

I — 11

鉄筋コンクリート充填鋼管構造の耐荷力評価式に関する考察

八戸工業大学
八戸工業大学
八戸工業大学

正会員 ○ 王 海軍
正会員 塩井 幸武
正会員 長谷川 明

1. はじめに

鉄筋コンクリート充填鋼管構造(RCFT)はコンクリート充填鋼管構造(CFT)より、充填コンクリートのせん断破壊を抑制でき、震災後の復旧性能を有している。しかし、コンクリートの強度と鋼の強度、鋼管のリブ、径厚比、配筋の変化による RCFT の耐荷力に与える影響は明らかにされていないのが現状である。そこで、RCFT 構造の圧縮耐荷力実験を行い、前述のパラメータは RCFT の圧縮耐荷力に与える影響を調べた¹⁾。本研究では、その実験結果を踏まえて、RCFT の軸圧縮耐荷力を算出できる計算式を提案し、その妥当性を検証した。

2. 提案式の仮定

文献1) に示したとおりに、リブ無し鋼管とリブ有り鋼管を使用して、コンクリートと RC を充填させた試験体を圧縮耐荷力実験を行った。実験結果によって、次のように仮定する。

- (1) 鋼管と充填コンクリートの間のずれはなく、最大耐荷力が発生するまで一体化している。
- (2) 鋼管は全塑性状態にあり、ミーゼスの降伏条件に従うものとする。充填試験体の最大耐荷力時鋼管のひずみは中空鋼管と同一と仮定する。
- (3) 鋼管の拘束による側圧 σ_r を受ける充填コンクリートの強度 σ_{cb} は次式により与えられる。

$$\sigma_{cb} = \sigma_c + k \sigma_r \quad (1)$$

ここに、 k : 拘束係数、 σ_c : コンクリートの一軸圧縮強度

- (4) 鉄筋は充填コンクリートの拘束によって座屈せず、強度を充分に発揮できる。

3. 鋼管の二軸応力状態の検討

鋼管は充填コンクリートの横作用によって二軸応力状態になるため、軸方向降伏応力度の低下を考える。鋼管の径厚比が大きい場合、鋼管を近似的に平面応力状態と仮定すると、軸方向及び円周方向応力について次式が成立する。

$$\begin{cases} \sigma_{sz} = \frac{E_s(\varepsilon_z + \nu_s \varepsilon_\theta)}{(1 - \nu_s^2)} \\ \sigma_{s\theta} = \frac{E_s(\varepsilon_\theta + \nu_s \varepsilon_z)}{(1 - \nu_s^2)} \end{cases} \quad (2) \quad (3)$$

σ_{sz} 、 $\sigma_{s\theta}$: 鋼管の軸方向及び円周方向応力

ε_z 、 ε_θ : 鋼管の軸方向及び円周方向のひずみ

E_s : 鋼管のヤング率

ν_s : 鋼材のポアソン比、ここでは、0.3 とした。

一方、一軸応力状態における鋼管の軸方向応力が $\sigma_{sy} = E_s \varepsilon_z$ となることを考慮して、 $\xi = \varepsilon_\theta / \varepsilon_z$ とすれば、鋼材の降伏応力度低減係数 β は (4) 式で求められる。

$$\beta = \frac{\sigma_{sz}}{\sigma_{sy}} = \frac{E_s(\varepsilon_z + \nu_s \xi \varepsilon_z)}{E_s(1 - \nu_s^2)\varepsilon_z} = \frac{1 + \nu_s \xi}{1 - \nu_s^2} \quad (4)$$

鋼管の ξ を求めるため、リブ無しとリブあり試験体において鋼管の円周方向ひずみ ε_θ と軸方向ひずみ ε_z の関係を調べ、それ図-1に示す。鋼管が降伏する時では ξ が約 0.35~0.7 であり、最大荷重時では 0.5~0.8 となる。従って、 β は 0.87~0.93 となる。もし β の平均値を採用すれば、リブ無し鋼管では 0.89 とし、リブあり鋼管では、リブが円周方向のひずみに与える抑制を考慮し、0.92 とする。

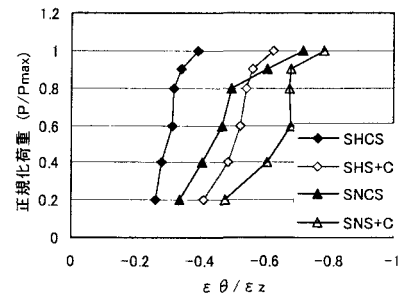


図-1 鋼管のひずみ

4. 充填コンクリートの三軸応力状態の検討

RC 充填鋼管構造に軸方向圧縮力が作用した場合の合成断面の応力状態を図-2に示す。y 軸方向の釣り合いによって、円周方向と半径方向の主応力の関係式は、肉厚 t と内半径 r を使用し、次式で求められる。

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_s} = \frac{t}{r} \quad (5)$$

式 $\sigma_s = \alpha \sigma_{sy}$ と (5) を式 (1) に代入して (6) 式のように整理する。

$$\sigma_{CB} = \sigma_c + \alpha k \frac{t}{r} \sigma_{sy} \quad (6)$$

ここに、 σ_{sy} 、 σ_c ：鋼管の降伏強度とコンクリートの一軸圧縮強度

5. RC 充填鋼管柱の圧縮耐力評価式の提案と検証

したがって、鋼管の軸方向降伏応力度の低減とコンクリートの強度増加を考慮に入れ、下記の軸圧縮耐力式を提案する。

$$P_y = P_{st} + P_{sr} + P_c = \beta A_{st} \sigma_{sty} + A_{sr} \sigma_{sry} + R_{cu} A_c \sigma_{CB} \quad (7)$$

この考え方に従って、試験体の最大耐力から αk の表す値を求める。実験結果から、 αk は t/r の 1 次関数と近似できることが分かる (図-3)。従って、圧縮側鋼管による横拘束を受けるコンクリートの強度は (6) に代入して、次式となる。

$$\sigma_{CB} = \sigma_c + \left(8.47 \times \frac{t}{r} + 0.18 \right) \frac{t}{r} \sigma_{sy} \quad (8)$$

ここに、 A_{st} 、 A_c 、 A_{sr} ：鋼管部の断面積、コンクリートの断面積、軸方向鉄筋の断面積

σ_{sty} 、 σ_{sry} ：鋼管の降伏強度、鉄筋の降伏強度、

β ：鋼管が二軸応力状態により軸方向降伏応力度の低減係数、

リブ無し鋼管は 0.89 とし、リブ有り鋼管は 0.92 とする。

R_{cu} ：コンクリート強度の低減係数、0.85 とする。

本研究で提案した評価式と、既往の CFT 構造の提案と比較検証した。比較結果によると、建築指針²⁾による計算値は実験値より 4.7%~19.8% 大きい。これに対して、本論文の提案式による計算値と実験値との差は 1.5%~10.4% であり、指針の差より小さく、実験値と良好に一致していることが分かる。

6. 今後の課題

今後の課題としては、今回提案した評価式の妥当性及び適用性を拡大するため、追加実験によって確認する必要がある。

参考文献：

- 1) 遠藤ら、RC 充填鋼管構造に関する実験的研究、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集、2001.3
- 2) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針、1997

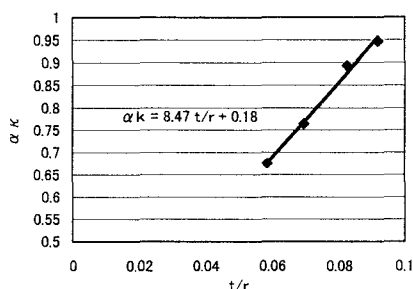
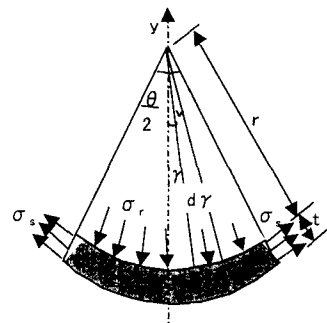
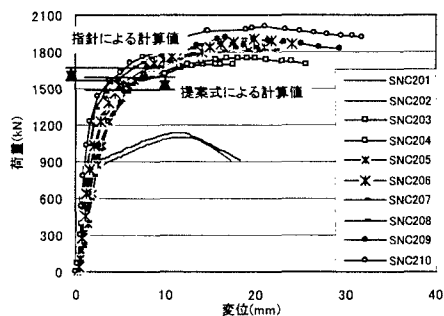
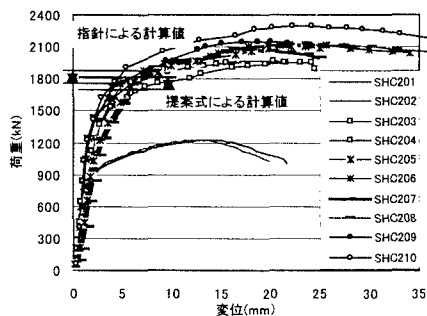


図-3 係数 αk と t/r の関係



(a) リブ無し試験体



(b) リブあり試験体

図-4 提案式の検証