

異なる養生温度条件下における高炉セメントコンクリートの乾燥収縮ひずみ特性

大成建設 土木技術研究所 正会員 ○臼井 達哉

大成建設 土木技術研究所 正会員 宮原 茂禎

大成建設 土木技術研究所 フェロー会員 丸屋 剛

大成建設 土木本部 フェロー会員 大友 健

1. はじめに

これまでに著者らは、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリート(以降、高炉セメントコンクリートと略記)では材齢初期に40-60℃の高温履歴を受けた際に、自己収縮ひずみが増進すること、養生温度によって自己収縮ひずみの差異が大きいことについて報告してきている¹⁾。その一方で、乾燥収縮ひずみは、セメントの種類の影響は小さく、高炉セメントコンクリートの乾燥収縮ひずみは、普通セメントコンクリートと同程度または若干小さいと報告²⁾されているが、そのほとんどが20℃一定環境下における測定である。そこで、本研究では、高炉セメントコンクリートを対象とし、コンクリート温度が乾燥収縮特性に与える影響を把握するために実験的検討を行った。実験には、銘柄の異なる2種類の高炉スラグ微粉末を添加したコンクリートを使用し、各種の高温養生温度履歴における乾燥収縮ひずみを測定した。本報では、その試験結果について報告する。

2. 実験概要

2. 1 使用材料とコンクリートの配合¹⁾

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。高炉スラグ微粉末の物性を表-1、図-1に示す。高炉スラグ微粉末A、Bは、ブレン比表面積はほぼ同一であるが、粒度分布は異なるものである。細骨材は君津産山砂、粗骨材は青梅産碎石を使用した。混和剤は、AE減水剤標準形(I種)を使用した。コンクリートの配合は、普通ポルトランドセメントのみを用いたN配合、高炉スラグ微粉末AまたはBを内割で40%置換したB(A)、B(B)配合とし、水結合材比55%、スランプ15±2.5cm、空気量4.5±1.5%と設定した(表-2)。

2. 2 試験方法と養生条件

乾燥収縮ひずみは、埋込みひずみ計を中心部に設置した100×100×400mmの供試体を各配合2体作製し、測定を行った。養生温度と乾燥開始材齢を表-3に示す。乾燥前の養生は、封緘養生とし、養生温度は20℃、40℃、60℃一定と材齢20日まで簡易断熱試験体(450×450×450mm)における中心部のコンクリート温度履歴¹⁾(図-2、以下マス養生温度履歴と記載)を与えその後、20℃一定養生温度の4ケースとした。供試体作製時のコンクリート温度について、養生温度20℃はコンクリートの練上り温度を20℃とし、20℃一定環境下にて養生した。養生温度40℃は、コンクリートの練上り温度を35℃とし、40℃一定環境下にて養生した。養生温度60℃は、コンクリートの練上り温度を35℃とし、供試体作製後、5時間後にコンクリート温度が60℃なるように5℃/hrにてコンクリートの温度を上昇させた。その後、60℃一定環境下にて養

表-1 密度とブレン比表面積

高炉スラグ微粉末	密度 [g/cm ³]	ブレン比表面積 [cm ² /g]
A	2.88	4088
B	2.92	4015

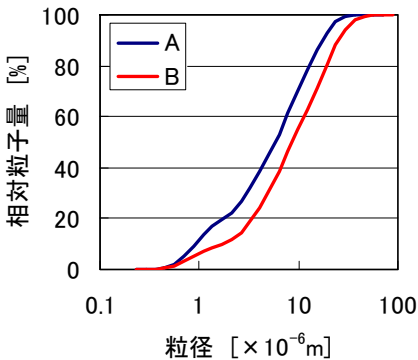


図-1 高炉スラグ微粉末の粒度分布

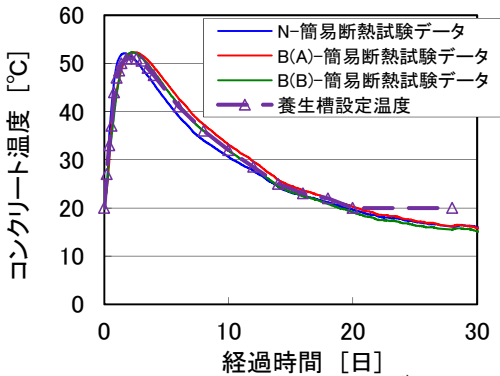


図-2 養生槽の設定温度¹⁾

表-2 コンクリートの配合

配合	Gmax (mm)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
				W	OPC	BFS	S	G	Ad
N	20	55.0	47.5	166	302	—	870	961	3.02
B(A)			47.5	164	179	119	869	961	2.98
B(B)			47.5	164	179	119	870	962	2.98

表-3 養生温度条件と乾燥開始材齢

養生条件	20℃	40℃	60℃	マス養生温度履歴
乾燥前 [封緘養生]	20℃	40℃	60℃	マス養生温度履歴 →20℃
乾燥時 [RH60%暴露]	20℃ (57日)	40℃ (29日)	60℃ (42日)	20℃ (78日)

()内は、乾燥開始材齢を示す

キーワード 養生温度、乾燥収縮ひずみ、高炉セメントコンクリート、温度履歴

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター TEL 045-814-7228

生を行った。マス養生温度履歴は、コンクリートの練上がり温度を20℃とし、供試体作製後、マス養生温度履歴を与えその後20℃一定環境下にて養生した¹⁾。乾燥収縮試験は、相対湿度60%RH環境で行った。ここで、乾燥開始材齢は、養生温度毎に異なるが、封緘養生状態で自己収縮がほぼ完了した時点から、乾燥収縮試験を開始しているためである。なお、乾燥ひずみは、乾燥開始前を基長とした。

3. 実験結果

3. 1 異なる一定温度条件下の乾燥収縮ひずみ

図-3に20, 40, 60℃一定養生温度における乾燥収縮ひずみを示す。20℃一定養生温度では、結合材の種類による差は小さく、既往の研究成果¹⁾と同様の傾向を示している。それに対して、40℃, 60℃一定養生温度では、Nよりも高炉セメントコンクリートであるB(A), B(B)の方が、乾燥開始直度の乾燥収縮ひずみ速度が非常に早く、収縮ひずみ量も大きい結果であった。乾燥開始材齢が異なるため、養生温度毎のひずみ量の定量的な比較はできないが、乾燥時の温度によって、高炉セメントコンクリートと普通コンクリートの乾燥収縮の大小関係が変化する可能性があることがわかる。続いて、高炉スラグ微粉末の種類の影響に着目すると、自己収縮ひずみでは、高炉スラグ微粉末の粒度が細かいB(A)の方が、自己収縮ひずみ量が増大する傾向があった¹⁾が、乾燥収縮については、養生温度に関わらず、粒度の影響が小さい結果であった。

3. 2 マス養生温度履歴を受けた乾燥収縮ひずみ

マス養生温度履歴を受けた乾燥収縮ひずみの測定結果を図-4に示す。乾燥時の養生温度が同じである20℃一定養生温度では、結合材の種類に関わらずほぼ同程度の乾燥収縮ひずみであったが、マス養生温度履歴を受けた場合、NよりもBBの方が乾燥開始5～10日における収縮ひずみ速度が大きく、収縮ひずみも大きいことがわかる。この乾燥収縮ひずみの差は、40℃, 60℃一定養生温度においても同様の傾向を示していることを考慮すると、乾燥開始材齢の差ではなく、乾燥前の温度履歴の影響によって生じたものであると考えられる。マス養生温度履歴により材齢初期に高温履歴を受けた影響が、長期材齢の乾燥収縮ひずみの大きさにまで影響していることが示唆された。

4. まとめ

高炉セメントコンクリートの乾燥収縮ひずみは、乾燥前の温度履歴の影響により、普通コンクリートよりも乾燥収縮ひずみが大きくなる可能性があることが伺える。実構造物では、水和熱による温度履歴を受けていることを考慮すると、高炉セメントコンクリートでは、特に夏期においてコンクリートの脱型直後の表面の乾燥収縮が大きいことによるひび割れ発生が推察される。今後、この影響について評価する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 臼井達哉ほか: 異なる養生温度条件下における高炉セメントコンクリートの自己収縮ひずみと収縮応力の特性, 土木学会論文集 E2, Vol.70, No.1, pp92-103, 2014.3
- 2) 兵頭彦次ほか: 物性の異なる粗骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮特性, 土木学会第64回年次学術講演会, V-453, pp.867-868, 2009.9

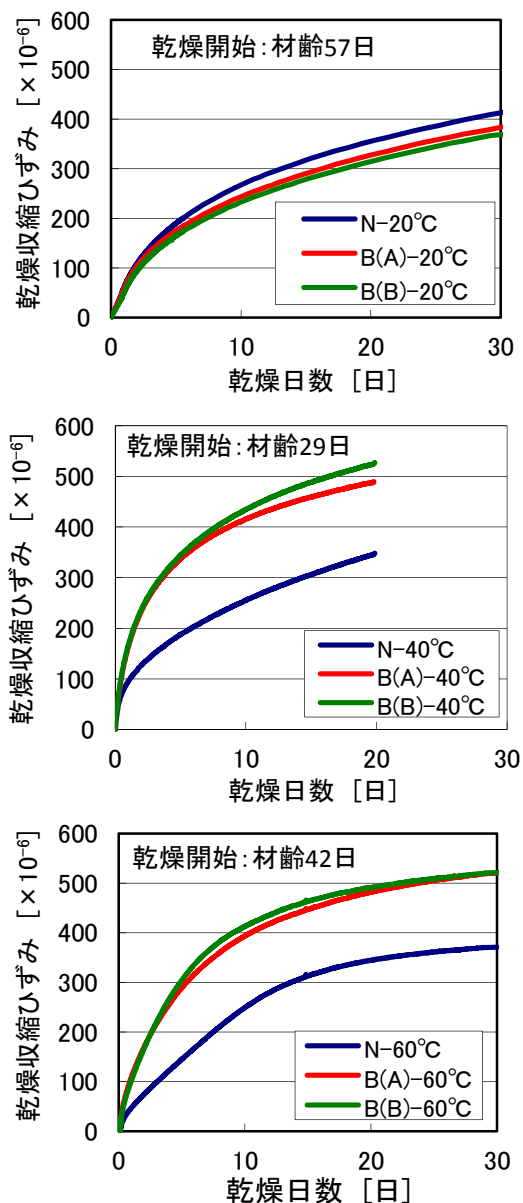


図-3 異なる一定温度条件下の乾燥収縮ひずみ

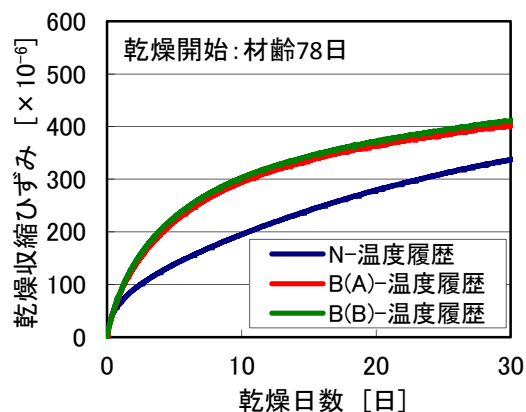


図-4 マス養生温度履歴を受けたコンクリートの乾燥収縮ひずみ