

材質の異なる橋梁検査路の安全带取付け時の墜落防護性能

ヒロセ株式会社 正会員 ○熊田哲規

(独)労働安全衛生総合研究所 正会員 大幢勝利, 正会員 高梨成次, 日野泰道, 正会員 高橋弘樹

1. はじめに

橋梁検査路は、橋梁の維持管理のために安全な点検作業が行える通路を有し、点検作業時に作業員等の転落防止構造を備えたものとされている。このため、腐食環境や塩害環境に設置される検査路では、標準として用いられる溶融亜鉛めっきを施した鋼製部材に代えて FRP (繊維強化プラスチック) 材等の耐食性が高い材料も用いられるようになってきた。また、点検作業時の安全確保に着目すると、作業員は安全帯を上段手すりのみならず中段手すりに取付けて作業することも想定される。そこで、使用部材の違いや、安全帯の取付け位置の違いによる検査路上の作業員の墜落を阻止する性能を確認するために落下試験を行った。

2. 試験体および実験方法

落下試験は、手すり支柱 2 本の橋梁上部工検査路を想定し、標準構造図¹⁾を参考とした支柱間隔 1.9m の鋼製検査路 (図-1) と、設計計算例²⁾を参考とし、計算より定まる最大支柱間隔である 1.6m とした FRP 製検査路 (図-2) の 2 試験体について、ランヤードのフック取付け位置を上段手すり中央部と中段手すり中央部とした、それぞれ 2 ケースを実施した。鋼製検査路の鋼材種類は、歩廊桁および手すり支柱に SS400 材、手すりに STK400 材を使用した。FRP 製検査路の材質は、ガラス繊維強化プラスチック (GFRP) 材で、製造会社の製品仕様による曲げ強さ σ_b 、および、曲げ弾性率 E_b は、支柱・上段手すりが、 $\sigma_b=310\text{MPa}$ 、 $E_b=20\text{GPa}$ 、中段手すりが、 $\sigma_b=300\text{MPa}$ 、 $E_b=19.7\text{GPa}$ である。試験方法は、安全帯で手すりに接続された落体を吊金具位置で切り離して自由落下させて手すりに衝撃力を加える方法で行った。落体は質量 85kg のトルソーを用いた。安全帯は胴ベルト型安全帯を使用し、長さ 1.7m のランヤード先端のフックを手すりに直接掛けて取付けた。なお、FRP 製検査路の上段手すりについては、直接掛けができなかったため、回し掛けで取付けた。落体の落下高さは、安全帯の胴ベルト位置を上段手すりと同じ高さとし、手すりとトルソー中心の水平距離は 0.5m とした。計測は、ランヤードに作用する張力をランヤードと安全帯 D 環の間に荷重計を取付けて測定した。また、手すり支柱脚部と手すり中央部にひずみゲージを貼付けてひずみを測定した。

3. 実験結果

ランヤードに作用する張力変化の時刻歴を図-3 に示す。張力は最大の衝撃荷重を示したのち減衰振動しながら落体の重量まで低下するが、ここでは最初のピークを示す波形のみを示す。張力が増加し始めてからピークに達するまでの時間は検査路の材質によらず概ね 0.2 秒であった。衝撃荷重の大きさは、表-1 に示すとおり载荷位置が上段手すりの場合、いずれのケースにおいても 5 kN 程度であり、载荷位置が中段手すりの場合は落下高さが上段手すり载荷に比べて相対的に高キーワード 橋梁, 検査路, FRP, 維持管理, 墜落, 安全带

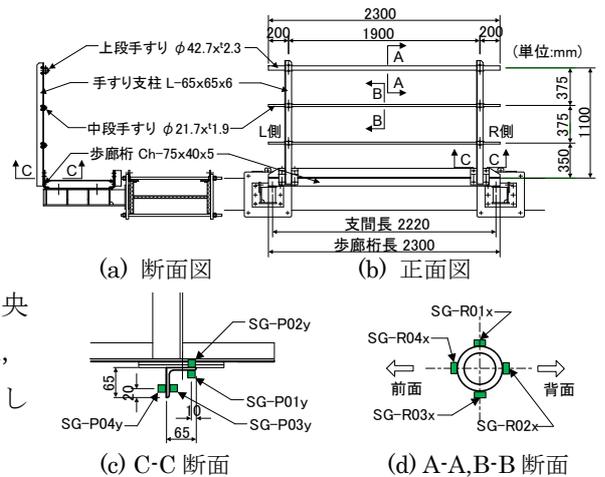


図-1 鋼製検査路

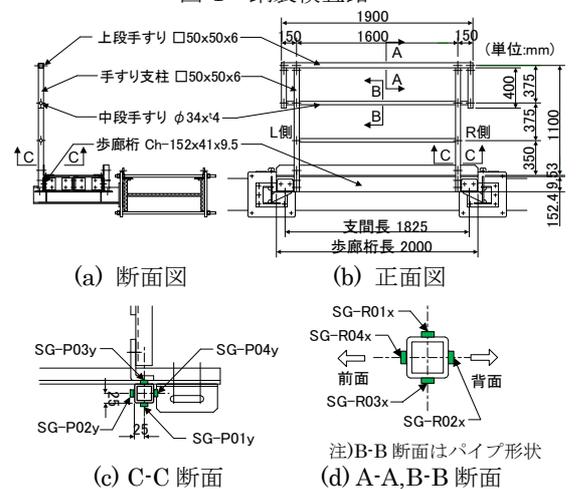


図-2 FRP 製検査路

表-1 ランヤードに作用する衝撃荷重

材質	鋼製	FRP製	
载荷位置	上段手すり	5.23kN	5.01kN
	中段手すり	5.83kN	6.44kN

くなるので上段手すりに比べて大きい 6 kN 程度の衝撃荷重となった. いずれのケースにおいても落体は地表面に墜落することはなかった. したがって, 鋼製, FRP 製検査路ともに墜落防止の機能を有することが確認できた. 次に, 2 本の支柱の曲げひずみに関する相図と, 手すりの曲げひずみに関する相図について, 鋼製の場合を図-4 に, FRP 製の場合を図-5 にそれぞれ示す. 曲げひずみ ϵ は, 各測点のひずみに対して, 支柱_桁直角 $\epsilon(\text{鋼})=(\epsilon_{P01y}-\epsilon_{P02y})/2$, $\epsilon(\text{FRP})=(\epsilon_{P01y}-\epsilon_{P03y})/2$, 支柱_桁方向 $\epsilon(\text{鋼})=(\epsilon_{P03y}-\epsilon_{P04y})/2$, $\epsilon(\text{FRP})=(\epsilon_{P04y}-\epsilon_{P02y})/2$, 手すり_上下 $\epsilon=(\epsilon_{R01y}-\epsilon_{R03y})/2$, 手すり_前後 $\epsilon=(\epsilon_{R02y}-\epsilon_{R04y})/2$ として求めた. ① 鋼製検査路上段手すり

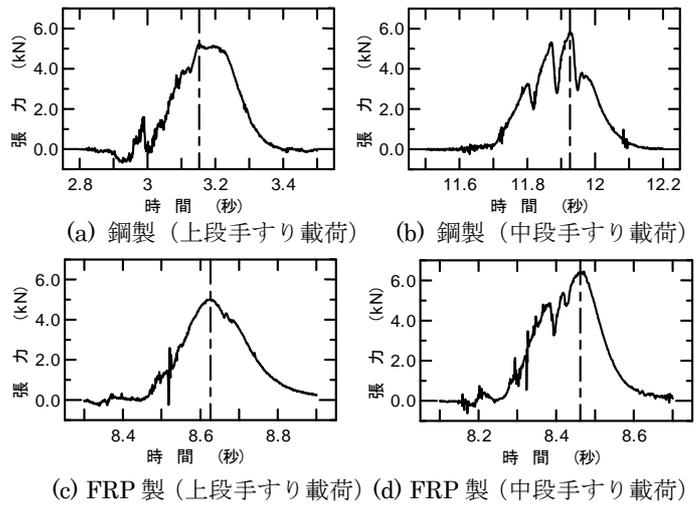


図-3 ランヤードの張力変化

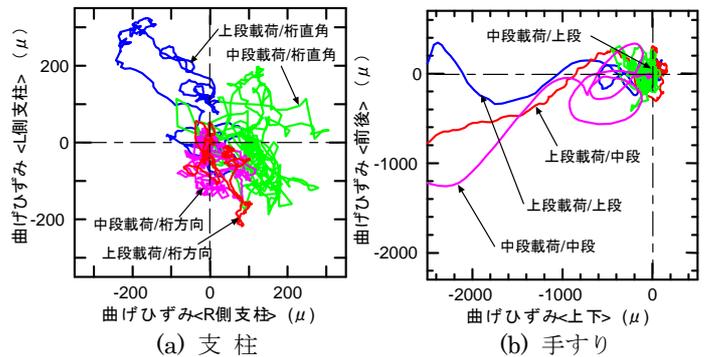


図-4 鋼製検査路の曲げひずみの相図

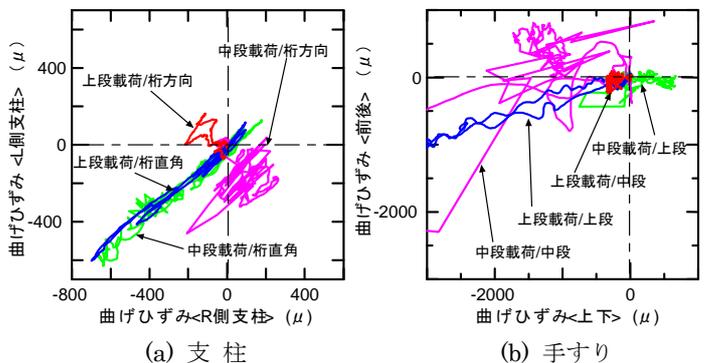


図-5 FRP 検査路の曲げひずみの相図

り荷重の場合, 桁直角方向の支柱ひずみは R 側が負なので前方に変形し, L 側が正なので後方に変形している. 一方, 桁方向の支柱ひずみは, R 側が正で L 側は負であるので, 支柱は内側に変形している. ひずみの大きさは 300 μ 程度であり弾性域にある. 上下段手すりのひずみはともに負の領域のあるため, 下方・前方向に変形している. 上中段手すりのひずみは 2000 μ を越えており塑性化したことが確認できる. ② 鋼製検査路中段手すり荷重の場合, 桁直角方向の支柱ひずみは R 側, L 側ともに正を示した後に L 側のみが負となったため, 両側の支柱が後方へ変形した後に L 側のみ前傾した. 桁方向の支柱ひずみは, R 側が正で L 側が負であるので, 支柱は内側に変形している. ひずみの大きさは 300 μ 程度であり弾性域にある. 中段手すりには 2000 μ を越えるひずみが生じているが上段手すりには大きなひずみは生じていない. ③ FRP 製検査路上段手すり荷重の場合, 桁直角方向の支柱ひずみは R 側, L 側ともに負であるので, 支柱はともに前方へ変形している. 一方, 桁方向の支柱ひずみは, R 側が負で, L 側は正なので, 支柱は内側に変形している. ひずみの大きさは 700 μ 程度であり曲げ強さに対して十分な安全余裕がある. 上段手すりのひずみは負の領域にあるため, 下方・前方向に変形している. 最大ひずみは 3000 μ であり曲げ強さに対して 5 倍程度の安全率がある. また, 中段手すりには大きなひずみが生じていない. ④ FRP 製検査路中段手すり荷重の場合, 桁直角方向の支柱ひずみは R 側, L 側とも負であるので, 支柱はとも前方に変位している. 桁方向の支柱ひずみは, R 側が正で L 側は負なので支柱は外側に変形している. 最大ひずみは 700 μ と上段荷重と同程度であった. 中段手すりには 8000 μ を越えるひずみが計測され, 目視確認では, 荷重点の上面では部材の損傷が確認されたが下面の引張側には損傷は確認されなかった. また, 上段手すりには大きなひずみは計測されなかった.

4. まとめ

作業員が上段手すりに比べて径の細い中段手すりに安全帯のフックを掛けて作業する場合においても, 鋼製, FRP 製上部工検査路ともに墜落防止の機能を有することが確認できた. また, 手すり部材には塑性化等の損傷が生じることが確認されたが, 支柱脚部は健全であることが確認された.

参考文献 1) 道路橋検査路設置要領(案): 国土交通省, 2006 年 3 月, 2) 道路橋の補修補強計算例 II: 橋梁調査会編, 2014 年 11 月