

R C橋脚の鋼板巻き立てによる耐力の評価に対する研究

秋田大学 学 生 員 ○菅原 昭磨
秋田大学大学院 学 生 員 松塚 忠政
秋田大学 フェロー 川上 洵

1. まえがき

図-1のように鋼板の巻き立てにより、耐震補強をしたRC橋脚において、その耐力を明らかにすることは重要である。RC橋脚は、次のように構造が変化し、加重が作用する。i) 材齢 t_0 で軸力 N が基準点 O (RC断面の図心) に作用する。ii) i) の軸力 N を持続荷重と考え、RC部材は期間 $t_0 \sim t_1$ でクリープ及び乾燥収縮により変形し、応力が生じる¹⁾。iii) 材齢 $t = t_1$ において鋼板を巻き立て、補強した後に曲げモーメント M が作用する。本研究においては上記i)～iii)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。

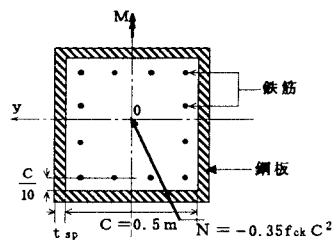


図-1 鋼板を巻いたRC断面

2. 解析理論

2.1 仮定

①平面保持の法則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軸力及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、図-2に示すように設計基準強度 f_{ck} が20MPa～80MPaまではCEB-FIP (MC-90)²⁾ に従い、90MPaと100MPaにおいては、Collins and Mitchell, 1991³⁾ に従うものとし、鉄筋及び鋼板に対しては、図-4のパイロニアの応力-ひずみ関係を用いるものとする。

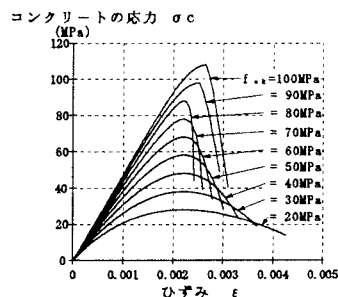


図-2 コンクリートの
応力-ひずみ関係

2.2 コンクリート及び鋼材の応力度

図-1の断面において軸力 N 及び曲げモーメント M が作用するとき各材料の応力度は、応力-ひずみの関係より次のように表される。

1) コンクリート

任意の曲線で与えられる応力-ひずみ関係を図-3のように多数の直線で近似することにより、コンクリートの任意の区間 $i \sim i+1$ における応力は次のように表すことができる。

$$\sigma_i = C_i \epsilon + D_i \quad (\epsilon_i \leq \epsilon \leq \epsilon_{i+1}) \quad \dots\dots (1) \quad \text{ここで} \quad C_i = \frac{\sigma_{i+1} - \sigma_i}{\epsilon_{i+1} - \epsilon_i}, \quad D_i = \frac{\sigma_i \epsilon_{i+1} - \sigma_{i+1} \epsilon_i}{\epsilon_{i+1} - \epsilon_i}$$

2) 鋼材 (鉄筋及び鋼板)

任意点 y における鉄筋及び鋼板の応力は、次のように

表される。

引張部

$$\sigma_s = \begin{cases} E_s (\epsilon_o + \psi y_s) & (0 \leq \epsilon_s < \epsilon_{sy}) \\ \sigma_{sy} & (\epsilon_{sy} \leq \epsilon_s) \end{cases} \quad \dots\dots (2)$$

圧縮部

$$\sigma'_s = \begin{cases} E_s (\epsilon_o + \psi y_s) & (\epsilon'_s < \epsilon'_{sy}) \\ \sigma'_{sy} & (\epsilon'_{sy} \leq \epsilon'_s) \end{cases} \quad \dots\dots (3)$$

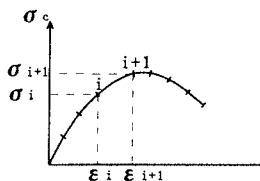


図-3 直線近似された
応力-ひずみ曲線

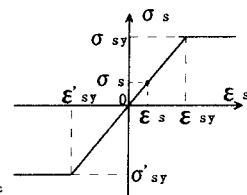


図-4 鋼材の
応力-ひずみ関係

2.3 釣合い式

式(1)、(2)、(3)から軸力及び曲げモーメントの釣り合い式は、次のようになる。

$$\begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix}_{in} = \begin{Bmatrix} \int \sigma_c dA_c + \sum \sigma_{ns} A_{ns} + \int \sigma_{sp} dA_{sp} \\ \int \sigma_c y_c dA_c + \sum \sigma_{ns} y_{ns} A_{ns} + \int \sigma_{sp} y_{sp} dA_{sp} \end{Bmatrix} \quad \dots\dots (4)$$

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、鋼板を表す。

作用荷重による断面力{N、M}に対応する{ ϵ_o 、 ψ }を求めるため、最初に仮定値{ ϵ_{o0} 、 ψ_0 }を設け、これを式(4)へ代入する。{N、M}と式(4)の両者の差をf、gと置き ϵ_{o0} 、 ψ_0 の関数で表すと式(5)のようになる。

$$\begin{Bmatrix} f(\epsilon_{o0}, \psi_0) \\ g(\epsilon_{o0}, \psi_0) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix}_{in} \dots\dots (5)$$

このf、gがゼロとなるよう式(6)のようにNewton-Raphson法を適用して繰り返し計算を行う。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \epsilon_o} & \frac{\partial f}{\partial \psi} \\ \frac{\partial g}{\partial \epsilon_o} & \frac{\partial g}{\partial \psi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_o \\ \psi \end{bmatrix}_{n+1} - \begin{bmatrix} \epsilon_o \\ \psi \end{bmatrix}_n = \begin{bmatrix} f \\ g \end{bmatrix}_n \dots\dots (6)$$

3. 構造特性

材齢tにおいて鋼板を補強のため部材断面に巻き、活荷重として作用する曲げモーメントMを変化させ曲率 ψ を求める。下図に、鋼板厚 t_{sp} 、コンクリートの強度 f_{ck} 及びRC断面の鉄筋比 ρ をパラメータとして得られたM- ψ 関係を示す。

図-5と図-6において線ABは圧縮鉄筋、線CDは引張鉄筋、線EFは鋼板の引張縁及び線GHは鋼板の圧縮縁の降伏を示す線である。これらの図より、鋼板なしの場合に比べ鋼板を巻いた場合の耐力が、鋼板厚に応じて向上することがわかる。いずれも鋼材の降伏は、AB、EF、GHの順に生じ、場合によってはCDが続いて生じる。また図-5(a) $f_{ck}=20\text{MPa}$ では、曲率が増大し変形が大きくなるため引張鉄筋は降伏する。一方、図-5(b) $f_{ck}=60\text{MPa}$ のときは、曲率が終局時には $f_{ck}=20\text{MPa}$ の場合の約1/2となる。図-6から、鋼板を巻いた部材における鉄筋比の変化による耐力及び変形への影響は少ないといえる。

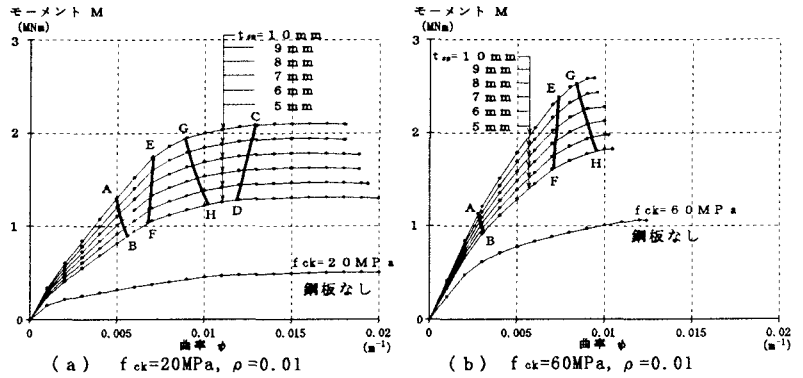


図-5 M- ψ 関係 (鋼板厚別)

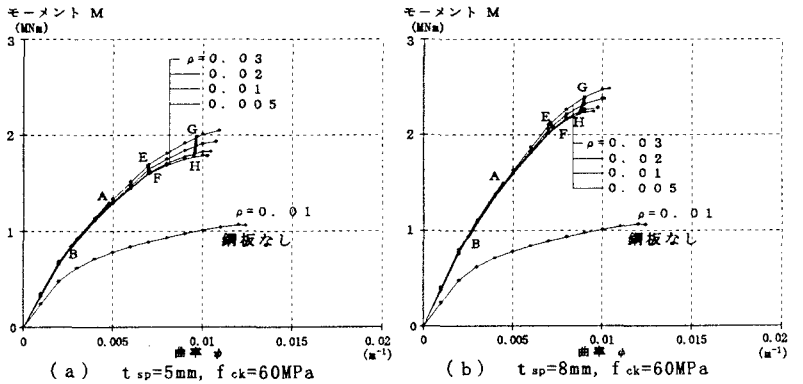


図-6 M- ψ 関係 (鉄筋比別)

4. むすび

本研究により鋼板を巻き、耐震補強されたRC橋脚のひずみ、応力及び終局強度を解析的に明らかにすることができる。

<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) Comité Euro-International du Béton(CEB)-Fédération Internationale de la Précontrainte(FIP), 1990
Model Code For Concrete Structures (MC-90), Thomas Telford, London, 1993.
- 3) Collins, M. and , Mitchel, D., 1991
Prestressed Concrete Structures, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp.61-65.