

# 連続箱型鋼製枠の仮締切護岸への 適用と技術検討

## TECHNICAL INVESTIGATION ON CONTINUOUS COLLAPSIBLE WIRE MESH FRAME WITH NON-WOVEN FABRIC LINER APPLIED TO THE TEMPORARY COFFERING METHOD

山本浩二<sup>1</sup>・石田正利<sup>2</sup>・川岸 靖<sup>3</sup>

Koji YAMAMOTO, Masatoshi ISHIDA and Yasushi KAWAGISHI

<sup>1</sup>正会員 太陽工業株式会社 国土環境エンジニアリングカンパニー (〒154-0001 東京都世田谷区池尻2-33-16)

<sup>2</sup>正会員 太陽工業株式会社 国土環境エンジニアリングカンパニー (〒154-0001 東京都世田谷区池尻2-33-16)

<sup>3</sup>正会員 太陽工業株式会社 国土環境エンジニアリングカンパニー (〒154-0001 東京都世田谷区池尻2-33-16)

For the temporary coffering method in river works, large sandbags are widely used because of its workability and economical reasons. However, there often can become an impact on construction sites and hinterlands as large sandbags can fall down or be washed away by flooding. Generally, large sandbags are constructed in the coursed masonry rangework form and they are stabilized by their own weight. They can be unsteady because of the fluid force by flooding, as they are not connected nor unified. This article will present the construction case of Continuous Collapsible Wire Mesh Frame with non-woven fabric liner applied the temporary coffering method of torrential rivers. The cases show the result of reinforcement Continuous Collapsible Wire Mesh Frames with non-woven fabric liner against fluid force driven by freshet in Typhoon. They function as cofferdams without damage or being washed away. The article also shows the sustainable flow rate of flooding with the flow regime analysis.

**Key Words :** Disaster Restoration, Cofferdam Construction, Continuous Collapsible Wire Mesh Frame With Non-woven Fabric Liner, Large Sand Bag, Geogrid

### 1. はじめに

平成23年9月の台風12号により、紀伊山地では3000箇所を超える斜面崩壊が発生した。奈良県、和歌山県では大規模斜面崩壊により河道が閉塞（天然ダム化）し、その後の天然ダムの決壊により河道に土砂が堆積した。この堆積土砂の二次移動を防止するために大規模崩壊地下流側に砂防堰堤工事が実施されている。砂防堰堤工事における半川締切工法実施箇所は、直前の河道が湾曲しており水衝部、かつ狭隘部となるため、増水時の流勢による河床洗掘対策や安定性を確保する必要があった。そのため、大型土のうより一体性のある仮締切護岸が必要とされ、連続箱型鋼製枠が使用された（図-1）。

当該現場では、仮締切護岸設置後に二度にわたり台風による増水で連続箱型鋼製枠が破損した。しかし現地での補強対策により、その後に発生した台風18号（平成26年10月）による増水では、連続箱型鋼製枠に破損等の異

常は見られず、引き続き発生した台風19号による増水時にも異常は見られなかった。

本論文では、仮締切護岸の連続箱型鋼製枠が増水により破損した要因を明らかにし、実施した補強対策を示すと共に、台風18号による増水時の流況解析を行った結果について報告する。



図-1 仮締切護岸状況（平成26年10月）

## 2. 連続箱型鋼製枠の概要と一体性

### (1) 連続箱型鋼製枠の概要

連続箱型鋼製枠は、亜鉛メッキ鉄線（ $\phi=4\text{mm}$ ）を溶接したメッシュパネルをコイル連結したカゴ（鋼製枠）を複数接続し、その内側に中詰め材こぼれ出し防止の長繊維不織布（ $t=2\text{mm}$ ）を取り付けた構造である（図-2）。

蛇腹状に折り畳まれた連続箱型鋼製枠を展開し、その中に現地発生土等の中詰め材を充填することで、連続した土堤を簡単・迅速に構築できる（図-3）。

平成23年3月の東日本大震災では地盤が約1m沈下し、漁港の嵩上げや水際の浸水対策、防潮堤背後の侵食対策など、土留工、仮設護岸工、堤防嵩上工の仮設資材として使用された。また近年、連続箱型鋼製枠は、地すべり対策工の抑止工（コンクリート擁壁）用の残存型枠使用（図-4）や、大規模斜面崩壊地や土石流対策など無人化機械施工用の仮設資材<sup>2)</sup>としての使用等、災害対策・災害復旧における新たな適用も検討されている。

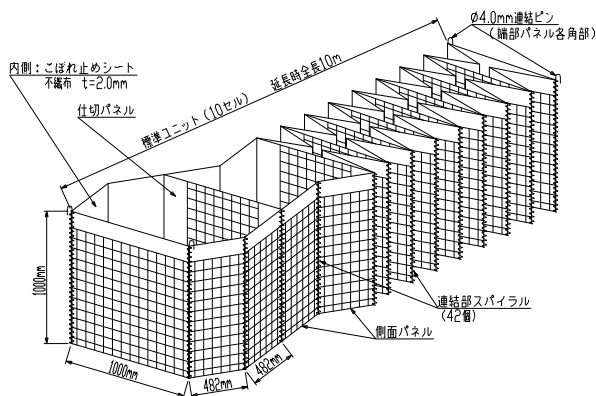


図-2 連続箱型鋼製枠概略図



図-3 展開後の中詰め材充填状況

### (2) 一体性検証実験

#### a) 検証実験内容

連続箱型鋼製枠と大型土のうについて増水時の流勢に



図-4 抑止工（コンクリート擁壁）の残存型枠

対する一体（抵抗）性を定量的に把握するため、一体性検証実験<sup>3)</sup>を実施した。実験は実験体の中央にワイヤーを取り付け、実験体が転倒あるいは破損するまでの引張力と実験体中央部上端の変位を計測した（図-5）。

実験体は、連続箱型鋼製枠は5枠（セル）、大型土のうは5袋を密着するように隙間無く並べ、結束ベルトを人力で結束したものと同様と結束しないものを準備した。なお、結束方法は『「耐候性大型土のうの積層工法」設計施工マニュアル』<sup>4)</sup>に記載されている連結対策例を参考とした。中詰め材は真砂土を使用し、単位堆積重量は連続箱型鋼製枠 $17.7\text{kN/m}^3$ 、大型土のう $15.7\text{kN/m}^3$ であった。

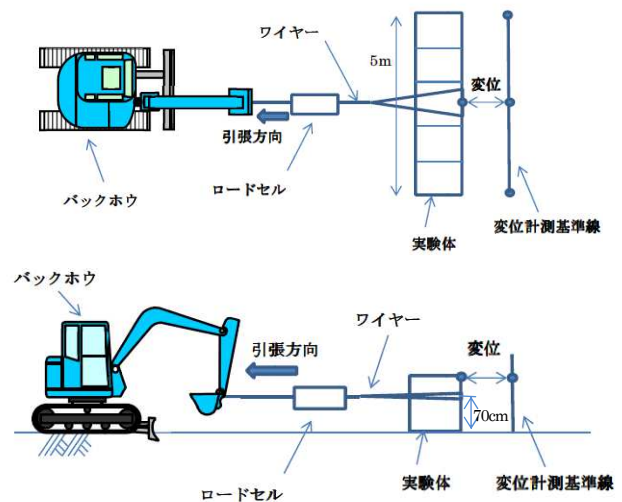


図-5 一体性検証実験概要

#### b) 検証実験結果

実験体の中央部上端が57cm変位した際の引張力は、連続箱型鋼製枠で $16.71\text{kN}$ 、大型土のう結束有が $4.36\text{kN}$ 、結束無が $4.27\text{kN}$ であった（図-6）。連続箱型鋼製枠の最大引張力（破損時）は $20.4\text{kN}$ であり、中央部の連結コイルが破損したものの転倒はしなかった。これに対し大型土のうは、結束ベルトによる連結の有無にかかわらず $4.4\text{kN}$ 程度の引張力で中央の土のうが転倒した。

連続箱型鋼製枠は中央セルに引張力が作用しても連結コイルにより隣接するセルが抵抗し、5セル全体で引張



力に耐えるが、大型土のうは結束ベルトだけでは一体性が弱く、中央の土のうに引張力が作用しても隣接する土のうに引張力は伝達されないため、中央の土のうのみが転倒したものと考えられる（図-7）。

本実験において大型土のうの結束ベルトによる一体性効果は見られず、マニュアル記載の単管パイプ等の連結方法も実際の現場では困難であると考えられる。

連続箱型鋼製枠は、セルに中詰め材を充填・転圧するだけで容易に一体性の高い構造体を構築することが可能であり、ベルト拘束した大型土のうに比べ約4倍以上の外力（引張力）に耐え、その高い一体性が定量的に確認された。

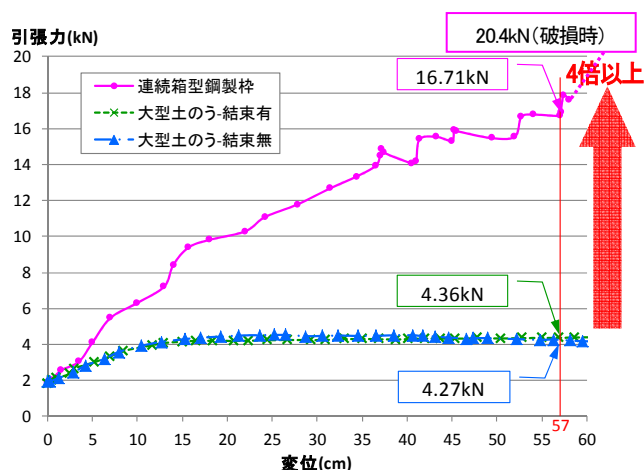


図-6 引張力と変位の関係



図-7 一体性検証実験の状況（上；連続箱型鋼製枠、下；大型土のう（結束有））

### 3. 仮締切護岸への適用と補強対策

#### (1) 河川内に設置する連続箱型鋼製枠の流水対策

連続箱型鋼製枠は、鋼製枠内側の長繊維不織布により

中詰め材のこぼれ出しを防止しているが、上下面は開放されている（図-8）。このため、流水がある場所での使用は、構造体の安定性を確保するための流水対策が必要となる。当該現場では、以下に示す流水対策を行った（図-9～11）。

##### ① 中詰め材の流出防止対策

- ・上面からの中詰め材の流出防止、かつ上段連続箱型鋼製枠の底からの流出を防ぐため、長繊維不織布により蓋をする

##### ② 洗掘防止対策

- ・最下段の連続箱型鋼製枠つま先部の洗掘防止対策として0.5m以上根入れする
- ・水衝部は、連続箱型鋼製枠を2列にするなど根固め工をする



図-8 連続箱型鋼製枠断面（上下面は開放）

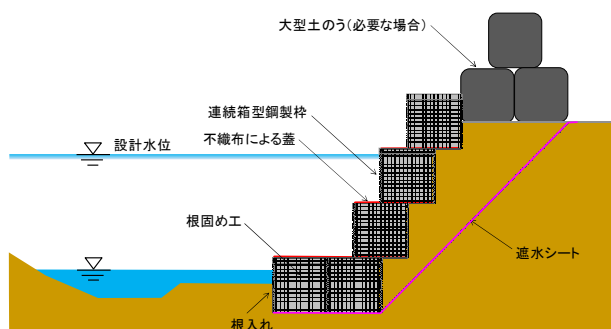


図-9 仮締切護岸施工断面（当初）



図-10 仮締切護岸施工状況（当初）





図-11 仮締切護岸設置状況（当初）

## (2) 増水時における連続箱型鋼製枠の破損要因

### a) 台風の規模と破損状況

当該現場における台風による降雨量ならびに破損状況を表-1に示す。

降雨量は、当該現場近傍の雨量観測所（国土交通省および気象庁）観測データからティーセン法（図-12）により式(1)を用いて流域平均時間雨量を算定した。

$$r = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{A} r_i \quad (1)$$

ここに、 $r$ ：流域平均雨量（mm/h）、 $a_i$ ：雨量観測所の支配面積（km<sup>2</sup>）、 $r_i$ ：各雨量観測所の降雨量（mm/h）、 $n$ ：雨量観測所数、 $A$ ：全流域面積（=23.67km<sup>2</sup>）。

表-1 台風による降雨量と破損状況

| 降雨日時                          | 名称        | 3時間雨量        | 累加雨量                   | 破損状況  |
|-------------------------------|-----------|--------------|------------------------|-------|
| 2014/8/8 17:00 ~ 8/10 16:00   | 台風11号(上陸) | 8/9 6~8時     | 107mm/3h<br>701mm/3day | 流失    |
| 2014/9/24 13:00 ~ 9/25 9:00   | 台風16号(前線) | 9/25 0~2時    | 21mm/3h<br>66mm/2day   | 水衝部破損 |
| 2014/10/5 6:00 ~ 10/6 5:00    | 台風18号(上陸) | 10/6 2~4時    | 111mm/3h<br>164mm/2day | 異常なし  |
| 2014/10/13 1:00 ~ 10/13 22:00 | 台風19号(通過) | 10/13 15~17時 | 36mm/3h<br>107mm/day   | 異常なし  |



図-12 ティーセン法による流域区分



図-13 台風11号による増水（8/9 8:30）



図-14 台風16号による破損

台風11号は3日間の累加雨量701mmを記録し、3時間降雨量も107mmと大きく、増水時水位が仮締切護岸天端高を超えたため、その大部分が流失した（図-13）。

流失箇所の仮締切護岸を同施工断面により復旧した後、台風16号（前線）発生の影響による2日間の累加雨量66mm、3時間降雨量21mm程度の増水であったが、連続箱型鋼製枠の一部に破損が確認された（図-14）。

なお、連続箱型鋼製枠の破損について補強対策を検討するにあたり、台風11号の増水による連続箱型鋼製枠の流失は、仮締切護岸天端高を超えたためであることから、補強対象検討から除外することとした。

台風16号の増水による連続箱型鋼製枠の破損状況を調査し、その状況を以下に整理した（図-15～17）。

- ・図-17に示すようにパネル破損部を中心に上下約4m、全長10m区間で大きく変形し、天端部にわたり滑りが発生している
- ・最下段の連続箱型鋼製枠の沈下および前傾が他の区間に比べて大きい
- ・天端部は全体的に堤内地側に傾斜している

### b) 台風16号（前線）の増水による連続箱型鋼製枠の破損要因

前述の破損状況調査より、連続箱型鋼製枠の破損およ



び変形は以下の要因により発生したものと考えられる。

- ・破損箇所は水衝部となっており、最下段の連続箱型鋼製枠前面の地盤が根入れ深以上に洗掘された
- ・中詰め材が底から流出して上段中詰め材の落ち込みが発生した
- ・連続箱型鋼製枠の中詰め材は、1層30cm毎に足で踏み固めることから、転圧機械のように十分な締め固めができない。そのため、連続箱型鋼製枠部分の中詰め材の沈下量が背面埋め戻し土より大きくなりやすく、自重（4段積み）および最上段上部に設置した大型土のうにより、中詰め材が圧縮沈下して変形に至った



図-15 連続箱型鋼製枠の破損および変形



図-16 連続箱型鋼製枠パネル破損部

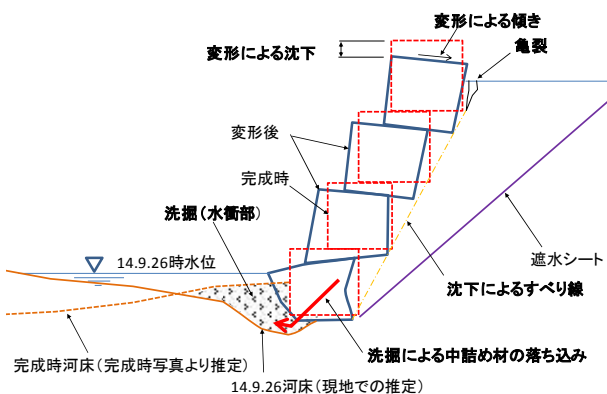


図-17 変形状況と推定要因

#### c) 補強対策

当該現地にて発生した破損に至る変形要因から、以下の補強対策を実施した（図-18）。

##### ① 洗掘防止対策

- ・根入れ深さは0.5m以上とし、根固め工（袋型根固め工）を水衝部だけでなく全体に実施する

##### ② 中詰め材の流出防止対策

- ・洗掘による中詰め材の流出防止のため、設計水位以下の連続箱型鋼製枠内に内袋を装着し充填する

##### ③ ジオグリッドによる補強対策

- ・中詰め材の圧縮による連続箱型鋼製枠背面での滑り防止および不同沈下対策として補強材（ジオグリッド）を各段の天端部に敷設する

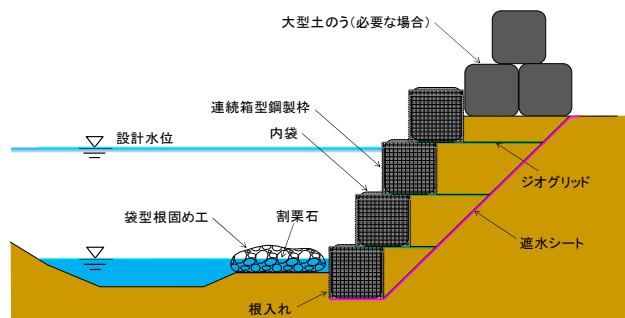


図-18 仮締切護岸補強対策



図-19 仮締切護岸補強対策実施状況

#### 4. 増水時の仮締切護岸周辺の流況

##### (1) 洪水痕跡からの河川流量の算定

台風16号で破損した箇所の補強対策を実施後に発生した台風18号および台風19号による増水では、連続箱型鋼製枠に破損等の異常は見られなかった。ここで増水規模の大きい台風18号による増水時の流況解析を行い今後の参考資料とすることとした。

当該現場では流量観測データが無いことから、台風18号通過直後に仮締切護岸上流端の盛土法面で確認された洪水痕跡を利用し、河川流量を算定することとした（図-20）。この洪水痕跡は、仮締切護岸（連続箱型鋼製



杵) 2段目の天端を越えた高さに等しいことから、その河川横断面での最深河床高からの増水時水深は4m程度と推定される。このとき、準二次元不等流解析により、流量 $Q=80.0\text{m}^3/\text{s}$ 、平均流速 $V_m=1.2\text{m/s}$ と算定された。



図-20 台風18号通過直後の洪水痕跡

## (2) 仮締切護岸周辺の流況

連続箱型鋼製杵による仮締切護岸周辺の増水時の流況を把握するために、2次元水深平均河川流体力学モデルにより解析を行った。仮締切護岸の直前河道は右に湾曲し、かつ湾曲出口は狭隘部となっており、流況解析結果からも湾曲後の流れに連続箱型鋼製杵の一部に水衝部が見られる(前掲図-14, 図-21)。また、水衝部周辺流速は、河道中央部で3~6m/s、連続箱型鋼製杵近傍で2~3m/sとなっており、連続箱型鋼製杵は、少なくとも流速3m/sには耐えるものと考えられる。

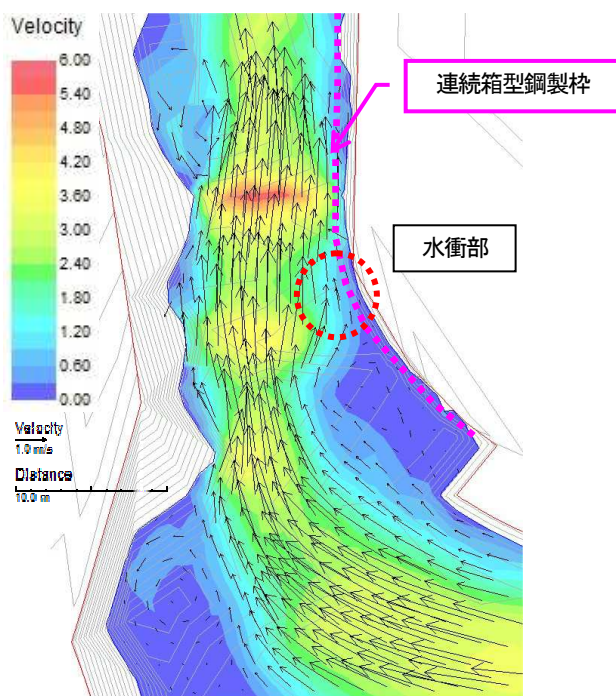


図-21 台風18号による増水時の流況(流速)

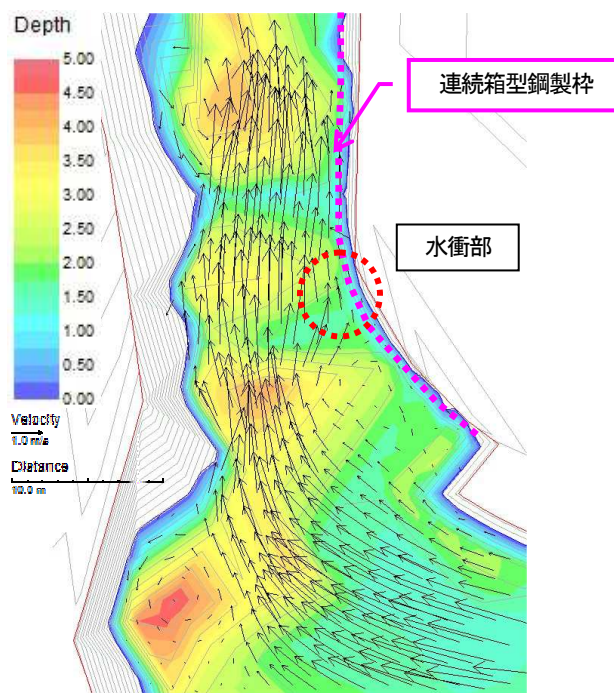


図-22 台風18号による増水時の流況(水深)

## 5. おわりに

連続箱型鋼製杵は大型土のうに比べ4倍以上の外力に耐え、その高い一体性を定量的に確認した。

また、当該現場における連続箱型鋼製杵の仮締切護岸への適用は、全国で初めての試みであり、急流河川においても①洗掘防止対策、②中詰め材の流出防止対策、③ジオグリッドによる不同沈下対策等の補強対策を実施することで、増水時の流勢に対して十分適用可能であることが確認できた。さらに、2次元水深平均河川流体力学モデル解析により、連続箱型鋼製杵は少なくとも3m/sの流速に対応できることを確認した。

謝辞：本論文は、泉・果無経常建設共同企業体様の施工実績に基づいた成果であり、皆様には多くの貴重なご意見を頂いた。ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) NETIS 登録番号：KK-130035-A、技術名称：連続箱型鋼製杵「マックスウォール」。
- 2) 坂西孝仁，川上勝彦，猪原幸司，北原成郎，吉田貴：無人化施工における連続土嚢を利用した高速築堤技術の開発，第15回建設ロボットシンポジウム，2015。
- 3) 川岸靖，山本浩二，石田正利：連続箱型鋼製杵の一体性検証実験，土木学会平成28年度全国大会第71回年次学術講演会，pp.369-370，2016
- 4) (財) 土木研究センター：「耐候性大型土のう積層工法」設計・施工マニュアル，pp.47-48，2012

(2017. 4. 3受付)