

宮崎大学工学部 正員 太田 俊昭

石川島播磨重工 正員 金沢 学

宮崎大学工学部 学生員 O山崎 竹博

1 まえがき

本研究は、鉄筋コンクリート桁のセリ断破壊現象に関する力学的メカニズムの理論的解明を試みたもので、先に報告した歯歯の剝離現象後のタイドアーチ状構造物への移行と、その破壊メカニズムを電子計算機を用いて自動的に追跡算定する手法としてその基礎公式を導きえたので、ここに報告するものである。

2. 基礎理論

曲げと圧縮を受けるR.C.桁の崩壊は、セリ断アーム比 (a/d) に左右され、(1) 曲げ破壊 ($a/d > 4 \sim 5$) (2) 剝離現象→破壊 ($2 \sim 2.5 \leq a/d \leq 4 \sim 5$) (3) 剝離現象→タイドアーチ構造の破壊 ($a/d \leq 2.5 \sim 2$) の、いずれの形態を取るかが一般的に知られている。(1) (2) については、既に文献(1)で明らかにしているのので、ここでは(3)の逐次破壊メカニズムに関する解析公式を塑性理論に基づいて導くことにする。

i) 単純タイドアーチ理論

図-1に示すタイドアーチにおいて、任意の点のモーメント、軸力、セリ断力は、次の式によって与えられる。

$$\left. \begin{aligned} M_i &= P x_i - T_s n_i + M_i^0 \\ N_i &= -P \sin \theta_i - T_s \cos \theta_i + N_i^0 \\ Q_i &= P \cos \theta_i - T_s \sin \theta_i + Q_i^0 \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

ここで、補正エネルギー法によって鉄筋の張力を求めれば

$$\frac{\partial W}{\partial T_s} = \int \phi \frac{\partial M}{\partial T_s} ds + \int E_s \frac{\partial N}{\partial T_s} ds + \int E_s \frac{\partial Q}{\partial T_s} ds = 0$$

上式に、式(1)を代入のうえ整理すれば

$$\bar{T}_s = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4}{F_1 + F_2} \text{----- (2)}$$

$$H_1 = \frac{wP}{\lambda} \int_0^L \lambda \bar{x} \bar{n} d\bar{x} \quad H_2 = w \int_0^L \lambda \bar{n}^2 d\bar{x}$$

$$H_4 = E_s \int_0^L \bar{E}_s \cos \theta d\bar{x} \quad F_1 = T_{s0} \bar{L}_s / E_s$$

$$H_3 = w \int_0^L \lambda \bar{\phi}^p \bar{n} d\bar{x} \quad F_2 = w \bar{L}_s \int_0^L \lambda \bar{n} d\bar{x}$$

ただし、 T_s : 鉄筋張力、 $\bar{T}_s = T_s / T_{s0}$ 、 $T_{s0} = A_s \sigma_{s0}$ 、 σ_{s0} : 鉄筋破壊強度、 P : 荷重強度、 λ : 載荷距離、 $\bar{P} = P / P_c$ 、 $P_c = M_{yc} / \lambda$ 、 $M_{yc} = \frac{0.15 \sigma_c b h^2}{6}$ 、 h_0 : 基準断面高さ、 σ_c : コンクリート破壊強度、 $I = I_0 / I$ 、 x : 支点から任意点までの距離、 $\bar{x} = x / L$ 、 $\bar{\phi} = M_{yc} / M_i$ 、 $w = \phi_c L$ 、 $\bar{\phi}^p = \bar{\phi} / \phi_c$ 、 $\bar{\phi}$: 塑性曲率。

以上の諸式を用いて、点集集中荷重を受ける単純梁の例題を対象に計算した結果が図-2である。この方法では、タイドアーチ (a/d , 全域) の耐力は剝離時の荷重値を下まわり、従ってまだ十分な耐力は得られないことがわかる。その理由は、(1) 鉄筋のすべりを無視している。(2) 残存歯部の接触力を考慮していないなどが挙げられる。このうち(2)は、アーチ部の下縁の圧縮ひずみが上縁部のそれより大きくなる現象(実験結果²⁾)を説明しうる理由を提供するもので、その効果は、桁の

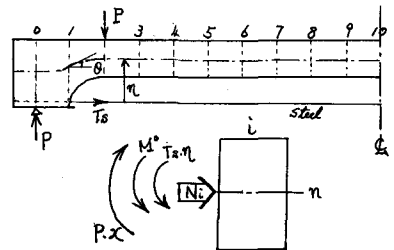


図-1

変形に伴う二次的なものもあるが、スターラップのある場合には、かなり大きくなることが予想される。

ii) 残存歯部の接触力を考慮したタイドアー子理論

残存歯部のアー子部余に接触することによって生じる垂直な分布力を、近似的に図-3に示すような等分布力 $w = V/l_s$ で表わすものとする。この分布力 V を接触力と名付ける。この仮定に基づいて、任意の点のモーメント、軸力、せん断力を求めれば、

$$\left. \begin{aligned} M_i^0 &= \Delta x V K_i, \quad V = w \cdot l_s \\ M_i^c &= P \cdot x_i - T_s \eta_i - \Delta x V \cdot K_i + M_i^0 \\ N_i^0 &= T_s \\ N_i^c &= -P \sin \theta_i - T_s \cos \theta_i + N_i^0 \end{aligned} \right\} \text{--- (3)}$$

ここに接触力 V は、アー子部のたわみと鉄筋のたわみが等しくなる条件から、以下のように求められる。

$$\frac{5}{32} w l_s^4 = y_{10} - y_1 = \Delta \Phi^c = \Delta \Phi^f + \Delta \Phi^p \text{--- (4)}$$

上式に式(3)の第3式を代入して整理すれば、結局次式をえる。

$$a_1 \bar{V} + b_1 \bar{T}_s = C_1 \text{--- (5)}$$

一才、鉄筋張力 T_s は変余原理より

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \int \phi \frac{\partial H}{\partial x} dx + \int E_s \frac{\partial N_s}{\partial x} dx + \int E_s \frac{\partial N_s}{\partial x} dx = 0 \text{--- (6)}$$

式(6)を簡略表示すれば

$$a_2 \bar{V} + b_2 \bar{T}_s = C_2 \text{--- (7)}$$

式(5)(7)を連立に解いて、 $T_s \bar{V}$ を求めれば次のようになる。

$$\bar{T}_s = \frac{a_2 C_1 - a_1 C_2}{a_2 b_1 - a_1 b_2} \text{--- (8)} \quad \bar{V} = \frac{b_2 C_1 - b_1 C_2}{a_2 a_1 - a_1 a_2} \text{--- (9)}$$

ここに、式(5)(7)の係数は、次の内容をもつ。

$$a_1 = 1 + \gamma_s \Delta x \Delta K$$

$$a_2 = w \gamma_s \Delta x \int_0^l 1 \cdot \eta dx$$

$$b_1 = \gamma_s \Delta x \bar{\eta}$$

$$b_2 = \frac{T_s \gamma_s}{E_s} + w \gamma_s \int_0^l 1 \cdot \eta dx$$

$$C_1 = \frac{P}{x} \Delta x + \Delta \Phi^f + \Delta \Phi^p$$

$$C_2 = \frac{w P}{x} \int_0^l 1 \cdot \eta dx + w \int_0^l 1 \cdot \eta dx + w \int_0^l \frac{1}{x} \eta dx + E_s \int_0^l E_s \cos \theta dx$$

ただし、 Δ は10次の行列、 K, M^0, Φ^f は、 K, M^0, Φ^f に関する10次の行列。

特に、式(7)において接触力 V の影響量がない場合は、 $\bar{V} = 0$ の条件より、 $C_1 = b_2 C_2 / b_1$ を式(7)に代入すると、 $\bar{T}_s = C_2 / b_2 = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4}{F_1 + F_2}$ をえ、式(8)の結果と当然のことながら合致する。

なお、計算例についての詳細は、講演時に説明する予定である。

3 参考文献

(1) 太田俊昭、金沢孝、藤元安宏；土木学会西部支部発表会論文集、昭和46年2月。

(2) G.N.J. Kani； Jour. of the A.C.I., April 1964

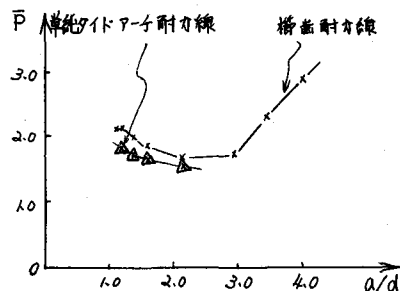


図-2

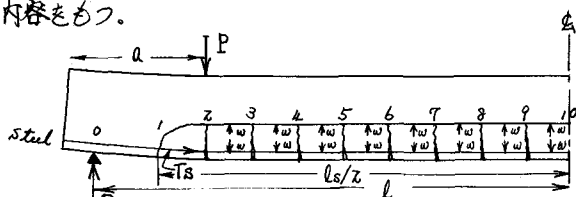


図-3