

# ケーソン中詰材の均し作業における省力化技術の開発（基礎実験）

(株)本間組 非会員 ○ 中野 大貴 安藤 恭平  
山本 誠 岩田 秀樹

## 1. はじめに

防波堤築造工事では、ケーソンの早期安定化を図るために据付から蓋コンクリート打設までの工程を速やかに施工する必要がある。作業工程の内、ケーソンの中詰材の均し作業は、ガット船や起重機船により投入した中詰材の山を人力で崩して平坦に均すのが一般的であるが、作業には多くの労力と時間を要するため、中詰材均し作業を省力化することが防波堤築造工事における生産性向上を得る上で重要となる。



写真-1 中詰材均し状況

大型ケーソンの場合、ミニバックホウを使用し作業の効率化を図る場合もあるが、隔壁損傷や重機と作業員との接触など品質や安全面において問題がある。また、夏季の均し作業における熱中症発症のリスクがあることも問題点として挙げられる。

このような背景から、中詰材均し作業の施工性向上と作業員の負担軽減（省力化）を目的に新たな投入補助装置を考案し模型実験を実施した。

本報では、従来作業の問題点について整理した上で、考案した投入補助装置の概要と特徴、模型実験の結果について示す。

## 2. 従来の中詰工における問題点

図-1 に中詰工の施工手順を示す。中詰工は、ケーソン据付完了後、注水された枒内に、ガット船や起重機船により、中詰材を仕上げの高さから-1.0m 程度まで投入する。投入したら溜水が無いよう排水し、高さ調整用の砂（調整材）を各枒に投入し、投入完了後、複数の作業員で各枒の天端均し作業を行う。天端均し作業には人力に加えバックホウを使用する場合もある。表-1 に天端均し作業における問題点を示す。

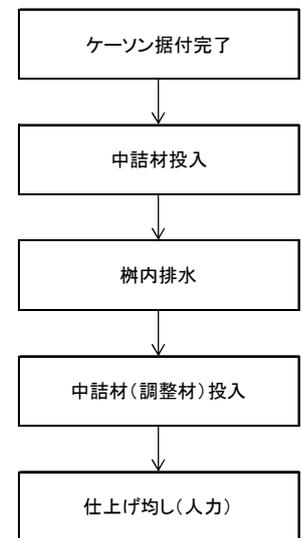


図-1 従来の施工フロー

表-1 中詰材均し作業における問題点

項目	問題点
施工性	・投入された中詰材の山を崩す作業に多くの労力と時間を要する
工程確保	・中詰工施工時に多くの作業員が必要となるため、人員確保が工程を制約する場合がある ・蓋コンクリート（次工程）をなるべく早く施工するために、均し作業を効率的に行う必要がある
品質確保	・工程等を考慮し、均し作業にミニバックホウを使用する場合もあるが、移動時に隔壁を損傷する可能性がある
安全性	・夏季において熱中症が発生するリスクがある ・限られたスペースにおける作業であるため、バックホウ使用時は作業員と接触する可能性がある

## 3. 投入補助装置の概要

図-2, 図-3 に新たに考案した投入補助装置（以下、補助装置と略記する）の概要および補助装置を適用した施工イメージを示す。補助装置は、スリット構造を有した上段ユニットと下段ユニットで構成される。補助装置を調整材投入前に投入場所に設置し、上方から土砂を投入する。中詰材は上下段のスリットの間を通過してケーソンの中に充填される。投入完了後、クレーンで吊り上げた下段ユニットが上段ユニットと噛み合うことで余剰の土砂が分離され、天端が平坦に仕上がるものである。

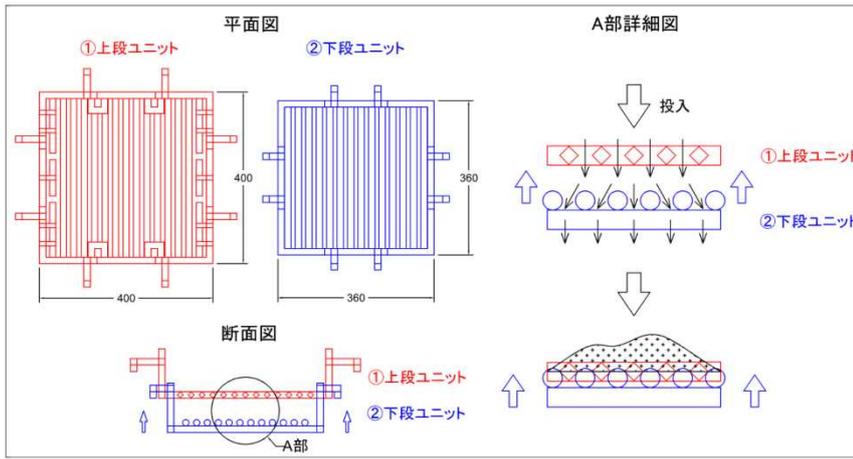


図-2 補助装置概要

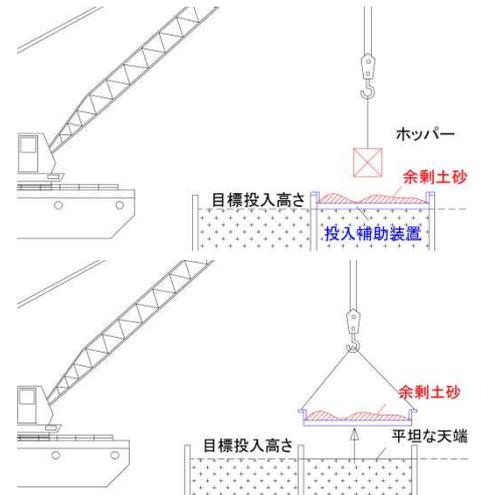


図-3 施工イメージ

#### 4. 模型実験

模型実験では、適切なスリット形状の検討のための知見を得ること等を目的に、1/10 スケールの補助装置を製作した（写真-2 参照）。スリット形状の異なる複数の補助装置を使用して中詰均しを実施し、補助装置によって形成された仕上げ面の面積や高さを比較評価した。

##### 4. 1 実験手順

中詰材投入作業を想定し（写真-3 参照）、ケーソンの隔室を模した木製の容器（B450×L450×H300）に、容器天端から 200mm 下方まで事前に中詰材を投入し、補助装置を設置した。補助装置は図-5 に示す様に、上段ユニットの天端が容器天端から 50mm 下方の位置となるように設置した。補助装置設置後、中詰材を補助装置の上方から投入した。投入完了後、ロープにより下段ユニットを吊上げ、余剰な土砂を除去し、天端平坦部の面積と高さを確認した。平坦部の高さはケーソン隔壁容器の天端からの距離とした。測定点は写真-4 に示す様に、平坦部に示した①～⑤の 5 点とその周囲⑥～⑬の 8 点の計 13 点とした。また、平坦部の 2 辺の寸法を測定し、平坦部の面積を算定した。

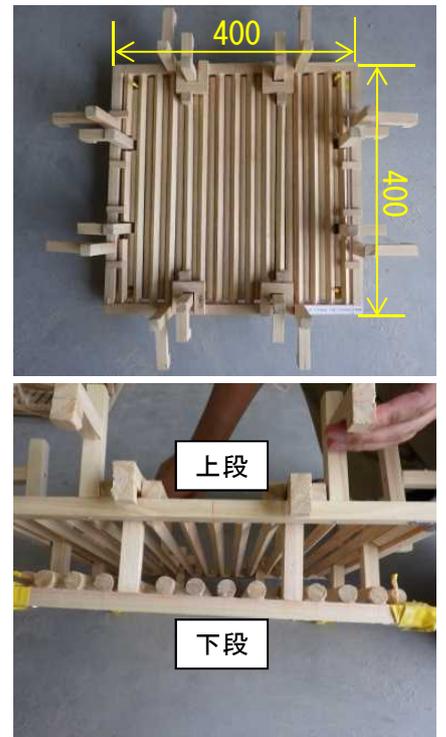


写真-2 投入補助装置 (1/10scale)



写真-3 基礎実験手順

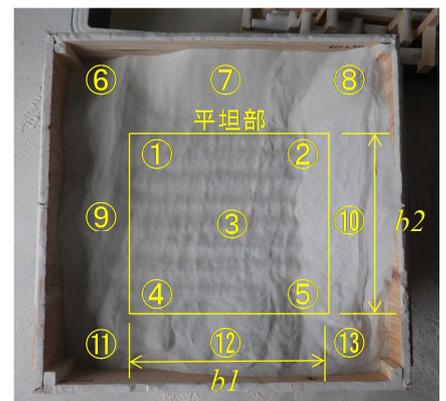


写真-4 出来形測定点

## 4. 2 実験条件

図-4 に実験で採用したスリット形状を示す。上下段のスリット断面形状は円形と矩形もしくは円形と三角形の組み合わせとし、断面形状、大きさ、配置を変化させ、全6 ケースとした。また、中詰材は珪砂7号（粒径0.08~0.3mm）を採用した。なお、実験で採用した中詰材の最大粒径は、実施工で使用実績のある川砂（粒径0.075~4.75mm）の最大粒径の1/10に相当する。平坦部は、補助装置撤去後の中詰材天端に噛み合わせ形状が確認できる部分を平坦部とした。

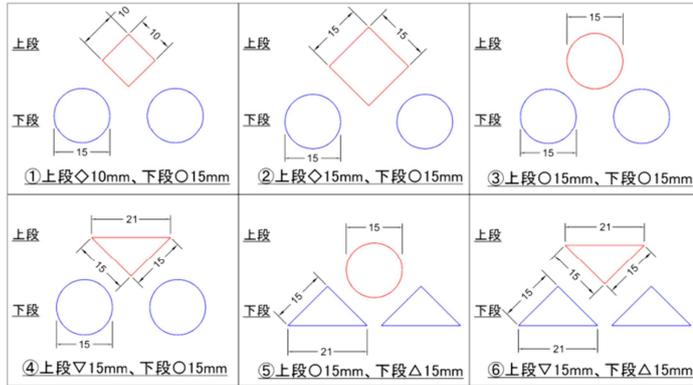


図-4 梁の断面形状一覧

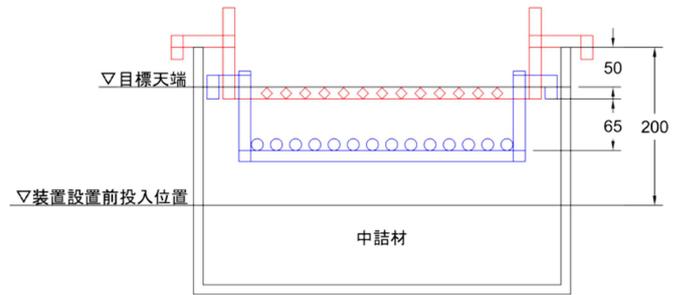


図-5 補助装置設置位置図

## 5. 実験結果

表-2 に実験結果を示す。表中の平坦率  $\eta$  は、ケーソン柵の面積  $\alpha$  ( $0.45\text{m} \times 0.45\text{m} = 0.203\text{m}^2$ ) に対する平坦部面積  $\beta$  の割合である。平坦部の高さ  $h$  は、写真-4①~⑤の平均値である。図-6 に平坦率をグラフで整理したものを示す。

表-2 実験結果

Case	スリット形状	平坦部辺長 $b1$ (mm)	平坦部辺長 $b2$ (mm)	平坦部面積 $\beta = b1 \times b2$ (mm <sup>2</sup> )	ケーソン柵面積 $\alpha$ (mm <sup>2</sup> )	平坦率 $\eta$ (%)	平坦部高さ $h$ (mm)
1	◇10mm : ○15mm	240	240	0.058	0.203	28.6	58
2	◇15mm : ○15mm	280	250	0.070		34.5	64
3	○15mm : ○15mm	220	220	0.048		23.6	64
4	▽15mm : ○15mm	280	280	0.078		38.4	63
5	○15mm : △15mm	220	230	0.051		25.1	57
6	▽15mm : △15mm	250	250	0.063		31.0	60

平坦部面積は、上段ユニットに三角形(▽)のスリットを採用したケース4が最も大きく、上段ユニットに円形(○)のスリットを採用したケース3、ケース5が最も小さい結果となった。ケース4とケース5は断面形状が三角形(△)と円形(○)で構成されているが、採用する断面形状が同じでも上段ユニットと下段ユニットそれぞれにどちらの断面を採用するかが平坦部の形成に大きく影響する結果となっていた。また、下段ユニットはケース4と同じ円形(○)で上段ユニットが矩形(◇)のスリットであるケース2も平坦部面積が比較的大きい結果となっていた。

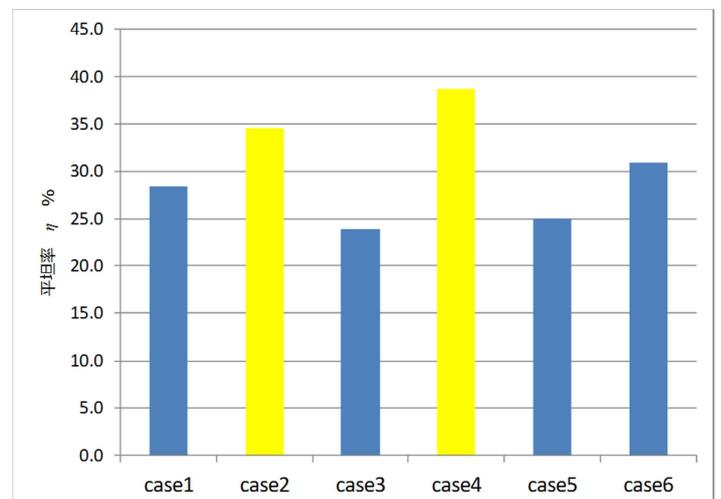


図-6 平坦率

実験中、写真-3のSTEP5に示す様に補助装置を撤去する過程で、スリットの噛み合わせの隙間から徐々に中詰材が流出することが確認された。これは、模型の加工精度が一因と考えられたが、ケース2、ケース4では、砂の流出が比較的少なかった。実験中のこれらの現象からも、ケース2、ケース4のスリットの断面形状、大きさおよび配置が平坦性の確保に良好に機能していた結果と考える。

平坦部の高さ $h$ は、57mm～64mmであった。仕上がり高さは中詰材投入前の上段ユニットの高さと比較して全体的に低い傾向であった。仕上がり高さは断面形状の違いによる明確な違いは見られない結果となった。今後は、補助装置の断面形状、設置高さおよび平坦部の高さの関係について把握し、仕上げ高さの調整方法について詳細に検討する必要がある。

実験では、写真-3のSTEP5に示す補助装置を撤去する過程で補助装置の周囲から砂の流出が確認された。砂の流出は、写真-5に示す様に平坦部を制約することにつながるため、写真-6に示す様に上段ユニットに高さ50mmの壁を設置することで砂の流出を防止した。壁の設置は、実験結果が良好であったケース4の構造を対象として、4.1で示した手順で再度実験を行った。

壁を設置したことにより写真-7に示す様に中詰材の補助装置周辺への砂の堆積が無くなり平坦部の面積は拡大し、平坦率 $\eta$ は38.4%から60.6%に改善された(図-7参照)。

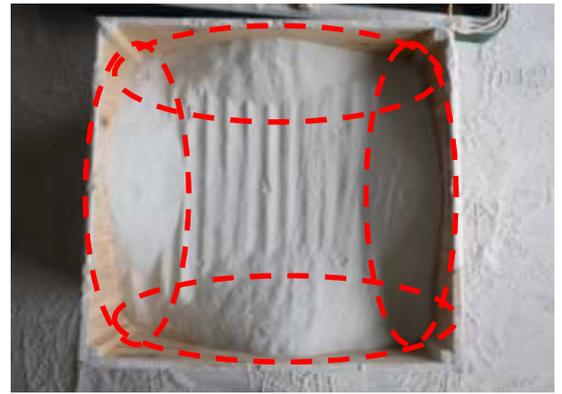


写真-5 中詰材堆積状況

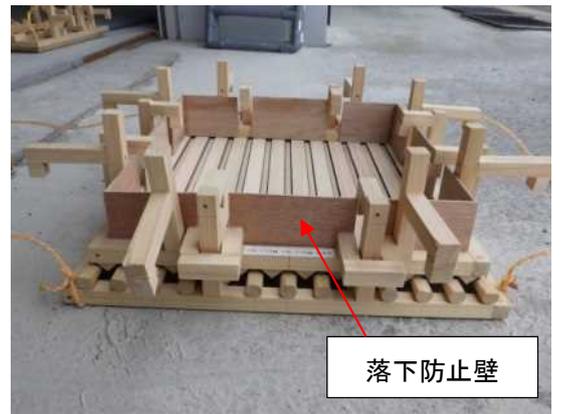


写真-6 改良型投入補助装置全景



写真-7 中詰材天端状況

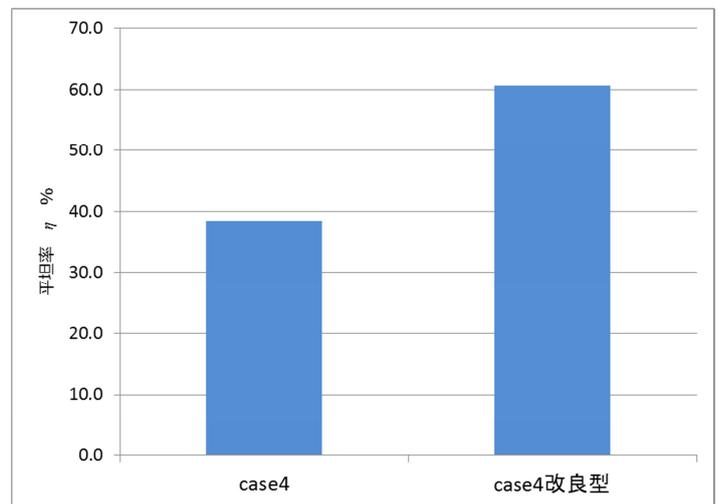


図-7 平坦率

## 6. まとめ

中詰材均し作業の施工性向上と作業員の負担軽減(省力化)を目的に新たな投入補助装置を考案し、投入補助装置の模型実験結果について報告した。

模型実験では、補助装置設計において、適切な断面形状を検討する上での知見を得ることができた。また、今後は、この度得られた実験結果と併せ、仕上げ高さの調整方法について詳細に検討する必要がある。