

17. 没水型低水護岸急速省力化工法

建設省荒川下流工事事務所：清水 俊夫
（株）大本組：宮木 英昭，堀 隆
*後藤 克史

1. はじめに

従来の低水護岸は低水路の確保，高水敷の侵食防止など治水面上における機能性が重視され，施工性を考慮して仮締切を用いずに施工可能な高さを笠コンクリートの天端としている。しかしながら荒川下流域のように河川の河口部において干満の影響を強く受ける箇所では，干潮時に笠コンクリートや鋼矢板の表面が水面から露出し，景観の形成を阻害する結果になっていることも多々ある。

これらの反省点を鑑み，更に「多自然型川づくり」に配慮した荒川将来像計画の一環として河川の自然度・親水性等を向上させるために，現在荒川下流域では笠コンクリート天端高を干潮位以下（L.W.L-0.5m）とした低水護岸（図-1）の整備を進めている。一方，常時水面下となる構造物の施工は従来より仮締切によるドライ施工を基本とし，必然的に工事費も割高になっている。

本報告は，このような「没水型低水護岸」を経済的かつ効率よく施工するために建設省荒川下流工事事務所，（株）大本組およびトーマン建機（株）の3者で共同開発した新工法を紹介するものである。

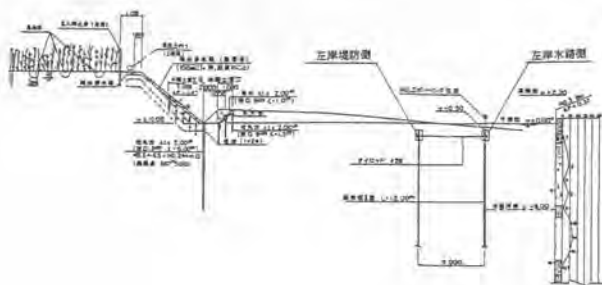


図-1 標準断面図



写真-1 専用パイプロハンマ

2. 工法開発の概要

本工法の開発テーマは仮締切を用いない「没水型低水護岸」の施工法の確立である。その基本的なイメージは，あらかじめ水上作業で構築した完成状態の護岸本体をパイプロハンマにより水中まで直接打設するものである。以下に開発に向けての考え方を列記する。

- 1) 護岸本体は，複数枚の鋼矢板と笠コンクリートが一体化したユニットの連続体と考える。
- 2) 水上作業は途中で打ち止めた本設鋼矢板面に足場を取付けて行うが，作業の効率化を図るために笠コンクリートの外殻を成すプレキャストコンクリートブロック（日本ヒューム管（株）製作：以下PCBという。）を開発し，型枠の代用とする。
- 3) 笠コンクリートを直接把持する専用パイプロハンマチャック（写真-1）の開発が不可欠である。上記要領のもとで行った主な検討概要および施工手順について次に説明する。

2. 1 鋼矢板と笠コンクリートの動的付着力

鋼矢板と笠コンクリートを一体化して打設する際、両者間の付着力が問題となる。机上の検討においては、類似する既往の事例・経験等から静的付着強度の1/10程度として必要な付着面積を確認しているが、コンクリートの動的付着力に関する明確な基準、知見等がないため要素実験(図-2)による検討を行った。



図-2 要素実験要領

着目点はコンクリート塊のすべりおよびひび割れの有無であったが、いずれも全く認められなかった。

2. 2 ユニット形状の設定

今回はタイロッド式鋼矢板護岸を対象としており、1ユニット当たり2本のタイロッド(@1.6m)配置を基本的形状とした。また、ユニットとして一体化させる鋼矢板の枚数については、地盤条件、使用するパイロハンマの能力等を考慮して総合的に判断する。

隣り合うユニットの接続部は、腹起しである上下2本の溝形鋼の切断面が同一断面となり構造上の欠点となることを防ぐためカギ型に成形し、上下の溝形鋼の切断箇所を鋼矢板1枚分ずらしている。また、複数台のパイロハンマによる施工箇所の分散を想定して上向きに凸の先行型と下向きに凸の後行型の2種類の形状を設定した。

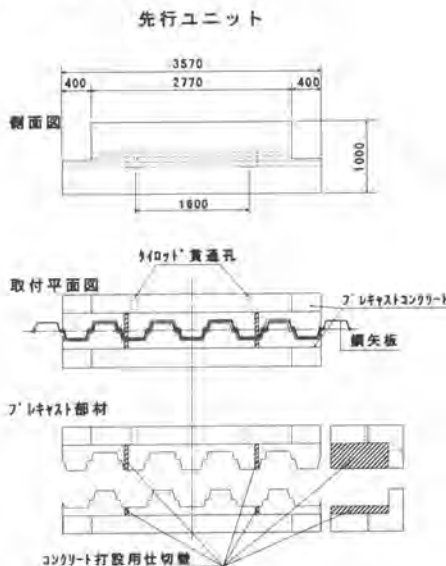


図3-1 先行ユニット形状

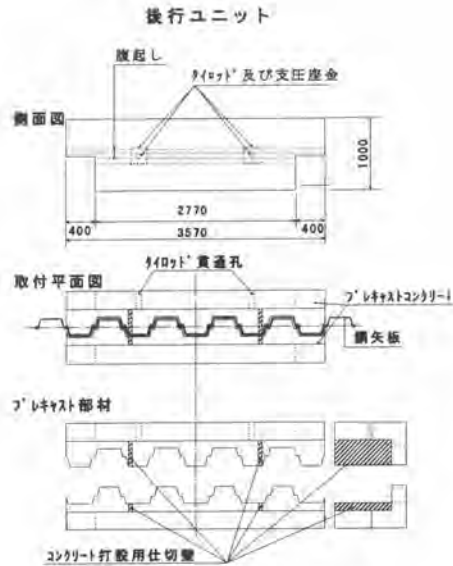


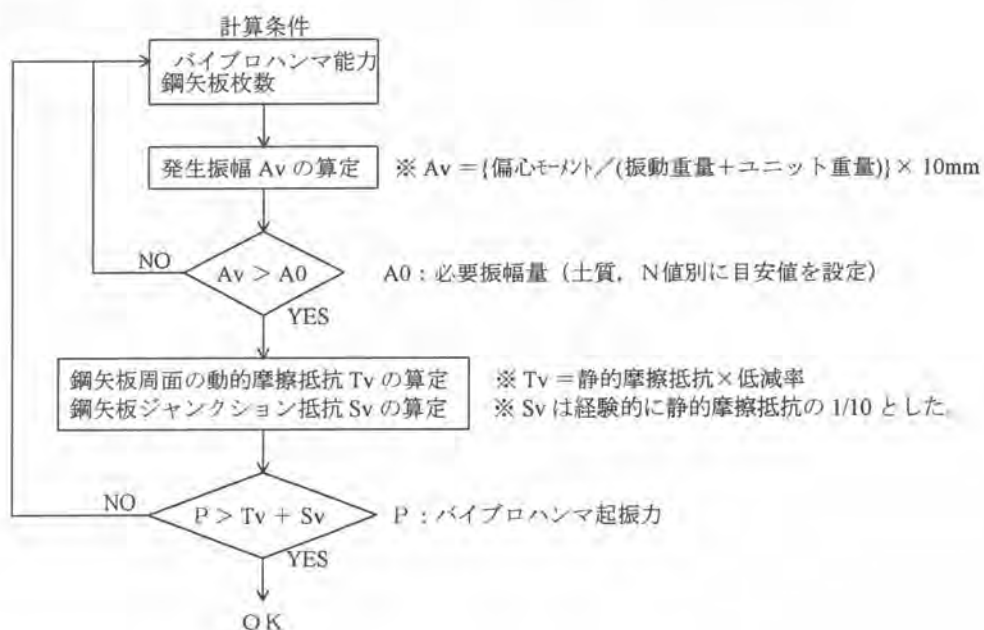
図3-2 後行ユニット形状

図3-1および図3-2に見られるコンクリート打設用仕切壁は、ユニットを水中に打設した後、各ユニットの接続部における連続性を確保するとともに、後背地の土砂流出の原因となる空隙の閉塞を目的とした水中コンクリートを打設するために設けている。尚、ユニット中央部は専用チャックで把持するため、PCBおよびタイロッドの取付完了後、水上でコンクリートを打設する。

2. 3 バイプロハンマの選定

前述のとおり、バイプロハンマの選定は地盤条件およびユニットの鋼矢板枚数によって異なり、一義的に決定されるものではない。基本的にはタイロッド間隔で決まる鋼矢板枚数を最小枚数とし、得られた地盤条件に対するバイプロハンマ能力別の沈下可能枚数を算定後、施工性・経済性を考慮して判定する。尚、鋼矢板の振動沈下計算については「仮設鋼矢板施工ハンドブック」(社)日本建設機械化協会が一般的に認められているが、近年のバイプロハンマ性能の向上に伴ってその適用が困難となってきた。今回はトーメン建機㈱の協力を得て、蓄積された実績にともなう沈下計算を行った。

振動沈下の計算フローを以下に示す。



計算結果を下表に示す。

表-1 振動沈下計算結果

機 種		CM2-120			CM2-160			VM2-25000A	
		5	7	8	5	8	9	12	13
打ち込み枚数	(n 枚)	5	7	8	5	8	9	12	13
発生振幅	(Amm)	2.9	2.2	2.1	3.8	2.8	2.3	5.9	5.6
必要振幅判定	(A > 3)	△	×	×	○	△	×	○	○
動摩擦累計	(Σ Tv)	20.6	41.0	44.9	19.4	46.0	58.3	84.3	84.3
継手抵抗	(Σ Sv)	23.2	24.3	24.5	23.2	27.0	18.9	22.3	21
起振力	(P0)	67.7	67.7	67.7	76.3	76.3	76.3	107.5	107.5
起振力能	(P0 > (Σ Tv + Σ Sv))	○	△	×	○	△	×	△	×
総合評価		○	×	×	○	△	×	○	×

2. 4 施工順序

本工法の施工順序を以下に示す。

没水型低水護岸急速省力化工法 施工順序図

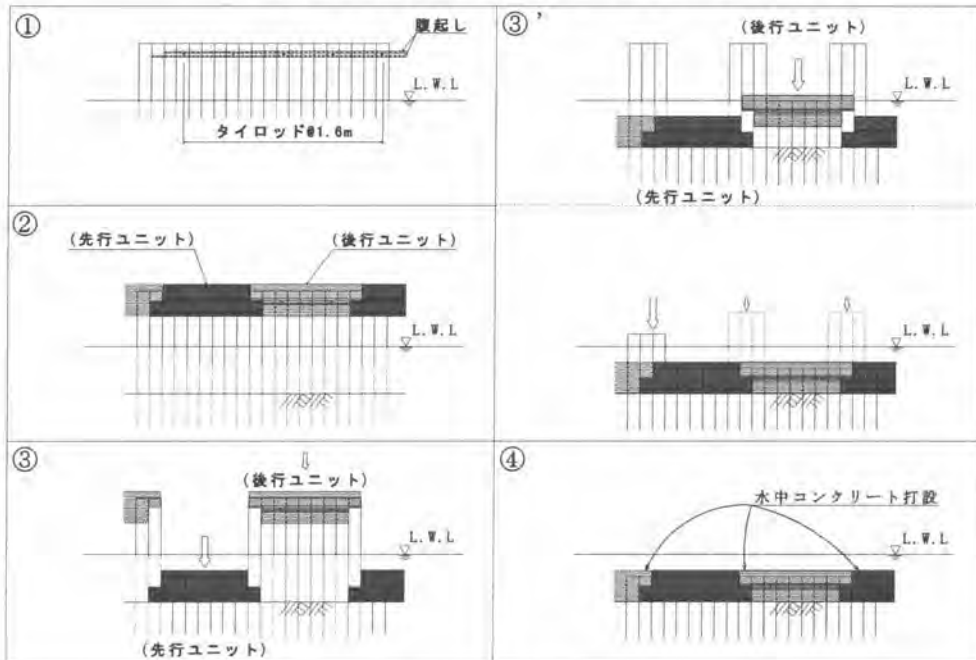


図-4 施工手順

- ① : あらかじめ水中掘削により護岸設置基面を整形し、途中で打ち止めた本設鋼矢板に足場を取付け、腹起しを取付ける。
- ② : 次に、鋼矢板頭部を挟むかたちで2種類のPCBを交互にボルトで固定する。続いてタイロッドを取り付けた後、専用チャックで把持するPCB中央部にコンクリートを打設する。ここで、複数枚の鋼矢板と笠コンクリートが一体化となるユニットが構築される。
- ③ : ②の状態を養生期間をおいた後、先行ユニット→後行ユニットの順にパイプロハンマによる水中打設を始める。
- ③' : 先行ユニットおよび後行ユニットの打設完了後、施工条件によりユニット間に鋼矢板が残る場合は、パイプロハンマを交換して打設する。
- ④ : 全ての打設作業完了後、ユニット接続部に水中コンクリートを充填して完成となる。

試験工事における施工状況を写真-2に示す。



写真-2 施工状況

3. 試験工事

従来工法による没水型低水護岸工事の一区間にて、本工法による試験工事を行った。平面配置および地盤条件を下图に示す。

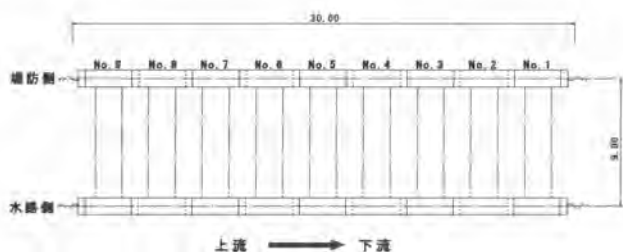


図-5 試験工事平面配置図

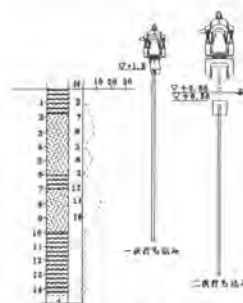


図-6 地盤条件

試験工事は、新規開発の専用チャック(1台)を装備した CM2-120(90KW 級)にて行い、併せて打設時のパイプロハンマ出力、発生振動数、振幅等の計測も行った。下表に試験結果を示す。

表-2 ユニット打設時の計測結果

挿入深 m	堤防側							水路側						
	電源周波数 Hz	振動数 cpm	振動加速度 g'	振幅 mm	電圧 V	電流 A	出力 KW	電源周波数 Hz	振動数 cpm	振動加速度 g'	振幅 mm	電圧 V	電流 A	出力 KW
0.5	57.5	1090	2.16	1.92	420.2	108.7	55.9	60.0	1143	2.87	2.22	420.3	110.9	56.6
1.0	60.0	1143	2.74	1.99	420.1	107.9	56.1	60.0	1143	2.89	1.94	419.9	109.5	56.2
1.5	60.0	1143	2.62	2.0	420.1	109.2	57.0	60.1	1143	2.75	2.12	420.3	99.4	47.8
2.0	60.0	1143	2.62	2.06	420.1	108.7	56.8							

記事
 1. データ値については平均値を示す。
 2. 矢板組み合わせ枚数は堤防側、水路側とも8枚セット。
 3. 計測は先行ユニット打設時による。

表-3 ユニット打設時の沈下速度

挿入深 m	堤防側		水路側	
	沈下時間 min	沈下速度 cm/min	沈下時間 min	沈下速度 cm/min
0.5	2' 04"	24	17' 00"	2.9
1.0	1' 30"	44	5' 10"	9.7
1.5	1' 08"	43	3' 19"	15
2.0	2' 10"	23		

上記結果より、主に鋼矢板8枚組ユニットの打設について以下の見解が得られる。

- 1) パイプロハンマの能力は定格出力の70%程度で推移し、機種選定は適正であった。
- 2) パイプロハンマの必要加速度は3-G程度と考える。
- 3) パイプロハンマの振幅は2.0mm以上必要である。
- 4) 笠コンクリートの強度に対して、把持装置の支圧力および把持プレート材質(ポリプロピレン)は適正であった。ただし、ユニット数が少なかったため耐久性の検証には至らなかった。

4. まとめ

試験工事における結果をふまえ、本工法が実施工に十分対応できることが実証された。ここで、本工法の開発における成果を以下にまとめる。

1) 本工法の実施に必要な検討項目

①適正な使用機械の選定

施工対象地盤を十分調査した上で、効率的な施工を図るためには起振力など能力的に十分余裕をもった施工機械を選定する必要がある。

②適正なユニット延長の設定

ユニットのいたずらな長大化は施工機械の大型化、偏心など不完全な把持状態による施工性の低下および施工精度の低下を招くため、施工条件等に配慮した設定が必要。

③発生振幅の検討

発生振幅を小さくすることで、ユニットの打ち止まり高の管理が容易になる。

2) 施工段階で確認された有効性

①ユニット部材形状

鋼矢板の変位によって隣接ユニット間に段差が生じたが、累積・伝播することはなかった。

②プレキャストコンクリートブロックの使用

限られた足場上での作業において、取付の作業性および据付精度の確保が容易であった。また工場製品であるため強度的に安定しており、パイプロハンマの振動による損傷もなかった。

3) 今後の課題

①ユニットの水中打ち止め管理

②各ユニット接続部に充填する水中コンクリートの打設管理

③複数台の施工機械による施工の効率化

④専用チャック把持幅の可変式化

⑤ユニット端部形状の改良

⑥把持面板の耐久性

⑦足場取付の作業性向上

以上の成果をふまえ、様々な課題を含むものの根本的に本工法が有する特長は以下のとおり。

①仮締切が不要なので、従来工法に比べて省力化・工期短縮が可能。

②トータルの大幅なコスト縮減が可能。

5. おわりに

試験工事ではドライ施工であったため、実際の水中施工に対しては細部に不確定要素を残していると思われるが、本工法の特長は今後の河川改修において十分有為である。上記の課題解消とともに実証を重ね、今後も本工法の改良・改善を進めていく予定である。

最後に、本工法の開発にあたりご指導、ご協力いただいた建設省荒川下流工事事務所ならびに協力業者の関係各位に深く感謝の意を表します。