

# コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案

名古屋大学 正会員 ○宇佐美勉・鈴木森晶・葛 漢彬

## 1. まえがき

平成7年1月17日に兵庫県南部を襲った直下型地震は、同地域の社会基盤施設に未曾有の損害を与えたが、鋼製橋脚の被害は、鉄筋コンクリート橋脚に比べれば少なかった。その理由の一つとして、橋脚基部に中詰めされている車両衝突防止用のコンクリートの存在が挙げられる。中詰めコンクリートの強度は低いが、柱基部の構成板要素の局部座屈の発生を防止することにより、鋼製橋脚の耐震性能の向上におおいに貢献をしたと考えられる[3]。この効果をよりいっそう発揮させ、かつ自重軽減を意図した鋼製橋脚が、コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚である。本論文は、これまでの著者等の研究成果[1~5]を踏まえ、コンクリートを基部に部分的に充填した片持柱タイプの鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案を行おうとするものである。設計の流れは図1に示すが、基本的な考えは無補剛箱形断面橋脚に対する文献[5]と同様である。断面形状は、補剛箱形断面とする。以下主要な項目について提案の骨子を示す。

## 2. 震度法による設計（1次設計）

震度法による設計は充填コンクリートを無視し、鋼断面のみを考慮して現行道路橋方書に基づき行う。ただし、鋼製橋脚断面の構成板パネルおよび縦方向補剛材は次の条件を満足するように設計する：

$$R \leq 0.5, \quad \gamma \geq 3.0\gamma^* \quad (1, 2)$$

ここに、 $R$ =構成板要素の純圧縮板に対する幅厚比パラメータ、 $\gamma$ =縦方向補剛材剛比、 $\gamma^*$ =線形座屈理論から求められる縦方向補剛材の最適剛比である。

充填コンクリートは鋼製橋脚の変形性能を高めるため、橋脚基部の下ベースプレートから所定の高さまで中詰めし、コンクリート天端には中間ダイアフラムを必ず設ける[3]。充填コンクリートは設計基準強度が160~240kgf/cm<sup>2</sup>のコンクリートを使用し、コンクリートの充填高さは、後述のように、コンクリート充填部および中空鋼断面部がほぼ同時に限界状態に達するように決める。

## 3. 地震時保有水平耐力照査（2次設計）

- (1) コンクリートを充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力および許容塑性率を算出する場合には、図2に示すように、上部構造の自重に相当する一定鉛直力  $P$  と上部構造の慣性力に相当する水平力  $H$  が、上部構造の慣性力の作用位置に作用するはり一柱として取り扱う。ただし、橋脚の自重の影響は無視しても良い。
- (2) 降伏水平力  $H_y$  および降伏変位  $\delta_y$  は、コンクリート充填鋼製橋脚の、ある断面で鋼板が降伏するときの水平力および水平変位とする。
- (3) 終局水平耐力  $H_u$  および終局変位  $\delta_u$  は、コンクリート充填鋼製橋脚の1部が破壊基準を満たすときの水平力および水平変位とする。
- (4) 鋼およびコンクリートの応力-ひずみ曲線は、それぞれ、図3および図4に示すとおりとする。また、コンクリートの引張強度は無視する。

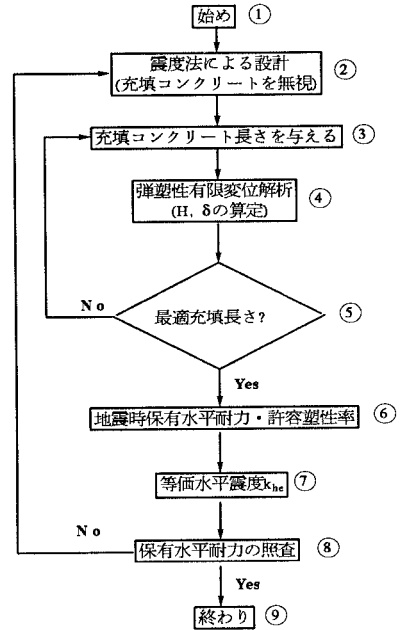


図1 設計の流れ

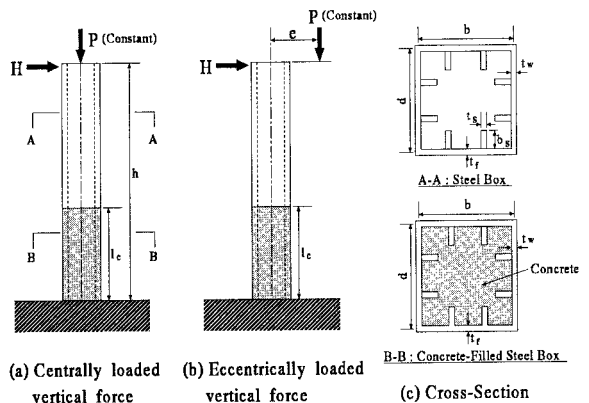


図2 解析モデル

- (5) 鋼とコンクリートの付着は完全とみなし、平面保持の仮定を用いて断面の軸ひずみを計算する。
- (6) コンクリート充填部  $D_c$  および中空鋼断面部  $D_s$  の損傷度はそれぞれ式 (3)、式 (4) より算定する。いずれかが1.0に達したときに橋脚は終局状態に達したとみなす。

$$D_c = \frac{\varepsilon_{a,c}}{\varepsilon_{u,c}}, \quad D_s = \frac{\varepsilon_{a,s}}{\varepsilon_{u,s}} \quad (3, 4)$$

ここに、 $\varepsilon_{a,c}$ =コンクリート最縁端に生ずる圧縮ひずみの、コンクリート充填部の有効破壊長(=0.7b)領域での平均、 $\varepsilon_{a,s}$ =中空鋼断面フランジに生ずる圧縮ひずみの、中空鋼断面部の有効破壊長(0.7bまたはaの小さい方の長さ)領域での平均、b=フランジ幅、a=中空鋼断面フランジ補剛板のダイアフラム間距離、 $\varepsilon_{u,c}$ =コンクリートの限界ひずみ(=0.006)、 $\varepsilon_{u,s}$ =中空鋼断面フランジの限界ひずみで、式(5)より求める。

$$\frac{\varepsilon_{u,s}}{\varepsilon_y} = \frac{0.145}{(\bar{\lambda}_s - 0.2)^{1.11}} + 1.19 \leq 20.0 \quad (5)$$

$$\bar{\lambda}_s = \frac{1}{\sqrt{Q}} \frac{a}{r_s} \pi \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (6)$$

$$Q = \frac{1}{2R} [\beta - \sqrt{\beta^2 - 4R}] \leq 1.0, \quad \beta = 1.33R + 0.868 \quad (7, 8)$$

ここで、 $r_s$ =1本の縦方向補剛材と隣接板パネルよりなるT形断面(フランジ総幅=b/n)の断面2次半径、n=フランジ補剛板のサブパネル数。

- (7) コンクリートの充填高さは、橋脚の終局状態において、 $D_c=1.0$ 、および  $0.8 \leq D_s < 1.0$  になるように決めるのがよい。
- (8) 中空鋼断面の断面変化点についても損傷度  $D_s$  を算定し、橋脚の終局状態において、 $D_s \leq 1.0$  であることを確かめなければならない。
- (9) 地震時保有水平耐力  $H_a$ 、許容塑性率  $\mu$ 、等価固有周期、地震時保有水平耐力の照査に用いる設計水平震度  $k_{hc}$  は、現行道路橋示方書により算出する。
- (10) 地震時保有水平耐力の照査に用いる等価水平震度  $k_{he}$  は、次式より求めるものとする。

$$k_{he} = \frac{k_{hc}}{\sqrt{\left(1 + \frac{H_a}{H_y}\right)\mu - \frac{H_a}{H_y}}} \quad (9)$$

- (11) 地震時保有水平耐力の照査は、現行道路橋設計示方書と同様に行う。

4. 構造細目

- (1) コンクリート充填部の橋脚のフランジと腹板のかど溶接は、全断面とけ込みグループ溶接によるものとする。
- (2) 橋脚の板パネルの縦方向補剛材は上ベースプレートを貫通させる構造とする。

参考文献

- (1) 宇佐美 勉、水谷慎吾、青木徹彦、伊藤義人、安波博道：補剛箱形断面鋼圧縮部材の繰り返し弾塑性挙動に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.38A、1992、pp.105-117。
- (2) 宇佐美 勉、葛 漢彬、水谷慎吾：コンクリートを部分的に充填した無補剛箱形鋼柱の繰り返し弾塑性挙動、構造工学論文集、Vol.39A、1993、pp.249-262。
- (3) 葛 漢彬、宇佐美 勉、戸谷和彦：繰り返し荷重を受けるコンクリート充填鋼柱の強度と変形能に関する研究、構造工学論文集、Vol.40A、1994、pp.163-176。
- (4) 才塚邦宏、木曾英滋、宇佐美 勉、伊藤義人：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験、構造工学論文集、Vol.41A、1995。
- (5) 葛 漢彬、宇佐美 勉：コンクリートを部分的に充填した鋼箱形断面柱の終局強度と変形能に関する解析的研究、土木学会論文集、No.513/I-31、108-120、1995。
- (6) 倉西 茂編：鋼構造物の終局強度と設計、土木学会、1994年7月。
- (7) 宇佐美 勉、鈴木森晶、H. P. Mamaghani、葛 漢彬：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案、土木学会論文集へ投稿中。

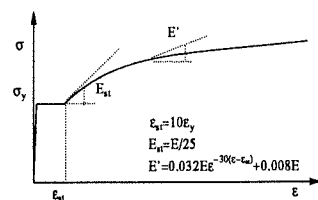


図3 鋼材の応力-ひずみ関係

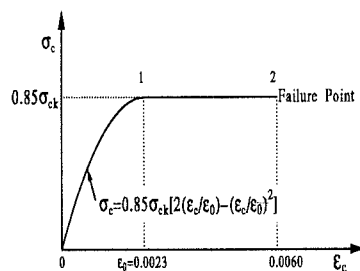


図4 コンクリートの応力-ひずみ関係