

ST 式 落 橋 防 止 装 置

渡 辺 富 夫*

1. ま え が き

土木構造物に関する我が国の技術進歩は近來まことに目ざましく、橋梁関係においてもその技術レベルは国際的にも最先端の位置を占めるようになった。それに応じて新しい工法による長大橋や連続桁橋の架設、市街地における高架橋工事等、社会的要請に応える交通網の整備が各地で着々と進められている。一方我が国は世界でも有数の地震発生国であり、当然橋梁にも耐震性が要求されている。これについても種々の対策が講じられてきた。

以下にその概要を紹介する「ST 式落橋防止装置」は東京ファブリック工業株式会社が 1966 年、首都高速道路公団の指導を得て開発販売した、桁の伸縮を許容しながら不必要な桁の移動を制限する装置である。5年後の 1971年 1月には「道路橋耐震設計指針」が制定され、落橋防止についての規定が明確にうち出された。以来、本装置は都市の高速道路橋や鉄道高架橋、さらに一般道路の耐震装置として、幅広く使用されている。

<参考>「道路橋耐震設計指針」第 5 章に記載されている落橋防止に関する規定は、次のとおりである。

〔5・2〕 落橋防止構造

可動支承部には落橋防止構造として地震時に上シュューが下シュューから逸脱しないように移動制限装置を設けるのを原則とする。桁端部においては上記の処置のほか、次に示すもののうちいずれかを併用するのがよい。

- (1) 下部構造頂部において橋軸方向の支承縁端から下部構造頂部縁端までの距離を十分にとって、桁が異常に移動しても頂部より逸脱しないようにする。
- (2) 同一の下部構造頂部にある 2 連の桁のうち、一方の桁が頂部より逸脱してもその桁が落下しないように隣接桁間を連結する。

2. 「ST 式落橋防止装置」とは

ST 式落橋防止装置は、地震によって生じる橋桁の軸方向の過剰水平移動を抑制する装置である。いま強烈な地震が橋軸方向に作用したとすると、その水平地震力に

よって橋桁は可動支承上で瞬間的な水平移動を起こす。この移動量が支承の設計可動量を超えると、橋桁は支承上より脱落することになる。こうした事態を避けるための対策として、橋台上では横桁とパラペットウォール、橋脚上では相接する横桁どうしをそれぞれ強力で係合すれば、この過剰移動を抑制することができる。ST 式落橋防止装置は PC 鋼棒の強固な係合によって桁の脱落を防ぎ、しかも合成ゴム材の弾性によって平常時の桁の伸縮や衝撃を吸収するシンプルで確実な落橋防止装置である。

なお、本装置はもっぱら橋軸方向の移動制限を目的とするもので、橋軸直角方向の移動やアップリフトに対しては従来どおり支承アンカーが必要である。

3. 「ST 式落橋防止装置」の特性

- 1) 構造がシンプルで、直橋はもちろん斜橋や他の橋梁にも使用できる。
- 2) 伸縮スポンジと緩衝パッキンの作用によって、地震時の衝撃的な水平力を十分に緩衝し、構造物への悪影響を和らげる。
- 3) 価格が安価で、耐久性も優れている。
- 4) 施工が簡単で熟練を必要としない。しかも作用効果は完全である。

4. 「ST 式落橋防止装置」の構造と部材

ST 式落橋防止装置の一般的構造を図-1 に示す。これは橋脚上で横桁どうしを係合する場合の構造図であ

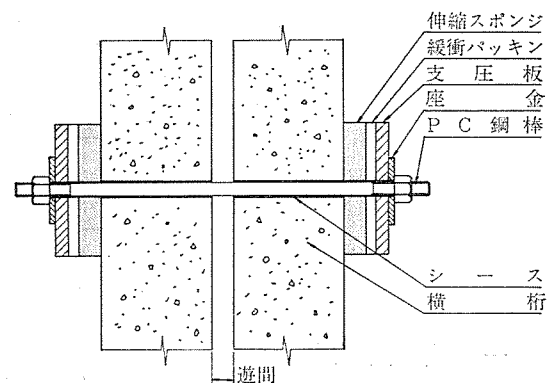


図-1 一般的構造図

* 東京ファブリック工業(株)総括技師補

る。

使用する部材を表-1に示す。それぞれの部材の作用効果は次のとおりである。

表-1 使用部材

部材名	材質	作用効果
緩衝パッキン	ネオプレン	衝撃的な水平力をゴムの弾性により緩衝する
伸縮スポンジ	単泡ネオプレンスポンジ	常時の桁の伸縮をスムーズに吸収する
支柱板	SS 41	作用水平力を緩衝パッキンおよび横桁に分散させる
座金	SS 41	支柱板の補助として用いる
PC鋼棒	SBPR A種1号	地震時の水平力に抵抗し各桁を強力に連係する
シース		PC鋼棒挿通用パイプ

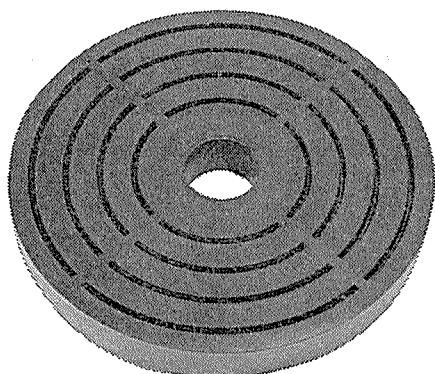


写真-1 緩衝パッキン

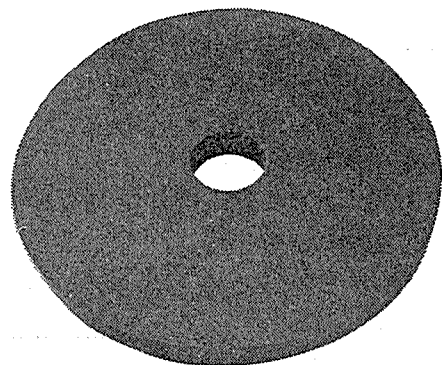


写真-2 伸縮スポンジ

5. 「ST 式落橋防止装置」の標準サイズ

ST 式落橋防止装置の寸法と許容水平力を表-2 および表-3 に示す。緩衝パッキンの直径の寸法に応じて、4種類の標準サイズを設けている。これを横桁部に必要個数だけ取り付けて、地震時の水平力に対処するが、標準に抛りがたい場合はそのつど条件に応じた設計が可能である。

6. 「ST 式落橋防止装置」の使用材料の物性

緩衝パッキン（ネオプレン）と伸縮スポンジ（単泡ネ

表-2 緩衝パッキンの標準サイズ

種類	直径 (mm)	支柱面積 (cm ²)	許容水平力 $P_H = A \cdot \sigma$ (t)	
	d_1	$A = \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2)^{*1}$	$\sigma_R = 105 \text{ kg/cm}^2^{*2}$	$\sigma_G = 150 \text{ kg/cm}^2^{*3}$
100型	100	68.9	7.2	10.3
200型	200	304.5	32.0	45.7
250型	250	481.3	50.5	72.2
300型	300	697.2	73.2	104.6

*1 d_2 : 緩衝パッキンの内径 ($\phi 35 \text{ mm}$)

*2 σ_R : 緩衝パッキンの許容圧縮応力 $70 \times 1.5 = 105 \text{ kg/cm}^2$

*3 σ_G : 横桁コンクリートの許容圧縮応力 $100 \times 1.5 = 150 \text{ kg/cm}^2$ として

表-3 PC鋼棒 (SBPR A種1号)

呼び名 (mm)	ねじの呼び	ねじの谷径 (mm)	谷径断面積 (mm ²)	許容水平力* (t)
23	M 24	21.835	374.452	30.0
26	M 27	24.835	484.416	38.8
32	M 33	30.835	746.754	59.7

* 許容引張応力は降伏点応力 $\sigma = 8000 \text{ kg/cm}^2$ として

表-4 緩衝パッキンの物理的性質

試験項目	単位	規格値	試験値	試験方法
硬度	度	60±5	62	JIS K 6301
引張強さ	kg/cm ²	160 以上	206	JIS K 6301
伸び(老化前)	%	350 以上	460	JIS K 6301
伸び(老化後)	%	変化率 -50 以下	-24	JIS K 6301 100°C×96h
耐油性	%	+120 以下	76	JIS K 6301 No. 3 oil 70°C×100 h
圧縮永久歪	%	45 以下	25	JIS K 6301 70°C×100 h
耐オゾン性		亀裂およびはなはだしい変化を生じないこと	異常なし	JIS K 6301 20% 伸長 50±5 pphm 40°C×96 h

表-5 伸縮スポンジの物理的性質

試験項目	単位	規格値	試験値	試験方法
硬度	度	25±5	25	SRIS 0101 スプリング硬さ試験
比重(みかけ)	g/cm ³	0.2~0.3	0.3	SRIS 0101 重量法
圧縮永久歪	%	80以下	72	SRIS 0101 50% 圧縮 40°C×22 h

オプレンスポンジ)の物理的性質を表-4 および表-5 に示す。

7. 「ST 式落橋防止装置」の取付け個所

橋台部と橋脚部への取付け個所を図-2 に示す。

8. 「ST 式落橋防止装置」の設計計算例

ST 式落橋防止装置の設計計算の一例を以下に示す。

(1) 設計条件

桁の伸縮量 Δl : 30 mm

支点反力(死荷重) W_D : 35 t

主桁本数 n : 5 本

設計水平震度* K_H : 0.25

横桁の厚さ t_0 : 500 mm

耐震装置

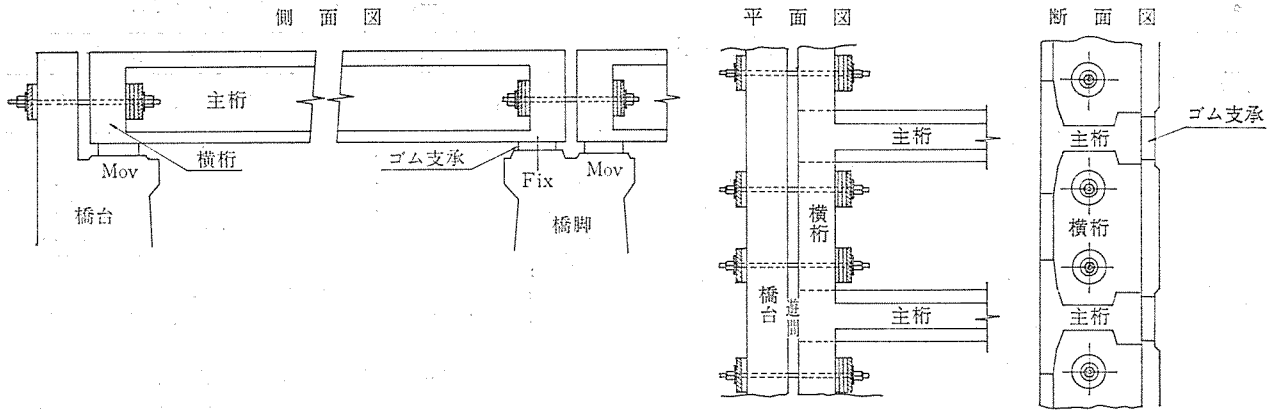


図-2 取付け概略図

遊間 t_s : 50 mm

* K_H は設計のつど確認する。

(2) 許容応力度

緩衝パッキンの圧縮強度 σ_R : 70 kg/cm²(常時), 105 kg/cm² (地震時*1)

横桁コンクリートの圧縮強度*2 σ_C : 100 kg/cm² (常時), 150 kg/cm² (地震時*1)

PC 鋼棒の引張強度 σ_P : 8000 kg/cm² (地震時*1),

*1 地震時は常時の 50% 増とする。ただし PC 鋼棒は SBPR A 種 1 号の降伏点とする。

*2 許容値は設計のつど確認する。

(3) 仮定事項

伸縮スポンジの許容圧縮歪量は常時の桁の伸縮をスムーズに吸収させるため、復元率を考慮して厚さの 50% とする。

(4) 予備計算

1) 地震による水平力 ΣP_H

$$\Sigma P_H = 2 \times W_D \times n \times K_H \times \alpha^* = 2 \times 35 \times 5 \times 0.25 = 87.5 \text{ t}$$

* 割増し係数 α は設計のつど確認する。

2) 横桁部 1 個所に作用する水平力 P_H

$$P_H = \frac{\Sigma P_H}{n-1} = \frac{87.5}{5-1} = 21.9 \text{ t}$$

(5) 設計計算

1) 緩衝パッキン (ネオプレン)

a) 面積 A cm² は式 (1), (1') の中より大きい数値を採用する。

$$A \geq \frac{P_H}{\sigma_R} \dots \dots \dots (1)$$

$$A \geq \frac{P_H}{\sigma_C} \dots \dots \dots (1')$$

式 (1) より,

$$A = \frac{21900}{105} = 209 \text{ cm}^2$$

(1') 式より,

$$A = \frac{21900}{150} = 146 \text{ cm}^2$$

したがって緩衝パッキンの必要面積は式 (1) より $A \geq 209 \text{ cm}^2$ であればよい。ゆえに $A \geq 209 \text{ cm}^2$ を有する緩衝パッキンの近似直径 $d = \phi$ は,

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \text{ より, } \phi = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \dots \dots \dots (2)$$

式 (2) より,

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times 209}{\pi}} = 16.3 \text{ cm}$$

すなわち緩衝パッキンの直径は 163 mm 以上あればよいから、標準製品の中より D-200 型を使用する。

b) 緩衝パッキンの厚さ t_1 は 25 mm とする (4 種類とも、25 mm 一定厚さとする)。

2) 伸縮スポンジ (ネオプレンスポンジ)

a) 面積 A および直径 ϕ

A および ϕ は緩衝パッキンと同じとするので、 $\phi = 200 \text{ mm}$

b) 伸縮スポンジの厚さ t_2 は式 (3) より求める。

$$t_2 = \frac{\Delta L}{0.5} \times \frac{1}{2} \dots \dots \dots (3)$$

$$= \frac{30}{0.5} \times \frac{1}{2} = 30 \text{ mm}$$

* 式 (3) の中、0.5 は仮定事項の許容圧縮歪量 50% を示し、1/2 は両側に使用するので二等分とする。ただし橋台部においてはパラペット側には使用しないので $\frac{\Delta L}{0.5}$ のみとする。

3) PC 鋼棒 (SBPR A 種 1 号)

a) PC 鋼棒の必要径 d は式 (4) より求める。

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P_H}{\pi \cdot \sigma_P}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\geq \sqrt{\frac{4 \times 21900}{\pi \times 8000}} \geq 1.87 \text{ cm}$$

したがって、谷径 18.7 mm を満足する PC 鋼棒は安全性を考慮して、23 mm (谷径 21.835 mm) を使用する。

b) PC 鋼棒の長さ l は式 (5) より求める。

$$l = 2(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7) + t_8 \dots\dots(5)$$

前項条件および計算結果より、

- $t_1 = 25$ mm 緩衝パッキンの厚さ
- $t_2 = 30$ mm 伸縮スポンジの厚さ
- $t_3 = 28$ mm 支圧板の厚さ
- $t_4 = 12$ mm 座金の厚さ
- $t_5 = 36$ mm ナットの高さ
- $t_6 = 500$ mm 横桁コンクリートの厚さ
- $t_7 = 20$ mm 余裕量として
- $t_8 = 50$ mm 遊間

$$l = 2(25 + 30 + 28 + 12 + 36 + 500 + 20) + 50 = 1352 \approx 1360 \text{ mm}$$

したがって、長さは 1360 mm 以上のものを使用する。

以上の計算例に基づく橋脚部および橋台部の取付け図は、図-3 および 図-4 のようになる。

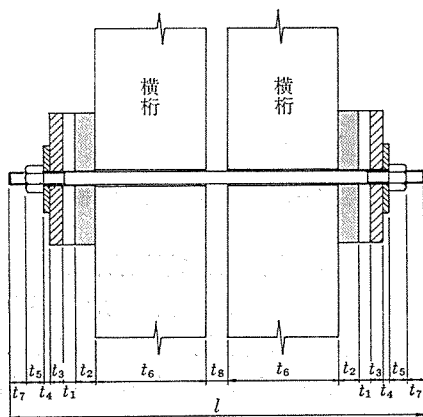


図-3 橋脚部取付け図

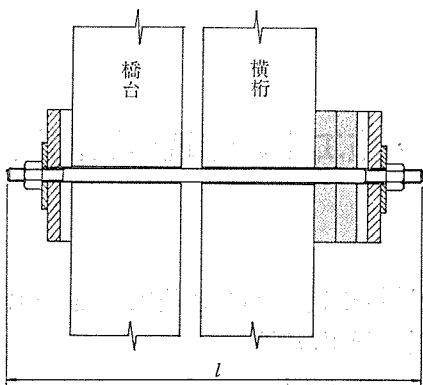


図-4 橋台部取付け図

9. 「ST 式落橋防止装置」の施工現場写真

ST 式落橋防止装置は発売以来、首都高速道路公団をはじめ、日本道路公団、阪神高速道路公団、建設省および各都道府県の橋梁に採用され、すでに約 32000 組の施工が行われている。以下はその施工現場写真の一部である。



写真-3 首都高速道路公団 高速3号線

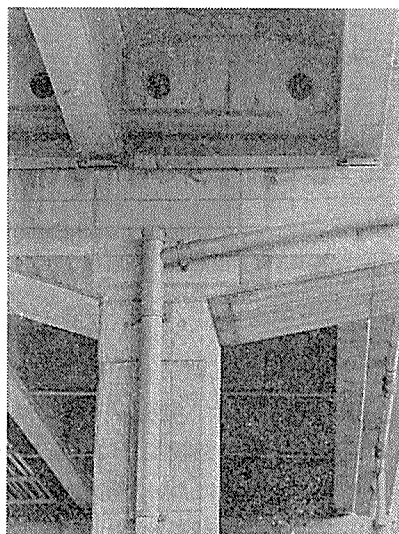


写真-4 首都高速道路公団 高速3号線



写真-5 日本道路公団 東関東自動車高速道路

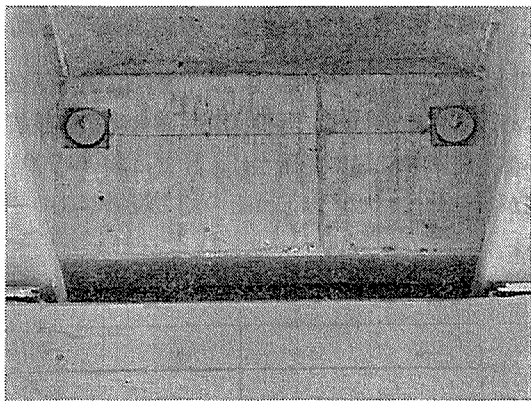


写真-6 日本道路公団 東関東自動車高速道路

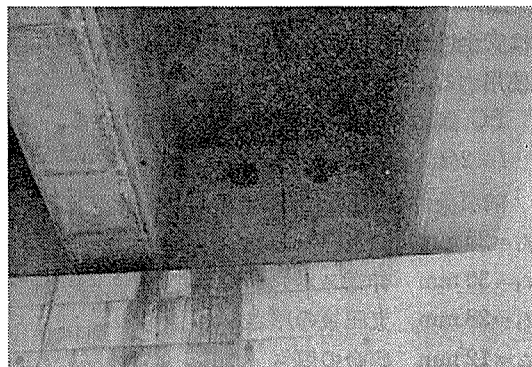


写真-8 福島県 小松立体交差橋

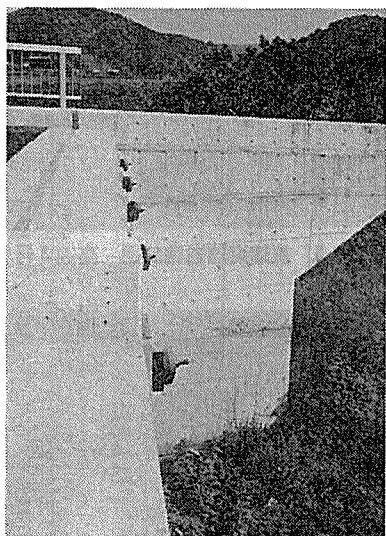


写真-7 福島県 四時橋

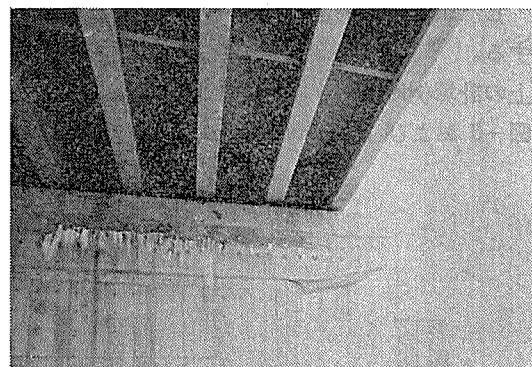


写真-9 青森県 新浅瀬石橋

10. あとがき

「ST 式落橋防止装置」は、発売以来すでに 10 余年を経過し、この間には橋梁の架設工法にも新しいものが生まれ、将来は落橋防止装置についても、さらに新しい構想による新しい形式のものが要求されるものと予想される。1978年に発生した宮城県沖地震は、橋梁や建築物等に甚大な被害をもたらしたが、同時に我々に大きな教訓

をも与えてくれた。近年は特に橋梁自体が大型化したため、いきおい地震時に発生する衝撃的な水平力も大きくなった。それを緩衝し、構造物に損傷を与えないような効果的な装置を提供することが私達の夢である。この夢を一步でも現実に近づけるために、関係各位の御指導、御協力をお願い申し上げるとともに、本稿がいささかなりとも皆様方の役に立てば誠に幸甚である。

◀刊行物案内▶

プレストレスト コンクリート橋の設計・施工上の最近の諸問題

体 裁：A4判 116 ページ

定 価：1500 円 送 料 400 円

内 容：(1) PC橋の施工開始前の諸問題、(2) PC橋の工事ならびに施工管理について、
(3) 新しいPC設計方法について、(4) 最近の話題の橋梁
お申込みは代金を添えて、(社)プレストレストコンクリート技術協会へ