

電力中央研究所 ○正会員 青柳 征夫
 院衛大学校 正会員 佐藤 良一
 前田建設技術研究所 正会員 内田 明

1 まえがき

RC製LNGタンクの内外壁面間には温度差が生じ、これによって拘束モーメントが発生するが、これはひびわれの発生によって緩和される性質のものである。しかし、低温Fにおいてはコンクリートの引張強度の増大や鉄筋とコンクリート間の付着すべり剛性の増大等により、ひびわれとひびわれ間の引張側コンクリートの平均剛性への寄与が大きくなり、ひびわれ断面の曲げ剛性を用いたのでは、一般に著しく曲げ剛性を低目に評価することになり、温度入力という観点からみると危険側の設計とみることを指摘した。本報告は、低温領域において温度勾配が与えられるRC部材の曲げ剛性の温度依存性について先に報告した厳密解に基づき、実用設計の立場から検討した結果を述べるものである。

2 曲げ剛性評価法

著者はすでに Rao の実験式に基づく RC 部材の曲げ剛性評価法の提案²⁾を行っており、100℃までの高温領域で温度勾配が与えられる場合²⁾ならびに一定の低温条件³⁾(-60℃)でのその適用性を実験結果と比較し、明らかにしてきた。本報告においても曲げ剛性の評価を文献²⁾と同様の方法により行なう。RC はりの平均曲げ剛性は図1に示されるように、引張鉄筋および圧縮縁コンクリートのひずみ部材軸に沿った平均値 ($\bar{E}_s$, $\bar{E}_c$) が求められる。

$$(EI)_{ave.} = M \cdot \frac{d}{|\bar{E}_s| + |\bar{E}_c|} \quad (1)$$

によって与えられる。平均ひずみは、ひびわれ断面の入力度 σ_s および σ_c から次式により平均化係数 ϕ_s および ϕ_c を介して定められる。

$$\left. \begin{aligned} \bar{E}_s &= (\sigma_s - \Delta\sigma_s) / E_s = (\sigma_s / E_s) \cdot \phi_s \\ \bar{E}_c &= (\sigma_c - \Delta\sigma_c) / E_c = (\sigma_c / E_c) \cdot \phi_c \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(記号については図1参照)

一方、著者が先の報告で述べた解析法によれば、部材軸に沿った鉄筋および圧縮縁コンクリートのひずみ分布が算定できるので、解析結果から平均化係数 ϕ_s , ϕ_c が求められる。

3 平均化係数 ϕ_s , ϕ_c の鉄筋入力温度依存性

D16 鉄筋が2本(0.57%), 4本(1.13%), および7本(1.99%) 配置された断面 80×200mm のはりを対象とし、先の報告で述べたのと同じ仮定と解析手法によって得られた鉄筋の入力分布から下式による係数 α を算定した結果は図2に示すとおりである。

$$\Delta\sigma_s = \alpha (\sigma_{tu}/P) \quad (3)$$

ここに、 σ_{tu} : ひびわれ発生時温度でのコンクリート引張強度
 P: 鉄筋比

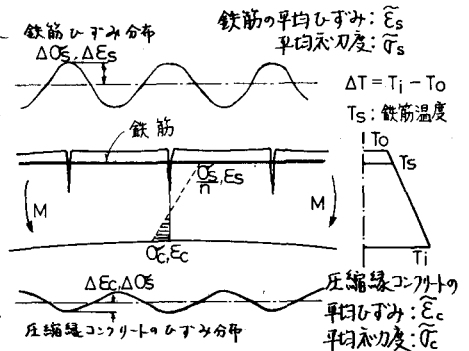


図1 鉄筋およびコンクリートのひずみと入力度の分布

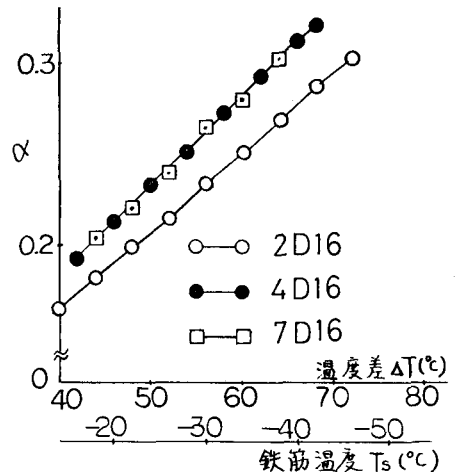


図2 係数 α の温度依存性

この図より、ひびわれ断面における鉄筋の応力度 σ_s と平均応力度 $\bar{\sigma}_s$ の差である $\Delta\sigma_s$ は、温度勾配が増大するにつれ、鉄筋位置での温度低下とともに増大する傾向にあることが認められる。

次に平均化係数の鉄筋応力依存性についてみると(図3参照) 常温ならびに高温条件とは異なり、低温下で温度勾配が与えられる場合、 ϕ_s, ϕ_c とも鉄筋応力度 σ_s に依存せず見かけ上ほぼ一定値を保持していることがわかる。さらにこの場合には、 ϕ_s と ϕ_c が温度に依存しないと思えることもできる。

一方、鉄筋比と平均化係数の関係についてみると(図4参照) 両者の間には、ほぼ線形の関係が存在することが認められる。

以上の結果より、平均化係数が鉄筋比にのみ依存すると考えて実用上差支えないことが示されたので、著者らが提案する曲げ剛性評価式は、低温下で温度勾配が与えられる場合、次式のようにあらわすことができる。

$$(EI)_{ave} = \frac{b d^3 k^2 (1 - k/3) E_c}{2[\phi_c k + (1 - k)\phi_s]} \quad (4)$$

ここに、 $k = \sqrt{2np + (mp)^2} - np$ b : 部材幅

d : 有効高さ E_c : 常温でのコンクリートの弾性係数

$$\phi_c = 0.190p + 0.40$$

$$\phi_s = 0.105p + 0.09$$

上式の適用範囲は、D/6 程度の鉄筋を用いた鉄筋比が0.5～2.0%のRC部材である。

4 実験結果との比較

D/6-2本およびD/6-4本を配置したRCはりについて温度勾配が賦与された場合の曲げ剛性残存率の計算値と実測値とともに示せば図5のとおりである。ここで剛性残存率とは、 $(EI)_{ave}$ を常温での弾性係数 E_c による全断面有効曲げ剛性 (EI) で除した比率である。実測値にはかなりの変動があるが、温度差40℃～70℃の範囲での剛性残存率の実測値の平均値は、2D/6のはりが0.82、4D/6のはりが0.82であり、それらに対する計算値は0.80および0.90であって実用算定式としては適用性は十分であるといえよう。

上記の検討は、外荷重が小さく、温度荷重が処世荷重として与えられた場合を対象としたものであるが、今後は、鉄筋径、軸力等の影響についても考察を加えていきたい。

文献: 1) 青柳佐藤全津 "N G タンフ E 対象としたRC部材の剛性" セミ技 昭和54年, 2) 青柳大沼 "温度勾配による鉄筋コンクリート中空円筒のひびわれ性状" セミ技 昭和54年, 3) 内田青柳佐藤 "鉄筋コンクリート曲げ部材の鉄筋ひずみ分布の実測とその考察" 土木学会年講 昭和54年, 4) 佐藤青柳全津 "RC部材の温度勾配による変形拘束モーメントの解析法に関する研究" 土木学会年講 昭和54年

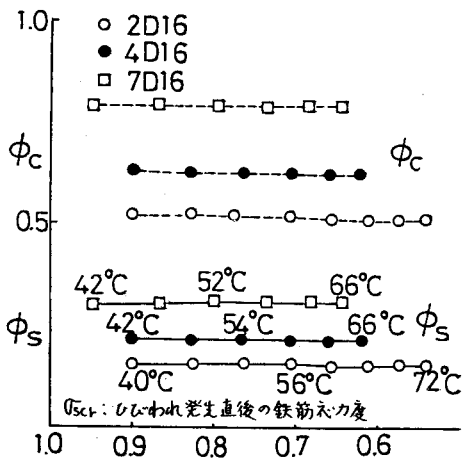


図3 平均化係数 ϕ_s, ϕ_c の鉄筋応力度および温度依存性

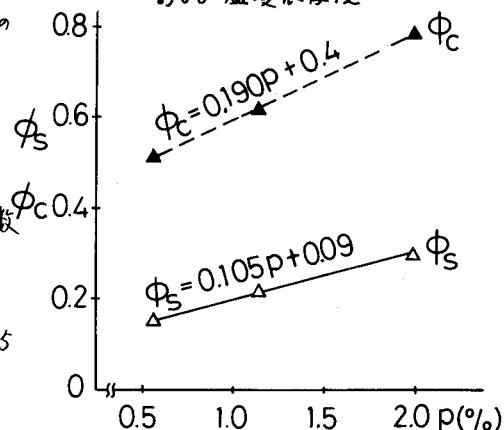


図4 鉄筋比と平均化係数 ϕ_s, ϕ_c の関係

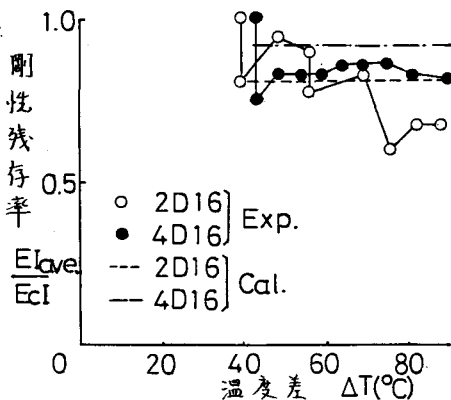


図5 剛性残存率の実測値と計算値の比較