



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Mesoscale damage assessment of cementitious material exposed to high temperature [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	RONGVIRIYAPANICH, Onnicha
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12461号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63439
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Onnicha_RONGVIRIYAPANICH_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Onnicha RONGVIRIYAPANICH

審査担当者 主 査 准教授 佐藤 靖彦
 副 査 教 授 横田 弘
 副 査 教 授 蟹江 俊仁
 副 査 教 授 杉山 隆文

学位論文題名

Mesoscale damage assessment of cementitious material exposed to high temperature
(高温を受けたセメント系材料の準微視的損傷評価)

コンクリートやモルタル、セメントペーストなどのセメント系材料は、その使い勝手の良さから、最も広く用いられている建設材料である。その性能は、セメントや骨材の種類、水や混和剤といった配合のみならず、構造物として供用される環境によっても左右される。構造物としてのコンクリートの劣化は様々な要因によって生じ、例えば時間の経過とともに構成材料が劣化することで、全体的な性能が損なわれる。供用中にさらされうる最も過酷な環境のひとつに火災がある。セメント系材料は高温にさらされると著しく損傷する。鉄筋コンクリート構造物が、1 方向から高温にさらされた場合、その化学的組成、外観、力学的な挙動への影響は、熱源からの距離と着目するスケールに応じて異なる。それゆえ、例えば 100mm の直径を有するシリンダーの平均的な応答により評価する従来の手法では、高温にさらされたセメント系材料の特性を適切に把握できない。また、構造物としての応答を明らかにできる数値解析的研究は、実験的研究と比較すると著しく欠如している。高温にさらされた場合のモルタルの応答を、着目するスケールに応じて再現できる解析手法が必要不可欠である。それゆえ、本研究では、1 方向から火災を受けるモルタルの力学特性を評価できる損傷度評価手法の構築を目的に、実験的検討と解析検討を行った。

実験的検討は、1 方向から高温にさらされた場合の温度とモルタルを構成するセメントの種類が、損傷度へ及ぼす影響を明らかにするために、また準微視的スケールでの構成モデルを構築するために行われた。日本とタイにおいて一般的な普通ポルトランドセメントと細骨材を用いて、100X100X400mm のモルタル角柱を作製した。損傷がセメント水和組織の変質のみによって生じるよう、材齢 28 日で全ての供試体を 105℃ で乾燥させ、火災試験まで内部の水分量を一定に保った。ISO834 と ASTM E119 の火災曲線に基づいて、供試体の一面 (100X400mm) を火にさらし、火災試験中は内部の温度を継続して測定した。その後常温まで十分に冷却し、マルチスケールの実験的検討を行った。これは、表面の損傷評価、準微視的視点に立った力学試験 (3 点曲げ試験)、空隙構造および化学的性質 (CH, C-S-H) の評価からなるものである。温度が上がるにつれ損傷度も大きくなるが、準微視的強度にばらつきが見られた。これは、ひび割れの発生位置が空間的に大きなばらつきを有していることに起因する。すなわち、ひび割れ性状は、強度や曲げ試験時の破壊位置といった力学的性質に大きく影響を及ぼすため、材料としての特性をより正確に把握するための重要な指標であることが明らかとなった。物理化学的性質では、セメント水和物 (CH, C-S-H) が火災試験後完全に分解した一方で、空隙構造は変化しないことが明らかとなった。最終的に、物理化学的性質と力学的性質と

の関連性によって高温を受けたモルタルの強度と剛性の低下を説明することは難しく、損傷の進展および損傷後の材料特性を把握するための指標としては温度が最も適しているとの結論を得た。

解析的検討は、1 方向から高温にさらされた場合の内部温度分布とひび割れの進展とセミマクロスケールでの強度評価を目的として行った。本解析は、有限体積法（以下、FVM）を用いた熱伝導解析と、剛体ばねモデル（以下、RBSM）を用いた構造解析との 2 次元連成解析である。RBSM には、実験結果に基づき作成した温度の関数として表されるメソスケールでの強度とヤング係数の予測式が導入された。RBSM ではひび割れが要素間の境界に進展するため、メッシュの形状がひび割れ性状に影響する。そこで、ひび割れが特定の方向に進展しないよう、ランダムな形状の要素からなるメッシュ作成を可能にするボロノイ分割を用いた。FVM による熱伝導解析では、時間とともに変化する任意の位置の温度を、エネルギー保存則に基づいて算出した。この温度分布によって生じる膨張ひずみは、初期ひずみとして構造解析に考慮されるものである。この手法によって、1 方向から高温を受けたモルタル角柱の内部温度分布とひび割れ性状をシミュレートすることが可能となった。解析結果では、高温にさらされた時間と熱源からの距離に応じた温度上昇が示され、さらに、ひび割れの進展も再現された。最後に、実験結果との比較によって本解析手法の妥当性を示した。

これを要するに、著者は高温を受けたモルタルの損傷度を準微視的スケールで把握し数値計算を用いることでマクロなスケールでの強度を予測できる方法を開発した。火災を受けるコンクリート構造物の維持管理の合理化に資する成果を上げており、コンクリート工学、維持管理工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。