橋梁維持管理用FRP検査路の墜落防護性能に関する実験的研究

大幢 勝利¹・高梨 成次²・高橋 弘樹³

^{1,2} 正会員 上席研究員 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ
(〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6)

¹ E-mail:ohdo@s.jniosh.go.jp

² E-mail:takanasi@s.jniosh.go.jp

³ 正会員 主任研究員 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ
(〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6)

takahah@s.jniosh.go.jp

近年、橋梁の点検等の維持管理作業が増加しているが、それに伴い墜落等の死亡災害も報告されるようになってきている。これらの作業時の安全のため、常設の検査路を設置する場合も多いが、最近になって主要構造部材がGFRP（ガラス繊維強化プラスチック）製（以下、一般名称としてFRP製とする）の検査路も使用されるようになってきている。その際、検査路の端に十分な安全性が確認された手すりを設置し墜落を防止している。しかし、やむを得ずこの手すりに安全帯を掛けて作業する場合も想定されており、この場合の安全性については検討されていないのが現状である。そこで本研究では、この手すりに安全帯を掛けて墜落防護した場合の安全性について検討するため、サンドバッグ等を用いた落下実験を行った。その結果より検査路の部材を改良し、85kgのサンドバッグが落下しないよう安全性のさらなる向上を図った。

Key Words : inspection platform, FRP, bridge maintenance, fall protection

1. はじめに

建設業における労働災害の中で、墜落・転落による死亡災害が最も多く発生しており、近年はその発生割合が4割以上を占めるようになってきている。このため、平成21年3月には足場からの墜落防止措置等に関し労働安全衛生規則が改正されたが、足場以外からの墜落・転落災害も多く発生しており、その対策も急務となっている。このため、平成25年度から開始された第12次労働災害防止計画の重点施策として、足場以外の様々な場所からの墜落・転落災害防止対策の推進が掲げられている。

図-1は、平成19～平成23年の5年間に、橋梁建設工事および道路建設工事において発生した、墜落・転落災害による死者数を示す¹⁾。この5年間に、橋梁建設工事で29人、道路建設工事で43人、合計で72人が墜落・転落災害により死亡した。そのうち、27人、37%は仮設物・建築物・構築物等を起因とする災害である。その多くはつり足場等の仮設構造物であるが、検査路等、常設の構造物からの墜落・転落災害も報告されている。

次に、図-2は、図-1に示す仮設物・建築物・構築物等

を起因とする墜落・転落災害の中で、維持管理作業時に発生したと考えられる災害の人数とその割合を示す。維持管理作業かどうかは、厚生労働省の職場のあんぜんサイト²⁾に登録されている、死亡災害データベースより分類した。ただし、データベースの情報量が少ないため、図-2では維持管理作業と判断できる災害のみカウントしており、実際にはこの値より多いと考えられる。図-2より、維持管理作業は6人、22%とまだ少ないが、橋梁の点検等の維持管理作業は今後増加することが予想されるため、それに伴い墜落・転落災害も増加して行くことが懸念される。

このような墜落・転落災害を防止し、安全に点検等の維持管理作業を行うことができるよう、橋梁には常設の検査路が設置されることが多い。最近では、組立解体が容易であること等の理由により、従来の鋼製のものではなく、主要構造部材が軽量のFRP製の検査路が使用されることも多くなっている。

このFRP検査路は、図-3に示すように、橋台と橋梁のジョイント部の点検を行うために橋台側に設置されて使用される。この検査路上での点検は高所作業となるた

図-1 橋梁建設工事および道路建設工事において発生した墜落・転落災害による死者数（平成19～平成23年）

図-2 仮設物・建築物・構築物等を起因とする墜落・転落災害の中で維持管理作業時に発生したと考えられる災害

図-3 FRP検査路の例

図-4 手すり部の試験体

め、通常は、検査路の端に十分な安全性が確認された手すりを設置し墜落を防止している。しかし、緊急な場合において、やむを得ずこの手すりに安全帯を掛けて作業する場合も想定されており、この場合の安全性について研究されたことはこれまでにないのが現状である。このため、安全であるはずの検査路から、作業者が墜落・転落してしまうことが危惧される。

そこで本研究では、この手すりに安全帯を掛けて墜落防護した場合の安全性について検討することを目的として、想定される各種条件下において、サンドバッグ等を用いた落下実験を行った。その結果に基づき検査路の部材の形状や寸法を改良し、安全性のさらなる向上を図った。

2. 実験方法

(1) 試験体

試験体は、FRP検査路の手すりに安全帯を掛けて墜落防護した場合において、最も大きな衝撃荷重が作用すると想定される条件から製作することとした。事前に骨組

構造解析等により検討した結果、図-4～図-6に示す構造を試験体として製作した。試験体には全て未使用のFRP製品を使った。

図-4は手すり部の試験体で、手すりの中央（図-4のa点）に安全帯を掛けた場合の実験を行った。図-5は支柱部の試験体で、中央の支柱（図-5のb点）に安全帯を掛けた場合の実験を行った。図-6は張出し部の試験体で、端部の支柱（図-6のc点）と妻部手すりの中央（図-6のd点）に安全帯を掛けた場合の実験を行った。

(2) 実験条件

実験条件を表-1に示す。表-1に示す通り、合計で26回の実験を行った。

表-1に示す、試験体名称「手すり部Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ」、「支柱部Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ」、「張出し部Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ」（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは試験体の一体目、二体目、三体目を示す）は、静的、動的落下実験でそれぞれ同一の試験体であり、合計9体の試験体に対し実験を行った。各試験体では、まず最初に静的実験を行った。静的実験は、落体に取り付けた長さ1.7mの安全帯のランヤードを表-1の載荷方法

図-5 支柱部の試験体

図-6 張出し部の試験体

表-1 実験条件

実験番号	試験体名称	落体の質量	载荷方法
1	手すり部Ⅰ	静的75kg	手すり中央部(a点)
2	"	動的落下75kg	手すり中央部(a点) 床板高より落下 手すりからの距離0.4m
3	手すり部Ⅱ	静的75kg	手すり中央部(a点)
4	"	静的100kg	手すり中央部(a点)
5	"	動的落下75kg	手すり中央部(a点) 床板高より落下 手すりからの距離0.4m
6	手すり部Ⅲ	静的75kg	手すり中央部(a点)
7	"	静的100kg	手すり中央部(a点)
8	"	動的落下75kg	手すり中央部(a点) 手すり高より落下 手すりからの距離0.4m
9	支柱部Ⅰ	静的75kg	中央手すり支柱部(b点)
10	"	静的100kg	中央手すり支柱部(b点)
11	"	動的落下75kg	中央手すり支柱部(b点) 床板高より落下 手すりからの距離0.4m
12	支柱部Ⅱ	静的75kg	中央手すり支柱部(b点)
13	"	静的100kg	中央手すり支柱部(b点)
14	"	動的落下75kg	中央手すり支柱部(b点) 床板高より落下 手すりからの距離0.4m
15	張出し部Ⅰ	静的75kg	端部手すり支柱(c点)
16	"	静的100kg	端部手すり支柱(c点)
17	"	動的落下75kg	端部手すり支柱(c点) 手すり高より落下 手すりからの距離0.4m
18	張出し部Ⅱ	静的75kg	端部手すり支柱(c点)
19	"	静的100kg	端部手すり支柱(c点)
20	"	動的落下75kg	端部手すり支柱(c点) 手すり高より落下 手すりからの距離0.4m
21	支柱部Ⅲ	静的85kg	中央手すり支柱部(b点)
22	"	静的100kg	中央手すり支柱部(b点)
23	"	動的落下85kg	中央手すり支柱部(b点) 手すり高より落下 手すりからの距離0.5m
24	張出し部Ⅲ	静的85kg	妻部手すり中央部(d点)
25	"	静的100kg	妻部手すり中央部(d点)
26	"	動的落下85kg	妻部手すり中央部(d点) 手すり高より落下 手すりからの距離0.5m

に示す位置に掛け、ランヤードが伸びきるまでクレーンでゆっくりと落体を下ろして行くことにより行った。この時の質量(落体)は75kg又は85kg(サンドバッグ、それぞれ図-7、図-8参照)と、100kg(人体ダミー、図-9参照)とし、手すり部Ⅰの実験を除きサンドバッグから人体ダミーへ2段階で質量を増加させて行った。

これらの静的実験の終了後、表-1に示すように動的落下実験を行った。動的落下実験は、落体に取り付けた長さ1.7mの安全帯のランヤードを静的実験と同じ位置に掛け、次に落体自身を表-1の载荷方法に示す落下高さ及び手すりからの距離においてクレーンにより吊り下げ、この状態から切り離し装置で瞬時に落下させることにより行った。この時の落体は、当初は75kgのサンドバッグとした。最終的には、事前に行った解析で最も衝

撃荷重が大きくなると想定された、b点(実験23)とd点(実験26)に安全帯を掛け、サンドバッグの質量を75kgから85kgに増加させて手すりの高さから落下させた。これら最後の2回の動的落下実験の条件は、(社)仮設工業会の親綱支柱の認定基準³⁾と同等のものである。

なお、実験においては、ランヤードに生じる衝撃荷重を荷重計により測定した。その際、測定結果を収録するサンプリング周波数は1000Hzとした。

3. 実験結果

(1) 落体の落下の有無と部材等の改良

実験結果を、表-2に示す。実験2,11,17では、試験体が大きく破損して落体が地面まで落下した。そこで、そ

図-7 75kgのサンドバッグ

図-8 85kgのサンドバッグ

図-9 100kgの人体ダミー

の次の実験では、部材の破損部分の肉厚を大きくする等改良を加え再度実験を行った。改良箇所を、図-10 に示す。

実験 23,26 は、2.(2)で述べたとおり、仮設工業会の親綱支柱の認定基準と同等の条件で実験を実施した場合である。実験 26 の状況を、図-11 (実験前)、図-12 (実験後) に示す。これらの図のように最終的に最も厳しい条件でも落下しないように部材等を改良することができた。

(2) 安全帯のランヤードに生じる衝撃荷重

落下実験において安全帯のランヤードに生じる荷重を測定したが、実験23と実験26は落体として85kgのサンドバッグを使用したため、他の実験の75kgのサンドバッグを使用した場合（いずれも衝撃荷重6kN以下）に比べ落下時の衝撃荷重が大きく、両実験とも6kNを超えていた。図-13と図-14に、実験23と実験26における測定結果を示すが、それぞれの最大値は6.3kNと7.3kNであった。

この値は、平成14年2月25日付厚生労働省告示第38号「安全帯の規格」⁴⁾で規定する、衝撃荷重の最大値8.0kN

表-2 実験結果

実験番号	試験体名称	地面までの落下の有無	部材等の改良の過程
1	手すり部Ⅰ	落下せず	基本形状
2	〃	落下した	
3	手すり部Ⅱ	落下せず	連結アングル厚6mm→12.7mm
4	〃	落下せず	連結プレート厚6mm→9.4mm
5	〃	落下せず	連結板ボルト穴縁端距離25mm→30mm
6	手すり部Ⅲ	落下せず	
7	〃	落下せず	〃
8	〃	落下せず	
9	支柱部Ⅰ	落下せず	基本形状
10	〃	落下せず	
11	〃	落下した	
12	支柱部Ⅱ	落下せず	連結アングル厚6mm→12.7mm
13	〃	落下せず	連結プレート厚6mm→9.4mm
14	〃	落下せず	連結板ボルト穴縁端距離25mm→30mm
15	張出し部Ⅰ	落下せず	
16	〃	落下せず	〃
17	〃	落下した	
18	張出し部Ⅱ	落下せず	桁チャンネル材一般型→補強型
19	〃	落下せず	連結アングル厚6mm→12.7mm
20	〃	落下せず	連結プレート厚6mm→9.4mm
21	支柱部Ⅲ	落下せず	連結板ボルト穴縁端距離25mm→30mm
22	〃	落下せず	支承部をSUS板t2mmで補強
23	〃	落下せず	
24	張出し部Ⅲ	落下せず	
25	〃	落下せず	〃
26	〃	落下せず

図-10 改良箇所

図-11 実験 26 の実験前

図-12 実験 26 の実験後

図-13 安全帯のランヤードに生じる衝撃荷重 (実験 23)

図-14 安全帯のランヤードに生じる衝撃荷重 (実験 26)

を10%程度であるが下回っている。ただし、落下時の衝撃荷重の大小は、衝撃を緩和するショックアブソーバ^{5,6)}の有無など安全帯の性能に依存するため、本研究ではこの結果は参考値にとどめることとする。

本研究は、未使用のFRP製品を使用して組み立てた試験体を対象に落下実験を行ったが、実際には経年劣化等の影響による衝撃抵抗性の変化も考えられるため、今後の課題としたいと考える。

4. まとめ

本研究では、FRP 検査路の手すりに安全帯を掛けて墜落防護した場合の安全性について検討することを目的として、想定される各種条件下においてサンドバッグと人体ダミーを用いた、静的、および動的落下実験を行った。その結果に基づき検査路の部材の形状、寸法を改良し、安全性のさらなる向上を図った。

その結果をまとめると、以下のようになる。

(1) FRP 検査路の手すりの部材等の改良を重ねながら繰り返し実験を行った結果、最終的には、(社) 仮設工業

会の親綱支柱の認定基準と同等の 85kg の落体を用いた落下実験を行った場合においても、落体が地面まで落下しないように改良することができた。

(2) 落下実験においてランヤードに生じる衝撃荷重を測定した結果、最大で 7.3kN であった。この値は、平成 14 年 2 月 25 日付厚生労働省告示第 38 号「安全帯の規格」で規定する、衝撃荷重の最大値 8.0kN を下回っていた。

(3) ただし、落下時の衝撃荷重の大小は、衝撃を緩和するショックアブソーバの有無など安全帯の性能に依存するため、本研究ではこの結果は参考値にとどめることとする。

(4) 本研究は、未使用の FRP 製品を使用して組み立てた試験体を対象に落下実験を行ったが、実際には経年劣化等の影響による衝撃抵抗性の変化も考えられるため、今後の課題としたいと考える。

謝辞：本研究は、ヒロセ株式会社の委託により行ったものであり、新材料を用いた手すりによる墜落防護に関し、その安全性を検討するための研究機会を与えていただいたことに感謝いたします。

参考文献

- 1) 建設業労働災害防止協会：建設業安全衛生年鑑 平成 20 年版～24 年版, 建設業労働災害防止協会, 2008-2012.
- 2) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト,
<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/>
- 3) (社) 仮設工業会：仮設機材認定基準とその解説, 2010.
- 4) 厚生労働省告示第 38 号：安全帯の規格, 2002.
- 5) 労働省産業安全研究所：安全帯構造指針, NIIS-TR-No.35(1999), 1999.
- 6) 労働省産業安全研究所：安全帯使用指針, NIIS-TR-No.37(2004), 2004.

(2013.7.12 受付)

EXPERIMENTAL STUDY ON FALL PREVENTION CAPACITY OF FRP INSPECTION PLATFORM USED FOR BRIDGE MAINTENANCE AND MANAGEMENT WORKS

Katsutoshi OHDO, Seiji TAKANASHI and Hiroki TAKAHASHI

Falling accidents are a serious problem in the construction industry in Japan. Approximately 40% of fatal construction accidents are caused by falls. In this stiation, FRP inspection platform is used for fall protection during bridge maintenance and management works. The FRP inspection platform is usually set on the side of abutment for the inspection of the joint between the abutment and the bridge girder. Then, it is assumed that the hook of the safety belt is hung on the guardrail of the platform during the works due to the high place. However, the safety of the platform is not clarified because of the FRP made platform. Therefore, in this study, the safety of the platform was confirmed experimentally in using the sand bag, and the platform was improved that the sand bag, which weight was 85 kg, did not fall.