

(I-63) エネルギー的観点による落橋防止連結板装置の耐震設計に関する一考察

防衛大学校 土木工学科 学生員 ○橋口尚徳 学生員 衛藤芳昭 フェロー 石川信隆
防衛大学校 土木工学科 正 員 園田佳巨 シバタ工業株式会社 正 員 生駒信康

1. 緒言

現在、既存の橋梁の多くには桁と桁とを連結する落橋防止連結板装置が用いられているが、その設計法はどの公団や公社においても許容応力度設計法が用いられている。しかしながら、現在橋梁の耐震性能の評価は原則として震度法および地震時保有水平耐力法によって行われている¹⁾。そこで、著者らは落橋防止連結板装置に衝撃的な地震力を緩和できる装置を提案すると共に、耐震性能の評価に震度法および地震時保有水平耐力法を適用することを試みた。すなわち、現行の許容応力度設計法で決定された実物大歩道橋用連結板装置に対して、ゴム緩衝ピンを用いることを提案し、重錘落下実験(震度法レベル)および高速載荷実験(保有水平耐力レベル)によってその耐震性能を照査することを試みた。その際、従来の鋼製ピンに対しても同様な実験を行い、両者を比較検討するものである。

2. 基本的な考え方

2.1 許容応力度設計されたメガネ型落橋防止連結板について、道路橋示方書の耐震設計で定義する震度法レベルと地震時保有水平耐力レベルの2つの地震動に対し耐震性能を照査する。

2.2 震度法レベルの地震動として、しばしば起こりうる程度の地震により桁が移動する速度の最大値として約 0.4m/s 程度を想定し、この速度で桁半分重量(10tf)が衝突するものと想定した(運動エネルギー $E_c=10tf \cdot cm$)。重錘落下実験ではこれと同等のエネルギーとなる重錘条件を与え連結板のひずみ応答を調べ、弾性限度内にあるか否かを確認する。つまり、健全性を損なわないことを確認する。

2.3 保有水平耐力レベルの地震動として、震度法レベルの5倍の入力エネルギー($E_c=50tf \cdot cm$)を想定し、高速載荷実験により得られる限界吸収エネルギーと比較することにより、致命的な破壊に至るか否かの安全性を確認する。

3. 実験の概要

表-1 は道路橋示方書で示されている地震動と目標とする耐震性能および実験条件をまとめたものである。なお、重錘落下実験においては桁の運動エネルギーと同等のエネルギーを入力した。

実験に用いた連結板試験体を図-1 に示す。ピン試験体は図-2 に示すように、従来型のタイプA(鋼製ピン)とそれに積層繊維ゴム(ゴム引

表-1 耐震性能と実験条件

震度法レベル実験 (重錘落下実験)		保有水平耐力レベル実験 (高速載荷実験)	
想定する地震の入力	実験条件	想定する地震の入力	実験条件
$W=R_d=10tf$ $V=0.44m/s$ $E_c=10tf \cdot cm$	$W=0.4tf$ $H=25cm$ $E_c=10tf \cdot cm$	$W=R_d=10tf$ $V=1m/s$ $E_c=50tf \cdot cm$	$E=50tf \cdot cm$

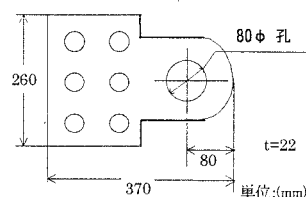


図-1 連結板試験体

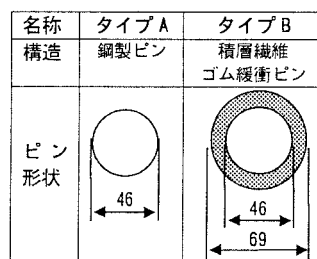


図-2 ピン試験体(単位:mm)

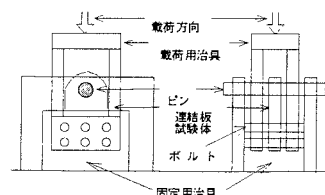


図-3 実験装置

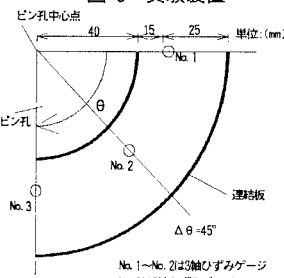


図-4 連結板ひずみ計測位置

キーワード:ゴム緩衝ピン,限界吸収エネルギー,震度法,保有水平耐力

〒239 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL 0468-41-3810 FAX 0468-44-5913

張強度:200kgf/cm² 繊維引張強度:480kgf/3cm)を巻き付けたタイプB (ゴム緩衝ピン)の2種類を用いた。連結板試験体およびピン試験体の形状および寸法の決定にあたっては、名古屋高速道路公社で定める設計基準にほぼ準じて行った。衝撃実験は、図-3 に示すような装置を用いて、重錘落下実験により行った。計測項目は、載荷点荷重、載荷点変位、連結板ひずみ、ピンひずみであり、連結板のひずみは、図-4 に示すようにピン孔中心を基準とした極座標を設け、45° 間隔で円周方向に3軸ゲージを3ヶ所に貼付した。高速載荷実験は、動的限界吸収エネルギーを求めるため高速変形負荷装置を用いて行い、載荷点荷重、載荷点変位、連結板ひずみ、ピンひずみを計測し、特に荷重～変位関係を求めた。実験ケースは衝撃実験においては各1体、高速載荷実験は各2体ずつ行った。

4. 実験結果

図-5 は、衝撃実験から得られたタイプA、タイプBのピン直下方向の円周方向ひずみ～時間関係を示したものである。この図より、タイプAの最大ひずみはタイプB に比し約 2 倍大きく、しかも弾性限界を超えている(表-2 参照) ことがわかる。一方、タイプBのひずみ応答は弾性限界以下であり、ゴム緩衝ピンを用いると連結板の負担が軽減されることがわかる。また、積層繊維ゴム自身についても健全性が失われていなかった。

図-6 は、高速載荷実験から得られたタイプAとタイプBの荷重～変位関係を示したものである。この図より、ゴムの有無に関わらず最大耐力は約 70tf であり、最大耐力にゴムの影響は見られない。変位について見ると、タイプAよりタイプBの方が 1.5cm 程度の伸びが見られた。これはゴムが切れるまでの伸び分であると考えられる。なお、破断位置はすべてピンと連結板の接触端部であった。

次に図-7 は、最大耐力時までの荷重～変位曲線を積分することにより、吸収エネルギー～変位関係を示したものである。保有水平耐力レベルでの照査を行うときの入力エネルギーは 50tf・cm であるが、この図よりこの入力エネルギーを吸収した時点では、いずれのタイプにおいても連結板は最大

耐力および限界吸収エネルギーに達してないことがわかる(表-2 参照)。しかし、タイプAよりもタイプBの限界吸収エネルギー量の方が約 15%大きいため、タイプBを用いた方が有利である。

5. 結論

- (1) 震度法レベルにおいては、タイプAは弾性限界を超えるが、タイプBは弾性域内であり、ゴム緩衝ピンの衝撃緩衝効果は鋼製ピンに比べ連結板内のひずみを約 1/2 小さくすることができる。
- (2) 保有水平耐力レベルにおいては、タイプA、タイプBともにいずれも最大耐力および限界吸収エネルギーに達しておらず、十分安全であることが確認された。また、タイプBはタイプAに比べて限界吸収エネルギー量が約 15%大きいため、ゴム緩衝ピンを用いることにより従来の鋼製ピンよりも安全性の向上が期待できることがわかった。

参考文献 1) 日本道路協会 「道路橋示方書・解説, V 耐震設計編」1996.

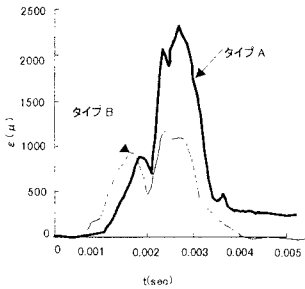


図-5 衝撃実験のひずみ～時間関係 (ピン直下円周方向) (W=400kgf, H=25cm)

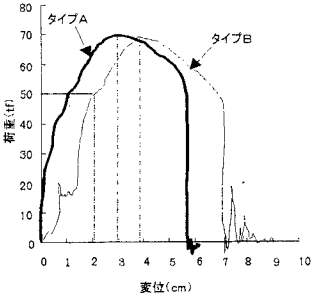


図-6 高速載荷実験の荷重～変位関係

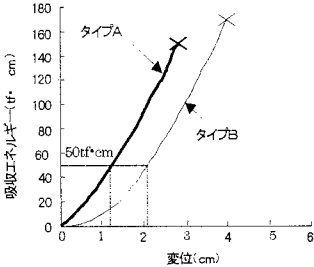


図-7 連結板吸収エネルギー～変位関係

表-2 実験による照査結果 (連結板内)		
	震度法レベル実験	保有水平耐力実験
タイプA	$\epsilon_{max}=2200\mu > \epsilon_y=2000\mu$	$P_{max}=50tf < 70tf$ $E_c=50tf \cdot cm < U_c=150tf \cdot cm$
タイプB	$\epsilon_{max}=1200\mu < \epsilon_y=2000\mu$	$P_{max}=50tf < 70tf$ $E_c=50tf \cdot cm < U_c=170tf \cdot cm$

ϵ_{max} :連結板ピン直下円周方向の応答ひずみの最大値, ϵ_y : 鋼材の降伏ひずみ
 E_c :地震時入力エネルギー, U_c :連結板の限界吸収エネルギー