

加熱冷却後における RC 柱の耐震性能に関する解析的研究
(その 2) 応力解析

An analytical study on seismic performance of RC columns after heating and cooling
(Part 2) Stress analysis

○笠原貴喜¹, 田嶋和樹², 長沼一洋²

Takayoshi Kasahara¹, Tajima Kazuki², Kazuhiro Nagamuna²

Abstract: In part 2, stress analyses are conducted using results of the heat transfer analysis. Temperature dependency of the material properties after heating and cooling are considered in referring to the corresponding test data. Although the initial stiffness and the maximum strength is lower than those of the experiment, the analyses reproduce the failure process.

1. はじめに

火災後の鉄筋コンクリート (RC) 建物の耐震性能を把握するための解析手法は確立されておらず, また解析例も極めて少ない。そこで本報(その 2)では, 前報(その 1)で行った RC 柱の熱伝導解析の結果を用い, 加熱冷却後の力学的性質の温度依存性をそれぞれの材料ごとに考慮した応力解析を実施し, 火災後における RC 柱の耐震性能を解析により評価することを目的とした。

2. 構成材料の温度依存性

応力解析で使用したモデルは前報 (その 1) で使用したものと同様である。コンクリートや鉄筋, コンクリート-鉄筋間の付着すべりに関する構成則は参考文献[1]と同様なものを用いている。また本解析では, 加熱を受けた要素温度の最高経験温度に応じて, 設定した温度依存性により材料強度や弾性係数, 最大強度時のひずみを変化させている。

解析で考慮した温度依存性については, 一貫して加熱冷却後の温度依存性を用いている。コンクリートの温度依存性については, 熊谷らの実験に対する解析には RC 柱に用いたコンクリートの冷間試験²⁾があったため, その値を用いた。また, 高木らの実験に対する解析には熱間試験が行われていなかったため, 構造材料の耐火性ガイドブック³⁾の加熱冷却後における推奨値を使用している (Fig.1)。鉄筋の温度依存性には, 降伏強度に応じて変更しているもの, SD290,SD345 については冷間試験が見当たらなかったため, SD390 の値を用いている⁴⁾。コンクリート-鉄筋間の付着すべりの温度依存性については参考文献[1]と同様の値を用いている。鉄筋とコンクリート-鉄筋間の付着すべりの温度依存性を Fig.2 に示す。

3. 応力解析結果

まず加力前の F20 と F2H のひび割れ図および鉄筋降伏図を Fig.3 に示す。F2H は F20 に比べてひび割れが多く, 降伏も発生した。これは加熱速度が早いことで, 加熱実験時に大きな応力が発生するためである。

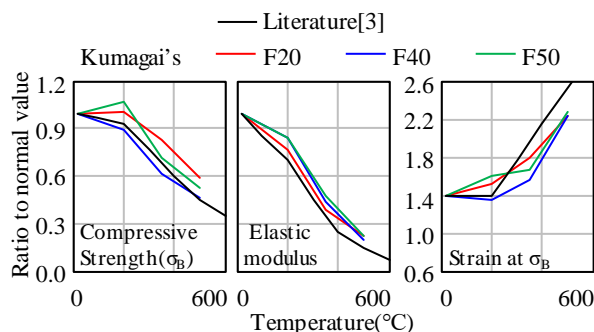


Fig.1 Temperature dependent characteristics of concrete

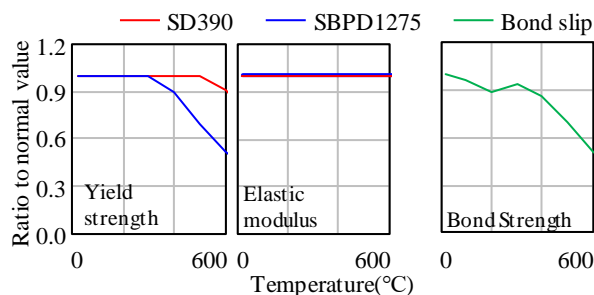


Fig.2 Temperature dependent characteristics

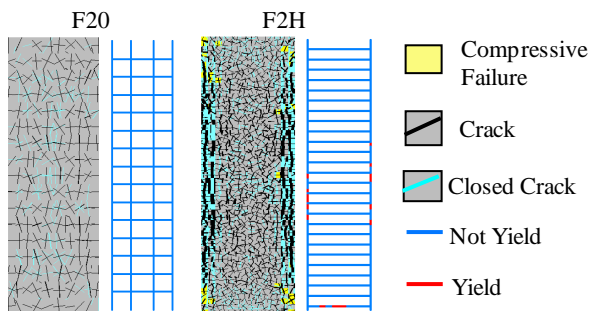


Fig.3 Crack patterns and rebar yielding after cooling(Analysis)

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

次に熊谷らの加熱試験体の解析結果である Fig.4 より、どの試験体に対する解析も最大耐力は概ね一致しているものの、初期剛性については過小評価している。また Fig.5 より、すべての試験体において、柱頭と柱脚部分に曲げによるコンクリートの圧壊が見られ、F50 のみに主筋の圧縮および引張降伏が顕著に見られた。実験においても、曲げ圧縮部が圧壊して最大耐力に至ったと記載されており、コンクリートの曲げ圧壊による崩壊である点は一致している。

最後に高木らの実験の解析結果である Fig.6 より、常温の N00 試験体に対する解析は最大耐力まで良好に実験と対応している。しかし、一時間加熱や二時間加熱を施した F1H,F2H 試験体に対する解析結果は、初期剛性や最大耐力をかなり低く評価していた。また Fig.7 より、実験では加熱を施した試験体は加力前の縦横ひび割れが進行していき、かぶりコンクリートが剥落し、最大耐力を迎えていると記載されているが、解析では加熱冷却後に縦横ひび割れ見られたものの、かぶりコンクリートの剥落を考慮していないため、実験と異なる結果となった。また、鉄筋の降伏状況については、N00 では引張主筋が降伏するのみであったが、F1H,F2H では主筋と帯筋が共に降伏する結果となっている。この原因は、加熱によるコンクリートのせん断強度と帯筋の降伏強度が低下だと思われる。

4. まとめ

火災後を想定した RC 柱の FEM 解析を行った結果、実験と同様に加熱によって部材の耐力が低下する傾向を確認した。しかし、部材の最大耐力や初期剛性を過小評価することが分かり、今後の課題である。

5. 参考文献

[1] 笠原貴喜, 他: 超高強度鉄筋コンクリート柱の加熱冷却後の構造性能に関する解析的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol40, No.1, pp1041-1046, 2018
 [2] 森田武, 他: 高温を受けた高強度コンクリート部材の力学的特性 (その 1. 材料試験), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp1015-1016, 1992.8
 [3] 構造材料の耐火性ガイドブック, 日本建築学会, 2017.2
 [4] 松戸正士: 高強度せん断補強筋の加熱冷却後の機械的性質, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 2008.9

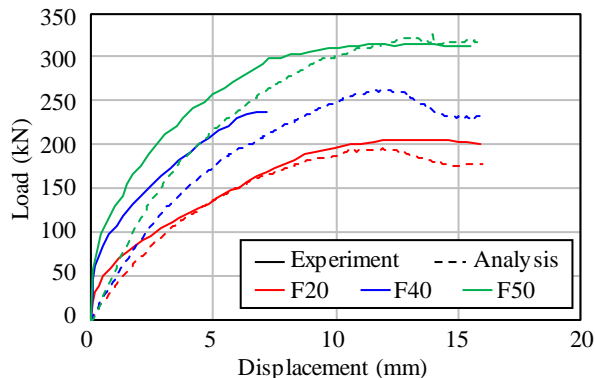


Fig.4 Load - displacement relationships of Kumagai's heated specimens

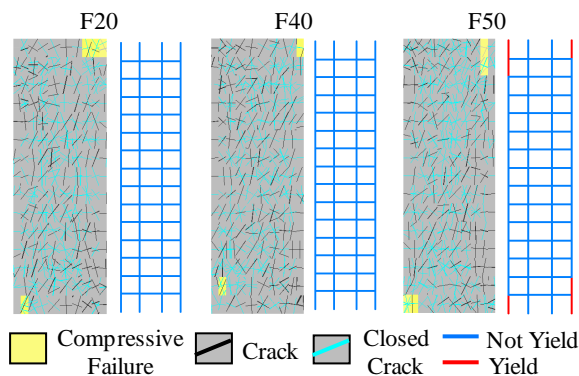


Fig.5 Crack patterns and rebar yielding at maximum load of Kumagai's heated specimens (Analysis)

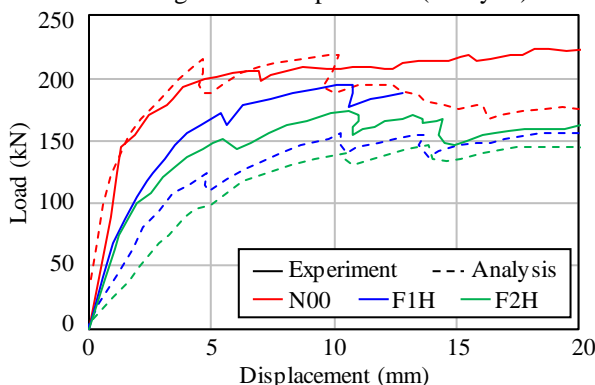


Fig.6 Load - displacement relationships of Takagi's specimens

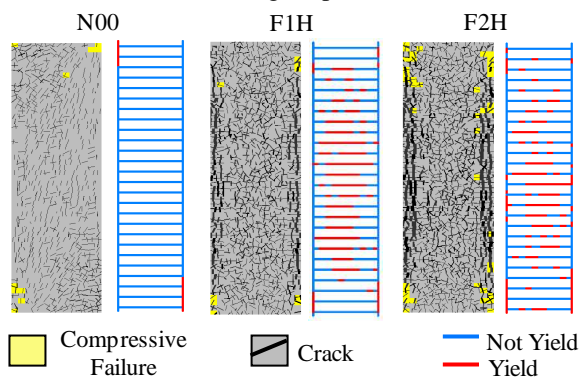


Fig.7 Crack patterns and rebar yielding at maximum load of Takagi's specimens (Analysis)