

高温履歴がコンクリートの強度特性に及ぼす影響

香川大学工学部 賛助会員 ○渡邊純史 香川大学工学部 正会員 岡崎慎一郎
香川大学工学部 非会員 今村隆基 茨城大学工学部 車谷麻緒

1. はじめに

都市の温暖化等により、コンクリート構造物を取り巻く環境温度が年々増加傾向にある。コンクリート中に起こる水和反応は周辺温度に依存し、周辺温度が高ければ強度の発現は早い、長期強度は低下するという報告がある。養生時等で高温履歴を受けたコンクリートには、数年後に DEF（遅延エトリンガイト）が生成され、膨張および損傷を起こしたり、高温環境下においてはセメントペースト部分での自己収縮の卓越や、材料間での線膨張係数の相違により、骨材周りで微細なひび割れが生じたりする¹⁾。

本研究では、初期に高温履歴を受けたコンクリートの強度特性低下に関する検討を、実験および数値解析により行うものである。

表 1 モルタルの配合

2. 実験的検討

2. 1 概要

直径 5cm×高さ 10cm の円柱状のセメントペーストおよびモルタル供試体を対象に、圧縮強度試験と静弾性係数試験を行った。セメントには、普通ポルトランドセメント、骨材は、香川県三木町産の細骨材（密度 2.60g/cm³）を使用した。水セメント比は 35%および 55%とした。示方配合を表 1 に示す。養生は、封かん養生を 28 日行ったものと、91 日行ったものの 2 種類とし、養生期間中 20℃一定とした場合と、80℃の温度負荷を与え続けた場合の検討を行った。養生期間中は高温による水分の逸散を防ぐために、厚手のポリエチレン製の袋を厳重にシールしたものを供試体に被せている。養生後、JIS A 1108 および JIS A 1149 に基づき圧縮強度および静弾性係数を計測した。

W/C (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)		
		W	C	S
35		156	446	
35	25	156	446	301
35	50	156	446	604
55		156	284	
55	25	156	284	220
55	50	156	284	440

2. 2 圧縮強度

図 1 と図 2 に 20℃養生下での供試体の圧縮強度に対する、高温履歴を受けた供試体の圧縮強度の低下率を示す。概ねすべてのケースにおいて、20℃養生下に対する、高温履歴による強度の低下が確認された。また、同一の材齢においては、水セメント比が大きい方が概ね、強度の低下が大きい傾向にあった。また、低水セメント比の場合、材齢が 28 日の場合は、強度低下はほとんど確認されなかったが、材齢 91 日のように高温環境下に供した期間の長い場合には、強度低下が 40%程度確認された。骨材量の相違が強度低下に与える影響については、本実験では明確な傾向が得られなかった。

2. 3 静弾性係数

図 3 と図 4 に、20℃養生下での供試体の圧縮強度に対する、高温履歴を受けた供試体の静弾性係数の低下率を示す。概ねすべてのケースにおいて、20℃養生下に対する、高温履歴による強度の低下が確認された。高温環境下に供した期間が静弾性係数の低下に与える影響は本実験では確認することができなかった。また、骨材量の相違が静弾性係数に影響を与えている結果は確認できなかった。低水セメント比の場合には、材齢によらず静弾性係数の低下は 10%程度であり、水セメント比 55%の場合は、概ね 20%~40%の低下が確認された。

3. 解析的検討

3. 1 概要

線膨張係数の相違による、骨材およびセメントペースト間の損傷の程度を定量化するため、破壊力学に基づいた損傷モデルによる 3 次元有限要素解析による検討を行った。モデルは立方体とし、表面はすべて対称境界とした。骨材率が 12.5%、25%および、50%となるように球形に仮定した骨材を配置し、骨材表面から骨材内部

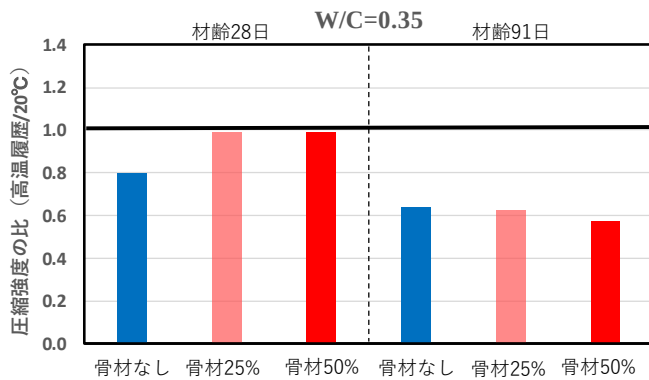


図1 水セメント比が35%の場合の圧縮強度の比

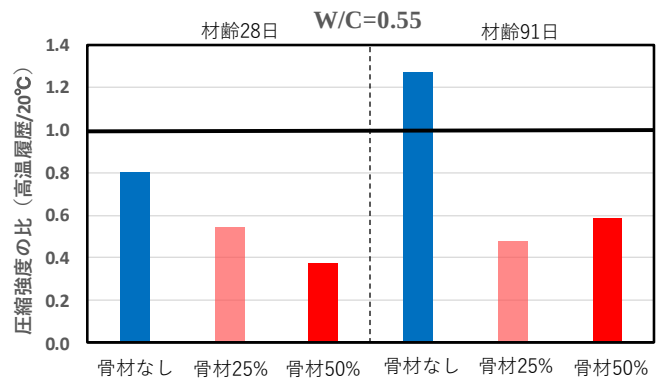


図2 水セメント比が55%の場合の圧縮強度の比

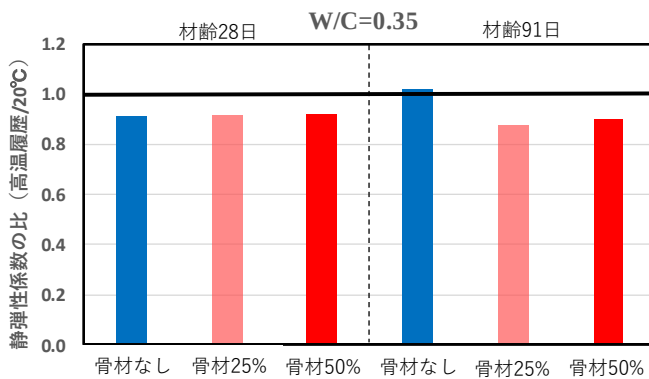


図3 水セメント比が35%の場合の静弾性係数の比

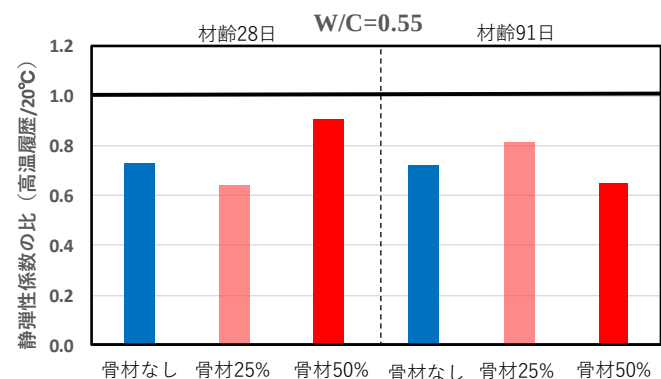


図4 水セメント比が55%の場合の静弾性係数の比

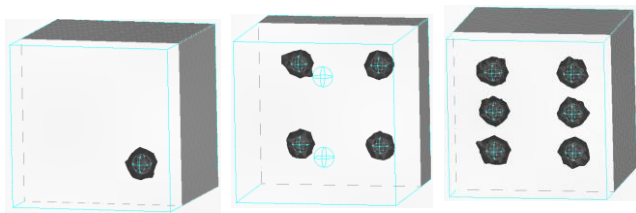


図5 80°C環境を想定したモルタルの損傷状況

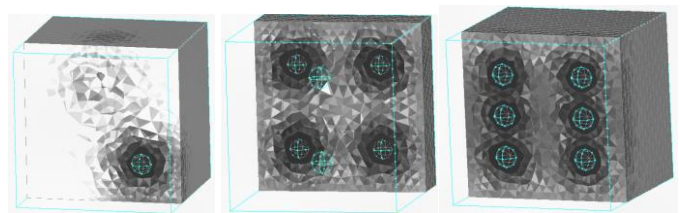


図6 骨材にひずみを0.500だけ与えた場合の損傷

表2 平均的な損傷係数の値

種類	損傷係数
細骨材率12.5%	3.13
細骨材率25%	5.42
細骨材率50%	9.33

方向に様にひずみを与えた。与えたひずみ量は、セメントペーストの線膨張係数と、骨材の線膨張係数の差に、想定温度を乗じたものとし、セメントペーストの材料定数は水セメント比55%のものとした。

3.2 解析結果

破壊力学に基づいた損傷モデルでは、コンクリートの応力ひずみ関係の塑性時からのひずみ量に応じて損傷を与え、その損傷係数の分布によりコンクリート中の損傷を可視化するものである。図5に、80°Cを想定し、ひずみを0.038だけ与えたときの損傷度分布を示す。主として骨材周囲に損傷が生じていることが確認できる。また、図6に感度解析として0.500だけ与えたときの損傷度分布を示す。骨材量が増加するほど、骨材周囲の損傷同士が連結したためか、損傷の程度が大きいことが確認できる。表2に、セメントペースト部全体にわたって、損傷係数を平均化した値を骨材率毎に示す。細骨材の増加に伴い、損傷係数は増加しているが、細骨材の増分に対する損傷係数の増分が鈍感であった。損傷係数を平均化した値が、圧縮強度の低下分と仮定すると、細骨材率が50%で概ね10%程度であり、実験値程度の低下は呈さなかった。その相違は、DEF等によるセメントペースト自体の損傷の影響と考えられる。

参考文献

- 1) 黒澤ほか：C-S-Hの構造変化に及ぼす外的要因の影響，セメント・コンクリート論文集 Vol. 65, No. 1, p.146-152, 2011