

三評価点モデルによる鉄筋コンクリート造袖壁付き柱の荷重変形関係評価法

正会員 ○PHAN Van Quang *1 同 壁谷澤寿海 *2
同 金 裕錫 *3 同 壁谷澤寿一 *4

柱 袖壁 ASFI model
水平剛性 軸一曲げ要素 軸一せん断要素

1. はじめに

本研究では既往の研究^{1),2)}に引き続き、変断面部材である袖壁付き柱を対象に ASFI model³⁾を適用する新しい手法について検討を行った。本研究で提案する三評価点モデルは、袖壁部分と柱部分の相関関係を考慮しながら、袖壁付き柱部材全断面を一体としてモデル化する。本モデルの特徴は、軸一せん断要素では、左壁部分・柱部分・右壁部分におけるそれぞれの評価点(三評価点)を設けられ、各部分の軸一せん断要素による部分水平剛性を並列関係の仮定でそれぞれの影響を考慮する。また、軸一曲げ要素による等価水平剛性と軸一せん断要素による等価水平剛性の関係を直列連成関係として部分全体水平剛性が成立する(図1)。さらに、実験結果の荷重-変形関係と比較することで解析手法の妥当性を検討する。

2. モデルの概要

2.1 ASFI model

Axial-Shear-Flexural Interaction model(以下 ASFI model)³⁾は曲げ-せん断-軸変形の相互作用効果を考慮して、柱の崩壊形に関わらず収斂計算によって水平せん断耐力・終局変形角を推定する静的漸増荷重解析プログラムである。本モデルは部材端部断面の図芯における軸歪み及び曲率(ϵ_0, ϕ)を用いた軸一曲げ要素(Fiber model)によって曲げ剛性 K_f を算出し、反曲点高さにおける図芯位置の平面歪み成分($\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_s$)から(軸一せん断要素)によって、せん断剛性 K_s を算出し、これらの剛性を連成することにより、水平剛性および部材力を算定している。モデルの詳細は文献³⁾を参照されたい。

2.2 袖壁付き柱に適用する三評価点モデル

本稿での提案モデルは、ASFI methodの理論に基づいて、左壁・柱・右壁を分けて3つの評価点を設けてモデル化する。各部分の相関関係を与えるため、以下のように追加仮定を設定する。

- ◇ 軸一曲げ要素に対する追加仮定：載荷する間に袖壁付き柱全断面内の歪分布は線形分布である(全断面平面保持)。
- ◇ 左壁・柱・右壁部分における軸一せん断要素に対する追加仮定：左壁部分・柱部分・右壁部分の水平変形は一致とする。(式(1))

$$\gamma = \gamma_s^{wl} + \gamma_f^{wl} = \gamma_s^c + \gamma_f^c = \gamma_s^{wr} + \gamma_f^{wr} \quad (1)$$

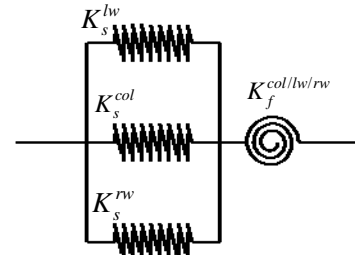
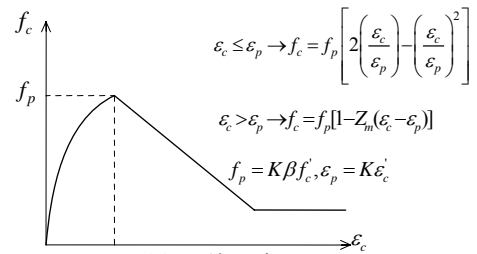
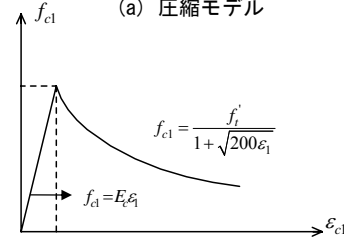


図1 せん断力の並列累加型



(a) 圧縮モデル



(b) 引張りモデル

図2 コンクリートモデル

袖壁付き柱部材の全断面を Fiber model により一体としてモデル化し、部材端部における図芯の軸歪み及び曲率から軸一曲げ要素によるせん断応力及び水平剛性を算出してから、等価水平剛性は式(2)によって求められる。

$$K_f^{eq} = \frac{K_f^{col} \sum A^{col} + K_f^{wl} \sum A^{wl} + K_f^{wr} \sum A^{wr}}{\sum A} \quad (2)$$

ここで、 $\sum A, \sum A^{col}, \sum A^{wl}, \sum A^{wr}$: それぞれ全体、柱部分、左壁部分、右壁部分の断面積

K_f^{eq} : 軸一曲げ要素による等価水平剛性

$K_f^{col}, K_f^{wl}, K_f^{wr}$: 軸一曲げ要素による各部分の水平剛性

一方、鉄筋強度、鉄筋比などのような材料特性は柱部分と袖壁部が異なって、軸一せん断要素に基づいた剛性マトリクスは、柱・壁部それぞれ独立に算出する。全断面に対する等価せん断剛性は式(3)によって定められる。

$$K_s^{eq} = \frac{K_s^{col} \sum A^{col} + K_s^{wl} \sum A^{wl} + K_s^{wr} \sum A^{wr}}{\sum A} \quad (3)$$

ここで、 K_s^{col} 、 K_s^{wl} 、 K_s^{wr} ：軸-せん断要素による各部分の水平剛性

柱、壁の軸-せん断-曲げの相互作用による等価水平剛性 K_y^{eq} は下式によって求められる。(式(4))

$$K_y^{eq} = \frac{1}{\frac{1}{K_s^{eq}} + \frac{1}{K_f^{eq}}} \quad (4)$$

部材全体の水平力 Q は式(5)によって定められる。

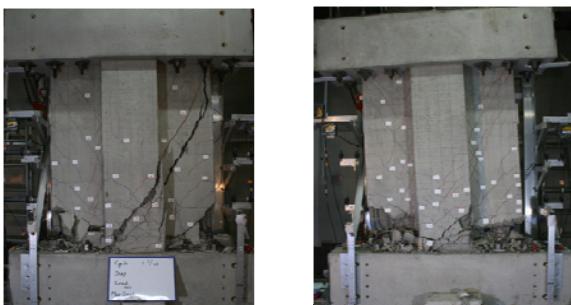
$$Q = \sum (K_y^{part} \cdot \gamma \cdot \sum A_{part}) \quad (5)$$

ここで、 $\sum A_{part}$ ：各部分の断面積

本提案モデルでは、コンクリートの構成側には Kent and Park が提案したモデル⁴⁾ (図2) を適用した。

3. 解析対象

本章では、前章で提案した解析手法の精度を検証する目的で、過去に行われた袖壁付き柱実験⁵⁾ 試験体の中、横筋量の異なる2体の両側袖壁付き柱試験体 SW40 (曲げせん断破壊型) と SWW40 (曲げ破壊型) を対象に解析を行った。写真1から分かるように異なる横筋量により両試験体から違う破壊型が観察された。補強筋量が多い試験体 SWW40 では、破壊がより穏やかであった。実験方法および結果の詳細については文献⁵⁾ に詳述される。



(a) SW40 試験体 (b) SWW40 試験体
写真1 試験体の最終破壊状

4. 解析結果

図3に提案したモデルによる解析結果および曲げ解析 (Fiber model) による荷重-変形関係を実験結果と一緒に示す。ここで、曲げ解析は、曲げ剛性に加え弾性せん断剛性を追加して全体剛性を算出した解析モデルである。

せん断変形が大きい試験体 SW40 では、両モデルの最大耐力は、実験結果を上回っているが、三評価点モデルによる解析結果が、実験値との差が小さいのが分かった。また、最大耐力時の変形角については、曲げ解析ではかなり早い段階で最大耐力に達しており、三評価点モデルによる解析結果が曲げ解析の結果に比べて、実験値とより良好な対応関係を示している。以上の結果は、三評価点

モデルでは軸-せん断-曲げの相互作用によるせん断剛性の低下が考慮できるのに対し、一定の弾性せん断剛性を用いた曲げ解析ではその相互作用やせん断剛性の低下の影響が反映されなかったためだと考えられる。

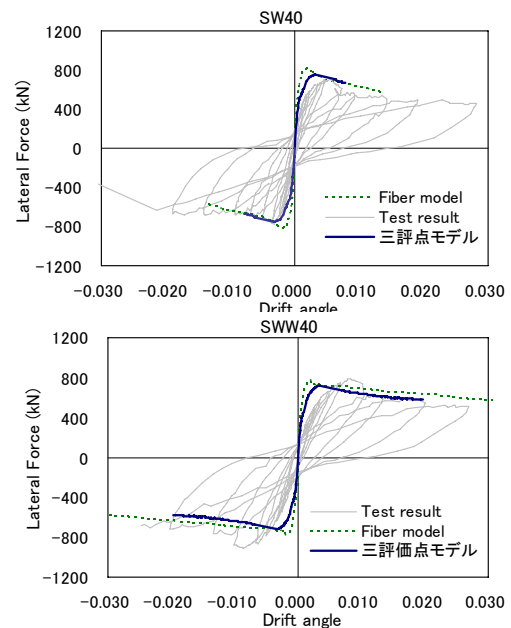


図3 荷重-変形関係

5. まとめ

本研究では、両側袖壁付き柱を左壁部分・柱部分・右壁部分に分割して、それぞれの部分に評価点 (3つの評価点) を設けてモデル化した三評価点モデルを提案した。各部分の軸-せん断要素は別々に計算されるが、平面保持条件及び水平変形の適合条件にもとづいて部材全体のせん断力と変形の関係を算定した。

軸-曲げ-せん断の相互作用の考慮できる三評価点モデルの解析結果では、せん断変形が大きい試験体における最大耐力及び最大耐力時の変形角が曲げ解析に比べて実験結果とより良好な対応関係を示した。

参考文献

- 1) PHAN Van Quang, 壁谷澤 寿海, 金 裕錫, 壁谷澤 寿一: ASFIモデルのせん断剛性マトリクス結合型による鉄筋コンクリート造両側そで壁付き柱の荷重変形関係の評価法, 構造工学論文集 Vol.56B, p.75-80, 2010年
- 2) PHAN Van Quang, 壁谷澤 寿海, 金 裕錫, 壁谷澤 寿一: IRREGULAR CROSS SECTION ANALYSIS METHODによる鉄筋コンクリート造袖壁付き柱の復元力特性の評価, 構造工学論文集 Vol.57B, pp.587-596, 2011
- 3) Mostafaei, H., and Kabeyasawa, T.: "Axial-shear-flexure interaction approach for reinforced concrete columns." ACI Structural Journal, 104 2, p.218-226, 2007
- 4) Park, Robert, Priestley, M.J.N and Gill, Wayne D.: Ductility of Square-Confined Concrete Columns, ASCE, Vol. 108, No. ST4, pp. 929-950, April, 1982
- 5) 斐根國, 壁谷澤寿海, 金裕錫, 壁谷澤寿一, PHAN Van Quang, 石井貴子, 福山洋, 田尻清太郎: 高強度鉄筋コンクリート造両側袖壁付き柱の耐震性能に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C2-構造4, p.121-124, 2009

*1 ジャパンパイル株式会社, 工修

*2 東京大学, 教授, 工博

*3 東京大学, 助教, 工博

*4 建築研究所, 工博

*1 Japan Pile Corporation, M.Eng.

*2 Professor, University of Tokyo, D.Eng.

*3 Assistant Professor, University of Tokyo, D.Eng.

*4 Building Research Institute, D.Eng.