

R C 橋脚をもつ鋼斜張橋の終局強度に関する研究

徳島大学工学部 学生員○袁 紅茵 徳島大学工学部 正 員 平尾 潔
 四国建設コンサルタント(株) 正 員 吉崎和人 四国建設コンサルタント(株) 正 員 石田尚之

1. まえがき 本研究では、鋼薄肉断面部材とRC部材を有する三次元骨組構造物を対象として、幾何的ならびに材料の両非線形性を考慮した一複合非線形解析に対する汎用解析プログラムを作成し、斜張橋の終局強度解析に適用した。そして、RC橋脚の地震時安全性照査を目的として、上部工とRC橋脚を一体とした斜張橋の全体解析を行ない、本解析結果と道路橋示方書による地震時保有水平耐力を比較検討した。

2. 解析方法 本解析法は、小松ら¹⁾、崎元ら²⁾の部材移動座標系に基づく鋼構造物の複合非線形解析法に、RC部材を導入したものである。解析に際しては以下の仮定を設けた。鋼構造部材では、1)平面保持の仮定が成立し、局部座屈は生じない。2)捩じりはSt.Venantの捩じりのみを考慮し、断面のそりは考慮しない。3)St.Venantの捩じりによる剪断流れは断面内では一様とし、剪断中心はその位置を変えない。4)荷重は一定荷重と比例漸増荷重とする。5)鋼部材の断面は薄肉閉断面とし、材料は図-1に示すような相当応力-ひずみ関係を有するものとする。6)材料の降伏はVon-Misesの降伏条件に従い、応力-ひずみの増分関係は、塑性領域ではPlandtl-Reussの関係式に従う。また、RC部材については上記1)~4)のほかに、7)コンクリートは図-2に示す応力-ひずみ関係を有するものとする。8)鉄筋は図-3に示す応力-ひずみ関係を有するものとする。9)鉄筋とコンクリート間のボンドスリップは生じないものとする。

つぎに、断面内の任意点P(η, ζ)におけるひずみ増分と変位増分の関係は、部材座標系の座標を(η, ζ)、断面の剪断中心における変位増分をΔu, Δv, Δw, 捩じれ角増分をΔφとすれば、次式のように表わされる。

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon = & \Delta u' - (\eta - \zeta \cdot \Delta \phi) \cdot \Delta v' - (\zeta + \eta \cdot \\ & \Delta \phi) \cdot \Delta w' + [(\Delta v')^2 + (\Delta w')^2] / 2 + \\ & (\eta^2 + \zeta^2) \cdot (\Delta \phi')^2 / 2 \quad \dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\Delta \gamma = r_s \cdot \Delta \phi' \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 r_s は剪断中心から、Pの接線に下した垂線の長さを表す。式(1)、(2)と応力-ひずみ増分関係、断面力-断面変形増分関係を用いて、ポテンシャルエネルギーの停留原理を適用すれば、部材座標系での材端力増分と変位増分との関係が次式のように表わされる。

$$(k_e + k_p + k_g) \Delta u = \Delta p - (f - p) \quad \dots\dots (3)$$

ここに、 k_e , k_p , k_g はそれぞれ部材弾性剛性行列、塑性剛性行列、幾何的非線形性に起因した初期応力行列を表す。また、式(3)に座標変換を施せば全体座標系に対する増分関係式が次式のように表わされる。

$$(K_e + K_p + K_g) \Delta U = \Delta P - (T \cdot f - P) \quad \dots\dots (4)$$

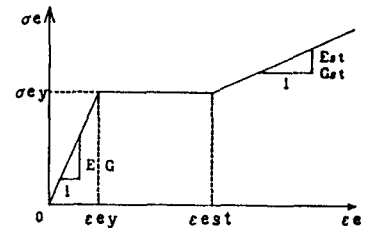


図-1 鋼部材の相当応力-ひずみ関係

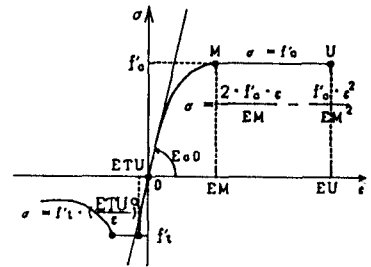


図-2 コンクリートの応力-ひずみ関係

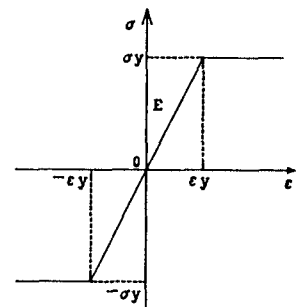


図-3 鉄筋の応力-ひずみ関係

ここに、 $(T \cdot f - P)$ は不釣合力を表わす。以下周知の方法で骨組全体の釣合い式を立て、繰返し計算を行い、不釣合力を修正しながら収束解を得る。なお、本解析では荷重を増加してゆき、変位が急増した時点で骨組は崩壊したものとみなし、解析を終了した。

3. 解析モデル 解析の対象とした斜張橋(総節点数91, 総部材数138)を図-4に示す。また、RC橋脚断面の鉄筋配置を図-5に示す。

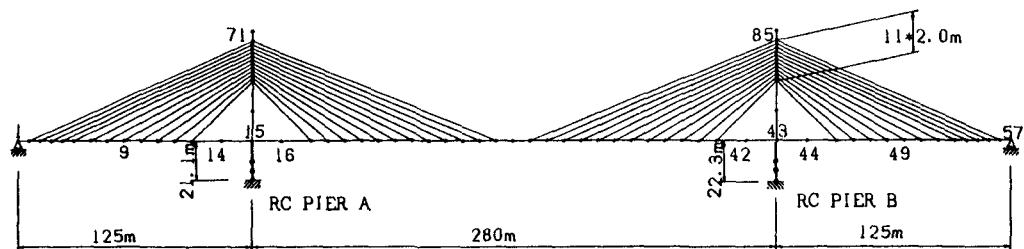


図-4 斜張橋の平面解析モデル

4. 解析結果 上部工の終局強度解析結果の詳細は、発表会当日にゆずり、図-6にRC橋脚天端の水平力-水平変位関係を示す。なお、図中のa)~d)は、それぞれつぎのような結果を示す。a) 節点15, 43がピン結合された場合の結果。b) 軸方向力と水平力が作用する単独橋脚とした場合の結果³⁾。c) 道路橋示方書による地震時水平耐力照査結果。d) 節点15, 43を剛結とした場合の結果。図よりa), b)の結果はc)の道路橋示方書⁴⁾の終局強度に近い。しかし、上部工からの曲げモーメントの影響をうけるd)では終局強度がかなり低下していることがわかる。

5. まとめ 上部工と剛結された斜張橋橋脚の地震時安全性については、全体解析を行って照査する必要があるものと思われる。

参考文献 1) Komatsu, S. and Sakimoto, T. "Nonlinear Analysis of Spatial Frames Consisting of Members with Closed Cross-Sections", Proc. of JSCE, No.2, pp.143-157, Aug., 1976.

2) Sakimoto, T., et al "Nonlinear Analysis of Thin-Walled Frames and Members with Arbitrary Open Cross Sections", Proc. of JSCE, Structural Eng./Earthquake Eng., vol.2 pp.139-147, October, 1985.

3) Yuan Hongying "Nonlinear Ultimate Analysis of Three Dimensional Framed Structures with Steel and RC Members", A Thesis for the Master Degree of Engineering in The University of Tokushima, 1992.2.

4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成2年2月

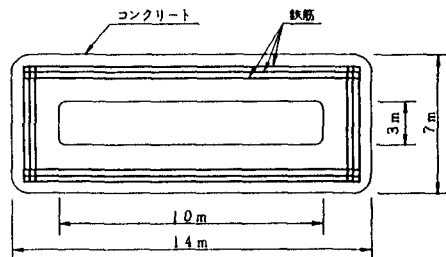


図-5 橋脚断面の鉄筋配置

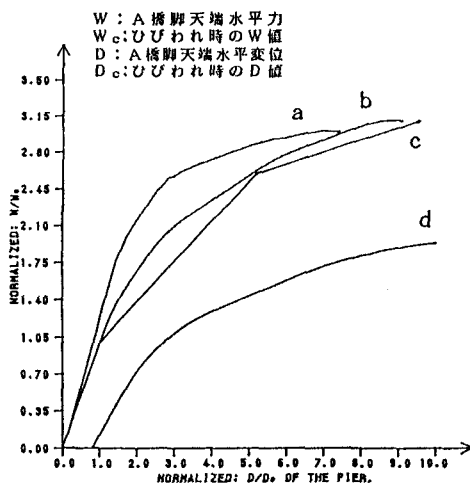


図-6 橋脚天端の水平力-水平変位