討　　議

第十九卷第八號　昭和八年八月

捩モーメントを受ける鐵筋コンクリート圓形斷面部材の解法に就て

（第十九卷第四號所載）

會員　工學博士　宮　本　武　之　輔

工學博士福田武雄氏の標記の論文は筆者が最近，最大の興味と關心とを以て熟讀したる論文の一にして，文中著者が屢々引用せられたる拙著「扭力論」に對し 8 年を經過したる今日，始めて討議に接したるが如き感あるは筆者の最も欣快とする所なり。

本討議に於て筆者は舊著の用語を捨て，著者と同じく工學會用語調査委員會の決定用語を使用す。

捩モーメントを受くる鐵筋コンクリート部材に於て鐵筋の位置を力學的に決定せんとする理論は著者の言明せらるゝが如く，問題として極めて簡單なるにも拘らず，筆者の寡聞なる，未だ歐米の諸家も之に觸れず，此の意味に於て著者の研究は明かに新機軸を發揮して捩力理論の應用方面に一歩を進めたるものとして，筆者は學界のために之を慶賀し，著者に深甚なる敬意を表すると同時に，茲に本問題に關して卑見を開陳する機會を與へられたる事を悦ぶ。

著者の公式 (2) 及 (3) 式を聯立方程式として解く事は，換言すれば鐵筋の斷面積，員數は捩モーメントの大きさによりて決定し，同時に之等の鐵筋は部材斷面に於ける應力中心線上に挿入すべしと言ふに歸着す。

圓形斷面部材に於て應力の等變分布を假定すれば，著者の第三圖及第八圖を借りて，斷面中心より該應力中心線に至る距離は充斷面に於て

$$r_s=\frac{\int\frac{\tau}{r}\rho^3\,d\rho\;d\theta}{\int\frac{\tau}{r}\rho^2\,d\rho\;d\theta}=\frac{2\pi\frac{\tau}{r}\int_0^r\rho^3\,d\rho}{2\pi\frac{\tau}{r}\int_0^r\rho^2\,d\rho}=\frac{\frac{1}{4}r^4}{\frac{1}{3}r^3}=\frac{3}{4}r$$

是れ著者の (6), (15) 及 (16) の諸式なり。又中空斷面に於ては同樣にして

$$r_s=\frac{\int\frac{\tau}{r_0}\rho^3\,d\rho\,d\theta}{\int\frac{\tau}{r_0}\rho^2\,d\rho\,d\theta}=\frac{\int_{r_i}^{r_0}\rho^3\,d\rho}{\int_{r_i}^{r_0}\rho^2\,d\rho}=\frac{\frac{1}{4}(r_0^4-r_i^4)}{\frac{1}{3}(r_0^3-r_i^3)}=\frac{3}{4}\,\frac{r_0^4-r_i^4}{r_0^3-r_i^3}$$

是れ著者の (24) 式なり。

コンクリートに生ずる主張應力を鐵筋によりて取らしむる趣旨より言へば，鐵筋を該主張應力の中心線に挿入せざる可らざるは自明の理にして，恰も桁に於ける腹鐵筋の計算に於てその位置を應力中心線に擇ぶと軌を一にす。從つて此の點に關する限り著者の理論は正統なり。

但し捩力を受くる部材斷面に於ける應力分布は桁の斷面に於けると同じく，コンクリート應力度の比較的微弱なる間と，コンクリートに龜裂を發生する直前とによりて著しく相違するは筆者が「扭力論」中に詳論せるが如くなるのみならず，龜裂が發達してコンクリートの張應力が消失し，その壓應力と鐵筋の張應力とによりてのみ捩

力に抵抗する場合の力學的關係は更に著しく相違するが故に歐米諸家の發表せる諸公式も又著者の發表せる諸式も之を部材の破壞時應力の算出に適用し難きは論を俟たず。是れコンクリートを彈性體と假定し，彈性公式を適用して作製せる諸式は應力の微弱なる限り之を設計公式として採用するを妨げずと雖も，彈性體にあらざるコンクリート部材の破壞試驗の結果に之を適用する事能はざる當然の歸結なりとす。單にコンクリートに限らず鑄鐵にありても斯くの如き關係あるは筆者がバウシンガーの實驗に就て「捩力論」中に論評せる所の如し。

此の故に筆者はコンクリートの破壞時に於ける應力分布を拋物線と假定して 1926 年に施行したる筆者の實驗を力學的に解説せんと試みたりしが，此の假定に從ふ時は應力中心線 r_s は部材斷面の半徑 r の 3/4 よりは稍内側に位すべし。

例へば筆者が會誌第十四卷第一號に發表せる Verdrehungsversuche mit Unbewehrten und Bewehrten Betonkörpern の追加理論に從へば

$$r_s=\frac{\int\tau\cdot2\pi\rho\cdot\rho\cdot d\rho}{\int\tau\cdot2\pi\rho\cdot d\rho}=\frac{\int(2R-\rho)\,\rho^3\,d\,\rho}{\int(2R-\rho)\,\rho^2\,d\,\rho}\qquad\text{(iv) 式による}$$

此の式の R に (vi) 式の値を代入して積分する時は

$$r_s=\frac{\dfrac{30\,(1+\sqrt{1-\zeta})}{\zeta}-12}{\dfrac{40\,(1+\sqrt{1-\zeta})}{\zeta}-15}\,r=\frac{3r}{4}\,\frac{1+\sqrt{1-\zeta}-0.4\,\zeta}{1+\sqrt{1-\zeta}-0.375\,\zeta}$$

となりて，此の式の右邊の $3r/4$ の係數は ζ の値の如何に係らず 1 よりも大ならざるが故に $r_s\leqq3r/4$ である。

固より此の場合にありても r_s と $3r/4$ との間の差はさして大ならず。例へば $\zeta=0.5$ と取れば $r_s=0.9918\times3r/4$ にして，實地上問題とすべき程度にはあらざるも r_s は少くとも理論的には $3r/4$ よりも小なり。

然れども筆者の發表せる諸公式は破壞的應力の算出に使用する事を目的としたるものに非ずして設計公式なるが故に鐵筋の位置は著者の算出せられしが如く $r_s=3r/4$ に撰ぶを以て妥當なりと信ず。縱鐵筋と環狀筋とを併用する場合にはその兩者を $r_s=3r/4$ の位置にあらしむる事能はざるが故に，理論的には環狀筋を縱鐵筋の外側のみに置かず，ドイツのムェルシュの實驗の如く，縱鐵筋の徑だけ直徑の相違する大小 2 種の圓環を交互に縱鐵筋の外側と内側とに配置するを以て優れりと考へらる。

之を實地上の問題として見るに $r_s=3r/4$ なる値は多くの場合極めて恰好にして，部分斷面の小なる場合に於て特に然り。例へば部材斷面の半徑 $r=12.5$ cm なる場合には $r_s=3r/4$ とすれば，鐵筋上のコンクリート被厚は約 3 cm となるが故に實地施工上より言ふも極めて適當なり。唯部材斷面の半徑を增すに從つて $r_s=3r/4$ なる値は稍内側に失して，鐵筋の效率を害すると同時にコンクリートの表面に龜裂發生の機會を多からしむる憾みあり。

$r=20$ cm の場合には $r_s=3r/4$ と取ればコンクリート被厚約 5 cm となりて捩力を受くる部材としては稍過大なる嫌ひあり。筆者の實驗に於ては $r=15$ cm, $r_s=12$ cm, コンクリート被厚 3 cm (弱) と取りたるが故に $r_s=4r/5$ となりたり。鐵筋を理論的に正當なる位置より外側に挿入する事が鐵筋の效率を增すと同時に，龜裂の發生を輕減するがために有效なりとして，此の場合の力學的平衡條件を考察するに，主張應力に直角の方向に働きて之と絕對値を同じくする主壓應力はコンクリートの抗壓强度に比して充分低きを常とするが故に，コンクリ

ートに抗張龜裂を生ぜざる範圍内に於ては抗壓部コンクリートの一部分のみを有效と考へて，此の部分の壓應力を鐵筋の張應力と平衡せしむるを妨げず。少くとも此の假定によりて捩力を受くる鐵筋コンクリート部材の設計を危險に導く事なし。以上の見解より筆者は著者の理論を肯定すると同時に，實地設計に當りては鐵筋を成るべく部材斷面の周邊に近く配置して，抗張强度の低きコンクリートを有效に補强するを得策なりと信じ，此のためには $r_s=3r/4$ の範圍を超過するもさしたる不合理に陷る事なかるべしと思惟す。