

緩衝機能を有する落橋防止連結板装置の静的および動的応答特性に関する実験的考察

九州大学大学院 学生会員 ○和田 直樹 九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹
九州大学大学院 正会員 園田 佳巨 九州大学大学院 学生会員 宗本 理

1. 目的

兵庫県南部地震において、鋼製の落橋防止装置の破壊による橋桁の落下事故が顕著に見られ、落橋防止装置に地震動による衝撃的な外力に対する緩衝機能を持たせることが重要であることが指摘された。そのための改善策として、鋼製の連結ピンに高強度の積層繊維ゴムを巻くことで衝撃的な地震動に対する緩衝機能を持たせたゴム緩衝ピンが提案されているが、使用材料や構造形式には、種々の選択の余地があると考えられる。そこで本研究では、緩衝材を付加した2種類の新しい鋼製ピンを製作し、静的載荷実験および落錘式衝撃試験によってそれらの地震時における耐荷性能について検証した。

2. 静的実験による静的耐荷特性の把握

2.1 実験概要

本研究では3種類のピンに対して静的載荷実験を実施し、緩衝材の有する基本的な性質である静的耐力を検証した。写真-1に、本研究で使用した3種類のピンを示す。Type-1は鋼製ピン、Type-2はゴムを鋼製ピンに巻いたもの、Type-3はゴムを鋼製ピンに巻く際にその内縁および外縁に鋼管を設けて荷重分散効果を期待したものである。ゴムの材質は、硬度65°でナイロン繊維含有率40%である。連結板およびピンに用いた鋼材は、それぞれSM400とS35Cで、Type-3にはJIS G 3452に記載の配管用炭素鋼鋼管を用いた。実験は、図-1に示すように連結板に通したピンを固定用治具上に単純ばりの状態（支点間距離240mm）で支え、油圧ジャッキによって連結板に載荷することで実施した。表-1に実験ケースを示す。測定項目は、載荷点荷重および載荷点変位である。載荷点荷重は、油圧ジャッキ先端に取り付けられたロードセル（最大100kN）により測定し、載荷点変位は、高感度変位計を用いて測定した。実験条件は、油圧ジャッキ（最大載荷100kN）を電動ポンプで圧力制御することで載荷させた。

2.2 静的実験結果および考察

図-2に各ピン試験体の荷重-変位関係の比較図を示す。この図より、3種類のピンの最大耐力を比較すると、Type-1、Type-2はともに約66(kN)の最大耐力を示したのに対して、Type-3は約87(kN)であった。これより、Type-3はType-1、Type-2に比べて約1.3倍大きな最大耐力を示すことが確認された。これは、Type-3でゴムの内縁および外縁に設けられた鋼管が大きく影響していることが考えられる。次に、緩衝材を付加した2種類のピンを比較すると、降伏耐力はType-2に比べてType-3は、約1.4倍大きいことが確認される。これは、内縁に設けた鋼管がピンの断面力上昇に寄与していることが理由として考えられる。また、2種類の緩衝ピンの降伏後の挙動は、Type-1と同様な傾向を示し

キーワード：落橋防止連結板装置、緩衝ピン、漸増載荷衝撃実験

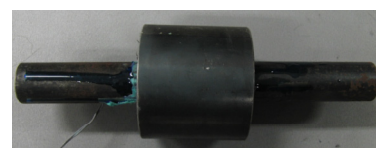
連絡先：〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番 TEL/FAX: 092-802-3370



(a) Type-1



(b) Type-2



(c) Type-3

写真-1 ピン試験体

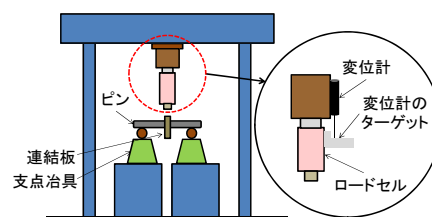


図-1 静的実験概要図

表-1 実験ケース

ピン種	連結板種	ピンの形状
Type-1	φ106.3	32
Type-2		10 32
Type-3		4.2 13 3.5 32 単位: mm

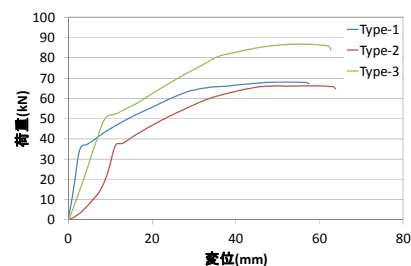


図-2 荷重-変位関係

ているが、これは緩衝材が破断したことにより鋼製ピンのみで抵抗していることに起因している。最後に、各ピンにおける最大耐力時までの吸収エネルギー量は、Type-1 では2.39(kJ)、Type-2 では2.95(kJ)、Type-3 では3.67(kJ)であった。以上から静的荷重載荷時では、Type-3 が最も耐荷性能に優れた緩衝ピンであることが確認された。

3. 衝撃載荷実験による衝撃緩衝特性の比較

3.1 実験概要

本実験では鋼製ピン単体を含む3種類のピンを対象に、緩衝ピンに対する漸増載荷衝撃実験を実施し、緩衝効果の適用限界および動的応答特性を把握した。図-3 に衝撃実験概要図を、表-1 に実験ケースを示す。測定項目は重錘衝撃力、ピン中央部下面のひずみ、連結板頂部の移動量である。実験条件は重錘の重量を一定(100kg)とし、漸増載荷衝撃実験では落下高さを漸増させながら、重錘を落下させた。

3.2 衝撃実験の結果および考察

図-4～図-6 に各衝突速度におけるピンのひずみ応答を示す。これらの図より、鋼製ピンでは衝突速度15カイン(落下高さ4.5cm)で明確な残留ひずみが発生したのに対して、Type-2 は衝突速度25カイン(落下高さ12.5cm)、Type-3 では衝突速度35カイン(落下高さ24.5cm)まで残留ひずみが発生しないことから、衝撃緩衝効果によって、顕著に弾性限界が上昇したことが認められる。それぞれを衝突物の力積とエネルギーで評価すると、Type-2 の弾性限界は鋼製ピンに比べて、力積で1.6倍、衝突エネルギーで2.7倍だけ増加し、Type-3 では、力積で2.3倍、衝突エネルギーで5.4倍まで増加していることがわかった。以上のことから、緩衝ピン内部の鋼棒に伝達される衝撃力が低減されていることは明白であり、今回対象とした3種類のピンの中では、Type-3 が耐荷性能に最も優れていることが確認された。

4. 静的と動的との応答特性の比較

静的および衝撃実験から求められた荷重-変位関係との比較図を図-7 に示す。実線は静的載荷実験、破線は衝撃実験から得られた結果であるが、初期勾配に着目すると、静的荷重と衝撃荷重が連結板頂部に作用した場合の荷重-変位関係は同様の傾向を示すことが確認された。また、降伏に至るまでの耐力および変位量も概ね一致していることがわかる。これより、連結板とピンに静的および動的荷重が作用した場合にそれぞれの試験体は同様の応答特性を示すことが認められた。

5. 結論

本研究は、静的実験および落錘式衝撃試験によって地震時の耐荷性能について検討したものであり、本研究から得られた成果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 静的載荷実験において、Type-3 は、Type-1 と Type-2 に比べて最大耐力および最大耐力時までの吸収エネルギーが大きく、静的載荷に対して最も耐荷性能に優れていることが確認できた。
- (2) 漸増載荷衝撃実験において、鋼製ピンに緩衝材を付加した2種類の緩衝ピンは、衝撃緩衝効果によって顕著に弾性限界が上昇したことが認められた。
- (3) 衝撃実験結果で得られた衝撃力-連結板移動量関係と静的載荷実験から得られた荷重-変位関係を比較すると、3種類のピンで同様の応答特性が確認できた。

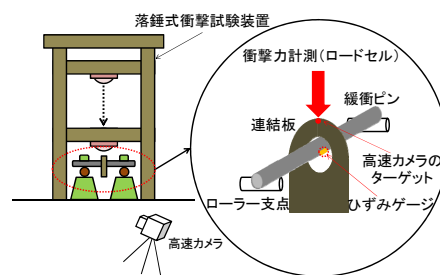


図-3 衝撃実験概要図

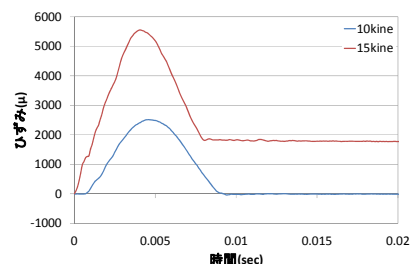


図-4 Type-1 のひずみ応答比較図

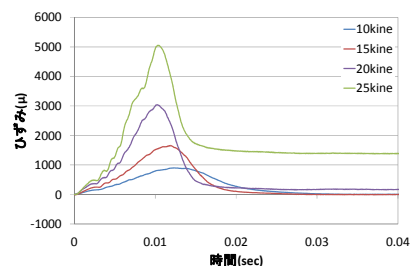


図-5 Type-2 のひずみ応答比較図

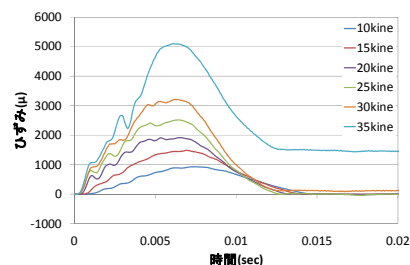


図-6 Type-3 のひずみ応答比較図

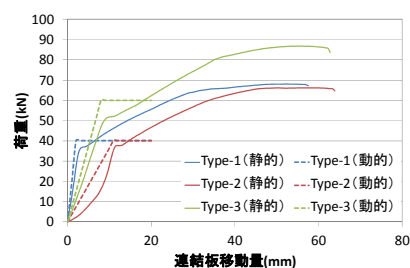


図-7 荷重-変位関係比較図