

## プレストレストコンクリート鉄道橋支承部の耐震設計

橋田 敏之\*  
小須田 紀元\*

### 1. まえがき

昭和53年2月20日、同じく6月12日、宮城県沖地震は、宮城県中心部から岩手県南部にかけて、東北新幹線、在来線の構造物にかなりの被害をもたらした。

被害の内容は、コンクリート桁のシューのほか多岐にわたっており、特に東北新幹線は施工が進行中でもあり急きょ、被害原因の検討、被害構造物の補修および新規施工構造物の耐震設計などが行われた。

シューの被害は、主としてRC単T桁およびPCI桁のシューに発生したもので、被害は下シュー突起部の破損および上シュー爪部の破損が主たるものであった。

なお、ダンパー式ストッパーを使用しているPC連続桁、箱形桁には、この種の被害は生じていないことが特徴的であった。

シューの破損原因はなお数値的な究明を要するが、上下シュー間の遊間の不ぞろいによる突起、爪部などの各個撃破、およびシューの使用材料が破断時伸びの少ない鉄材（FC材）であったことによると推定された。

桁支承部の耐震設計の方針は、特に工期の関係で対策の急がれた東北新幹線では、地震時水平力はすべてストッパーによって受け持つことを基本とし、ストッパーの設計のため実物ストッパーの載荷試験を行い設計方針を検討した。

### 2. 被害パターン

宮城県沖地震によるPC桁支承部の震害は、以下に示すように分類される。

#### (1) PC桁端部のひびわれ

写真-1にみられるように、桁端部のコンクリートが破壊するものである。

これほどの激しい被害を受けた例は、3橋にすぎなかったが、この部分にひびわれ幅0.2mm~0.5mm程度のひびわれを生じた桁は多数認められた。

#### (2) シューのずれ止めの破損

写真-2に示すように、シューのずれ止め用の突起が破損するものであり、被害件数は極めて多く、とりわけ



写真-1 桁端付近のコンクリートのひびわれ

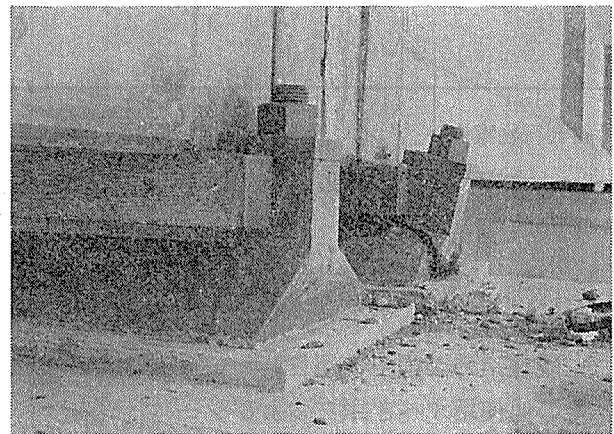


写真-2 シューずれ止めの破損

鉄材シューに認められる被害パターンである。

(3) シュー座付近のコンクリートのひびわれ、はく落など、写真-3、写真-4に認められる震害であり、シュー座の鉄筋補強、シュー座の寸法などの再検討の必要を示すものである。

#### (4) その他の震害

件数は少ないが、以下の震害が発生している。

#### 1) ローラーシューアンカーボルトの抜け上り

\* 国鉄構造物設計事務所

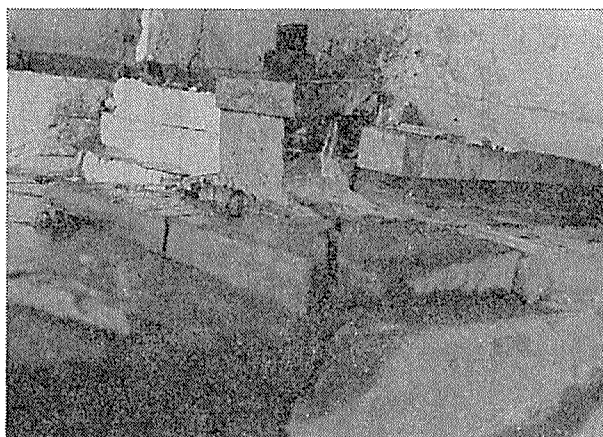


写真-3 シュー座付近のひびわれ

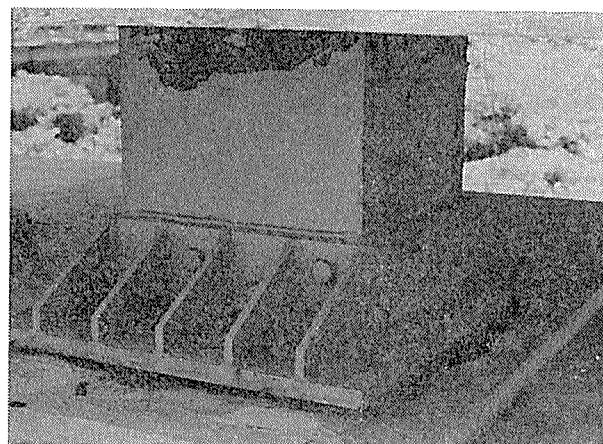


写真-6 ストッパーの油もれ



写真-4 シュー座前面のはく落

- 2) ローラーシューサイドブロックボルトの切断
- 3) ローラーシューずれ止めのひびわれ

(5) ダンパー式ストッパーの油もれ(写真-6)  
 ダンパー式ストッパーに封入されている粘性充填材が急激な振動により外部に押し出されたものである。  
 油のもれ量は全封入量の5%以下であった。

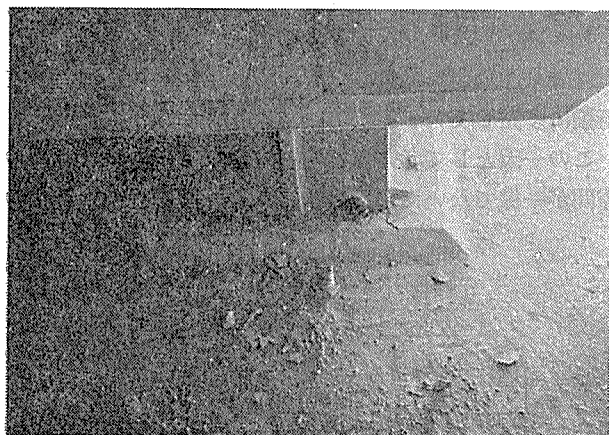


写真-5 ローラーシューサイドブロックボルトの切断

### 3. PC 桁支承部の耐震設計の基本事項

今回東北新幹線構造物の支承部についてとられた基本対策は表-1に示すものである。

表-1 東北新幹線 RC 桁および PC 桁用シューなどの地震対策の概要

1. 基本的な考え方  
 水平力をすべてストッパーに負担させシューは鉛直反力のみを支持することを基本とする。
2. 現行シューの対策

施 工 段 階	シュー、ストッパー
(i) 下部工が施工済みで上部工未施工の場合	爪強化新シューを使用する
(ii) 上下部工とも未施工の場合	鋼角ストッパーを使用するとともにシューは種別に応じて次の処置をとる 爪なし新シュー、新規には爪なし新シューを使用する FCシュー、製作済みのシューがある場合、改造し爪を取り外す BPシュー、そのまま使用する

3. 今後下部を新たに設計するもの、下部工の設計の変更が可能なもので、スパン 25m 以下のものについては、ゴムシューとゴムシュー用ストッパーを併用する。

表中、鋼角ストッパーとは図-1に示す構造のものであり、爪なしシューまたはゴムシューと併用する。

### 4. シューおよびシュー座の設計

宮城県沖地震の震害にかんがみ、東北新幹線構造物の支承部の設計は、まえがきに述べた基本方針に従うほか、個別には、以下に述べるような対応策をとることにした。

#### (1) PC 桁端部の補強

従来設計されている PC 桁端部は、橋軸方向の鉄筋とプレストレスにより補強されているが、震害の状況(写真-1)より補強の不足が認められた。

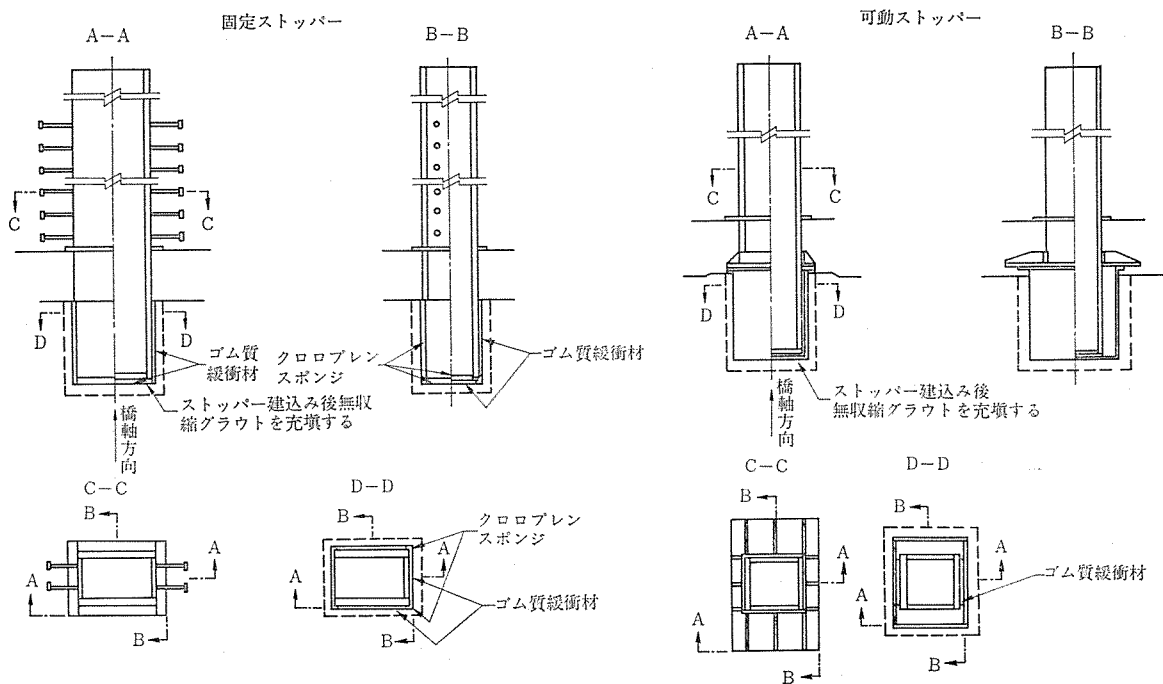


図-1 鋼角ストッパー

したがってこの部分を耐震的に強化するためには、設計水平力に抵抗し得る鋼材を、桁端橋軸方向に配置し、桁端にしっかり定着するほか、桁端面での橋軸方向水平力に対するせん断破壊面を横切るように主ケーブルの一部を配置することが有効と考えられる。

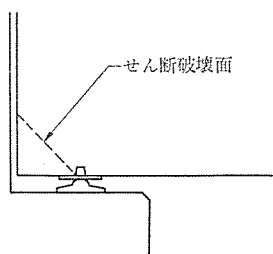


図-2

具体的には、次式で算定される  $A_s$  をせん断破壊面を横切るように配置する。

$$A_s = \frac{H}{\sigma_{sa}}$$

ここに、

$A_s$  : 必要鉄筋断面積

$\sigma_{sa}$  : 地震時の割増しを考慮した鉄筋の許容応力度

$H$  : 桁に作用する地震時橋軸方向水平力

(2) シューの耐震設計

宮城県沖地震の経験より、シューを耐震的構造とするための要点は以下の4項目にまとめられる。

- 1) 材質の改良
- 2) 応力集中の軽減

- 3) 負担力の平均化
  - 4) 作用力の再評価
- 1) について

伸び能力の小さい鋳鉄を使用したシューの破損件数が圧倒的に多いことから、伸び能力の高い材料を使うことが、破損を防ぐうえで有効な対策と考えられる。そこで東北新幹線コンクリート桁用標準シューの爪強化型のものについては、材質として、シャルピー衝撃値が JIS 規格によって保証される SCW 材（溶接構造用鋳鋼品 JIS G 5102）を選ぶことにした。

2) について

部材断面が急変する部分には応力集中現象がみられることは、周知の事実である。

そこで、今後設計するシューの隅角部には半径 10mm 程度の  $R$  を付けることにしている（図-3）。

3) について

宮城県沖地震におけるシューずれ止めの破損は、多主桁橋に多発している。

この一因として考えられることはシューのずれ止めの隙間が一樣でないために生ずるシュー爪あるいは突起の

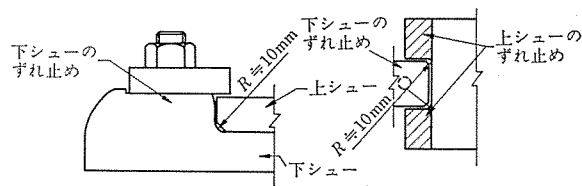


図-3

各個撃破である。

この対策は、ずれ止めの際間を一様とし、一支点上のシューの負担力を平均化することである。

PCI 形桁では、架設に際して上シューと下シュー突起の間の際間は必要であり、現在隙間間隔5mmで設計しているが、主桁架設時に、この隙間不ぞろいが生じたまま桁が完成する。この不ぞろいを防止するためには、主桁架設終了後、この間隔を調整する必要がある、この隙間調整は、ステンレス板等の詰物によることとした。

4) について

シューに作用する水平力は左右の橋脚の振動性状の相違、上シューずれ止めと下シュー突起の間に隙間があることによって生ずる衝撃などによって、局部的に大きくなる。

東北新幹線用新標準シューの設計では、このような現象を考慮して、支承部の設計震度を、橋脚躯体の設計震度の50%増しとした。

なお現在審議中の耐震設計指針(案)では、この割増し係数を表-2のように定め、シュー、ストッパー、シュー座、ストッパー埋込み部の設計に適用することを考えている。

表-2 シューおよびストッパーの種類に応じた補正係数( $A_4$ )

種別	方向	支持方式	$A_4$	
シューおよびストッパー	橋軸	FF-MM	丸ピア以外	1.00
			丸ピア	1.10
		FM-FM	1.25	
	橋軸直角	全方式	1.40	

(3) シュー座の設計

シュー座の耐震強度を向上させるためには、シュー縁端より橋脚前面までの距離を必要量確保すること、およびシュー座の鉄筋補強を十分に配置する必要がある。

耐震設計指針(案)では、次のように定めている。

- 1) シュー縁端より橋脚前面までの距離
  - a) 鉄筋コンクリート桁, PC 桁, 合成桁
    - $l < 15 \text{ m}$ ,  $a = 15 \text{ cm}$

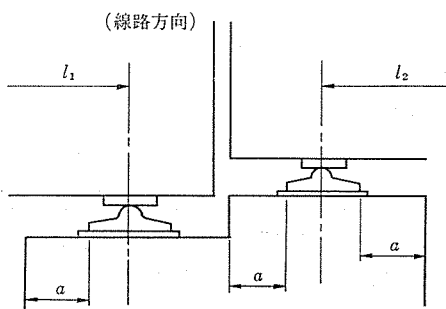


図-4

- $15 \text{ m} \leq l < 20 \text{ m}$ ,  $a = 20 \text{ cm}$
- $20 \text{ m} \leq l < 30 \text{ m}$ ,  $a = 25 \text{ cm}$
- $30 \text{ m} \leq l < 40 \text{ m}$ ,  $a = 35 \text{ cm}$
- $l \geq 40 \text{ m}$ ,  $a = 40 \text{ cm}$

- b) プレートガーダー
  - $l < 25 \text{ m}$ ,  $a = 20 \text{ cm}$
  - $l \leq 25 \text{ m}$ ,  $a = 25 \text{ cm}$
- c) トラス
  - $a = 30 \text{ cm}$

2) 桁座の鉄筋配置および最少鉄筋量

桁座の最少鉄筋量は式(1), 式(2)によって求めた鉄筋量を図-5の①のように配置すること。なお、この鉄筋の最少量は線路方向および線路直角方向にD13を200mm間隔とし、式(2)で求めた鉄筋とともに籠状になるよう配筋すること。

$$A_s = H_s / \sigma_{sa} \dots\dots\dots(1)$$

ここに、

$A_s$ : 鉄筋量 ( $\text{cm}^2$ )

$H_s$ : シューに作用する水平力 (kg)

$\sigma_{sa}$ : 鉄筋の許容引張応力度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$$A_s = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{b_1}{b_c}\right) \frac{P}{\sigma_{sa}} \dots\dots\dots(2)$$

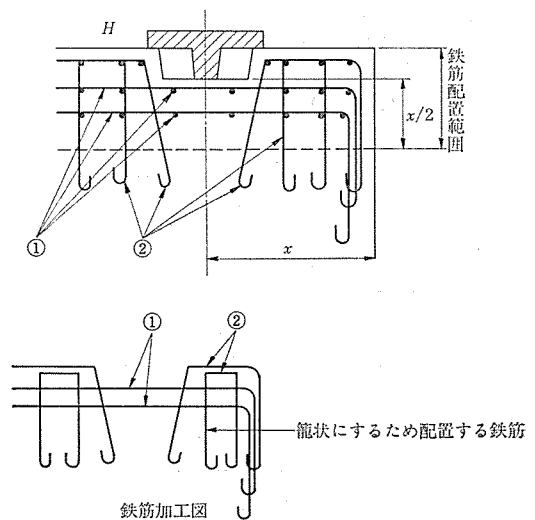
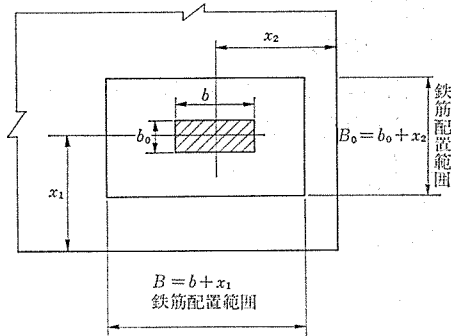


図-5

## 耐震設計

ここに、

$P$  : 支圧力

$b_1$  : 支圧力の作用幅

$b_c$  : 支圧力の分布幅  $b_c = 2b_2 \leq 5b_1$

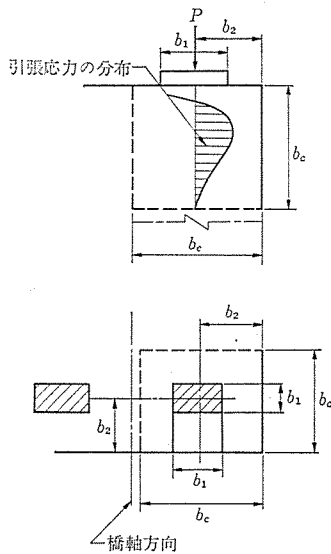


図-6

### 5. ストッパーおよび埋込み部の設計

#### (1) ストッパーの設計

ストッパー本体の材質は SM 50 YB または、これと同等以上のものとする。

ストッパー本体に生ずる断面力および埋込み部のコンクリートの支圧応力度は次式によって計算してよい。

$$\sigma_1 = \frac{2H}{a^2b} (3l+a)$$

$$\sigma_2 = \frac{2H}{a^2b} (3l+2a)$$

$$x = \frac{a(3l+a)}{3(2l+a)}$$

$$M_{\max} = \frac{4}{27} H \frac{(3l+a)^3}{(2l+a)^2}$$

$$S = \frac{H(3l+a)^2}{3a(2l+a)}$$

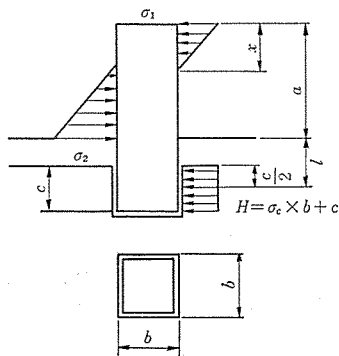


図-7

ここに、

$\sigma_1, \sigma_2$  : ストッパー埋込み部のコンクリート応力度

$H$  : ストッパーに作用する水平力

$M_{\max}$  : ストッパー本体に生ずる最大曲げモーメント

$S$  : ストッパー本体に生ずる最大せん断力

#### (2) ストッパー埋込み部の補強

ストッパー埋込み部の周辺は、作用水平力に対して十分に鉄筋補強をする。

補強鉄筋の配置例を図-8 に示す。

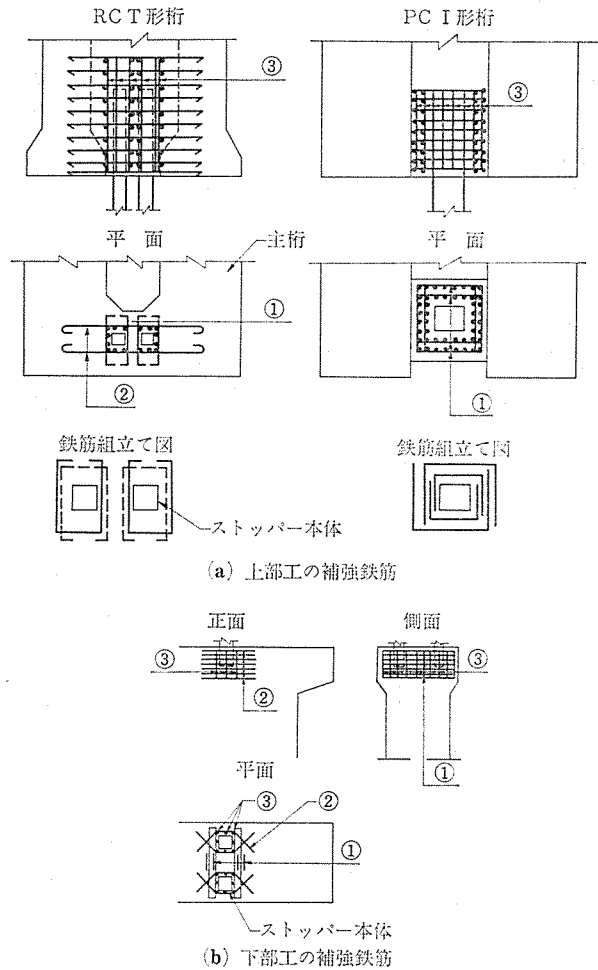


図-8

### 6. あとがき

宮城県沖地震の震害により、各種構造物の問題点が浮きぼりされる結果となった。

PC 桁の支承部が弱点であったことが明らかにされ、この対応策は前述のような方針で行われているが、なお、地盤条件、下部構造の振動特性などを考慮した、きめの細かい対策については、今後の研究に期待する点が多く残されている。本稿では紙数の関係もあり、PC 桁の支承部の耐震設計に関する概要を述べたにとどまったことをお許し願いたい。