

大縮尺水理実験による木工沈床の水理機能評価

(株) 建設技術研究所 正員 〇二瓶 功

国土交通省 国土技術政策総合研究所 正員 諏訪義雄

独立行政法人 土木研究所 正員 東 高德

国土交通省 国土技術政策総合研究所 正員 末次忠司

1. はじめに 木工沈床は、急流河川で用いられていた伝統工法の1つであり¹⁾、根固め工や護床工に用いられる。近年は、異型ブロック工法によって代わられていたが、地域資源の活用、人件費が材料費に比べて安く済む途上国での活用、河川環境の向上という観点からは今後復活する可能性のある工法である。護岸の力学設計法²⁾では、木工沈床の設計は、中込材の粒径が無次元掃流力 $\tau_* \leq 0.05$ となるよう設計することになっている。本研究では、直方体コンクリートブロック(以下トワブロックと呼ぶ)を入れた木工沈床について、トワブロックのみの場合、木枠+トワブロックの場合、木枠+中詰め材+トワブロックの場合、の3つのケースについて水理実験を行い、木工沈床の機能を水理的に評価した。

2. 実験 ・ 概要

図-1に示すように、幅52cm、深さ1.5mの水路内に、平均粒径30mmの急流砂利河川における落差2mの木工沈床落差工を縮尺1/8で再現した模型を製作した。実験は、移動床実験、沈床下の流速測定実験、トワブロック移動限界流速把握実験の3種類行った。なお、以下数値はすべて現地換算である。

・ 移動床実験

移動床実験では、トワブロックのみ並べたケース、木工沈床を並べたケースの2つのケースについて、流量を徐々に上げていき、木工沈床・トワブロックの変状を観察した。流量は、単位幅流量 $2\text{m}^3/\text{s}/\text{m} \sim 15\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ まで段階的に上げていった。実験の結果、トワブロックのみ並べたケースでは、単位幅流量 $2\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ で写真-1のようにブロック間の河床材料が流出し、ブロックが沈下・変形した。一方、写真-2のような木工沈床を並べたケースでは、単位幅流量 $9.5\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ まで、木工沈床には変状が起きなかった。単位幅流量が $9.5\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ になると、木工沈床の下流端の河床が低下して木工沈床が浮き上がり、 $11.5\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ になると木工沈床下流端から沈床の下流の河床材料や中詰め材が激しく流出しはじめ、やがて沈床の流出破壊に至る。実験で用いた木工沈床は、木枠の径が15cm、中詰め石粒径が15~20cmである。

2つのケースの実験結果から、トワブロックだけを隙間を開けて敷き並べた場合に比較して、木工沈床は沈床下の河床材料の流出を防止する機能が大きいことがわかる。

・ 沈床下の流速測定実験

移動床実験から、木工沈床には、沈床下の河床材料の流出を防止する機能があることがわかった。これが、木

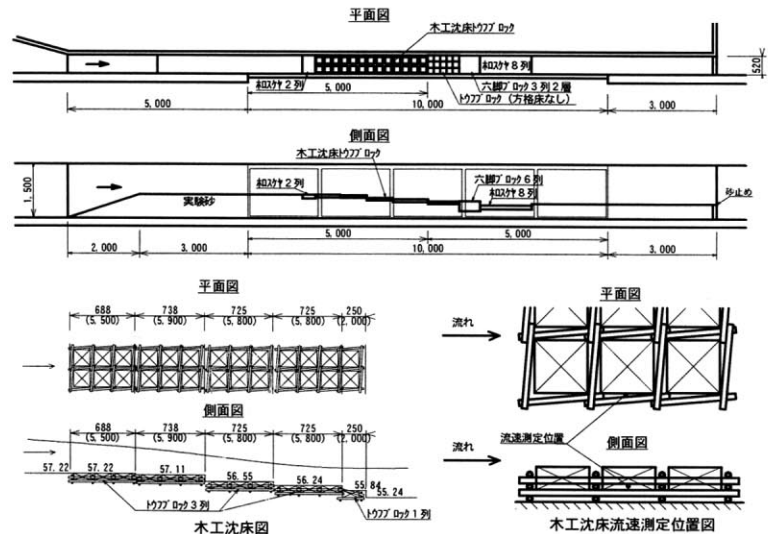


図-1 実験施設図



ブロック間の河床材料流出状況



通水後ブロック沈下・変形状況

写真-1 トワブロック変状状況

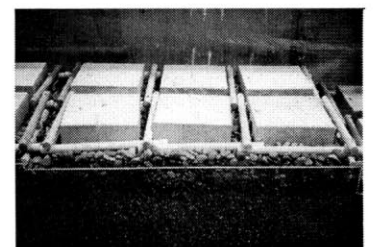


写真-2 木工沈床

キーワード：木工沈床、大縮尺水理実験、根固め工、護床工

〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪1047-27 TEL 0298-47-0244 FAX 0298-47-0248

枠による流速低減効果なのか、中詰め石による効果なのか分析するため、沈床下の流速測定実験を行った。実験は、移動床実験と同じ縦断形の固定床（ベニヤ板）を製作し、トワフロックのみ並べたケース、木枠+トワフロックを並べたケース、中詰め石も含めた木工沈床を並べたケースの3つのケースについて、木工沈床下の流速を測定した。流速は、図-1に印を付けた地点でピト管を用いて測定した。ただし、木枠+トワフロック、木工沈床のケースでは、河床付近に染料を流した確認も行った。実験結果を図-2に示す。図から、木枠を入れること、中詰め石を入れることは、大きな流速低減機能を持つことがわかる。木枠+トワフロックの時の流速 $0.4 \sim 0.6 \text{ m/s}$ は、河床材料（ $d_{60}=30 \text{ mm}$ ）

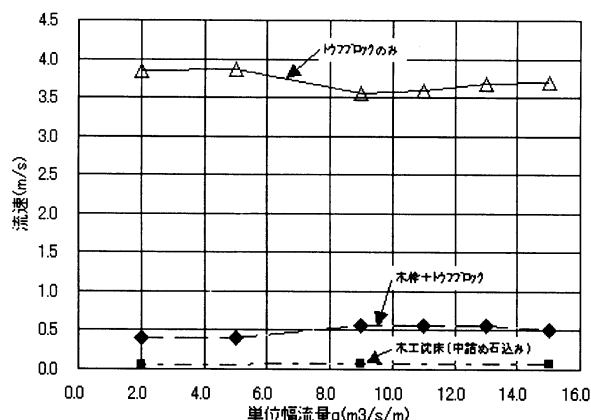


図-2 沈床下の流速測定結果

の推定移動限界流速 1.4 m/s （ $\tau^*=0.06$ 、 $\phi=8.5$ で推定）よりも小さいので、沈床下の河床材料流出防止機能は、木枠があることの効果が第一義的であり、木枠+中詰め玉石があることによりその効果を確実なものとしていると整理できる。

・トワフロック移動限界流速把握実験

木工沈床の機能として、河床材料流出防止機能に加えて、木枠と詰め石でトワフロックを一体化することによりトワフロックの流出限界流速を向上させるトワフロック流出限界強化機能が考えられる。そこで、流速測定実験を行った水路で、トワフロックのみを敷き並べたケース（ただし、移動床実験とは異なり、隙間を開けずに密に敷き並べた）、木枠の中にトワフ

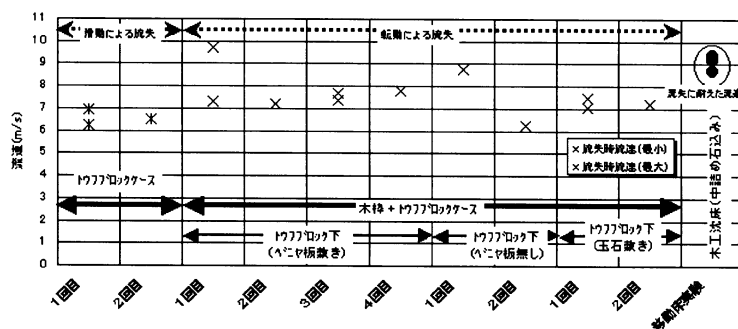


図-3 トワフロック移動限界流速測定結果

ロックを並べたケース、詰め石で木枠とトワフロックを一体化したケースそれぞれの流出限界流速の測定を試みた。その結果を図-3に示す。トワフロックのみ敷き並べたケースでは、下流端のブロックから滑動により流出した。流出した時の流速は、 $6 \sim 7 \text{ m/s}$ であった。木枠の中にトワフロックを並べたケースでは、上流端に置かれたトワフロックから順番に転動流出した。流出時の流速は、概ね $6 \sim 9 \text{ m/s}$ であった。流速は、単位幅流量を水深で割って算出している。これら2つのケースでは、流出限界流速に大きな差はない。詰め石で木枠とトワフロックを一体化したケースでは、トワフロックの流出は確認できなかった。沈床上の流速は、最大 9.3 m/s まで上がっていたので、詰め石で木枠とトワフロックを一体化したケースの流出限界流速は 9.3 m/s 以上と評価される。なお、詰め石と木枠を噛みあわせたケースで、トワフロックを手で引き抜こうとすると大きな抵抗力があることから、詰め石による一体化効果は大きいと推定される。ただし、詰め石による一体化効果は施工技術によるバラツキも大きいと推定されることから、その評価にあたっては注意を要する。資源は乏しいが人件費が安い途上国では、詰め石による一体化技術に移転することにより、強度の高い木工沈床を施工できる可能性がある。

3. まとめ

以上、木工沈床の機能を評価すると次のようになる。

- ☆ トワフロックの中に入れる木工沈床には、沈床下の河床材料流出防止機能と木枠とトワフロックの一体化によるトワフロックの流出限界強化機能がある。
 - ☆ 沈床下の河床材料流出防止機能は、木枠による流速低減効果と詰め石による流速低減効果により機能を確実なものにしている。
 - ☆ トワフロックの流出限界強化機能は、詰め石による木枠とトワフロックの一体化による効果が大きい。ただし、その効果は詰め石の施工技術に左右されるおそれがある。
 - ☆ 木工沈床は、材料費に比べて人件費が安い途上国で、可能性を有する工法と考えられる。もちろん日本でも、地域資源の活用、伝統技術の継承、河川環境の保全・復元という観点からは、可能性のある工法である。
- なお、根固め工としては、河床の洗掘や低下に追随する屈とう性が、施工方法によっては重要なので、今後、木工沈床の屈とう性についても機能評価する必要がある。また、砂河川で用いられる粗朶沈床も同じような機能を有していると考えられるので機能評価する必要がある。

参考文献1) 日本の水制、山本晃一、山海堂 2) 護岸の力学設計法、(財) 国土開発技術センター編、山海堂