

高炉スラグ微粉末混入モルタルの水分状態がひび割れ発生に与える影響

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○原沢 蓉子
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

コンクリート構造物の強度や耐久性の確保という点より、養生の重要性は広く知られている。養生とは、水和反応の際に十分な水分を確保する行為であり、硬化体内部の空隙構造や水分状態に影響を及ぼす。硬化体に生じる乾燥収縮はこれらに起因するため、養生は乾燥収縮によるひび割れに対しても大きな影響を及ぼすと考えられる。しかしながら、セメント種類によって水和反応の進行速度は異なるため、同一養生期間における水和反応の進行度合いは変化すると考えられる。それに伴い、乾燥収縮に対しても同一の養生日数が及ぼす影響はセメント種類ごとに異なると想定される。

そこで本研究では、異なるセメント種類の水和度が同一となるようにそれぞれ養生期間を設定し、養生期間やセメント種類がひび割れ発生に与える影響を把握することを目的とした。なお、セメント種類ごとに材齢 28 日の結合水量に対する各材齢での結合水量の割合を水和度と定義して算出した。

2. 実験概要

2. 1 水和度の算出

セメント種類は、普通ポルトランドセメント（以後 OPC と記す）と普通ポルトランドセメントの一部に高炉スラグ微粉末を 45%置換して試製したセメント（以後 B45 と記す）を使用した。試験体はセメントペーストとし、水結合材比は 55%一定とした。打込みをした翌日に脱型し、材齢 1, 3, 5, 7, 14, 28 日まで封緘養生した。養生終了後、試験体を微粉碎し、示差熱重量分析試験（TG-DTA）より結合水量を測定した。その後水和度を、材齢 28 日の結合水量に対する各材齢での結合水量から算出した。その結果より、異なるセメント種類において水和度が同一となるような養生期間を求めた。表-1 に算出した水和度および養生期間を示す。

2. 2 拘束ひび割れ試験

(1) 試験体諸元

試験体として、2.1 と同一の水結合材比ならびにセメ

表-1 水和度より算出した養生期間

記号	水和度(%)	養生期間
OPC	55	57:00
	70	101:56
	85	317:35
B45	55	89:55
	70	192:09
	85	430:06

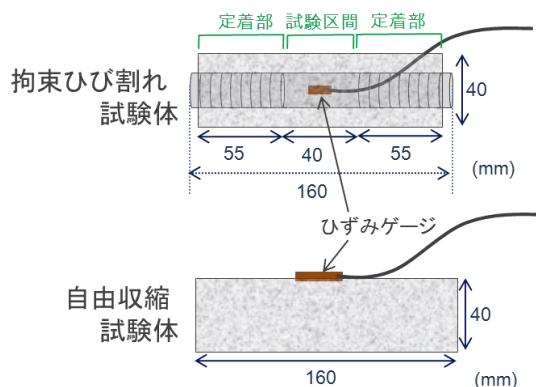


図-1 試験体概要

ント種類（以後 OPC, B45 と記す）のモルタルを作製した。図-1 に試験体概要を示す。拘束体にはφ12.7mmの全ねじボルトを用いた。拘束時の拘束収縮ひずみより、ひび割れ発生材齢を算出するために、全ねじボルトにひずみゲージを貼り付け、4×4×16cmの型枠に設置してモルタルの打込みを行った。脱型後、水和度 55, 70, 85%となるように表-1 に示した期間、封緘養生を行った。また、同時に自由収縮ひずみを測定するために、無拘束の試験体も作製した。

(2) 拘束ひび割れ試験

養生終了後、20℃RH60%, 30℃RH60%, 20℃RH40%の3環境下にそれぞれ静置し、ひび割れが発生するまで拘束収縮ひずみならびに質量を測定した。試験体は、各配合、水和度、環境に対して3体ずつ用意した。ひび割れ発生材齢は、全ねじボルトのひずみ測定値の急変点より求めた。並行して、自由収縮ひずみも測定した。

3. 実験結果および考察

3. 1 水和度とひび割れ発生材齢の関係

キーワード：乾燥収縮、ひび割れ、養生、セメント種類

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 Tel:03-5859-8356 E-mail:me13070@shibaura-it.ac.jp

図-2 に水和度とひび割れ発生材齢の関係を示す。なお、ひび割れ発生材齢は、打設時からの材齢とした。20℃RH60%環境下では、セメント種類によらず水和度が大きくなるほど、すなわち養生期間が長くなるほど、ひび割れ発生材齢は遅くなる傾向を示した。

3. 2 乾燥期間中における拘束収縮ひずみの関係

図-3 に、以下の式より求めたひび割れ発生までの拘束収縮ひずみの割合と、養生後からひび割れが発生するまでの乾燥期間の関係を示した。なお、拘束収縮ひずみ 100%とは、拘束収縮ひずみがひび割れ発生時のひずみに到達したことを意味する。ひび割れは、図中の矢印で示すように、グラフの最終点で発生した。

$$\text{拘束収縮ひずみ}(\%) = \frac{\text{ひび割れ発生までの拘束収縮ひずみ}}{\text{ひび割れ発生時の拘束収縮ひずみ}}$$

OPC では、拘束収縮ひずみがひび割れひずみに達した直後には、ひび割れは発生しなかった。一方で B45 では、ひび割れひずみに到達後、OPC に比べ短期間でひび割れが発生した。拘束収縮ひずみは、OPC の方が緩やかに増加した。したがって、OPC と B45 ではひび割れ発生までの収縮のプロセスが異なり、B45 は OPC に比べ脆性的にひび割れが発生すると考えられる。

3. 3 質量減少率と収縮の関係

図-4 に 20℃RH60%および 30℃RH60%下における自由収縮試験体の質量減少率と自由収縮の関係を示す。20℃環境下において OPC と B45 を比較すると、同一収縮率の時の質量減少率は、OPC の方が大きい。すなわち B45 は OPC に比べ、少量の水分逸散で、収縮量は大きくなった。また、いずれの環境温度においても、OPC と B45 共に水和度の増加に伴い、同一質量減少率の時の収縮量は大きくなった。これは、細孔構造の緻密な硬化体ほど、同量の水分が逸散した場合、より小さな細孔まで乾燥するため、生じる毛細管張力が大きいことに起因する¹⁾と考えられる。

4. まとめ

本研究から得られた結果を以下に示す。

- (1) 養生日数の増加に伴い、セメント種類によらずひび割れ発生材齢は遅くなる傾向を示した。
- (2) OPC と B45 では、ひび割れ発生までの収縮のプロセスが異なり、B45 は脆性的にひび割れが発生すると考えられる。
- (3) B45 は少ない水分逸散量で大きく収縮し、OPC と B45 ではその傾向は異なると考えられる。

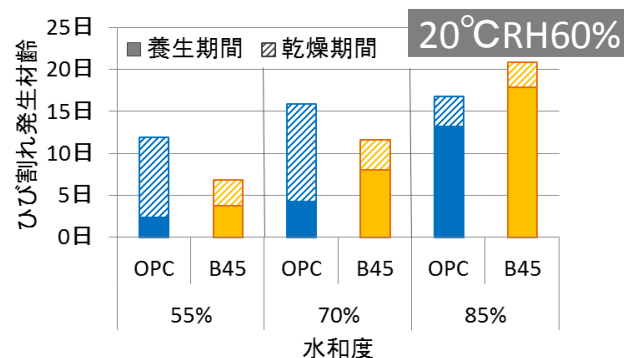


図-2 水和度とひび割れ発生材齢の関係

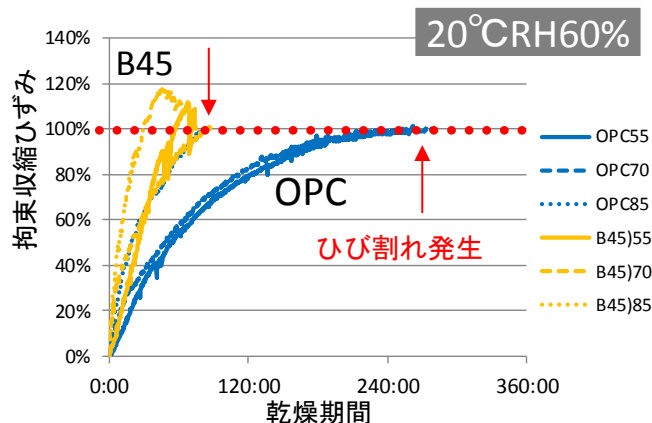


図-3 拘束収縮ひずみと乾燥期間の関係

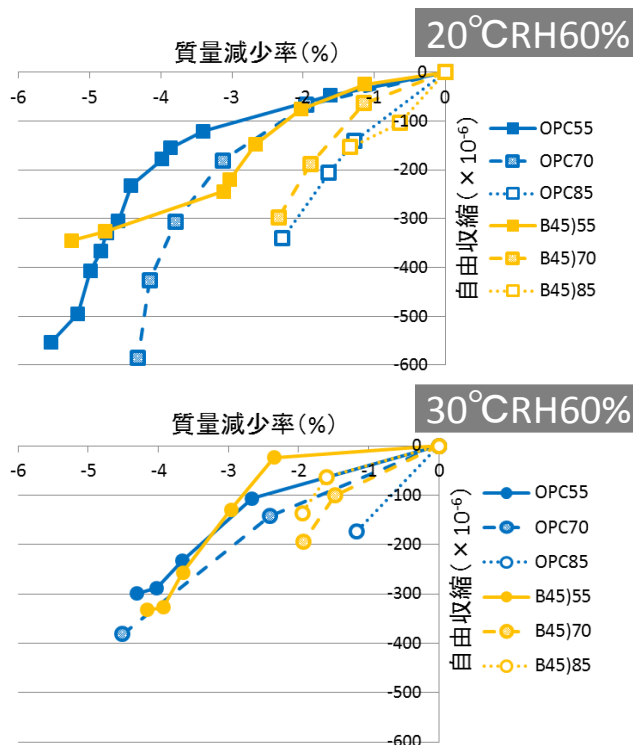


図-4 質量減少率と自由収縮 (上:20℃, 下:30℃)

参考文献

- 1) 郭度連, 国府勝郎, 宇治公隆, 上野敦: コンクリートの乾燥収縮に及ぼす水セメント比および養生条件の影響, コンクリート工学論文集, Vol.25, pp.743-pp.748, 2003