

鋼橋脚の安全性指標に関する基礎的研究(その2)

徳島大学大学院 学生員 〇玉置 裕規
 徳島大学工業短期大学部 正会員 平尾 潔
 徳島大学工学部 正会員 児嶋 弘行
 徳島大学工学部 正会員 成行 義文

1. まえがき

前回、著者は独立柱およびラーメン形式の鋼構造橋脚が、耐震設計で規定された震度法ならびに修正震度法による静的な地震力を受けた場合の、機構崩壊に対する安全性指標について報告したが¹⁾、前回は簡単のために、幾何的非線形性が骨組構造物の崩壊に及ぼす影響は無視していた。しかし、幾何的非線形性が骨組構造物の終局強度に対して、危険側の要因となることは周知のことであり、本研究のような鋼橋脚の安全性を検討する場合には、この影響についても比較検討しておく必要があるものと思われる。そこで本研究では前回に引き続き、主として修正震度法²⁾によって弾性設計された簡単な独立柱(片持ちばり)およびラーメン形式の橋脚を対象とし、幾何的非線形性要因である天端の水平変位を考慮した場合の、塑性関節の発生に対する安全性指標を求め、若干の比較検討を行った。

2. 解析上の仮定および破壊基準関数

1) 仮定: 前回の仮定に加えて、次のような仮定を設けた。(1)変動量は部材断面の保有する全塑性モーメント(抵抗)および上部工重量による慣性力(荷重作用)のみとし、前者は降伏点強度、後者は設計水平震度の変動係数により考慮する。(2)上部工重量の慣性力と天端の水平変位は完全従属であり、天端の水平変位の変動係数は設計水平震度のそれと等しいものとする。

2) 破壊基準関数: Fig. 1 に示す独立柱橋脚については、下端の塑性ヒンジ発生に対する破壊基準関数 Z として、次式を用いた。

$$Z = M_p - P h - \delta W \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 M_p は断面の保有する塑性モーメント、 h は柱高、 W は上部工重量、 P は W による慣性力、 δ は天端の水平変位である。

Fig. 2(a)に示すラーメン橋脚においては、上部工重量 W_1 、 W_2 ($W = W_1 + W_2$)およびその慣性力 P_1 、 P_2 による曲げモーメント分布を求め、 $M = 0$ となる点(Fig. 2(a),(b)の a, b, c)で各部材を分割し、これらの部材①~⑥を片持ちばり(分割側が自由端、支点および節点が固定端)にモデル化して、式(1)と等価な式(2)の破壊基準関数を用いた。

$$\begin{Bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ Z_4 \\ Z_5 \\ Z_6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ & & & 1 & & \\ 0 & & & & 1 & \\ & & & & & 1 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} M_{p1} \\ M_{p2} \\ M_{p3} \\ M_{p4} \\ M_{p5} \\ M_{p6} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} h_1 & N_{12} & & & & \\ h_2 & N_{12} & N_{24} & & & \\ & h_3 & N_{34} & 0 & & \\ h_4 & & & 0 & N_{34} & \\ 0 & h_5 & & & & N_{56} \\ & h_6 & & & & N_{56} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} S_{2a} \\ S_{34a} \\ S_{56} \\ \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \vdots \\ \delta_6 \end{Bmatrix} \quad \text{----- (2)}$$

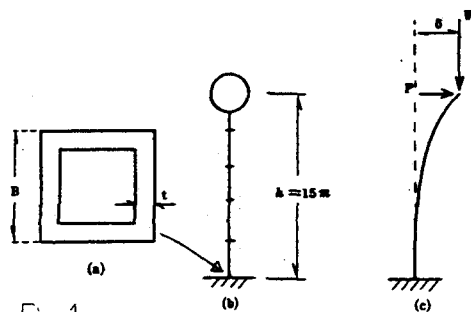


Fig. 1

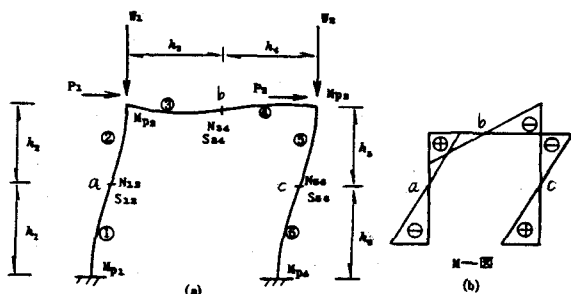


Fig. 2

ここで、 $h_1 \sim h_6$, $N_{12} \sim N_{56}$, $S_{12} \sim S_{56}$, $M_{p1} \sim M_{p6}$ はそれぞれ Fig. 2 (a) に示す、各部材の部材長、軸力、せん断力、および塑性モーメントであり、 $\delta_1 \sim \delta_6$ は各部材を片持ちばりにモデル化したときの、固定端に対する自由端の相対変位である。なお、このラーメン橋脚では、多数の破壊モードが存在することになるため、全体の安全性指標 β は、すべての確率変数 (式(1)の M_p, P, δ および式(2)の $M_{p1}, \dots, M_{p6}, S_{12}, S_{34}, S_{56}, \delta_1, \dots, \delta_6$) が正規分布に従うとの仮定を用いて近似した。また、ラーメン橋脚は不静定構造物であるから、静定な独立柱の場合と異なり、塑性関節の発生が直接には橋脚の崩壊を意味しない。

3. 計算例

本研究では、橋脚の高さ $h = 15\text{m}$ 、標準設計水平震度 0.2 、鋼材の降伏点強度 $\sigma_y = 3000\text{kg/cm}^2$ として、上部工重量 W 、降伏点強度の変動係数 V_{yp} 、設計水平震度の変動係数 V_{kr} 、慣性力に対する荷重係数 γ を変化した場合の安全性指標 β を計算し、前回の幾何的非線形性を無視した機構崩壊に対する場合も含めて、種々の比較検討を行なっているが、その詳細は講演会当日紹介することとし、ここでは、 $V_{yp} = 0.1$, $V_{kr} = 0.2$, $\gamma = 1.0$ として、 W を $100\text{ton} \sim 500\text{ton}$ まで 80ton おきに増大させた場合の独立柱およびラーメン橋脚に対する β を、それぞれ、Fig. 3, Fig. 4 に示しておく。ただし、図中では、case... で解析結果を区別しており、最初の数字は構造形式の相違 (独立柱 = 1、ラーメン = 2)、2番目の数字は軸力による塑性モーメント低下の考慮の有無 (有 = 1、無 = 0) を表わし、3番目と4番目の数字は、それぞれ、天端の変位に伴う座標変換行列修正の有無 (有 = 2、無 = 1)、および断面決定に用いる設計水平震度決定法の相違 (修正震度法 = 1、震度法 = 0) を表わす。なお、これらの図の下段の表は弾性設計された橋脚の断面寸法 (Fig. 1 (a) の B, t) を表わす。

4. 結論

(1) 天端の水平変位を考慮した安全性指標 β は、仮定による誤差等を考えあわせても、これを無視した場合の β よりも、得られたデータの全般にわたって、かなり小さな値となる。(2) ラーメン橋脚の β は、いかなる解析条件の場合も、上部工重量の増加に対応して、安定したゆるやかな増加曲線を描くが、独立柱橋脚の β は、かなり不安定な面がある。(3) 降伏点強度および設計水平震度の変動係数をかなり減じても、大巾な β の増大は望めず、慣性力に対する荷重係数を上げた方が有効である。

参考文献

- 1) 玉置・平尾・児嶋・成行: 鋼橋脚の安全性指標に関する基礎的研究, 土木学会中四支部第33回年次学術講演概要集, I-1, 1981
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書 (V面耐震設計編) 同解説, 丸善, 1980
- 3) 白石・古田・中野: 安全性指標の信頼性解析への適用に関する2, 3の考察, 土木学会論文報告集, 第301号, pp. 13~22, 1980
- 4) A. Ang and W. Tang 著, 伊藤学・亀田弘行訳: 土木建築のための確率・統計の基礎, pp. 191, 1977

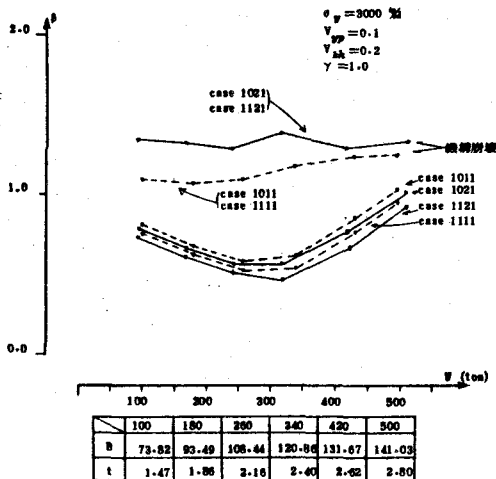


Fig. 3

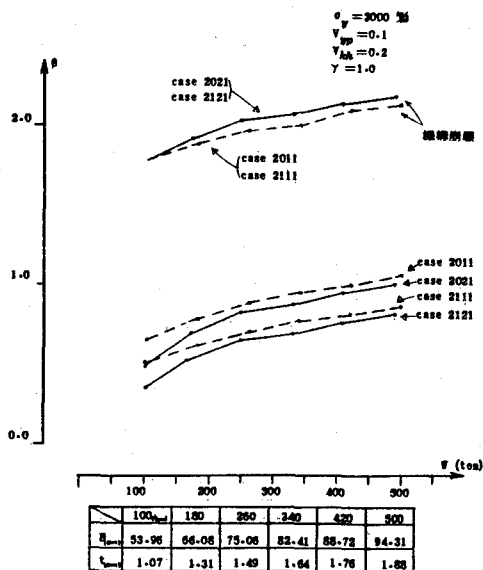


Fig. 4