

落橋防止装置について

加藤 進*

1. まえがき

我々は、過去数多くの大地震にみまわれてきたが、地震による被害は都市の発達に伴い大きなものとなっている。それは人口が集中したためであるが、人口の集中に伴った耐震対策がなされなかったためであると言い換えることもできる。したがって、今後耐震対策はますます必要となると思われる。

橋梁における耐震対策について述べると、耐震化の必要性が考えられるようになったのは、関東大震災からである。その後、いく度か大地震を経験することにより、落橋防止装置を取り付けるようになってきた。落橋防止装置は、橋梁の付属品であるが、その働きには計り知れない大きなものがあると考えられる。

2. 落橋防止

1.1 耐震対策

橋梁の震害は、その被害が大きい場合、下部構造や支承部の破壊に始まり上部構の落下に至る。地震による桁の落下した例の多くは、橋軸方向の落下であるが、橋軸直角方向に落下した例もある。

落橋の原因は、下部構の変位により支間が開いたことによるものや、桁が橋脚上で大きな水平動と上下動を受けておどり、移動して支承よりはずれることによるものなどである。落橋による被害は、一構造物の震害にとどまらず交通の遮断を引き起こし、救援活動や復旧活動を阻害して二次災害の原因となる。構造の動的解析の進歩により耐震設計法は著しい進歩を遂げているが、まだ残されている課題も多く、耐震対策上安全を期するため、落橋防止装置をつけることの意義は大きいものである。

過去の震害例から次のような場合に必要であることが「耐震設計に関する調査研究」¹⁾の中で報告されている。

(1) 落橋した場合の被害および影響が大きい橋

重要な交通路すなわち鉄道、高速自動車国道および一般国道と交差する場合は設けるものとする。主要な地方道、航路および河川と交差する場合でも、重要度が上記と同等と見なおすことができる場合は上記に準ずるものとする。

(2) 比較的落橋しやすいと思われる構造の橋

- 1) 単純桁が続く場合
- 2) 支承の移動量大きい可動端部
- 3) 25 m 以上の深い基礎、25 m 以上の高橋脚および鋼製橋脚を有する橋など変位が大きい橋
- 4) 断層があるなど隣接する下部構造の支持地盤が異なる橋、一連の構造系の中で隣接する基礎形式が異なる橋
- 5) 曲線橋、斜橋のように動的挙動が複雑な橋

1.2 落橋防止装置

落橋防止装置を構造で分類すると、次のように分けることができる。

- 1) 2連の桁を相互に連結する構造(図-1)
- 2) 桁と下部構造を連結する構造(図-2)
- 3) 下部構造に突起等を設けることにより、桁と下部の相対移動を制限する構造(図-3)

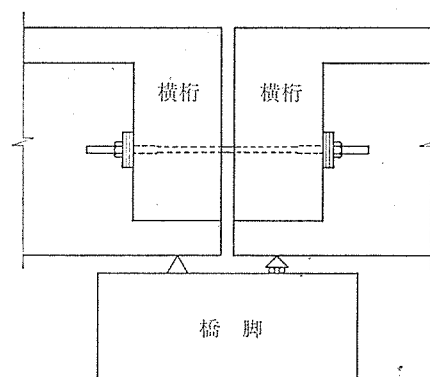


図-1

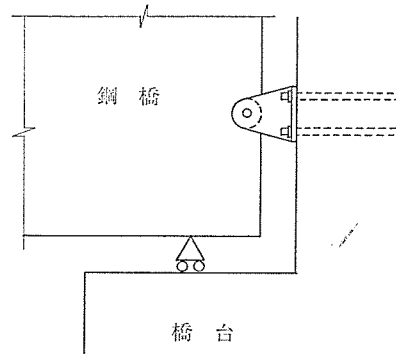


図-2

* 新構造技術株式会社工務課

耐震装置

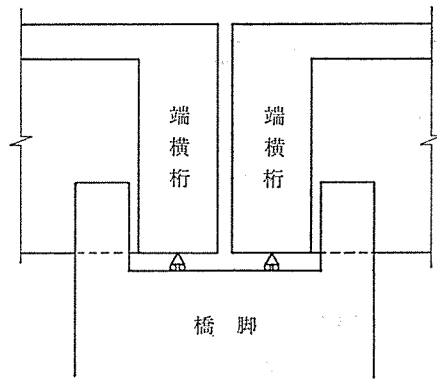


図-3

落橋防止装置を、設計荷重のとり方によって分類すると、次の2とおりの方法に分けられる。

- 1) 桁が下部構造頂部より逸脱してもその桁が落下しないように、桁を隣接桁あるいは、下部構造と連結したもので、設計力としては桁が吊り下げられた状態を想定するもの。
- 2) 桁間の連結装置、下部構造との連結装置、あるいは桁または下部構造に突起を設けるもので相対移動を制限することにより、上シュエーが下シュエーから逸脱しようとするのを防止するもの。設計力としては地震時の水平荷重を考える。

道路橋示方書²⁾によれば、落橋防止装置は、桁と下部構造との相対移動量を制限する構造を考え、設計力としては地震時の水平荷重をとっている。設計水平震度は通常の設計水平震度の2倍とし、固定支承にはほぼ見合う強度としている。したがって水平荷重は、

$$H=2.0 \cdot K_h \cdot R_d \text{ (または } 2.0 \cdot K_{hm} \cdot R_d \text{)}$$

ここに、

H : 設計水平力 (t)

$K_h(K_{hm})$: 設計水平震度

R_d : 死荷重反力

なお、可動支承部における移動制限装置は、落橋防止装置には含めないものとしている。

各機関における設計荷重のとり方、許容荷重の割増しは、それぞれの機関で異なるので、ここでは省略する。

3. タイブルを使用した落橋防止装置例

(写真-1 参照)

地震時における桁端の下部構造上での相対変位が、

表-1

呼び名 項目	F 30 T	F 50 T	F 70 T	F 100 T	F 130 T	F 160 T	F 200 T	F 270 T
構成	1×φ17.8	7×φ8.1	7×φ9.5	7×φ11.1	7×φ12.7	7×φ15.2	19×φ9.5	19×φ11.1
引張荷重(t)	33.6	49.0	70.0	95.0	126.0	155.6	190.5	258.5
降伏点荷重(t)	28.5	43.2	61.5	83.3	110.4	136.8	166.9	226.2

どのような軌跡で起こるかを知ることは困難である。設計においては、多くの場合橋軸方向の力だけを考慮して設計しており、他方向の力は無視しているのが現状である。したがって、落橋防止装置の構造は、桁がどのような挙動を示しても対応できるようなものとしなければな

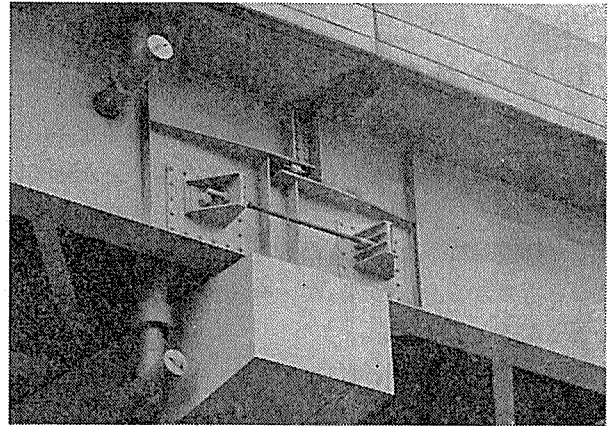


写真-1

らない。以下この点に留意した落橋防止装置を紹介する。なお、上記の点を満たした桁の連結材あるいは地震力の吸収部材としては、タイブルが利用されている。ま

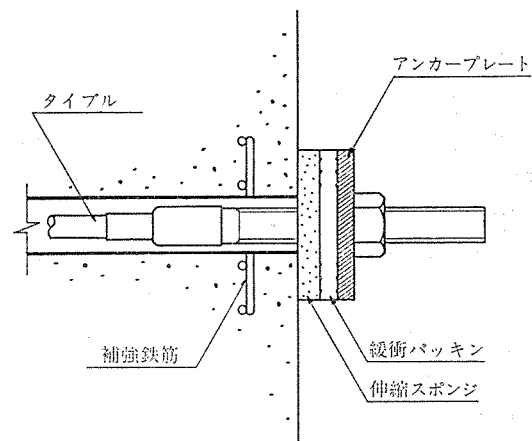


図-4

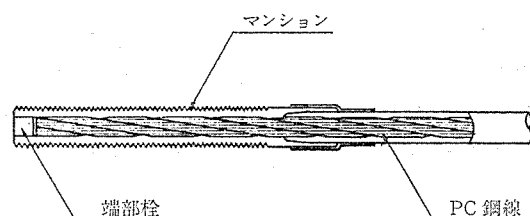


図-5

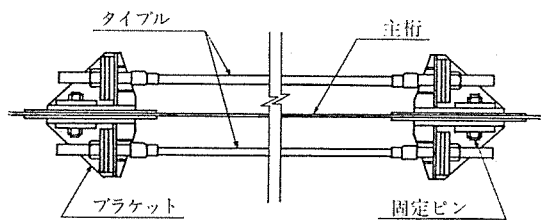
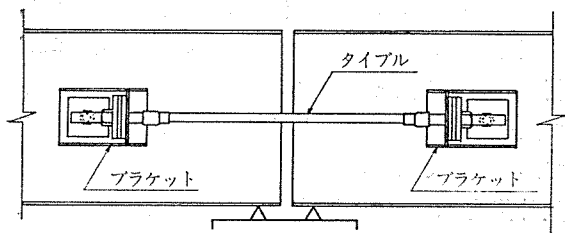


図-6

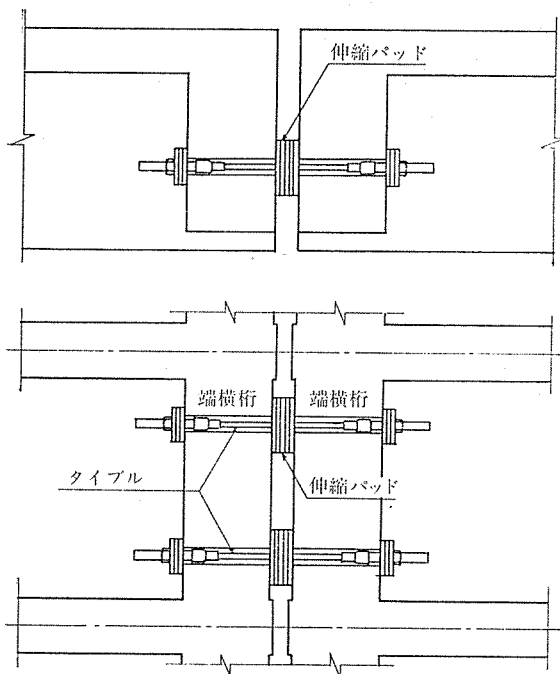


図-7

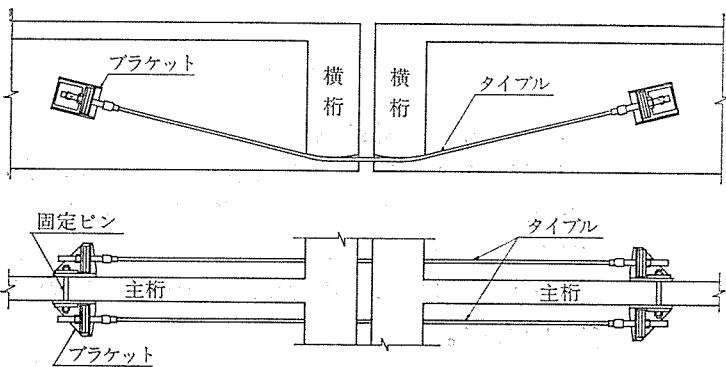


図-8

た定着部には図-4に示すように、地震時における衝撃力の他部材への影響を考慮して緩衝パッキンを、桁の温

度変化による伸縮量を吸収するために伸縮スポンジを配置する。

タイプルとは、SEEE ケーブルにポリエチレンをコーティングし、防錆したもので、定着部は図-5に示すような構造となっている。タイプルの規格については表-1に示す。

3.1 桁間連結装置

連結装置の取付け場所は、一般に鋼橋の場合図-6に示すように主桁であり、PC 橋あるいは RC 橋の場合横桁である(図-7 参照)。図-8 に示すようにコンクリート橋の主桁につける計画もあるが、例はあまりない。

主桁に取り付ける場合、ブラケットはピンボルトによって自由に回転し、連結材の定着部に極端な曲げが作用しないようにする。新設橋の横桁に取り付ける場合、図-9 に示すように連結材の通る穴を端部で拡大することにより、せん断力の一部を減少させることができる。

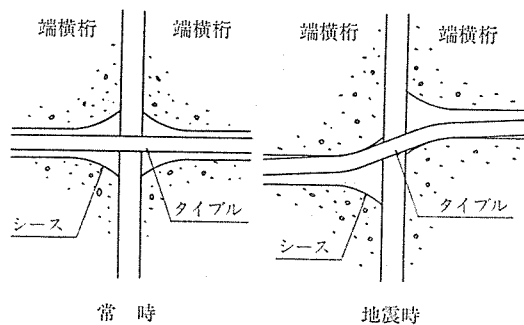


図-9

設計荷重は、主桁に取り付ける場合、桁が吊り下げられる状態を想定し死荷重反力を考え、横桁に取り付ける場合は桁と下部構造物との相対変位を制限するために、地震時の水平荷重を考えている。

単純桁が連続しており、左右の径間で構造形式が異なる場合(たとえば PC 桁と鋼桁)は、図-10 に示すよ

うな方法により落橋防止装置を取り付けることができる。また、桁間隔が異なる場合や橋軸方向の違う場合においても、図-11 および図-12 に示すように、簡単な構造で連結装置を取り付けることができる。

3.2 桁と下部構造との連結装置

この方式による構造は、桁間連結装置の一方の桁が橋台や橋脚等のコンクリート構造に置き換えられたものである。

3.3 下部構造物に突起等を設けることにより桁と下部の相対移動を制限する装置

下部構造に突起を設ける場合、剛な構造であると地震

耐震装置

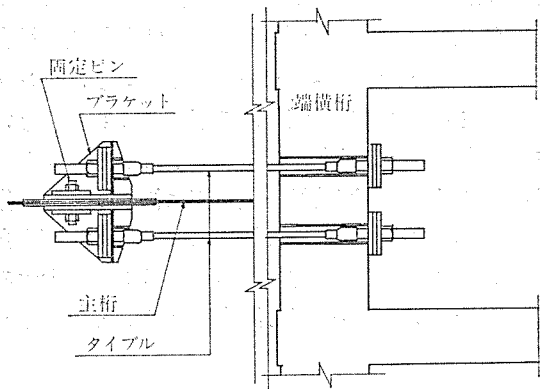
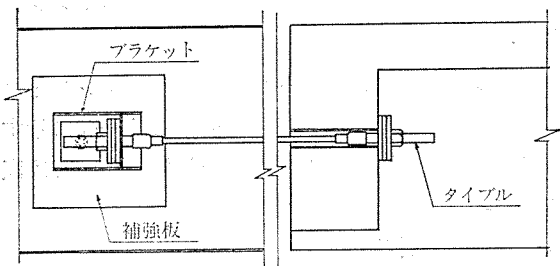


図-10

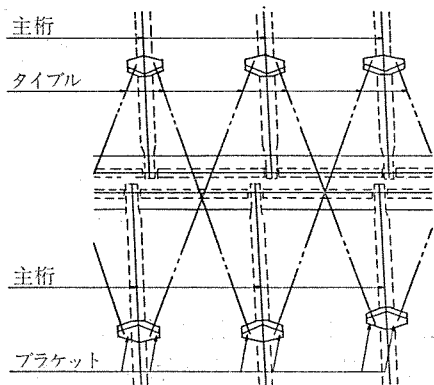


図-11

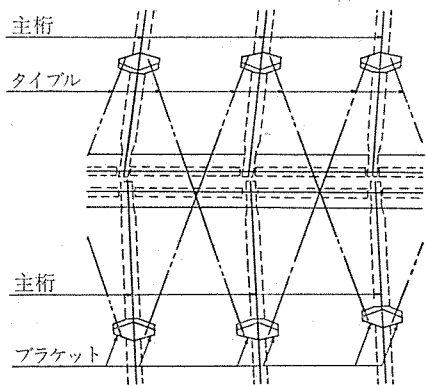


図-12

による衝撃を吸収しきれず、橋台あるいは橋脚の縁を破壊して結果的に落橋することになりかねない。この点を考慮した構造として 図-13 と 図-14 に示す構造が考

えられる。図-13 に示す装置は、上前氏(他)⁹⁾によって提案されているので参照されたい。この構造においては新設橋、既設橋を問わず施工でき、しかも既設橋において主桁や横桁等を削孔する必要がないので、施工が容易でかつ安全である。

設計荷重は、桁間連結装置を横桁に取り付ける場合と同様、地震時の水平荷重を考える。

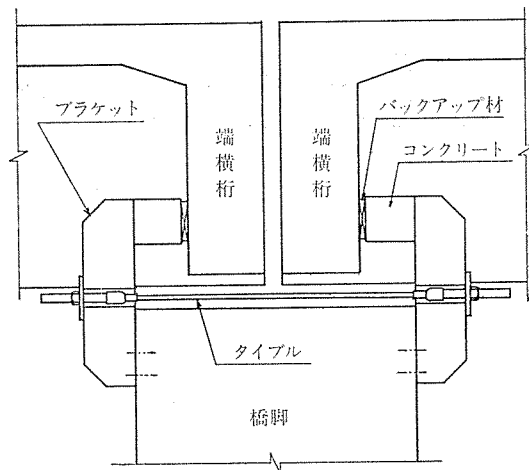


図-13

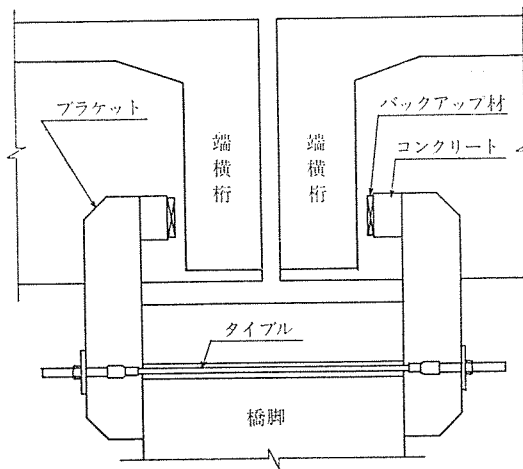


図-14

3.4 桁の衝突に対する検討

同一橋脚上にある隣接する2連の桁、あるいは橋台と桁とは、地震時に衝突することが考えられる。この時の衝撃力を吸収するために、図-7 に示すような緩衝材を挿入する必要がある。一般には、ネオプレンゴムの板を利用している。

4. 許容荷重

許容荷重については各機関で異なり、また設計荷重のとり方や橋脚頂部の広さなどによっても異なっているが

一般には次のような許容荷重のとり方でよいと思われる。

(1) 連結材 (PC 鋼線の場合)

1) 桁が吊り下げられた状態を想定するもの

設計荷重

$$T = \alpha \cdot R_d$$

ここに、

α : 荷重係数

R_d : 死荷重反力

橋脚広い場合 $\alpha = 1.0$

橋脚狭い場合 $\alpha = \sqrt{2}$

・許容荷重

$$P_a = 0.4 \cdot P_y$$

ここに、

P_y : タイプルの降伏点荷重

2) 設計力として地震時の水平荷重を考えるもの

設計荷重

$$T = 2 \cdot R_d \cdot K_h \cdot r$$

ここに、

R_d : 死荷重反力

K_h : 水平震度

r : 安全率

・許容荷重

$$P_a = P_y$$

ここに、

P_y : タイプルの降伏点荷重

(2) ピンおよび一般鋼材

道路橋示方書等の構造用鋼材の許容応力度¹⁾を使用する。地震による許容荷重の割増しを行わない。

(3) 緩衝パッキン

圧縮応力度は、常時の 80% 割増しとする。

$$\text{圧縮応力度 } 70 \text{ kg/cm}^2 \times 1.8 = 126 \text{ kg/cm}^2$$

(4) 伸縮スポンジ

許容圧縮歪量は厚さの 50% とする。

(計算例)

$$t = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta L}{0.5}$$

ここに、

t : 伸縮スポンジの必要厚

ΔL : 桁の温度変化による伸縮量

なお、伸縮スポンジは、タイプルの両方の定着部に取り付けるものとする。

5. タイプル取付け上の注意

(1) 桁の伸縮に対する考慮

夏期に取り付ける場合、冬期に桁が収縮しても、桁に過大な応力が作用しないようにタイプルを締め付けないしておく。

冬期に取り付ける場合は、逆に夏期にタイプルがあまりたわまないように、ある程度締め付けて伸縮スポンジを圧縮しておく。

(2) 振動によるナットの緩みに対する考慮

図-15 に示すようなビス付きのナットにして、ナットが緩むのを防止する。

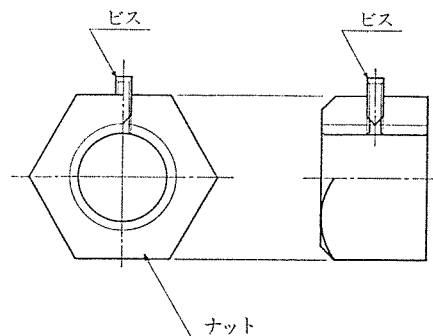


図-15

(3) 錆に対する考慮

マンションの材質は SCM3 であり、一般鋼材に比べ錆の進行は遅いが、美観上ペンキ等の塗布により防錆することが望ましい。強度的には錆代をみているので十分安全である。

6. あとがき

落橋防止装置は、地震時という特殊な条件下においてのみ荷重が作用し、また地震時における桁端および下部構造の挙動は予測し得ないものがある。筆者はこの点に特に留意して落橋防止装置の紹介を試みた。経験が浅いため、説明のたらない個所や、実情に合わないものもみうけられると思うが、今後の耐震対策の一助となれば、幸いである。

参考文献

- 1) 財団法人高速道路調査会橋梁構造研究委員会耐震設計研究班：耐震設計に関する調査研究，昭和 49 年度報告書
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編（案），昭和 53 年 6 月
- 3) 上前・池脇・青山：PC 桁落橋防止装置の新しい提案，プレストレストコンクリート，Vol. 19, No. 6, 1977 年
- 4) 西山・小寺：橋りょうの耐震設計計算例

◀次号予告▶

次号は、会員の皆様の投稿された原稿の中から以下のものを掲載いたします。バラエティに富んだ内容ですので、ご期待ください。

- ・11年間交通供用された PC 桁の性状についての調査
- ・高強度コンクリートによる PC 桁の現場施工について
- ・分割施工される PC 連続桁の遅れ弾性を考慮したクリープ解析法
- ・速日峰橋の設計と施工（その 2）
- ・コンクリート打継目近辺の温度とひずみ測定
- ・プレテンション PC 梁の疲労強度に関する研究
- ・プレテンション PC 梁のひびわれとたわみの制御
- ・プレストレストコンクリート指針によるコンクリートのクリープに対する変化係数について
- ・進行性崩壊の危険性を考慮した床版パネルのタイ接合法