

高強度 C F T 柱の構造性能に関する研究 —解析モデルの検証—

Strength and deformation capacities of high strength CFT columns under concentric axial load

Verification of the FE analytical model

○新藤辰典¹, 坂東美乃利², 齋藤大樹³, 難波隆行⁴, 加村久哉⁴, 田嶋和樹⁵, 白井伸明⁵,
北嶋圭二⁶, 中西三和⁶, 安達洋⁷

*, Hiroki Saito¹, Minori Bando², Tatsunori Shindo³, Takayuki Nanba⁴, Hisaya Kamura⁴, Kazuki Tajima⁵, Nobuaki Shirai⁵,
Keiji Kitajima⁶, Mitsukazu Nakanishi⁶, Hiromi adachi⁷

Abstract: In this study, an effort was made to solve the issues pointed out in Part 2. The predicted ultimate compressive strain of the CFT column was extremely small relative to the test value. Thus, the predicted compressive behavior was very brittle. This discrepancy may come from the following sources such as 1) spurious deformation mode, 2) compressive fracture energy of concrete, 3) geometrical nonlinearity, 4) interface properties between steel and concrete and so on. An improvement was achieved by modifying the boundary condition and the fracture energy and associated characteristic length considering weighting factor at the integration points in the concrete element.

1. はじめに

前報では、高強度 CFT 柱の圧縮実験に対して基本モデルを構築し、さらに拘束効果を考慮したコンクリート構成則の適用性を要素解析を通じて検討し、CFT 柱に適用した。本報では、解析モデルに提起された問題点について検討し、その解決を試みる。

2. 疑似モード

非線形解析では、解析対象が終局に近づくと、反復計算の試行回数が増え、許容誤差を満たさなくなる。このような場合に、固有モードは疑似的な値を示し、各節点において制御不能となる可能性がある¹⁾。前報の解析モデルにおける鋼管の圧縮降伏時近傍のコンター図を Fig-1 に示す。今回の解析では、CFT 柱の中心圧縮試験に対するモデル化を行っているため、初期不正のような対称性を崩すモデル化をしない限り、現れることのない変形である。そのため、今回の解析は疑似モードの発現が疑われる。

このような疑似モードの解決にあたり、実験と解析モデルとの境界条件の違いについて着目すると、上下面の拘束条件が原因と考えられる。実験では、CFT 柱と載荷面との境界に何も施しておらず、摩擦の抵抗があるとはいえ、体積膨張による断面の膨張が考えられる。しかし、本報の解析モデルでは、下面を全面固定にしているため、体積膨張に起因する断面の増大を考

慮できないモデル化となっている。そこで、下面拘束条件を Fig-2 のように設定をする。この境界条件は、試験体と載荷面の間の摩擦を 0 と仮定したモデルであり、拘束効果の影響が生じにくいモデルとなっている。

解析結果を Fig-3 に示す。前報の解析モデルに比べ、終局ひずみが軸方向ひずみの約 1.5 倍に伸びたことが確認できる。また、終局ひずみ時のコンター図を合わせて示す。座屈のような挙動もなく、疑似モードが発現していないことが確認できる。

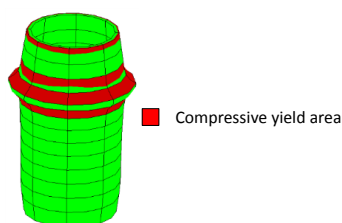


Figure-1 Spurious Deformation of steel pipe at compressive yielding

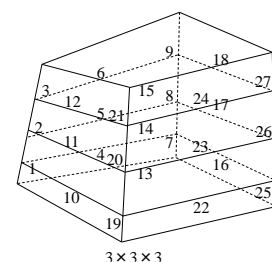


Figure 4 Integration point 3×3×3

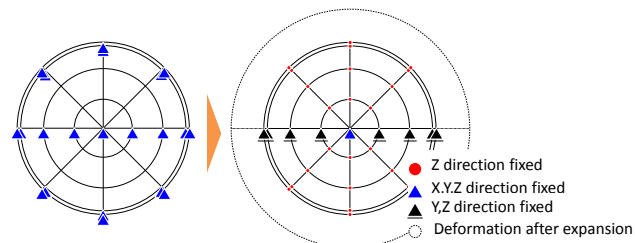


Figure-2 Modification of boundary condition

1 : 日大理工・院 (前) ・建築 Graduate Student, Nihon Univ. 5 : 日大理工・教員・建築 Prof. Nihon Univ, Dr. Eng.
2 : 日大理工・院 (前) ・海建 Graduate Student, Nihon Univ. 6 : 日大理工・教員・海建 Prof. Nihon Univ, Dr. Eng.
3 : 日大理工・学部・海建 Undergraduate Student, Nihon Univ. 7 : 日大理工・名誉教授・海建 Emeritus Prof. Nihon Univ, Dr. Eng.
4 : J F E スチール株式会社 JFE Steel Corporation Civil Engineering.

また、軸耐力に着目すると、ポストピークにおいて、解析結果が実験結果よりも大きい値を示している。このことは、コンクリートの圧縮側特性として採用している Parabolic 型の応力度-ひずみ度関係に依存していると考えられ、今後の検討課題の 1 つである。

3. 高次要素の積分点に対する重み係数

本報の解析モデルの問題点として、高次要素を採用していることが挙げられる。今回は、円形をより滑らかに表現し、隅角部におけるひずみの集中を抑えるため、中間節点を持つ 20 節点ソリッド要素を採用している。1 つの要素に 20 の節点を有しているため、積分点の数は $3 \times 3 \times 3$ を採用した(Fig-4)。そのため、1 つの積分点の支配領域の大きさを表す重み係数が小さくなる。今回の場合、27 の積分点を持つソリッド要素に対する重み係数は、約 0.31 となる²⁾。Parabolic を採用する場合、前報(その 2)で示したとおり、終局ひずみは圧縮破壊エネルギー G_c と要素代表長さ L_c によって決定されるが、さらに L_c は重み係数で除すことにより評価されている。このことは、 G_c に重み係数を乗じることと等価であり、結果として G_c が過小評価され、コンクリートの靱性を過小評価することになる。そこで、コンクリートの圧縮側構成則に入力する圧縮破壊エネルギー G_c を重み係数で除した値とすることにより、積分点の影響を無くす試みを行った。要素解析レベルでの圧縮応力度-ひずみ度関係を Fig-5 に示す。重み係数は要素代表長さを調整する係数であるため、ポストピークのみに影響していることが確認できる。

4. CFT 柱への適用

擬似モードの発生および高次要素の使用に対する解決策を CFT 柱の解析モデルに適用する。Fig-6 に CFT 柱の耐力比 N/N_0 -軸ひずみ関係を示す。重み係数の影響を無くしたことで、コンクリートの終局ひずみが伸び、全体として靱性能が向上した。またピーク後の軸力比について、解析結果は実験結果を上回る値を示している。これは、鋼管の座屈に対する考慮をしていないため、鋼管では耐力が上昇し続けていることが原因と考えられる。

5. まとめ

本報では、擬似モード、重み係数に着目し、解析モデルの改良を試みた。その結果、ポストピーク挙動に関して、軸ひずみ 3% 近傍まで解析で表現することが出来た。今後の検討として、鋼管の座屈を考慮するために、幾何学的非線形性を考慮することや、鋼管とコンクリート間の付着界面のモデル化が挙げられる。

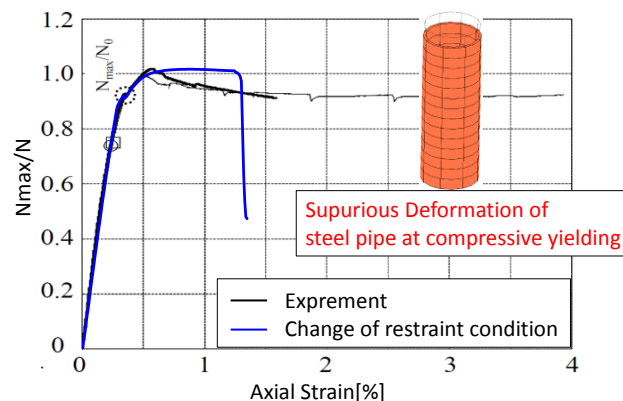


Figure-3 Axial Stress Versus Strain relationship

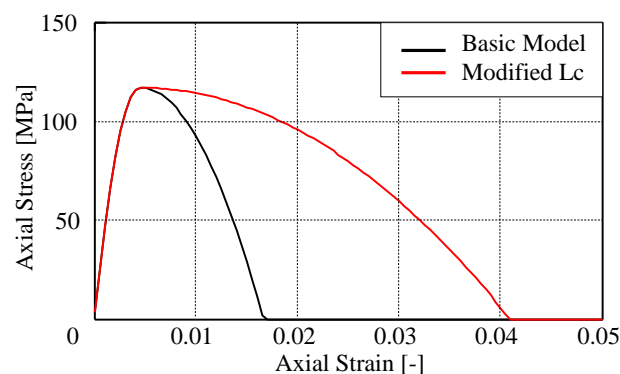


Figure-5 Axial Stress Versus Strain relationship

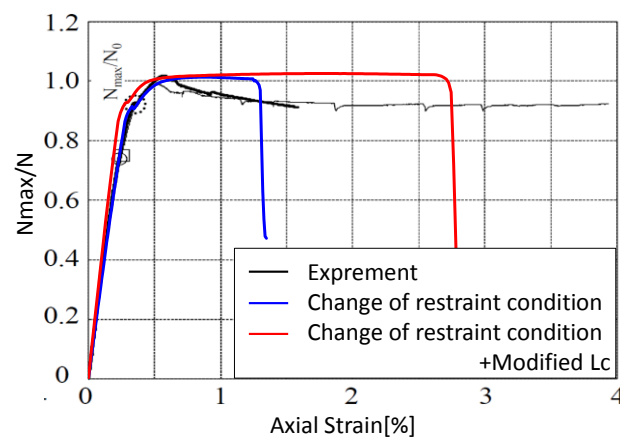


Figure-6 Axial Stress Versus Strain relationship

6. 参考文献

- 1) Jan Gerrit Rots:Computational Modeling of Concrete Fracture(Dissertation), DELFT University, 1988.8
- 2) 日本コンクリート工学協会：構造技術者のための非線形有限要素法の基礎と応用と実例, 2008.9