

鉄筋コンクリート複合橋脚の耐力に関する研究

秋田大学 学生員 ○若狭 謙榮
秋田大学 学生員 大野 学
秋田大学 フェロー 川上 洵

1. まえがき

図-1のようなコンクリート、鉄筋および鋼板よりなる鉄筋コンクリート複合橋脚に、地震荷重などの曲げモーメントが作用する場合、この橋脚は、材齢により次のように構造が変化する。a)材齢 t_0 で軸力 N が基準点 O （断面の図心）に作用する。b) a)の軸力 N を持続荷重と考え、鉄筋コンクリート複合部材は期間 $t_0 \sim t_1$ でクリープおよび乾燥収縮により変形し、応力が生じる¹⁾。c)材齢 $t=t_1$ において曲げモーメント M が作用しひび割れが生じる。本研究においては上記 a)～c)の挙動を解析し、材料非線形を考慮して終局耐力を算定し、その構造特性を明らかにした。

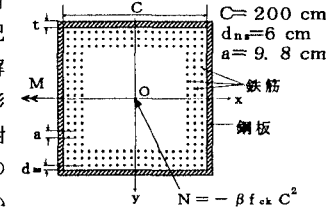
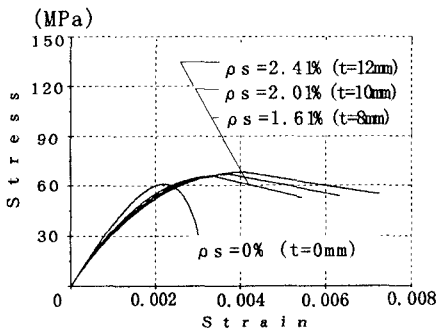


図-1 鉄筋コンクリート複合断面

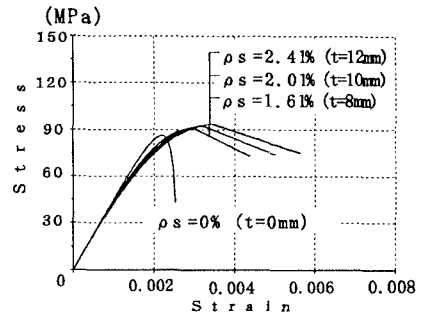
2. ひび割れ後の解析理論

2. 1 仮定

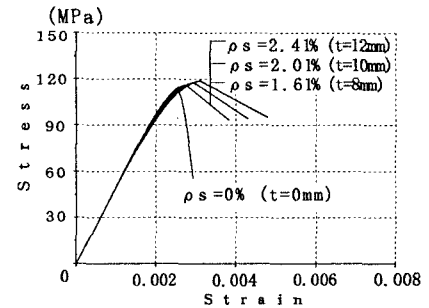
①平面保持の仮定が成り立つものとする。②コンクリートの引張抵抗は無視する。③軸力、ひずみ及び応力は引張を正とし、曲げモーメントは図-1の方向を正とし曲率も曲げモーメントに対応するものを正とする。④鋼板とRC部材との接着は完全であるものとする。⑤軸力および曲げを受ける断面において、コンクリートの応力-ひずみ関係は、「復旧仕様」²⁾（図-2）に従い、鉄筋および鋼板に関してはバイリニアの応力-ひずみ関係（図-3）を用いる。



(a) $f_{ck}=40\text{MPa}$



(b) $f_{ck}=60\text{MPa}$



(c) $f_{ck}=80\text{MPa}$

図-2 拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係

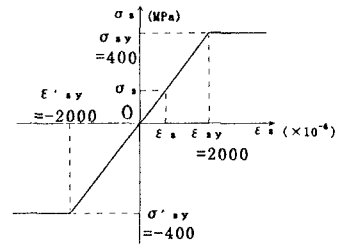


図-3 鋼材の応力-ひずみ関係

2. 2 釣合式

コンクリート、鉄筋および鋼板の断面力の合計 $\{N, M\}_n$ は次式のように表される。

$$\begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix}_n = \begin{Bmatrix} \int \sigma_c dA_c + \sum \sigma_{ns} A_{ns} + \int \sigma_{sp} dA_{sp} \\ \int \sigma_c y dA_c + \sum \sigma_{ns} y_n A_{ns} + \int \sigma_{sp} y dA_{sp} \end{Bmatrix} \dots\dots (1)$$

ここで、 A は断面積を表し、サフィックス c, ns, sp はそれぞれコンクリート、鉄筋および鋼板を表す。

作用荷重による断面力 $\{N, M\}$ が作用したときの未知変数 $\{\epsilon_o, \psi\}$ を求めるため、初期値として

$\{\varepsilon_o, \psi\}$ を仮定し、これを式(1)へ代入する。
 $\{N, M\}$ と式(1)の両者の差を f, g と置き ε_o, ψ の関数で表すと式(2)のようになる。

$$\begin{Bmatrix} f(\varepsilon_o, \psi) \\ g(\varepsilon_o, \psi) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix}_n \quad \dots\dots (2)$$

この f, g がゼロとなるようにNewton-Raphson法を適用して繰返し計算を行う。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \varepsilon_o} & \frac{\partial f}{\partial \psi} \\ \frac{\partial g}{\partial \varepsilon_o} & \frac{\partial g}{\partial \psi} \end{bmatrix}_n \begin{pmatrix} \varepsilon_o \\ \psi \end{pmatrix}_{n+1} - \begin{pmatrix} \varepsilon_o \\ \psi \end{pmatrix}_n = - \begin{pmatrix} f \\ g \end{pmatrix}_n \quad \dots\dots (3)$$

3. 構造特性

材齢 $t_i=10000$ 日において鉄筋コンクリート複合断面に作用する曲げモーメント M がゼロから破壊まで増加したときの $M-\psi$ 関係を求め耐力を明らかにする。

図-4~7に、鋼板厚 t 、コンクリートの強度 f_{ck} 、RC断面の鉄筋比 ρ_{ns} および軸圧縮力(β)をパラメータとして得られた $M-\psi$ 関係を示す。ここで、「□」は圧縮鉄筋、「△」は引張鉄筋、点線は鋼板の圧縮縁、実線は鋼板の引張縁の降伏を示す。

図-4より、鋼板厚 t に応じて耐力が向上し、じん性も大きくなる。また、鋼板なしの場合と有りの場合を比較すると鋼板による拘束効果が大きい。また、図-5においては、RC断面の鉄筋比 ρ_{ns} が大きくなるにつれて耐力が向上している。各鋼材は、ほとんど同じ曲率で降伏していることから鉄筋比の変化による鋼材への影響は少ない。

一方、図-6、7より、設計基準強度 f_{ck} および軸圧縮力(β)が変化するとき鋼材の降伏する順序は異なる。また、 f_{ck} および β が大きくなると、耐力は増大するが、じん性は小さくなる。

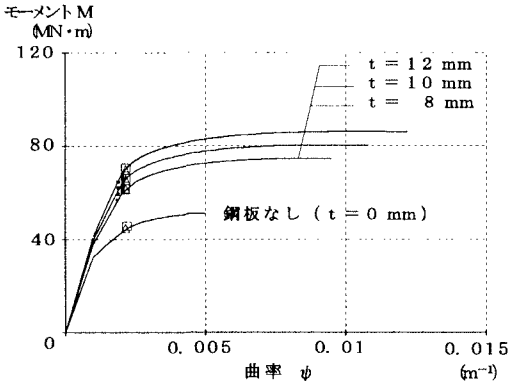


図-4 鋼板厚 t の変化による $M-\psi$ 関係
 $(f_{ck}=60\text{MPa}, \rho_{ns}=1\%, \beta=0.20)$

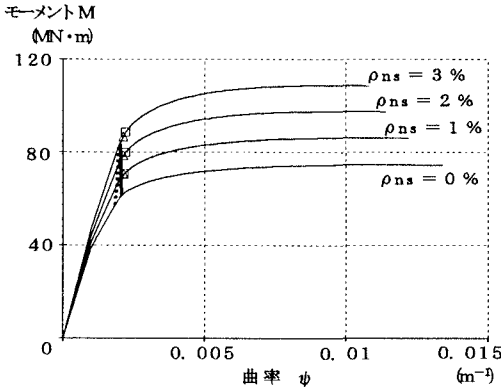


図-5 鉄筋比 ρ_{ns} の変化による $M-\psi$ 関係
 $(f_{ck}=60\text{MPa}, t=12\text{mm}, \beta=0.20)$

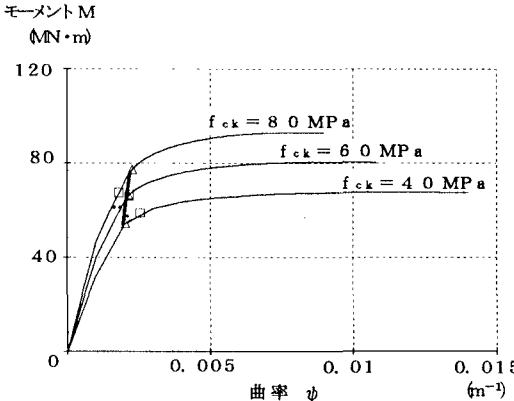


図-6 設計基準強度 f_{ck} の変化による $M-\psi$ 関係
 $(t=10\text{mm}, \rho_{ns}=1\%, \beta=0.20)$

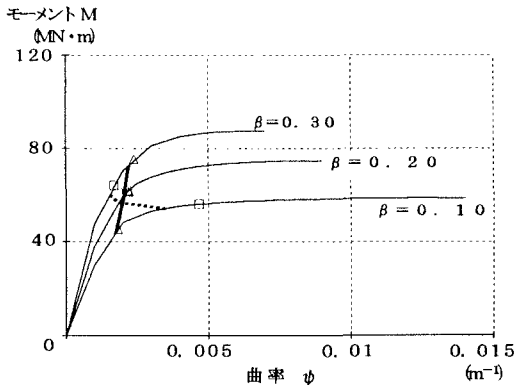


図-7 軸圧縮力(β)の変化による $M-\psi$ 関係
 $(f_{ck}=60\text{MPa}, t=10\text{mm}, \rho_{ns}=1\%)$

<参考文献>

- 1) A. Ghali・R. Favre著(川上 洵・樫福 浄他訳)、コンクリート構造物の応力と変形、技報堂出版、1995
- 2) 「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料、社団法人 日本道路協会、1995