

引張力を受ける鉄骨鉄筋コンクリート構造非埋め込み形柱脚の終局耐力と変形性能に関する実験的研究 (その13)

正会員 貞末和史** 同 藤原大英*
 同 伊藤倫夫*** 同 大庭秀治****
 同 田中秀宣**** 同 南 宏一*****

アンカーボルト すべり破壊 終局せん断耐力

1. はじめに

本報は前報(その12)に引き続き、一定軸力下でせん断力を受ける非埋め込み形柱脚の終局せん断耐力について検討する。

2. 既往の終局せん断耐力の評価式

非埋め込み形柱脚の終局せん断耐力については、SRC 規準³⁾と SRC 耐震診断基準⁴⁾に耐力評価式が示されている。図-1に既往の耐力評価式による計算値と実験値の比較を示す。この図より、SRC 規準式では、大きく安全側に、SRC 耐震診断基準式では、危険側に評価する場合があります、いずれの評価式とも実験値との対応はよくないことがわかる。

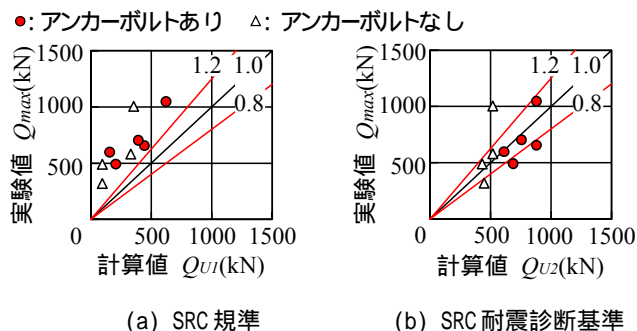


図-1 既往の耐力評価式による計算値と実験値の比較

3. 提案する終局せん断耐力の評価式

既往の耐力評価式では、実験値と計算値の対応がよくないため、ここでは新たな終局せん断耐力の評価式を提案する。

終局せん断耐力 Q_u はベースプレートを取り囲む RC 部分のせん断抵抗力 rcQ_u 、ベースプレート下面とコンクリートの摩擦抵抗力 bQ_u 、アンカーボルトのせん断抵抗力 aQ_u の累加によって、(1)式で評価する。

$$Q_u = rcQ_u + bQ_u + \alpha \cdot aQ_u \quad (1)$$

ここに、 α はアンカーボルトのクリアランスの影響を考慮した aQ_u に対する低減係数である。

軸力 N に関しては、圧縮軸力を正とし、ベースプレートを取り囲む RC 部分の軸力 rcN 、ベースプレート下面コンクリートの軸力 bN 、アンカーボルトの軸力 aN の累加によって、(2)式および(3)式で評価する。

$$N = rcN + bN = mN + cN + bN \quad (N \geq 0) \quad (2)$$

$$N = rcN + aN = mN + aN \quad (N < 0) \quad (3)$$

ここに、 mN は主筋の軸力、 cN はベースプレートを取り囲むコンクリートの軸力である。

柱脚部各要素のせん断耐力 rcQ_u 、 bQ_u 、 aQ_u の評価方法と、各要素が負担する軸力 rcN 、 bN 、 aN の算定方法を以下に示す。

3.1 ベースプレートを取り囲む RC 部分のせん断抵抗力

rcQ_u は、RC 部材のパンチングシア耐力の下限值としてせん断耐力を評価している既存 RC 造耐震改修設計指針⁵⁾に示される(4)式を用いる。

$$rcQ_u = k_{min} \cdot \alpha \cdot rcA \quad (4)$$

$$k_{min} = 0.34 / (0.52 + L/D) \quad (5)$$

$$\alpha = \min(\alpha_1, \alpha_2) \quad (6)$$

$$\alpha_1 = 0.493 \cdot (rcN / rcA) + 0.254 \cdot c \quad (7)$$

$$\alpha_2 = \left[\frac{\{16b^3 + 16b - 4 \cdot (5b^2 - 5)^{1/2}\}}{\{3b - (b^2 + 2)^{1/2}\} \cdot (5 + 4b^2)} - 1 \right] \cdot (rcN / rcA) + 2\alpha \cdot \{b + (5b^2 + 5)^{1/2}\} / (5 + 4b^2) \quad (8)$$

$$a = 0.249 \cdot c \quad (9)$$

$$b = \{a / t - t / (4a)\} \quad (10)$$

ここに、 k_{min} は強度低減係数、 α はせん断応力度、 rcA はベースプレートを取り囲む部分の断面積 ($= B \cdot D - bB \cdot bD$)、 L はせん断スパン、 B は柱幅、 D は柱せい、 bB はベースプレート幅、 bD はベースプレートせい、 c はコンクリートの圧縮強度、 t はコンクリートの引張強度である。

3.2 ベースプレート下面とコンクリートの摩擦抵抗力

ベースプレート下面とコンクリートの摩擦抵抗力 bQ_u は、(11)式で評価する。

$$bQ_u = \mu \cdot bN \quad (11)$$

ここで、摩擦係数 μ は、図-2に示すベースプレートとコンクリートの摩擦係数を調べるために行った実験の結果(図-3参照)より、 $\mu = 0.72$ とする。

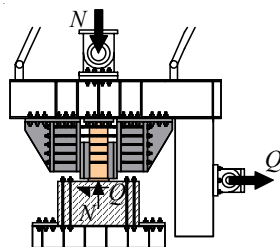


図-2 実験方法

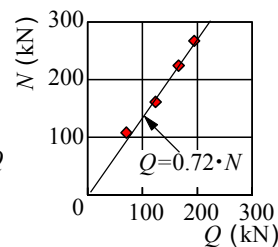


図-3 N-Q 関係

3.3 アンカーボルトのせん断抵抗力

aQ_u は、文献⁶⁾に示される耐力式に、軸力の影響を考慮して、(12)式で評価する。

$$aQ_U = \min(aQ_1, aQ_2) \quad (12)$$

$$(aQ_1/aQ_{su})^2 + (aN/aN_{tu})^2 = 1 \quad (13)$$

$$aQ_{su} = aA \cdot a_y / (3)^{1/2} \quad (14)$$

$$aN_{tu} = aA \cdot a_y \quad (15)$$

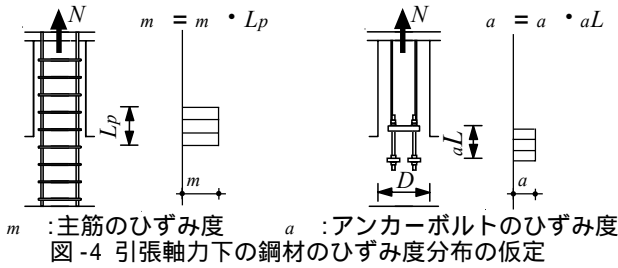
$$aQ_2 = 3 \cdot c \cdot ad \cdot x_1 \quad (16)$$

ここに、 aA はアンカーボルト断面積、 a_y はアンカーボルト降伏強度、 x_1 はダブ作用によってアンカーボルト断面の曲げモーメントが最大となる基礎梁上端からの深さである。

3.4 柱脚部各要素の軸力負担方法

柱脚部各要素の軸力負担に関して、圧縮軸力下では平面保持の仮定と材料の構成則および(2)式の釣り合い条件より各要素の軸力を求める。引張軸力下では、図-4に示すように柱脚部ヒンジ領域 L_p で主筋が一様に伸び、アンカーボルトは定着長さ aL で一様に伸びると考え、主筋の伸び m とアンカーボルトの伸び a が等しいものとして変形の適合条件を仮定し、材料の構成則および(3)式の釣り合い条件より各要素の軸力を求める。なお、 L_p の長さは、実験における軸力-軸方向変位と解析における軸力-軸方向変位が一致する長さとして、(17)式によって求めた。材料の構成則は線形とした。

$$L_p = 1.36 \cdot (N/N_{tu}) \cdot D \quad (17)$$



4. 計算値と実験値の比較

各試験体の軸力-終局せん断耐力相関関係を図-5に示す。計算値は、SRC 規準による計算値 Q_{u1} 、SRC 耐震診断基準による計算値 Q_{u2} および提案した評価式による計算値のそれぞれを示した。提案した評価式による計算値は、 $\alpha = 1$ とした場合 Q_{u3} と、 $\alpha = 0$ とした場合 Q_{u4} のそれぞれを示した。印は実験における最大値である。また、提案した評価式による計算値と実験値の比較を図-6に示す。

計算値と実験値を比較すると、提案した評価式による計算

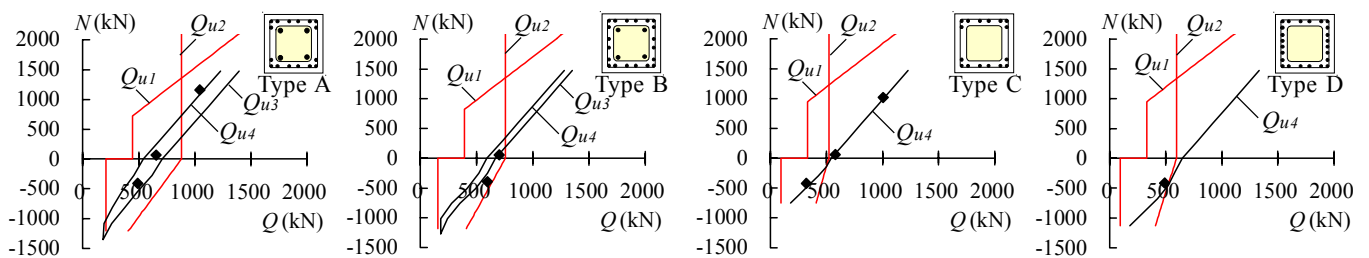
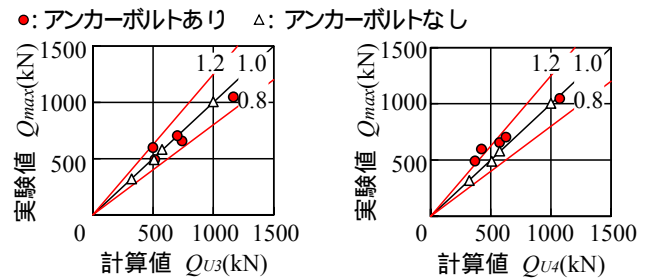


図-5 軸力-せん断耐力相関関係

値は、 $\alpha = 1$ とした場合には実験結果の平均値を与えているが、危険側の評価となる場合があり、 $\alpha = 0$ とした場合には実験結果の下限値を評価できることがわかる。



(a) $\alpha = 1$ とした場合 (b) $\alpha = 0$ とした場合

図-6 提案した耐力評価式による計算値と実験値の比較

5. まとめ

一定軸力下でせん断力を受ける非埋め込み形柱脚が最大耐力に達する時に、アンカーボルトのせん断抵抗力は十分に期待できないことが明らかとなり、アンカーボルトは引張力にのみ抵抗すると考えて、終局せん断耐力を評価した場合、計算値と実験値の対応は良好であり、実験結果の下限値を評価できることを示した。

【参考文献】

- 1) 貞末和史・伊藤倫夫・大庭秀治・田中秀宣・南宏一：引張軸力下における SRC 構造非埋め込み形柱脚の耐震性能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.48B, pp.221 - 229, 2002.3
- 2) 貞末和史・伊藤倫夫・田中秀宣・南宏一：変動軸力を受ける SRC 構造非埋め込み形柱脚の弾塑性性状, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.22, No.3, pp.1051 - 1056, 2000.6
- 3) 日本建築学会, 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(第5版), pp.181 - 187, 2001.1
- 4) 日本建築防災協会：既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説, pp.50-51, 1997.12
- 5) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説, pp.355 - 367, 2001.
- 6) 秋山宏, 黒沢稔, 和国信之, 西村巧：鋼構造埋込形式柱脚の強度と変形, 日本建築学会論文報告集, 第335号, No.3, pp.45 - 53, 1984.1

* 福山大学大学院修士課程

** 福山大学ハイテクリサーチセンター 特別研究員 博士(工学)

*** 日立機材 博士(人間環境学)

**** 日立機材

***** 福山大学工学部建築学科 教授・工博

Graduate School, Fukuyama Univ.

Researcher, High-Tech Research Center, Fukuyama Univ., Dr. Eng.

Hitachi Metals, Techno, Ph. D

Hitachi Metals, Techno

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Fukuyama Univ., Dr. Eng.