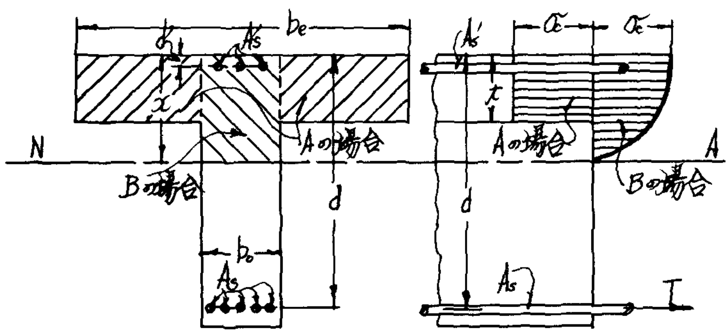
複鉄筋コンクリートT形ばりの終局強度設計についての考察

九州共立大学工学部　正会員　加賀美一二三
〃　〃　〃　学生会員　溝垣　道男

1. 緒言　複鉄筋コンクリート長方形ばりの考察において，はり破壊時の応力図とその関係について述べたものであるが，単鉄筋コンクリート長方形ばりとT形ばりを同じ応力分布形にて考察し，実験により立証した結果を報告している。複鉄筋コンクリートの場合もT形ばりの場合の考察に用いて差支えないものと考えられるので，本文もこの基礎にもとづいて述べることにする。

2. 複鉄筋コンクリートT形ばりの腹部コンクリート部の圧縮応力を考える場合　この場合の考察に当ってその関係を図－1とし，断面をA，Bの二部分に分けて考えることにする。



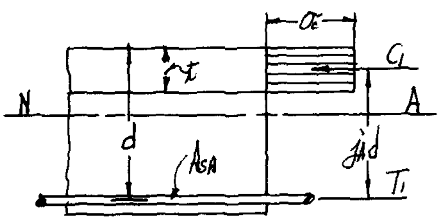
図－1 複鉄筋コンクリートT形ばりの腹部コンクリートの圧縮応力を考える場合の関係

a. A断面の場合　この場合の関係は図－2に示すものとし，はり巾は b_e-b_0 の単鉄筋コンクリートばりで，コンクリートの応力分布は突縁の厚さ，t の場合であるから矩形応力分布と考えて差支えない。しかるときは

$$j_A d = d - t/2 = d(1-\varphi/2),\quad \varphi = t/d$$

$$C_1 = t\,\sigma_c (b_e - b_0)$$

$$T_1 = A_{SA}\,\sigma_s = p_A (b_e - b_0) d \sigma_s$$



図－2 A断面の場合の関係

$p_A = t/d$，$\sigma_c/\sigma_s = \varphi/\gamma$，$\gamma = \sigma_s/\sigma_c$，いま

$$M_{AC} = C_1 j_A d = t(b_e-b_0)\sigma_c(d-t/2) = (b_e-b_0)d^2\sigma_c\varphi(1-\varphi/2) \quad (a)$$

$$M_{AS} = T_1 j_A d = A_{SA}\sigma_s d(1-\varphi/2) = \varphi/\gamma (b_e-b_0)d^2\sigma_s(1-\varphi/2) = \sigma_c(b_e-b_0)\varphi d^2(1-\varphi/2) \quad (b)$$

b. B断面の場合　この場合の関係は図－3に示すものとし，はり巾は b_0 の複鉄筋コンクリート長方形ばりの場合と考えられる。すなわち

$$j_{B1}d = C_2 と T_2 との間隔 = d - \nu x = (1-\nu k)d,\quad x = kd$$

$$j_{B2}d = C_2' と T_2 との間隔 = d - d' = d(1 - d'/d)$$

$$j_B d = (C_2 j_{B1} + C_2')d/(C_2 + C_2')$$

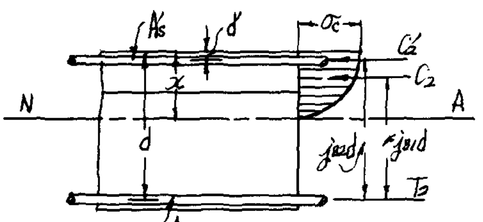
$$T_2' = \sigma_s p_{B1} b_0 d = C_2,\quad C_2 = \mu\sigma_c k b_0 d$$

$$p_{B1} = A_{SB1}/b_0 d$$

$$T_2'' = \sigma_s p_{B2} b_0 d = C_2',\quad C_2' = \sigma_s' A_s'' = \sigma_s' p' b_0 d$$

$$p_{B2} = A_{SB2}/b_0 d$$

$$p' = A_s'/b_0 d,\quad T_2 = T_2' + T_2'' = C + C'$$



図－3 B断面の場合の関係

$$M_{B1C} = C_2 j_{B1} d = \mu\sigma_c k b_0 d(1-\nu k)d = \mu\sigma_c k(1-\nu k)b_0 d^2,$$

$$M_{B1S} = T_2' j_{B1} d = \sigma_s p_{B1} b_0 d(1-\nu k)d = \sigma_s p_{B1}(1-\nu k)b_0 d^2,\quad M_{B2C} = C_2' j_{B2} d = \sigma_s' A_s'(1-d'/d)d = \sigma_s' p'(1-d'/d)b_0 d^2,$$

$$M_{B2S} = T_2'' j_{B2} d = \sigma_s p_{B2} b_0 d(1-d'/d)d = \sigma_s p_{B2}(1-d'/d)b_0 d^2$$

$$M_{BC} = (C_2 + C_2')j_B d = C_2 j_{B1} d + C_2' j_{B2} d = \{\mu\sigma_c k(1-\nu k) + \sigma_s' p'(1-d'/d)\}b_0 d^2 \quad (c)$$

$$M_{BS} = T_2 j_B d = T_2' j_{B1} d + T_2'' j_{B2} d = \sigma_s p_{B1}(1-\nu k)b_0 d^2 + \sigma_s p_{B2}(1-d'/d)b_0 d^2$$，しかるに

$p_B = p_{B1} + p_{B2}$, $p_{B1} = p_B - p_{B2}$, $p_B = (A_{sB1} + A_{sB2})/b_0 d = (A_s - A_{sA})/b_0 d$, $T_2'' = C_2''$ ～
$\sigma_s p_{B2} b_0 d = \sigma_s' p' b_0 d$, $p_{B2} = (\sigma_s'/\sigma_s) p'$, $M_{BS} = \sigma_s (p_B - p_{B2})(1-\nu k) b_0 d^2 + \sigma_s p_{B2}$
$(1-d'/d) b_0 d^2 = \{\sigma_s p_B (1-\nu k) - \sigma_s' p' (1-\nu k) + \sigma_s' p' (1-d'/d)\} b_0 d^2$, $p = p_A + p_B =$
$\phi(\sigma_c/\sigma_s) + p_B$ ～ $p_B = p - \phi(\sigma_c/\sigma_s)$ 、ここに、$p = A_s/b_0 d$, $A_s = A_{sA} + A_{sB}$

$$M_{BS} = \{\sigma_s p(1-\nu k) - \phi\sigma_c(1-\nu k) - \sigma_s' p'(1-\nu k) + \sigma_s' p'(1-d'/d)\} b_0 d^2 = \{\sigma_s p(1-\nu k) - \phi\sigma_c(1-\nu k) - \sigma_s' p'(1-\nu k) + \sigma_s' p'(1-d'/d)\} b_0 d^2 \quad (d)$$

$$M_c = M_{AC} + M_{BC} \sim M_c = (b_e - b_0)^2 \sigma_c \phi(1-\phi/2) + \{u\sigma_c k(1-\nu k) + \sigma_s' p'(1-d'/d)\} b_0 d^2 \quad (1)$$

$$M_s = M_{AS} + M_{BS} \sim M_s = \sigma_c (b_e - b_0) d^2 \phi(1-\phi/2) + \{\sigma_s p(1-\nu k) - \sigma_c \phi(1-\nu k) - \sigma_s' p'(1-\nu k) + \sigma_s' p'(1-d'/d)\} b_0 d^2 \quad (2)$$

(1)，(2)式中のkは $C = T$ の関係より求められる、$C_1 + C_2 + C_2' = T_1 + T_2' + T_2''$ ；～

$$t\sigma_c(b_e - b_0) + u\sigma_c k b_0 d + \sigma_s' p' b_0 d = p_A(b_e - b_0) d \sigma_s + \sigma_s p_{B1} b_0 d + \sigma_s p_{B2} b_0 d$$

$$k = \{(p_A d\sigma_s - t\sigma_c)(b_e - b_0) + (\sigma_s p_B - \sigma_s' p') b_0 d\} / u\sigma_c b_0 d \quad (3)$$

本考案の破壊時の場合、複鉄筋コンクリート長方形ばりの場合と同様、圧縮側においてはσ_cはσ_{cu}に、σ_s'はほぼσ_{sy}に、引張側においてはσ_sはσ_{sy}に達することになるので

$$k = \{(p_A d\sigma_{sy} - t\sigma_{cu})(b_e - b_0) + \sigma_{sy}(p_B - p') b_0 d\} / u b_0 d \sigma_{cu} \quad (4)$$

ここに、$p_A = (t/d)(\sigma_{cu}/\sigma_{sy})$, $p_B = (A_s - A_{sA})/b_0 d$, $A_{sA} = p_A(b_e - b_0)d$, $p' = A_s'/b_0 d$ であり、この場合の破壊曲げモーメントは(1)，(2)式より

$$M_u = [(b_e - b_0)\sigma_{cu}\phi(1-\phi/2) + \{u\sigma_{cu} k(1-\nu k) + \sigma_{sy} p'(1-d'/d)\} b_0] d^2 \quad (5)$$

$$M_u = [\sigma_{cu}(b_e - b_0)\phi(1-\phi/2) + \{\sigma_{sy} p(1-\nu k) - \sigma_{cu}\phi(1-\nu k) - \sigma_{sy} p'(1-\nu k) + \sigma_{sy} p'(1-d'/d)\} b_0] d^2 \quad (6)$$

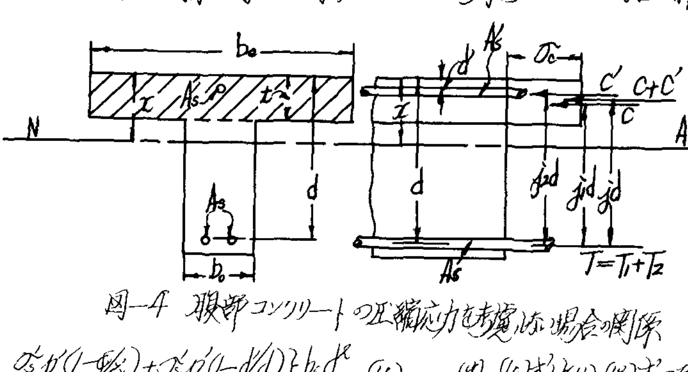
設計式としては複鉄筋コンクリート長方形ばりの場合と同様の取扱いにより、(5)，(6)式より圧縮鉄筋比の式が求められる。

$$sM_u/d^2 = (b_e - b_0)\sigma_{cu}\phi(1-\phi/2) + u\sigma_{cu} k(1-\nu k) b_0 + \sigma_{sy} p'(1-d'/d) b_0 \quad \therefore p' = \{sM_u/d^2 - (b_e - b_0)\sigma_{cu}\phi(1-\phi/2) - u\sigma_{cu} k(1-\nu k) b_0\} / b_0 \sigma_{sy}(1-d'/d) \quad (7)$$

$$sM_u/d^2 = \sigma_{cu}(b_e - b_0)\phi(1-\phi/2) + \{\sigma_{sy} p(1-\nu k) - \sigma_{cu}\phi(1-\nu k)\} b_0 - p'\{\sigma_{sy}(1-\nu k) - \sigma_{sy}(1-d'/d)\} b_0$$

$$p' = [\sigma_{cu}(b_e - b_0)\phi(1-\phi/2) + \{\sigma_{sy} p(1-\nu k) - \sigma_{cu}\phi(1-\nu k)\} b_0 - sM_u/d^2] / b_0 \sigma_{sy}\{(1-\nu k) - (1-d'/d)\} \quad (8)$$

3．腹部コンクリート部の圧縮応力を考慮しない場合　この場合は前項、aの場合と同様の考え方をT形ばりの中、b_eに適用すれば、b_0部の突出部、tと中立軸の間の圧縮応力を考慮しない場合となり、破壊曲げモーメントおよび設計式が簡単となり、しかもaの場合と僅少差なので弾性式の場合と同様、実際設計に用いて差支えない。この場合の関係は図−4に示すものとして考察する。この場合は前述したように、前例と同様に誘導できるので、過程の主要点と結果の破壊曲げモーメント式と設計式を記述することにする。



図−4　腹部コンクリートの圧縮応力を考慮しない場合の関係

$p = A_s/b_e d$ ～ 引張鉄筋比，
$p' = A_s'/b_e d$ ～ 圧縮鉄筋比

$$M_c = (C + C') jd = C j_1 d + C' j_2 d = \{\sigma_c \phi (1-\phi/2) + \sigma_s' p'(1-d'/d)\} b_e d^2 \quad (9)$$

同様に、$M_s = \{\sigma_s p(1-\phi/2) - \sigma_s' p'(1-\phi/2) + \sigma_s' p'(1-d'/d)\} b_e d^2$ (10)　(9)，(10)式は(11)，(12)式の破壊曲げモーメントの式として成立する。

$$M_u = \{\sigma_{cu}\phi(1-\phi/2) + \sigma_{sy} p'(1-d'/d)\} b_e d^2 \quad (11) , \quad M_u = \{(1-\phi/2)(p - p') + p'(1-d'/d)\} \sigma_{sy} b_e d^2 \quad (12)$$

設計式は

$$p' = \{sM_u/b_e d^2 - \sigma_{cu}\phi(1-\phi/2)\} / \sigma_{sy}(1-d'/d) \quad (13)$$

$$p' = \{p(1-\phi/2) - sM_u/\sigma_{sy} b_e d^2\} / \{(1-\phi/2) - (1-d'/d)\} \quad (14)$$