

高炉スラグ微粉末を大量使用した環境配慮コンクリートの湿潤養生

大成建設株式会社 土木技術研究所 正会員 ○宮原茂禎 正会員 荻野正貴
 正会員 岡本礼子 正会員 大脇英司
 正会員 坂本淳 フェロー会員 丸屋剛
 国立研究開発法人 土木研究所 正会員 中村英佑

1. はじめに

高炉スラグ微粉末をカルシウム系の刺激材で硬化させる，セメントを使用しない環境配慮コンクリートの開発を進めている^{1),2)}．混和材を大量使用したコンクリートの一般的な特徴として，強度発現が遅いため湿潤養生期間を通常よりも長くする必要があることが知られている．特に低温では 20℃よりも影響が大きくなることが予想される．本研究では，環境配慮コンクリートの最適な湿潤養生期間を設定するために，温度と湿潤養生期間をパラメータとして材齢 56 日までの圧縮強度を試験した．

2. 配合および実験方法

環境配慮コンクリート（以降，環境配慮配合）は高炉スラグ微粉末（BFS：密度 2.90g/cm³，比表面積 4500cm²/g）を主たる結合材とし，水酸化カルシウム，石灰系膨張材および炭酸カルシウムを刺激材としたものである（表-1）．水粉体比（W/P，P=BFS+刺激材）は呼び強度 24 となるように設定した．また，普通ポルトランドセメントを使用したコンクリート（N100）を比較に用いた．試験条件を表-2 に示す．20℃の室内で混り練せて φ100×200mm の型枠に打設した後，直ちに 10℃または 20℃の室内で湿らせた養生マットで覆った．材齢 3 日で脱型した後，所定の材齢まで再び養生マットで養生した（表-2）．湿潤養生後は強度試験まで 20℃，RH60%で保管した．圧縮強度試験は材齢 28,56 日と，環境配慮配合では 3 日を除く湿潤養生終了時に行った．なお，湿潤養生に対する基準として，20℃で水中養生した試験体についても 7,28,56 日で強度試験を行った．

3. 結果および考察

図-1 に 10℃で湿潤養生した環境配慮配合および N100 の材齢 56 日までの圧縮強度の推移を示す．環境配慮配合の水中養生 7 日の圧縮強度は N100 の 25N/mm²に対して 23N/mm²であり，大量の高炉スラグを使用しているが，N100 と同程度の初期強度を発現した．また，環境配慮配合は養生終了後も 56 日まで順調に強度が増進した．

図-2 は水中養生 28 日（20℃）を基準として，温度や湿潤養生期間が異なる各試験体との強度比を示したもので

表-1 配合

配合名	スランプ	W/P	空気(%)	s/a	単位量 (kg/m ³)						
					水	BFS	刺激材	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
環境配慮	15±2.5	0.36	6.0±1.5	0.45	155	333	99	—	736	926	高性能 AE 減水剤 P×0.65%
N100	8±2.5	0.55	4.5±1.5	0.45	165	—	—	300	810	1018	AE 減水剤 C×0.29%

表-2 試験条件

配合名	養生方法	脱型	湿潤養生期間 (湿らせた養生マット)	湿潤養生後
環境配慮	水中養生	3 日	試験材齢まで 20℃水中で養生	材齢 7, 28, 56 日に強度試験
	湿潤養生		20℃：材齢 3,7,10,14 日の 4 種 10℃：材齢 3,9,14,21 日の 4 種 3 日を除き，湿潤養生終了後強度試験	気中 20℃，RH60% 材齢 28,56 日に強度試験
	水中養生		試験材齢まで 20℃水中で養生	材齢 7, 28, 56 日に強度試験
N100	湿潤養生		20℃：材齢 3,5,10,14 日の 4 種 10℃：材齢 3,7,9,14 日の 4 種 湿潤養生終了時の強度試験はなし	気中 20℃，RH60% 材齢 28,56 日に強度試験

ある。N100 は 10℃、20℃とも、いずれの湿潤養生期間でも 28 日での圧縮強度は水中養生 28 日と同程度となった。一方、環境配慮配合では最長 21 日の湿潤養生を行っても、材齢 28 日では水中養生 28 日の強度まで到達しない。参考として、JASS5³⁾の解説図には、高炉セメント B 種コンクリートを 7 日間水中養生した場合、28 日における圧縮強度が水中養生 28 日の 80% 強となることが示されている。

20℃で湿潤養生した場合、環境配慮配合の 28 日での圧縮強度は、湿潤養生期間によらず水中養生 28 日の 90% 以上となった。湿潤養生期間による差は小さく、最短の湿潤養生 3 日も最長の 14 日と

同等の 28 日強度が得られた。20℃では湿潤養生を 3 日以上行えば以降の強度増進に影響を及ぼさないことがわかる。

10℃で湿潤養生した環境配慮配合は、材齢 28 日では湿潤養生を 9 日行った場合に強度が 28 日水中養生の 89% となり、さらに湿潤養生期間を長くすると若干減少した。これは低温の期間が増加したためで、湿潤養生後に 20℃、60%で保管しても 28 日までに強度が十分に発現しなかったと考えられる。温度の影響が小さくなる材齢 56 日では湿潤養生期間が長い方が強度は大きい傾向を示した。ただし、湿潤養生期間による差は 9 日以上であれば小さい。したがって 10℃の場合には、湿潤養生期間が 9 日以上であれば以降の強度発現への影響は小さいと考えられる。コンクリート標準示方書【施工編】⁴⁾(示方書)に示される混合セメント B 種の湿潤養生期間の標準は 5℃以上、10℃以上、15℃以上の場合、それぞれ 12、9、7 日である。環境配慮配合は高炉スラグを大量に使用するが、本研究の温度範囲では、混合セメント B 種と同等の湿潤養生期間を確保することで、強度発現に関しては必要な養生効果を得ることができる。

4. おわりに

環境配慮コンクリートは、示方書に示される混合セメント B 種の湿潤養生期間の標準と同程度の養生期間を確保することでその後も良好な強度発現を示し、材齢 28 日において水中養生 28 日の場合の 90% 以上の強度を得られることが確認された。なお、本研究は土木研究所が主催する共同研究「低炭素型セメント結合材の利用技術に関する研究」の成果の一部である。

参考文献

1) 宮原茂禎ほか：コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.1969-1974，2013. 2) 岡本礼子ほか：コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.1981-1986，2013. 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5，pp.270-280，2009. 4) 土木学会：コンクリート標準示方書【施工編】，p.122，2012 年制定。

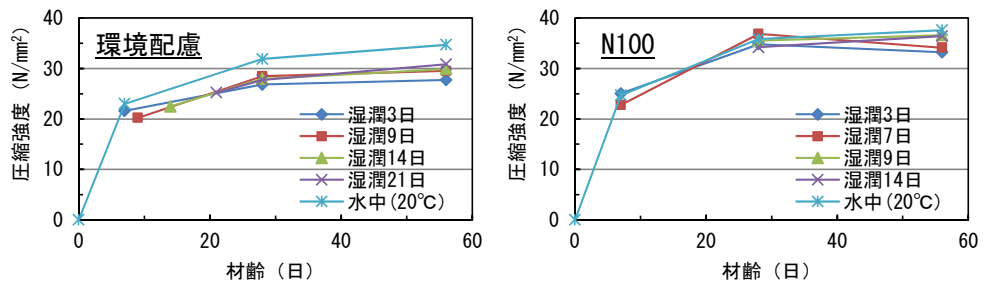


図-1 湿潤養生 10℃での圧縮強度

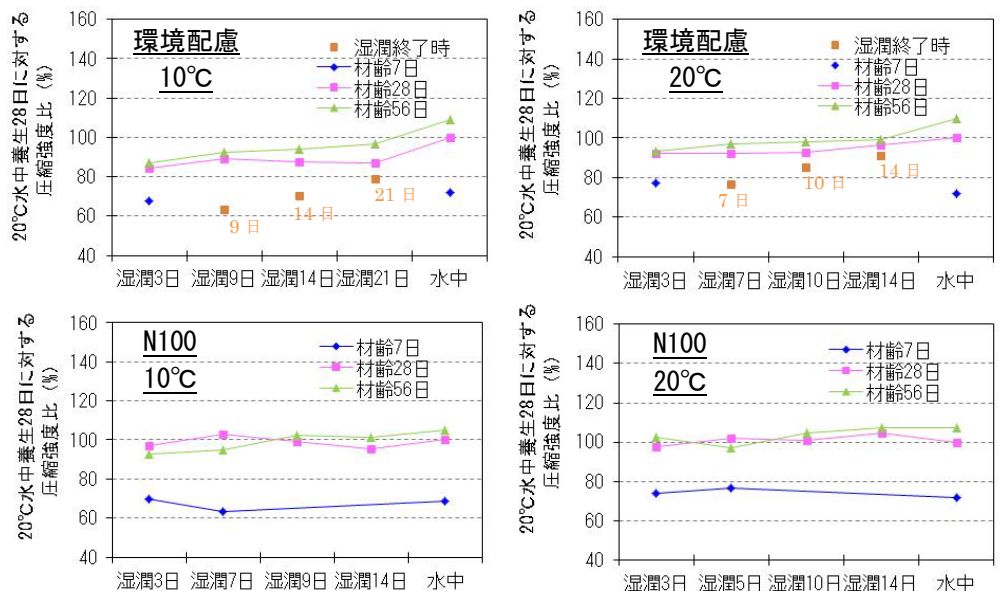


図-2 20℃水中養生に対する圧縮強度の割合