

河床高さ測定器の開発と橋梁下部工の維持管理

J R 東日本 正会員○井上 英一 正会員 塚原 高志 正会員 宮崎 真弥
株式会社 ビーエムシー 正会員 浅岡 敏明

1. はじめに

J R 東日本における橋梁検査には、目視検査を主体とする全般検査と、検査機器等を用いて詳細に行う個別検査や特別検査がある。全般検査は、維持管理標準¹⁾で定める要求性能が確保されているか照査することを目的として、2年ごとに実施している。橋梁検査では、上部工と下部工の全体を検査して健全度の判定を行うが、下部工（基礎部）の河床状態については目視による確認が不可能な状況にある。

仙台支社管内の水位規制橋梁は104橋あり、水位計を用いた常時監視を行いながら、河川増水時の運転規制²⁾を行っている。また、周期的な河床洗掘の進行性確認と、運転規制後（再開前）の安全確認を目的として河床高さ測定を実施している。通常、河床高さ測定には、レッド測深と呼ばれる測深綱の先端に錘を付けた器具が用いられている（写真-1）。



レッド測深器具 測定作業の状況

写真-1 レッド測深

この測定の対象となる鉄道橋の多くは、自動車が乗り入れできない環境下であり、小型・軽量でシンプルな構造の測定器具が必要とされるためである。しかし、レッド測深は測定箇所が変わるたびに測定者が錘の昇降と綱の巻取りを行う必要があり、労力的には大きな負担となっている。

今回、河床高さ測定に伴う測定者の労力軽減と測定精度の向上を目指し、河床高さ測定器の開発を行った。

本稿では、河床高さ測定器の製作およびフィールド試験の結果と、河床高さの測定データおよび衝撃振動試験を活用した橋梁下部工の維持管理手法について報告する。

2. 現状の問題点

小型・軽量・構造がシンプル・電源が不要などの理由から、現状ではレッド測深が現地での作業（河床高さ測定）に最も適した測定器具といえる。だが、それゆえ人力に依存する場面も多く、測定者の労力的な負担が非常に大きい。

レッド測深を用いた河床高さ測定において、現状の問題点を以下に示す。

- ①錘の重量が5k g（増水時用は10k g）と重く、錘の昇降が重労働である。
- ②錘（測深綱）の下降方法に個人差があり、測定値にバラツキが生じる。
- ③水中では水流の影響を受けやすく、最短（鉛直）距離の測定が困難である。
- ④水中の障害物や河床状態を把握できないため、情報は測定値のみである。
- ⑤測深綱が絡まる場合があり、作業効率が悪く、危険である。

以上の問題点を踏まえ、レッド測深に代わる測定器を開発し、労力の軽減や測定精度の向上を図ることとした。

3. 試作品の製作

試作品の製作にあたっては、構造がシンプルで測定者が容易に操作できることと、市販の部品を用いて可能な限り安価に仕上げることを目標とした。

①試作品（1号）の製作

試作品（1号）の概要図を図-1に、また、構成部品の名称を表-1に示す。

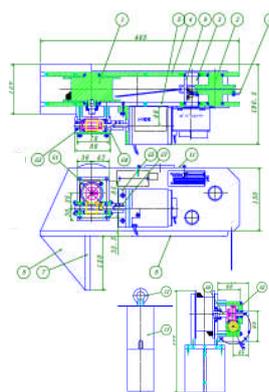


図-1 概要図(1)

表-1 構成部品(1)

番号	部品名	製作数	材質
1	リール巻取りドラム	1	7075
2	カウンタードラム	1	7075
3	リールガイドドラム	1	7075
4	側壁A	1	7075
5	側壁B	1	7075
6	ベース板	1	7075
7	固定板	1	7075
8	固定板補強板	1	7075
9	リット取付板	1	7075
10	回転軸取付板	1	sus
11	カット表示計取付板	1	sus
12	錘用フック	1	ss
13	錘	1	ss
G1	キーボックス	1	7075
G2	ホールキョウ蓋	1	7075
G3	リールキョウ蓋A	1	7075
G4	リールキョウ蓋B	1	7075
G5	モーター取付金具	1	7075
G7	リール軸	1	sus
G8	リール軸	1	sus

測定者の労力軽減を目的として、錘の昇降にはモーターを用いることとした。また、測定精度の向上と測定値のバラツキ（個人差）を防止するため、カウンター機能を付けた。さらに、水中の河床状態を把握するため、水中カメラを取り付けた。この試作品（1号）の重量は12.9k gであり、巻き上げ速度は14.65m/minであった。

キーワード：橋梁検査、河床高さ測定器、河川増水、下部工、河床洗掘、維持管理

連絡先：〒963-8003 福島県郡山市燧田195 JR 東日本 郡山土木技術センター Tel024-934-9010 Fax024-934-9006

②第1回フィールド試験

試作品の使用性と性能確認のため、実橋（下路トラス桁、高さ10m）を用いてフィールド試験を実施した（写真-2）。



高欄への設置状況
試作品の近景
写真-2 フィールド試験（1）

2012年10月に実施した試験結果（課題）を以下に示す。

- 1) 本体の重量が12.9kgあり、電源の供給に発電機（約15kg）が必要となるため、容易に運搬ができない。
- 2) 錘（ワイヤー）の降下速度が遅く、10m降下させるのに40秒余りの時間を要するため、作業効率が悪い。
- 3) 高さ30mまでの測定を想定して製作したため、30mを超える場合は測定できない。
- 4) 河床状態を把握するための水中カメラ（防水型CCDカメラ）は、水中でのアングル変更の操作ができない。

これらの課題を克服するため、試作品の改良を行い、本体と電源の更なる軽量化を目指した。なお、部分的な改良に留まらず、試作品の構造全体を見直すこととした。

③試作品（2号）の製作

試作品（2号）の概要図を図-2に、また、構成部品の名称を表-2に示す。

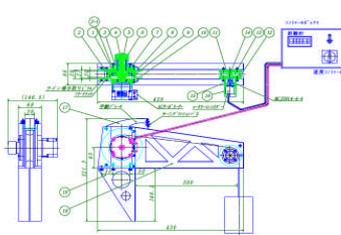


図-2 概要図（2）

表-2 構成部品（2）

番号	部品名	製作数	材質
1	ドライブ軸	1	7x3
2	ドライブ軸	1	7x3
3	ロードセル/ワイヤ押しえ	1	7x3
4	回転軸	1	7x3
5	キップ	1	7x3
6	ワイヤ押しえ	1	7x3
7	ワイヤ板	1	7x3
8	巻取り台	1	7x3
9	ワイヤ押しえ	1	7x3
10	ロータ固定枠	1	7x3
11	ワイヤ軸A	1	7x3
12	ワイヤ軸B	1	7x3
13	ワイヤ	1	7x3
14	ワイヤ軸	1	sus
15	キップ/ワイヤ軸	1	7x3
16	ロータ/ワイヤ軸	1	7x3
17	樹脂バンド	1	樹脂
18	補強板	1	sus
19	ロータ/ワイヤ	1	sus

主な改良点は次のとおりである。

- 1) 構成部品および電源を見直し、測定器全体を軽量化した。
- 2) 高性能モーター（ACサーボ）に変更し、昇降作業の高速化を図った。また、自由落下が可能な構造とした。
- 3) 錘の形状とワイヤーの材質を見直し、水中における抵抗の減少を図った。
- 4) 汎用品の水中カメラ（防水型CCDカメラ）を用い、河床状態が目視（映像）で把握できる機能を付加した。
- 5) 手動のブレーキを設け、自由落下時の制御を可能にした。

④第2回フィールド試験

試作品（2号）の使用性と性能比較を目的として、2013年3月にフィールド試験を実施した（写真-3）。



高欄への設置状況
試作品の近景
写真-3 フィールド試験（2）

試作品（2号）の試験結果（課題）を以下に示す。

- 1) 付属機器やケーブル類をまとめ、スリム化を図る。
 - 2) コントローラーを小型化する。また、操作を簡易にする。
 - 3) 本体を小型化（軽量化）し、機器の接続を簡易にする。
- また、試作品1号と2号の性能比較を表-3に示す。

表-3 試作品の性能比較表

試作品1号		試作品2号	
モーター仕様		ACサーボ/ブチエーター	
型式	US540-001	モーター型式	FHA-11Cmini
最大出力	40 w	最大トルク	0.85 kgf/m
電圧	100 V	最高回転数	120 r/min
周波数	50 Hz	最大電力100V	0.6 A
可変速度	90 r/min	重量	0.62 kg
	1400 r/min		
許容トルク 90r/min	57 mN・m		
許容トルク 90r/min	0.00581 kg/m		
許容トルク 1200r/min	270 mN・m		
許容トルク 1200r/min	0.0275 kg/m		
ワイヤー仕様		ワイヤー仕様	
航空機用ステンレスワイヤー		高強度率ポリエチレン繊維	
A5号 A6×7	2 mm	直強度	52 kg
破断荷重	2.94 kN		
	299.79768 kg f		
ワイヤ長さ	30 m	ワイヤ長さ	50 m/分
巻き上げ速度	14.65 m/分	巻き上げ速度	30 m/分
測定距離		測定距離	
分解能力	0.5 Cm	分解能力	0.1 Cm
測定距離	30 m	測定距離	50 m
総重量		総重量	
本体	12.9 kg	本体	4.6 kg
錘	2 kg	錘	5 kg

4. おわりに

橋梁下部工の検査には、河床高さ測定のほか、衝撃振動試験（固有振動数の変化）により健全度を評価する手法が用いられている。この衝撃振動試験では、橋脚が健全な状態の振動数（標準値または初期値）と現在の振動数との比較による評価が一般的である。今後とも鉄道橋梁の維持管理に努め、安全確保に万全を期すため、検査手法の改善を図っていく。

本報告の執筆にあたり、測定器の開発や資料の提供にご協力頂いた関係者の方々に、心から御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）
鋼・合成構造物 鉄道総合技術研究所 編 平成19年1月
- 2) 河川橋りょう等に関する一般的知識と不定期検査マニュアル
運転規制基準値の設定マニュアル 東日本旅客鉄道株式会社 2000年1月