

耐震補強におけるエネルギー吸収型落橋防止装置の適用

(株)日本海コンサルタント 正会員○ 竹田 周平

同上 正会員 喜多 敏春

同上 正会員 竹村 敏則

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、大地震に対する既設橋梁の補強や落橋防止装置の対策が行われてきた。「道路橋示方書・同解説」¹⁾において、落橋防止装置の設計荷重を $1.5R_d$ とし、大きな荷重に対応するものとしている。しかし、既設橋梁の落橋防止装置の設置箇所は、狭くスペースが限られていることが多い。また、落橋防止装置のアンカーボルトは既設の鉄筋が支障し、施工性が問題となっている。よって、これらの問題に対し、衝撃エネルギー吸収可能な材料を設置することで、従来の落橋防止装置よりもコンパクト化した落橋防止装置を検討した。

2. 耐震補強に対する課題

昭和 55 年の道路橋示方書以前で設計された道路橋は、現在の要求しているレベル 2 地震動クラスの荷重では、ほとんどの橋脚や基礎が耐力不足となり、耐震補強が必要である。また、この橋脚補強とあわせて、想定以上の地震に対し落橋防止システムの設置も重要であると考えられる。このようなことから、既設橋の耐震補強工事が数多く行われてきた。

既設橋の耐震補強は、橋脚柱の補強が主項目であることに対し、基礎はあまり行われていないことが現状である。また落橋防止システムは、二次的な被害を防止し、致命的な被害である落橋を防止する構造であることから、不可欠な補強項目であり、落橋防止装置の設置も行われてきた。これらの落橋防止装置の中では、PC ケーブル連結方式や鉄筋コンクリート壁方式の建設が多く行われている。現在、この落橋防止装置は、 $1.5R_d$ と大きな荷重に対応することとしており、既設の下部工梁部等に多数のアンカーボルトや削孔、鋼製ブラケットや鉄筋コンクリート壁を設置する際に、既設の鉄筋が支障し施工性が良くないことが判っている。このようなことから、最近になり既設アンカーボルトの長さが短いなどの施工不良が確認され、問題となった。よって、これらの問題に対し、エネルギー吸収可能な材料を設置することで、従来型よりもコンパクト化した落橋防止装置の検討手法を試みた。

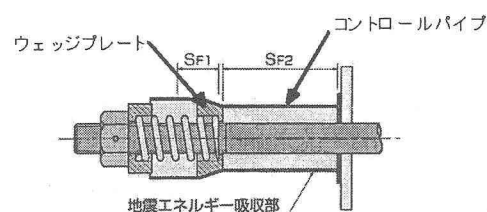


図-1 タイブリッジ

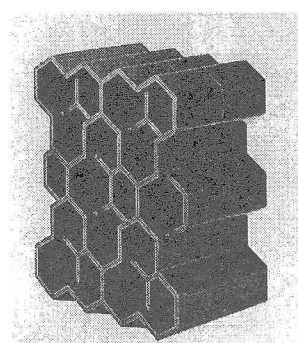


図-2 ペルダンパー

3. エネルギー吸収型落橋防止システムの検討

1) 落橋防止装置の緩衝材

現在エネルギー吸収可能な材料として、PC ケーブル連結方式では(株)エスイーのタイブリッジ(図-1)、鋼製ブラケット方式では東洋紡績(株)のハニカム型のペルダンパー(図-2)がある。また、ペルダンパーはセル型もあり連結方式の対応可能である。よってこれらの製品を対象として検討を行った。

2) 緩衝材の特性

タイブリッジは、(図-1)の「コントロールパイプ」と呼ばれる円筒状に、クサビ形状の「ウェッジプレート」が圧入することで、エネルギーを吸収する構造である。力学的特性²⁾は、(図-3)のように圧入されるときの荷重が降伏荷重 P_y に相当し、有効変位量はコントロールパイプの長さに依存している。降伏変位 δ_y は、PC ケーブルの種類と長さで決定される。

ペルダンパーは、(図-2)の緩衝材が圧縮変形することでエネルギーを吸収する構造である。「ペルダンパー」の力学的特性³⁾は、(図-4)のように、降伏荷重 $P_y=80\text{kN}$ であり、有効変位量は、剛性が高くなり始めるA点以降は、エネルギー吸収機能が低下するため、本検討ではこのA点までを有効変位量と定義し、 $\delta=70\text{mm}$ 以内を目安とした。降伏変位量は、 $\delta_y=10\text{mm}$ とした。

3) 設計荷重と応答変位量

検討手法では、各材料の力学的特性より、弾塑性応答と弾性応答の両者のエネルギーがほぼ同量であるエネルギー一定則(図-5)の解析法を基本とした。許容応答変位量について、「タイブリッジ」はコントロールパイプの長さを適切に設定することで調整が可能であるが、円筒状の「コントロールパイプ」の座屈や製造課程の条件より、決定する必要がある。また、「ペルダンパー」は力学的特性より、効率よくエネルギーを吸収可能な変位量 $\delta=70\text{mm}$ を許容変位量とする。但し、エネルギー吸収のみを期待し、大きな応答変位が発生することで、本来の落橋防止装置の目的とする落橋に対し、機能が損なわれないような応答変位量にすることが重要である。以上より、エネルギー吸収型落橋防止装置の設計荷重と、応答変位量の関係を(式 1)及び(式 2)に整理した。

4. まとめ

本検討では、既設橋の耐震補強の問題点、エネルギー吸収可能な材料の力学的特性を明確にし、新しい落橋防止装置の検討手法を整理した。以上のような、エネルギー吸収機能を有する落橋防止装置を設置することで、従来型よりも設計荷重を低減し、コンパクト化することが可能である。この効果により、既設構造へのアンカーボルト本数が少なくなること、施工性や経済性にも優れ、今後の既設橋耐震補強に有効である。

材料の特性に関し、株式会社エスイーの松尾氏・石川氏、東洋紡績株式会社の根岸氏・鎌田氏にお世話になりました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 14 年 3 月
- 2) 株式会社エスイー: 新型落防システム タイブリッジ カタログ
- 3) 東洋紡績株式会社: 落橋防止装置用緩衝材 ペルダンパー カタログ

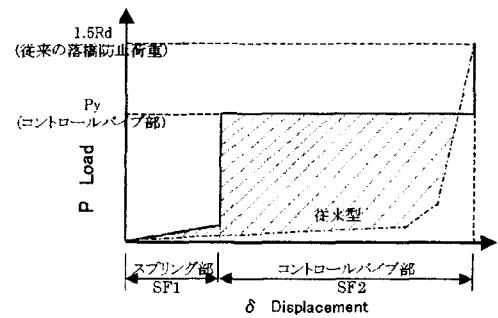


図-3 タイブリッジの P-δ 図

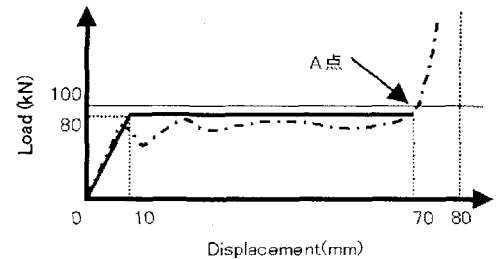


図-4 ペルダンパーの P-δ 図

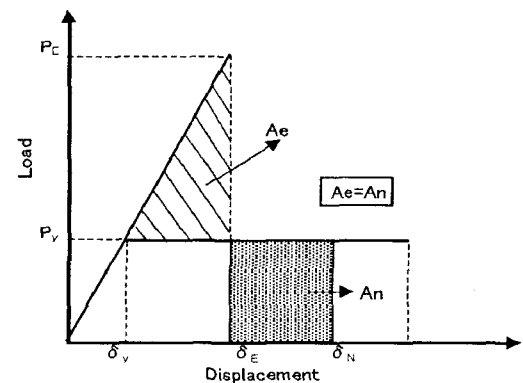


図-5 エネルギー一定則

$$\mu = \frac{1}{2} \left(1 + \left(\frac{P_E}{P_y} \right)^2 \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \left(\frac{1.5R_d/n}{P_y} \right)^2 \right) \quad (\text{式 1})$$

$$\delta_N = \delta_y \cdot \mu \quad (\text{式 2})$$

ここに

μ : 応答塑性率

R_d : 死荷重反力

n : 落橋防止装置数

P_y : 緩衝材の降伏荷重