

高炉セメント B 種コンクリートの力学特性および RC はりのせん断強度に 及ぼす初期高温履歴と廃瓦骨材の影響

広島大学 学生会員 ○川畠 光貴, 藤山 堯大
広島大学 正会員 小川 由布子
浜田河川国道事務所 藤原 浩幸
広島大学 フェロー会員 河合 研至, 佐藤 良一

1. 目的

高炉セメント B 種コンクリート(BBC)は、マスコンクリートに使用すると、初期の水和熱による高温履歴により常温下と比べて長期の強度発現性が低下すること¹⁾や、20℃養生と比べて自己収縮が2倍程度になる場合があること²⁾が報告されている。また BBC を用いた鉄筋コンクリート(RC)はりのせん断強度は、初期高温履歴によって、常温下と比べて8-14%低下すると報告されており¹⁾、初期高温履歴を受ける BBC の力学特性および BBC を用いた RC はりのせん断強度特性の解明が求められている。藤山ら³⁾は、普通強度コンクリート(W/C=0.50)を対象とし、初期高温履歴を受けた BBC の強度低下および自己収縮増加を、廃瓦骨材(PCA)の内部養生を用いることで抑制した。内部養生とは、コンクリート内の相対湿度の低下時に、湿度勾配を利用して骨材内部の水分をセメントペーストに供給する作用である。本研究では、普通強度範囲内で自己乾燥を考慮する必要のあるコンクリート(W/C=0.35)を対象とし、BBC の力学特性および RC はりのせん断強度に及ぼす PCA の影響を把握することを目的とした。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

表-1 に本研究で使
用したコンクリートの配
合を示す。W/C=0.35 の
BBC を対象とし、PCA の

配合名	水セメン ト比	空気量 (%)	細骨材 率	単位量 (kg/m ³)								
				水 W	セメン トC	細骨材			粗骨材			
						計	S	PCA	計	G1505	G2015	PCA
35BBC	0.35	4.5	0.403	170	486	648	648	0	977	390	587	0
35G10						648	648	0	964	351	529	84
35S12						637	552	85	977	390	587	0

混入は無置換、粗骨材 10vol.%, 細骨材 12vol.%(PCA 内の水量を合わせた)の3水準とした(以下、順に 35BBC, 35G10, 35S12)。環境温度は、打込み直後から温度制御の無い屋内に静置する常温、および最高温度約 70℃の温度履歴を材齢 7 日まで与え、その後は屋内に静置する高温履歴の2条件とし、全ての供試体は打込み直後から封緘した。検討項目は圧縮強度、自己収縮および RC はりのせん断強度とし、初期高温履歴と PCA の内部養生の影響を検討する。RC はりの寸法は 200x320x2300mm、有効高さは 250mm、引張鉄筋比は 0.80%とした。自己収縮供試体は RC はりと同断面の 200x320x1000mm とし、埋込型ひずみ計を供試体中央に設置し、長手方向の自己収縮を経時計測した。

3. 実験結果および考察

3. 1 圧縮強度

図-1 に BBC の圧縮強度と有効材齢⁴⁾の関係を示す。有効材齢とは、温度による反応速度の促進・遅延を材齢に考慮したものである。有効材齢初期における高温履歴の圧縮強度は常温の場合と同程度であるが、有効材齢が長期になると高温履歴の圧縮強度は常温の場合に比べて小さくなる傾向を示した。この傾向は、初期高温履歴により細孔構造が粗になったため⁵⁾と考えられる。一方、35G10 および 35S12 の圧縮強度は有効材齢と温度履歴によらず 35BBC に比べて大きくなる傾向を示し、91 日強度において常温では 35G10 が 3%、35S12 が 9%、高温履歴では 35G10 が 14%、35S12 が 11%大きくなっている。すなわち、温度履歴によらず

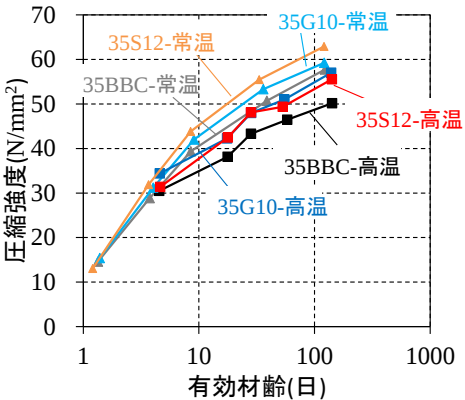


図-1 圧縮強度と有効材齢の関係

キーワード 高炉セメント B 種, 高温履歴, 廃瓦骨材, 圧縮強度, 自己収縮, せん断強度

PCA の内部養生により強度が増進し、この効果は特に高温履歴で顕著に認められた。

3. 2 自己収縮

図-2 に自己収縮の経時変化を示す。ひずみは膨張を正、収縮を負とした。自己収縮の起点はコンクリートの凝結開始時とした。高温履歴の場合は、温度上昇による水和促進とそれによる自己乾燥の促進により PCA の有無によらず温度のピークである有効材齢約 10 日までの自己収縮が大きくなった。その後は温度の低下とともに供試体内部の相対湿度が上昇することにより、自己収縮ひずみが減少したと考えられる。高温履歴後に常温下に置いてからは、再び自己乾燥が生じて収縮ひずみが増大したと推定される。その進行速度が常温下と比べて速いのは、高温から常温に戻った時の供試体内部の相対湿度が常温下に比べて高いことにより、自己乾燥が促進したためと思われる。高温履歴を受けた BBC の有効材齢約 200 日における自己収縮は常温下と比べて大きくなる傾向を示した。一方、有効材齢約 200 日における 35G10 および 35S12 の自己収縮は高温履歴の場合で、35BBC に比べて小さくなる傾向を示し、35G10 で 5%、35S12 で 9% 小さい。常温の場合は PCA の有無によらず同程度であった。すなわち、PCA の内部養生による自己収縮低減効果は初期高温履歴を受けた供試体で大きくなる可能性があるといえる。

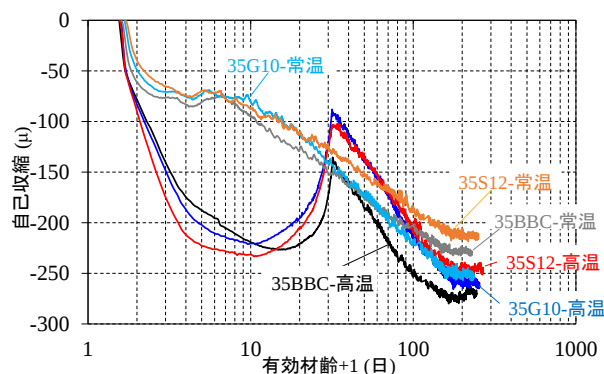


図-2 自己収縮と有効材齢の関係

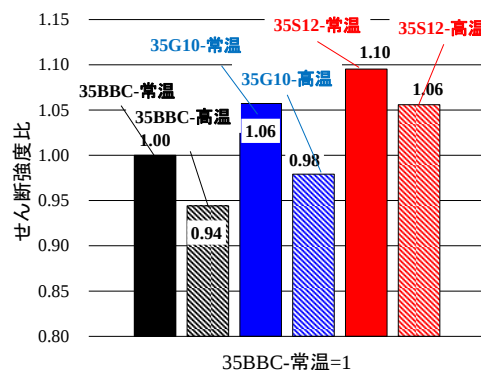


図-3 35BBC の常温に対する各供試体のせん断強度

3. 3 RC はりのせん断強度

図-3 に 35BBC の常温に対する各供試体のせん断強度を示す。初期高温履歴によりせん断強度は PCA の有無によらず小さくなる傾向を示した。一方 PCA 置換により RC はりのせん断強度は大きくなる傾向を示し、35BBC に比べて常温では 35G10 で 6%、35S12 で 10%、高温履歴では 35G10 で 4%、35S12 で 12% 大きくなった。また、図中の 35BBC の常温に対する比を見ると、35S12 の高温履歴は 35BBC の常温と比べて 6% 大きくなっており、PCA の内部養生によるせん断強度の増加量は初期高温履歴による低下量よりも大きかった。

4. 結論

BBC の圧縮強度は初期高温履歴により常温と比べて低下したが、PCA の内部養生効果により PCA 無置換と比べて増加した。一方、BBC の自己収縮は初期高温履歴により常温と比べて増加したが、PCA の内部養生効果によりこの自己収縮の増加は抑制された。また、BBC を用いた RC はりのせん断強度は初期高温履歴により常温と比べて低下したが、PCA の内部養生効果により PCA 無置換と比べて増加した。

謝辞

本研究の実施にあたり、Mwangi M. MACHARIA 氏にご協力いただきました。記して謝辞を表します。

参考文献

- 1) 宮澤伸吾, 佐藤良一, 杉山淳司: 高温履歴を受ける高炉セメントコンクリートの自己収縮予測式, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp465-470, 2008
- 2) Mwangi M. MACHARIA, 藤山堯大, 小川由布子, 佐藤良一: 高炉セメント B 種 RC はりの曲げせん断耐力に対する初期高温履歴の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp241-246, 2015
- 3) 藤山堯大, Mwangi M. MACHARIA, 小川由布子, 河合研至, 佐藤良一: 高温履歴を受ける高炉セメント B 種コンクリートの自己収縮および力学特性に及ぼす廃瓦粗骨材の影響, 第 67 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.407-408, 2015
- 4) 土木学会: コンクリート標準示方書設計編, p.107, 2012
- 5) 伊代田岳史, 兼安真司, 檀康弘, 前田悦孝: 高炉スラグ微粉末を高含有したセメントの温度依存特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp139-144, 2005