

重信川局所洗掘対策における 木工柵沈床の耐久性に関する検討

山崎 元司

四国地方整備局 松山河川国道事務所 工務第一課 (〒790-8574 愛媛県松山市土居田町797-2)

重信川において実施されている局所洗掘対策としての木工柵沈床の使用にあたり、その耐摩耗性、耐衝撃性といった耐久性や安全性面の評価は知見も少なく経験的考察による評価の範疇にあったが、今回、調査及び試験等により技術的な評価を行ったものである。

キーワード 局所洗掘、木工柵沈床、根継ぎ、耐久性、河床変動

1. はじめに

松山平野を流れる重信川は集水面積が狭く、年間雨量1,300mmといった小雨が特徴の瀬戸内気候であるが、全国有数の急流河川であり、洪水時には急激な出水を生じ、中小洪水でも特に水衝部においては局所的な洗掘による護岸崩壊等の被害が発生している状況である。

このような局所的な河床洗掘への対策として重信川で行ってきた根継ぎ工法である木工柵沈床について、その耐久性面、安全性面の評価は経験的考察のみであったため、今回、調査及び試験等により技術的な評価を実施した結果を報告する。

平成に入ってから局所洗掘対策は、護岸基礎部の補強を目的とした護岸根継ぎを実施している。根継ぎ工法は様々であるが、重信川沿川では水源として地下水が利用されており、この地下水の涵養は河川が貴重な源であることから透過性のある構造が必要であることと経済性の面等から「木工柵」を用いた対策を行っているところである。



図-2 重信川の「木工柵」

2. 重信川の局所洗掘対策について

(1) 頻発する局所洗掘とその対策

重信川の堤防整備は昭和後期までにほぼ全川の完成しているものの、一方で洪水規模の大小を問わず局所的な深掘れにより河岸崩壊、護岸崩壊等の災害が近年も発生している。重信川の深掘れ対策は古くから重要な課題となっており、今後も引き続き局所的な深掘れへの対策を図る必要がある。



図-1 護岸被災状況

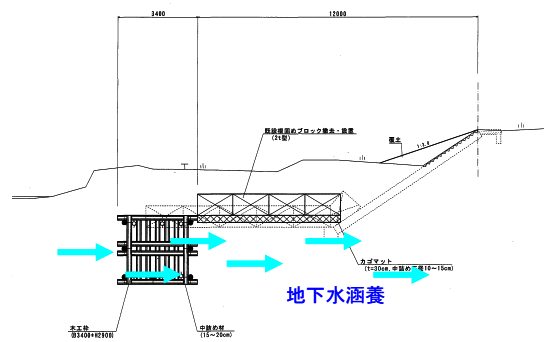


図-3 局所洗掘対策横断面図

(2) 今回の検討について

局所洗掘対策として木工柵の使用にあたり、これまで

は耐摩耗性、耐衝撃性と長期的な耐久性、安全性の評価は、知見も少なく経験的考察による評価の範疇であったが、今回、試験と調査等により技術的な検討評価をおこなった。

3. 検討内容

木工柱の長期的な性能を確認するため、既設木工柱の調査及び摩耗試験、衝撃試験等を実施し長期間経過後（50年）の耐久性検証を行った。

(1) 既設木工柱（木材部材）の現地調査

木工柱の現状（腐朽、摩耗）確認のため、現在重信川において施工されている木工柱の中から、経過年数、堆積・浸食状況、地下水変動状況等を着眼点とし、下記3箇所（3箇所）の木工柱について部材採取した。

- ① L3K/6 付近（約19年経過）
- ② L4k/6 付近（約15年経過）
- ③ R12k/0 付近（約22年経過）

木材の確認方法は次に示す方法を用いた。

a) 目視観察

外観、部材採取時の切断面等により状態を確認する。



図-4 既設木工柱確認状況

b) 応力波速度測定による非破壊検査

腐朽した木材は応力波速度が低下するため、既設材の応力波速度を測定し、新材の応力波速度と比較し腐朽の進行を相対的に評価する。

c) 確認結果及び考察

応力速度が比較基準を下回ったのは、全計測箇所（341箇所）のうち1.8%（6箇所）のみであり、ほとんどの部材が新材と同等以上の応力波速度を呈しており、目視観察に基づく評価と合わせ腐朽、摩耗はほとんど進行していないと推察された。

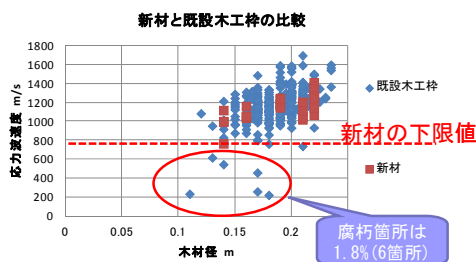


図-5 新材と既設木工柱の測定結果

なお、図中の破線は今回の新材の応力波速度の下限（最低）値であり、比較基準とする。

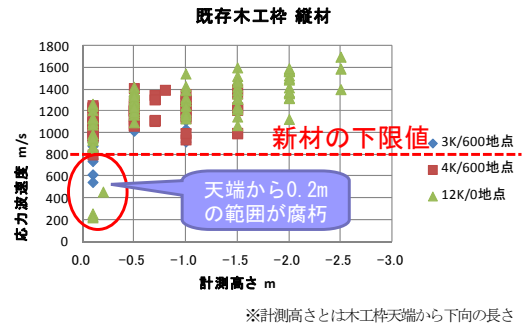


図-6 既設木工柱縦材の測定結果

なお、応力波速度が比較基準を下回った箇所は、木工柱天端材に集中しており、地下水水面から露出しやすい状態にあると考えられる。



図-7 木工柱天端部の測定状況

(2) 継ぎ材の現地調査

継ぎ材（金属部）にも腐食がみられたため調査を行った。ボルト径、ナット径、プレート厚さを計測し、当初厚との差を経過年数で除して腐食速度を推定した。



図-8 継ぎ材の状況

調査3箇所における腐食速度の最大値は、ボルト径：0.169mm/年、ナット径：0.087mm/年、プレート厚：0.033mm/年であり、木材より金属部材の腐食、損耗が進みやすく長期的な恒久性を考慮する場合には課題となることが考えられた。

(3) 木材の摩耗試験

a) 試験方法

木材の木工柱の摩耗に関する試験方法は確立されていないため、今回はコンクリートミキサを改良した試験機

により、木工棒（木材）の前面を、土砂を含む洪水流が流下する状況に近い状況を作り出し、木材の摩耗量を測定した。また、比較のためコンクリート材についても同様の試験を実施した。



図-9 摩耗試験状況

b) 試験結果及び考察

回転速度は 31 回転/分（流速は 1.2m/s に相当）、粒径 53-75mm、8,000 回転後の木材、コンクリート材の摩耗試験結果を以下に示す。

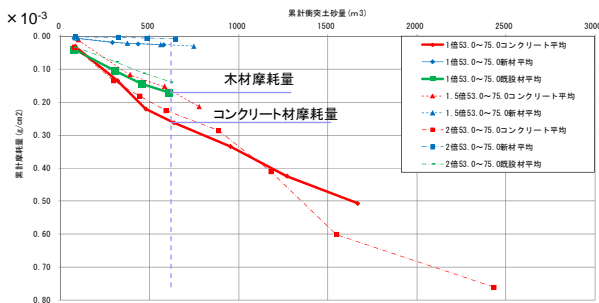


図-10 累計摩耗量と累計衝突土砂量

河床礫の投入量を試験機 1 回転当たりの木材と河床礫との衝突土砂量とみなし、摩耗量との関係を得た結果から、木材の摩耗量はコンクリート材料の摩耗量より少なく、木材はコンクリート材と同等程度以上の河床礫に対する耐摩耗性を有すると考えられる。



図-11 試験後の状況（木材）



図-12 試験後の状況（コンクリート材）

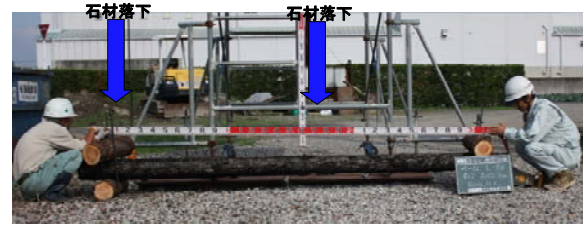
(4) 木材、継ぎ材（ボルト）の衝撃試験

a) 試験方法

石材を 3m の高さ（自由落下で重信川的设计流速 7.3m/s とする高さ）から落下させ、木材・継ぎ材（ボルト）の損傷度（変形等）を観察・測定した。なお、石材

は（□20cm 程度）10 回落下させた。

また、比較のためコンクリート材についても同様の試験を行った。



b) 試験結果及び考察

著しい損傷を受けたコンクリート材に比べて、木材は靱性が高く損傷は概ね表皮（剥がれる程度）に限定され、木材はコンクリート材以上の耐衝撃性能を有すると考えられる。



図-13 試験後の状況（木材及びコンクリート材）

また、継ぎ材（ボルト）のせん断破壊が生じることもなく、プレートに変状（曲がり等）は見られたが、ボルトの抜け落ちも発生しなかった。

4. 木工棒の評価

(1) 木工棒の耐摩耗性評価について

木工棒の耐摩耗性は、以下のフローに示すとおり木材とコンクリート材の相対比較と摩耗試験と総掃流砂量（数値計算）より推定した摩耗量を用いた安定照査により評価を行う。

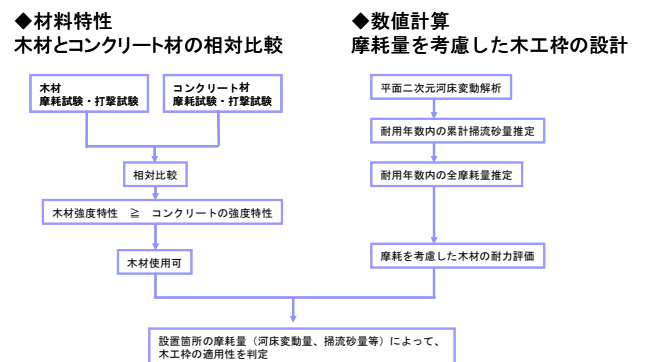


図-14 評価のフロー

(2) 長期的な摩耗量を考慮した木材の安全性照査

a) 摩耗量の予測

摩耗速度は摩耗試験より得られた摩耗量を衝突した土砂量で除して求める。

$$\text{摩耗速度} = \text{摩耗量} / \text{衝突土砂量}$$

また、摩耗速度の計算に用いる摩耗量は、試験前後の質量の減少量を表面積及び密度で除して求める。

$$D = (m_1 - m_2) / A \cdot \rho$$

ここに、D：摩耗量(cm)

m_1 ：試験前の質量(g)

m_2 ：試験後の質量(g)

A：摩耗を受ける部分の面積(cm^2)

ρ ：密度(g/cm^3)

試験で得た衝突土砂量当たり摩耗速度は新設材、既設材の試験結果の最大値である $0.317 \times 10^{-3} (\text{g}/\text{cm}^2/\text{m}^3)$ を用いた。木材の飽和単位体積重量(密度)は $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ として、摩耗速度は $0.000397\text{cm}/\text{m}^3$ となる。

b) 推定摩耗量を考慮した安定照査

平面二次元河床変動計算により掃流砂量の計算を実施し、50年間の木工枠設置箇所を通過する累計掃流砂量を関連づけ、50年後の摩耗量を予測した。

表-1 既設木工枠箇所の摩耗量推定結果

左右岸及び距離標位置	木工枠前面通過累計掃流砂量(m ³)/50年	摩耗速度(cm/m ³)	50年間摩耗量(cm)
	①	②	③=①×②
R1.4	590.2	0.000397	0.23
L3.4	3650.6	0.000397	1.45
L3.6+60	2643.4	0.000397	1.05
L4.8+67	1248.0	0.000397	0.50
R5.0	2619.8	0.000397	1.04
R5.2	2907.4	0.000397	1.15
R5.2+130	239.5	0.000397	0.10
L5.6	5096.4	0.000397	2.02
R6.0+110	471.9	0.000397	0.19
R6.4	1750.7	0.000397	0.70
L7.8	1247.0	0.000397	0.50
R8.4+80	33.5	0.000397	0.01
L9.6+40	4095.9	0.000397	1.63
R11.0+190	493.4	0.000397	0.20
R12.2+135	1426.0	0.000397	0.57

各木工枠設置区間の中で最も摩耗量が大きい箇所はL5k/4付近で、50年間で2.02cmであったことから、木工枠の安定照査においては2.02cm摩耗後の木材として、木工枠前面が深掘れした場合の背面土圧に対する照査と石材の衝突荷重による照査を実施し、いずれも部材応力度は許容値を満足することを確認した。

なお、木材の許容応力度は、小規模吊橋指針同解説による軸方向圧縮の許容応力度を適用した。

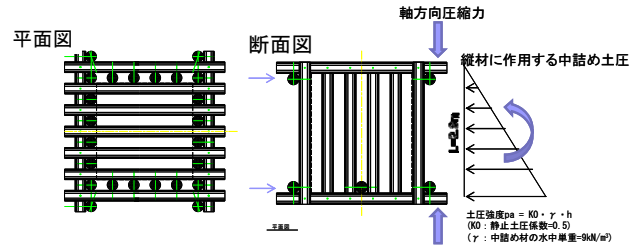


図-15 土圧に対する木材の安全性照査

(3) 長期的な腐食量を考慮した継ぎ材の安全性照査

a) 腐食量の予測

現地採取した継ぎ材(ボルト)の測定結果により得られた腐食速度に長期間年数(50年)を考慮すると、50年間の腐食量として調査3箇所の最大値により8.5mmと推定する。

b) 推定腐食量を考慮した安全性照査

木工枠は中詰め土圧が縦材に作用し、縦材の支点反力を水平材で受け持つ構造であり、水平材は蓋材によりボルトで固定された構造体を形成している。

ボルトの許容応力度は、「道路橋示方書下部工編」により必要なせん断力 $80\text{N}/\text{mm}^2$ とするとボルトの所要径は5.7mmであり、推定腐食量を考慮すると14.2mmの有効径が必要であることとなる。

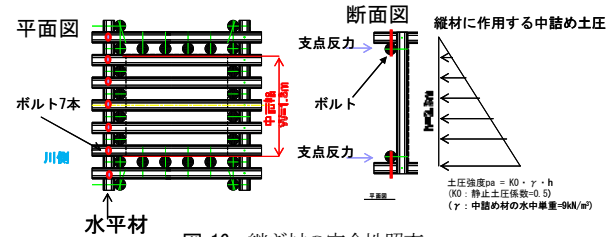


図-16 継ぎ材の安全性照査

既設木工枠にはM16mmが使用されており、その有効径は14.701mmであることから、概ね50年経過しても木工枠が構造体として破壊することはないと考えられる。

5. まとめと今後の方針

今回実施した調査及び試験結果により、木材の特徴としてコンクリートに比べて耐摩耗性は同等以上あり、靱性に富み耐衝撃性に強いこと、また、水中に常時没していれば腐朽はほとんど進行しないと考えられる。長期的な視点で見た場合、継ぎ材の腐食に対する対策を考える必要があるが、現状では重信川で施工されている木工枠沈床が根継ぎ工法として有効性、妥当性があることが確認できた。

今後の局所洗掘対策工法の選定にあたっては、地下水位の変動状況、施工性、経済性、維持管理の容易さ、長期的な耐久性などの評価を踏まえ、各計画箇所、計画時点において工法検討を行うこととする。