

減衰機構付き落橋防止装置の製作と耐久性試験

株式会社ビー・ビー・エム 正会員 ○井上 崇雅, 合田 裕一, 小泉 貴宏, 杉山 洋
株式会社エイト日本技術開発 正会員 廣瀬 彰則

1. はじめに

現在の道路橋の耐震設計基準では、地震時の落橋という致命的な被害を防ぐために落橋防止システムを設置することが規定されている¹⁾。本装置は、従来の落橋防止装置が上部構造を落下させないことに特化していたが、付加価値を付け橋梁全体の耐震性が向上することを目的に開発したものである。実物大の製品を製作し、落橋防止装置としての基本性能を、付加価値である減衰機構の挙動を確認したので、その一部をここに報告する。

2. 装置の概要および製作

減衰機構付き落橋防止装置の概略図を図-1に示す。表-1に各機能の作用状況を示す。本装置は、支承が破壊するまでの間は、減衰機構として機能し、それ以降については、落橋防止装置として機能する。本装置の基本となる落橋防止装置の構造は、設計で想定される以上の上下部構造間の相対変位に対し、ストッパープレート先端のT型フックがすべり板と衝突することで、落橋による水平力を支持する。また、T型フック部には、地震時の衝撃を緩和するために、緩衝材を設置している。減衰機構の構造は、ストッパープレートをすべり板で挟み込み、そこにPC鋼棒によりプレストレス（軸力）を導入した状態で、地震時の水平変位に対し、摩擦力による減衰が発生する。

性能確認試験で使用するため、減衰機構の摩擦力が100kN、落橋防止の耐力が600kNの製品を製作した。本装置の組み立てた状況を写真-1に示す。写真から分かるように構造は単純であり、総重量が220kgとコンパクトな装置となっている。

3. 実製品での挙動確認（性能確認試験）

(1) 試験方法

本製品の挙動および性能を確認するために、表-2に示す試験を行った。試験方法は、2軸試験機を用いて、①減衰機構の確認は、製品に対して、正負交番の繰返し水平力载荷試験を行い、この間の水平荷重を計測し、併せて挙動に変状がないかを観察した。また、同様にすべり材単体についても繰返し水平力载荷試験を行い、製品の試験結果と比較し、摩擦係数の妥当性を確認した。②落橋防止装置の確認は、設計値までの荷重を静的载荷する。その時の荷重および変位を計測し、併せて変状がないことを確認した。

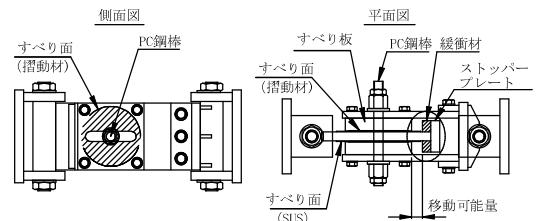


図-1 減衰機構付き落橋防止装置の概略

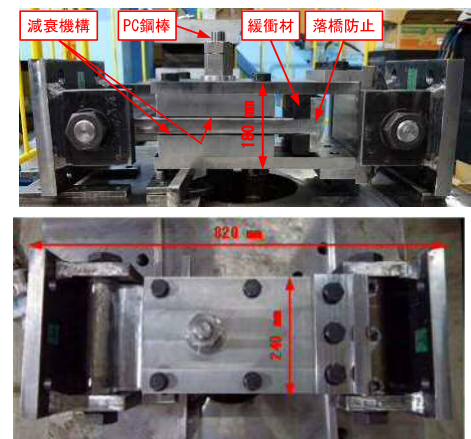


写真-1 本装置の組み立てた状況

表-1 各機構の作用状況

| | 常時～レベル1地震動 ～レベル2地震動 (減衰機構) | 落橋防止構造作用時 (落橋防止装置) |
|-------|----------------------------------|-----------------------|
| 設置例 | | |
| 構造と機能 | | |

キーワード 落橋防止, 減衰機構, 耐震補強, 摩擦, 補修

連絡先 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-11-1 HSBCビルディング3F (株)ビー・ビー・エム TEL 03-3517-9864

(2) 試験結果

1) 減衰機構の確認試験（摩擦確認試験）

製品とすべり材単体の摩擦係数の結果を表-3に示す。また、摩擦係数と水平変位の関係を図-2に示す。試験の結果、製品の摩擦係数が $\mu=0.094$ に対し、すべり材単体は $\mu=0.098$ とほぼ同等の結果となることが確認できた。

2) 落橋防止機能の確認試験（破壊試験）

水平荷重と水平変位の関係を図-3に示す。水平載荷試験の結果、設計値までの荷重である600kNに達したが、変状がないことが確認できたため、設計値の1.2倍の720kNまで載荷した。試験後の外観に変状はなかった。また、水平変位が40mmに達した時点で緩衝材に接触し、荷重が増加し始めていることから、緩衝効果が発揮されていることが確認できた。

4. 長期使用を想定した耐久試験

(1) 試験方法

試験条件を表-4に示す。試験方法は、2軸試験機を用いて、規定の鉛直荷重を載荷し、荷重制御で一定時間保持した。その時の鉛直荷重と鉛直変位の関係を計測した。この時の規定荷重は、予備圧縮を想定し、設計荷重の+10%（550kN）とした。また、併せて目視により挙動に変状がないかを確認した。

(2) 試験結果

図-4に鉛直変位と時間の関係、表-5に近似式による50年後のクリープひずみの推定値を示す。試験の結果、50年後の鉛直変位の増加値（推定値）は、0.0248mmであった。以上より、50年後のクリープひずみ（推定値）は、0.03mm程度と小さい値であり、すべり材が長期使用に耐えられることが分かった。

5. まとめ

(1) 実製品での挙動確認

①減衰機構の確認試験（摩擦確認試験）の結果では、安定した水平荷重—水平変位の関係を呈することが確認できた。また、製品とすべり材単体の摩擦係数が同等であることから、製品において摩擦減衰が機能していることが確認できた。②落橋防止装置の確認試験（破壊試験）では、設計値の1.2倍までの載荷に対して変状がなく、安定した荷重—変位関係を呈することが確認できた。以上より、減衰機構付き落橋防止装置としての機能を有していることが確認できた。

(2) 長期使用を想定した耐久試験

すべり材のクリープひずみ確認試験の結果、50年後のクリープひずみ（推定値）が、0.03mm程度と小さい値であることから、長期使用に耐えられることが確認できた。

参考文献 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2017。

表-2 試験の項目

| 項目 | 検証内容 |
|-----------------------|---|
| 減衰機構の確認 (摩擦係数の妥当性) | 地震時の水平変位を与えた時の摩擦係数を確認 また、既存のすべり材単体と比較し、摩擦係数の妥当性を確認 |
| 落橋防止機能の確認 (破壊試験) | 落橋防止としての設計値以上の耐力があることを確認 |

表-3 製品とすべり材単体の摩擦係数

| 繰返し回数 | 製品 | すべり材単体 |
|----------|-------|--------|
| 2~11回の平均 | 0.094 | 0.098 |

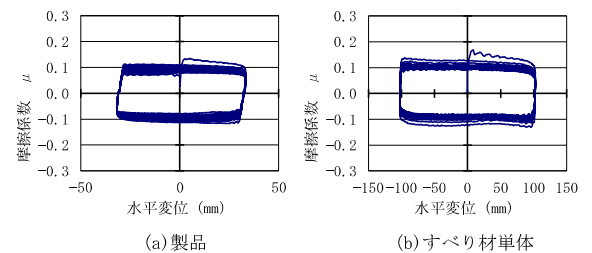


図-2 摩擦係数と水平変位の関係

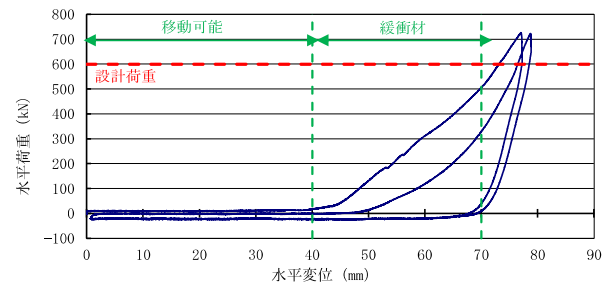


図-3 水平荷重と水平変位の関係

表-4 試験条件

| 状態 | 鉛直荷重 kN | 面圧 N/mm ² | 載荷速度 kN/sec | 載荷時間 |
|------|------------|-------------------------|----------------|------|
| 導入時 | 0~550 | 20.9 | 1.0 | |
| 荷重保持 | 550 | 20.9 | 一定 | 8時間 |

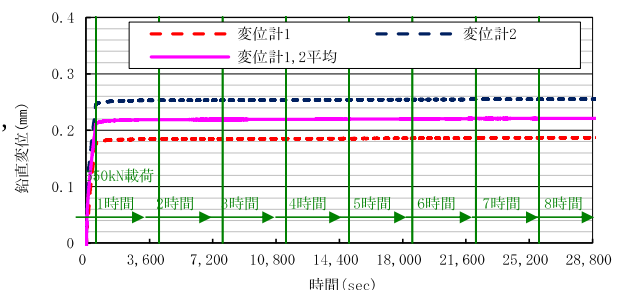


図-4 鉛直変位と時間の関係

表-5 近似式による50年後のクリープひずみの推定値

| | 鉛直変位 | 備考 |
|----------|--------|-----|
| 550kN載荷 | 0.2108 | 実測値 |
| 1年 | 0.2303 | 近似式 |
| 3年 | 0.2318 | |
| 5年 | 0.2325 | |
| 10年 | 0.2334 | |
| 30年 | 0.2349 | |
| 50年 | 0.2356 | |
| 50年後変位増加 | 0.0248 | |