

材齢初期の高温履歴がコンクリートの圧縮強度に与える影響

摂南大学 正会員 ○ 熊野 知司
IHI インフラ建設（株） 正会員 中川 佳祐

1. はじめに

マスコンクリートが多い土木構造物では、富配合ではないコンクリートであっても、暑中期の施工で材齢初期に高温履歴を受けることが予想される。しかしながら、このようなコンクリートの圧縮強度に関する知見が少ないのが現状である。そこで、初期の高温履歴が土木構造物用コンクリートの圧縮強度に与える影響を検討することを目的とし、FEM 温度解析により中心最高温度を把握した上で、室内実験による高温履歴下における圧縮強度データの収集を行った。本報文は、一連の検討結果を報告するものである。

2. 検討概要

(1) 温度解析：温度解析は、2 次元汎用温度応力解析ソフトを用いて行った。表-1 に解析で仮定したコンクリートの配合を示す。セメントは、普通ポルトランドセメント（以下、普通）高炉セメント B 種（以下、高炉）および低熱ポルトランドセメント（以下、低熱）の 3 種類とした。構造物は、高橋脚の第 1 リフトをイメージし、4×4m、リフト高さ 5m とした。図-1 に解析メッシュ図を示す。打込み温度は、25℃、30℃、35℃、40℃とし、外気温は、打込み温度マイナス 5℃で一定とした。断熱温度上昇特性は、2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】に従って設定した。コンクリートの上面は散水養生、側面は合板型枠とした。コンクリートの熱定数は、熱伝導率 $\lambda=2.7\text{W/m}\cdot\text{C}$ 、比熱 $C_c=1.155\text{kJ/kg}\cdot\text{C}$ を用いた。

(2) 室内実験：表-1 の配合を用いて室内実験を行った。粗骨材には茨木産砂岩砕石（表乾密度 2.68g/cm^3 ）を、細骨材として普通には揖斐川産川砂（表乾密度 2.65g/cm^3 , F.M.2.56）を、高炉と低熱には仁淀川産川砂（表乾密度 2.61g/cm^3 , F.M.2.22）を使用した。混和剤には高機能タイプの AE 減水剤遅延形を用いた。供試体は、アルミ粘着テープとラップを用いて封緘し送風定温乾燥機を用いて材齢初期の高温履歴を与えた。与える高温履歴は、温度解析結果をもとに設定した。圧縮強度試験は、材齢 28 日と 91 日で行い、20℃標準水中養生の供試体と比較した。

3. 結果および考察

(1) 温度解析：図-2 に打込み温度と中心最高温度との関係を示す。打込み温度が高くなると、中心最高温度も大きくなるのがわかる。また、普通と高炉の中心最高温度に大差はないが、低熱は 10℃以上低い結果

表-1 配合

セメント	Gmax (mm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 C×%
					W	C	S	G	
普通	20	55	4.5	44.3	175	318	798	1013	0.7
高炉				41.3	175	318	728	1065	
低熱					175	318	736	1076	

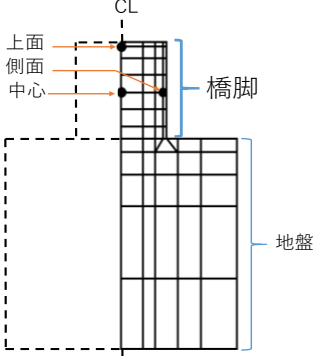


図-1 解析メッシュ図

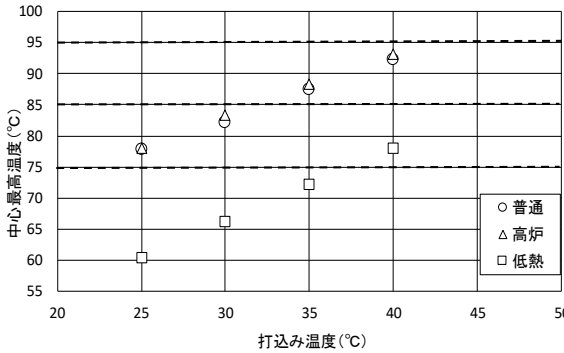


図-2 打込み温度と中心最高温度の関係

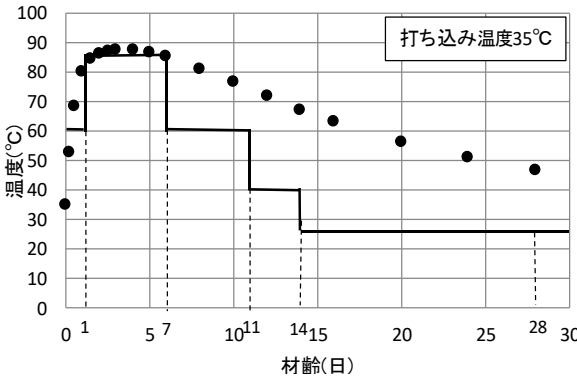


図-3 中心温度の経時変化の一例

キーワード 高温履歴，暑中コンクリート，温度解析，圧縮強度

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 摂南大学理工学部都市環境工学科 TEL 072-839-9123

となった。この解析結果をもとに、室内実験で設定する最高温度を 65℃、75℃、85℃、95℃の 4 水準とした。

図-3 に一例として、普通の打込み温度 35℃の中心温度の経時変化を示す。図より、普通の場合は、初期の温度上昇速度が大きく、材齢 1 日で最高温度近傍に達していることがわかる、この経時変化図を参考に、室内実験では、コンクリート打込み後 6 時間で設定した最高温度マイナス 25℃、材齢 1 日で最高温度とし、材齢 14 日まで段階的に温度降下させる方法とした。一方、低熱の場合は、最高温度に達するのが材齢 2 日以降となることから、打込み後 6 時間で 40℃、材齢 1 日で最高温度マイナス 25℃とし、材齢 2 日に最高温度とする方法とした。

(2) 室内実験：図-4 および図-5 に室内実験における普通と高炉の材齢と圧縮強度の関係を示す。図より、普通と高炉の場合は、20℃水中標準養生供試体の圧縮強度に比べて高温履歴を受けた供試体の強度は、低めの値で推移することがわかる。一方、図-6 に示すように、低熱の場合は、材齢 28 日では、20℃水中標準養生供試体の圧縮強度と遜色ないが、その後の強度増進はほとんどない結果となった。

図-7 に最高温度の実測値と 20℃標準水中養生の 28 日強度に対する高温履歴を受けた供試体の 91 日強度の比との関係を示す。図より、普通、高炉の場合は、66℃程度～90℃程度までの範囲では、高温履歴を受けたコンクリートの強度比は、0.9～1.0 の範囲にあるが、90℃を超えた範囲では低下する傾向になった。コンクリート標準示方書では、材料係数 γ_c は、一般的には 1.3 とされており、強度比 $1/1.3=0.77$ が設計上の限界値と考えられる。普通と高炉では、最高温度の実測値が 90℃を超える範囲では、0.77 を下回るリスクが生じるといえる。一方、低熱は、95℃までの範囲において強度比が 1.0 を上回る結果となった。本実験では、低熱の高温履歴の昇温プロセスを緩慢にしていることが実験結果に影響を及ぼした可能性がある。今後、検証を行う予定である。

4. まとめ

- (1) 普通と高炉では、高温履歴を与えた圧縮強度は 20℃標準水中養生に比べて低く推移する。
- (2) 本実験の範囲では、低熱は、最高温度が 90℃を超えても強度の低下リスクは小さい結果となった。

参考文献

- 1) 桂修, 吉野利彦, 鎌田英治：高強度マスコンクリートモデルの強度増進と温度・含水履歴, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp.243-248, 1996.7
- 2) 熊野知司, 佐々木一則, 長岡誠一, 半井恵介：初期高温履歴を受ける暑中コンクリートの強度発現に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.1299-1304, 2018.7

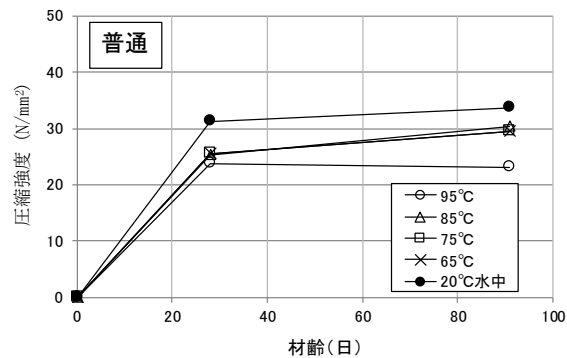


図-4 材齢と圧縮強度の関係（普通）

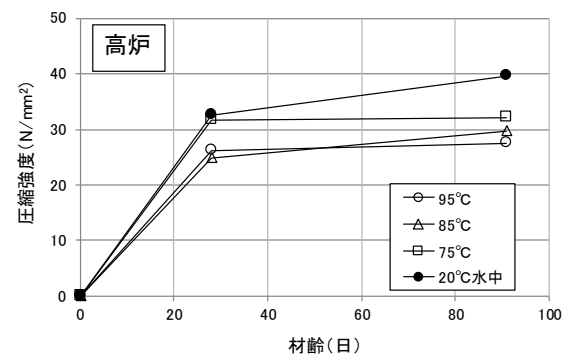


図-5 材齢と圧縮強度の関係（高炉）

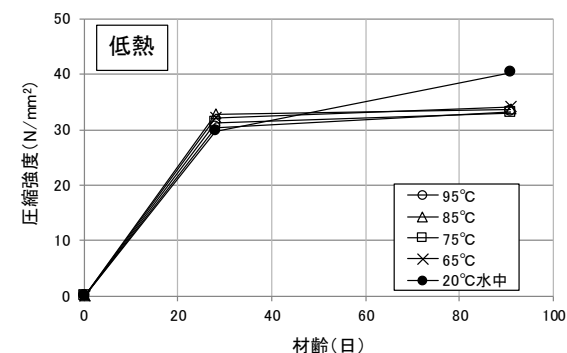


図-6 材齢と圧縮強度の関係（低熱）

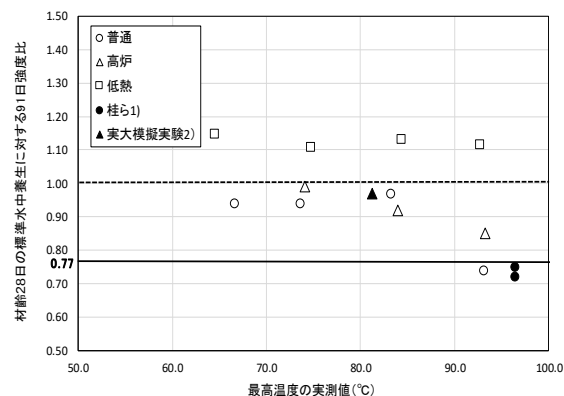


図-7 最高温度の実測値と圧縮強度比との関係