Different Surface Slopes by Adoption Results

## 5. おわりに

本研究は、災害復旧事業における環境に配慮した護岸復旧工法検討の一部として行ったものであり、資料を提供していただいた関東地方建設局企画部および各都道府県の災害復旧事業担当者に深く感謝の意を表します。

設計・施工技術基準（試行案）、平成 10 年  
5月

- 6) (社)日本道路協会、道路土工 擁壁・カルバート・仮設構造物工指針、昭和 62 年 5 月
- 7) 日本道路協会、杭基礎設計便覧、平成 4 年
- 8) 建設省河川局監修、のり面及び斜面災害復旧工法、昭和 58 年
- 9) (財)河川環境管理財団、多自然型河川工法設計施工要領（暫定案）、平成 5 年

## <参考文献等>

- 1) 建設省河川局防災・海岸課監修 美しい山河を守る災害復旧基本方針、平成 11 年 5 月
- 2) (財)国土開発技術研究センター編、護岸の力学設計法、平成 9 年 3 月
- 3) 建設省河川局監修、(社)日本河川協会編、改訂新版建設省河川砂防基準（案）同解説（計画編及び設計編）、平成 9 年
- 4) (財)全国防災協会、災害復旧工事の設計要領、平成 5 年度版
- 5) (社)全国防災協会、連節ブロック護岸工法