

銅スラグを適用したコンクリートの乾燥収縮特性及び物質移動抵抗性に関する検討

徳島大学大学院 学生会員 ○西山 航平 徳島大学大学院 正会員 渡邊 健
 本州四国連絡高速道路株式会社 学生会員 福富 隼人 徳島大学大学院 フェロー 橋本 親典

1. 目的

現在、日本において良質な骨材の枯渇が問題視されており、銅スラグ骨材などの産業副産物の利用が進められている。銅スラグ骨材は、乾燥収縮が抑制される特徴があるが、物質移動抵抗性については不明な点があり、また、乾燥収縮時に銅スラグ細骨材を用いたコンクリートやモルタルにおいてコンクリート内部のマイクロクラックが多発する可能性がAE法によって指摘されている¹⁾。そこで本研究では、銅スラグ細骨材を適用したコンクリートにおける物質移動抵抗性をダブルチャンバー法による表層透気試験並びに超音波法にて評価することを試みた。

2. 実験概要

2. 1 配合及び供試体

配合を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材は阿南市産砂岩砕砂、粗骨材は鳴門市産砂岩砕石、銅スラグ細骨材は小名浜産銅スラグ細骨材(以下 CUS2.5 と称す)を使用した。また、細骨材の影響を比較するため、骨材の容積を一定とした。さらに、CUS2.5を混合する場合は砕砂に対して0%、30%、60%(以下 N, CUS30, CUS60 と称す)の容積置換率とした。

供試体形状を図-1に示す。供試体形状は、表層透気試験を行うため、200mm×200mm×200mmの立方体のコンクリート供試体を各配合2体作製した。供試体は7日間水中養生を行った後、20℃環境下の恒温室内の気中に静置した。

表-1 配合

置換率 (%)	W/C (%)	air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	銅スラグ	S	G
0	55	5	45	170	308	325	790	965
30							553	
60							316	

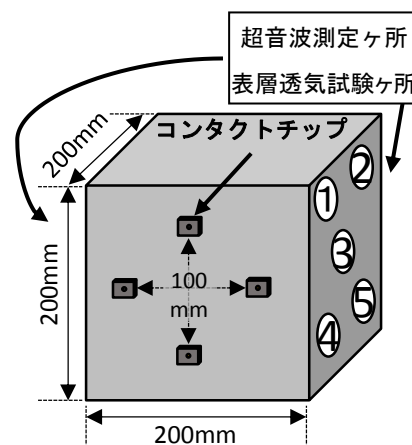


図-1 供試体

2. 2 超音波法

超音波法による測定点(①～⑤)を図-1に示す。超音波法により時間波形を取得し、伝搬速度及び波形エネルギーを算出し、評価を行った。測定は送信子と受信子を挟み込む透過法を用いた。200mmの供試体側面を図-1に示す5ヶ所の測定点で同一ヶ所を3回計測し、相加平均で算出した。測定条件は、電圧400V、入力周波数200kHzと一定とした。伝搬速度は、ピーク法による初動のピーク位置を波の到達時間とし、算出を行った。波形エネルギーは、相対比較を行うため、測定で得られた波形データにおいて算出範囲を同一時間間隔で設定し、算出範囲内の面積を波形エネルギーとして用いた。

2. 3 長さ変化試験

長さ変化試験においてJIS A 1129-2を参考に試験を行った。コンタクトチップの位置を図-1に示す。試験方法は、供試体の表面及びその反対側の面に計測箇所が面の中央で交差するようにコンタクトチップを各4つ設置した。測定時の評点は、1供試体につき表面2か所、反対側の面2か所の合計4か所の長さ変化を測定した。

2. 4 表層透気試験

各供試体の透気係数をダブルチャンバー法により測定した。透気係数の評価において、透気係数はダブルチャンバー法に準じた表層透気試験機を用い、3回測定した試験結果を相乗平均した値を用いた。さらにコンクリート内部における含水率が表層透気試験に影響を与えるとの報告²⁾から、表層透気試験を行う前に測定面の含水率を市販のコンクリートモルタル水分計によって計測した。測定時の評点として、1供試体につき表面及びその反対側の面の中心を表面3回、反対側の面3回の合計6回とし、表面透気試験を行った。

キーワード 乾燥収縮, 銅スラグ, 超音波法, 表層透気試験

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1 徳島大学建設工学科コンクリート工学研究室 TEL 088-656-7315

3. 実験結果

3. 1 表面含水率

表面含水率を図-2に示す。ダブルチャンバー法による表層透気試験は、表面含水率が6%未満で実施することを推奨する報告がある²⁾。本研究もそれに準じ、図-2より14日目以降において6%未満となるため、14日目以降を有用な値として検討した。

3. 2 超音波法

各供試体の測定点④における超音波法による伝搬速度及び波形エネルギーの試験結果を図-3に示す。伝搬速度及び波形エネルギーにおいて7日目や14日目までに増加傾向を示し、14日目以降に減少傾向が示された。この試験結果より14日目まではコンクリート内部での硬化による密実化の影響により増加し、14日目以降に水分の逸散が大きく、伝搬速度及び波形エネルギーが減少したと考えられる。AE法で確認された微細ひび割れによる超音波法のパラメータの減少を予測したが、確認することができなかった。

3. 3 乾燥収縮ひずみ

乾燥収縮ひずみを図-4に示す。図-4より、N-1,2と比較した結果、CUS30-1, 2は18, 24%, CUS60-1, 2は34%, 32%乾燥収縮ひずみを抑制したことから、混合率が高いほど乾燥収縮ひずみが抑制されることが確認できた。また、本研究での供試体形状から、内部の水分の逸散が遅延しており、一般的に長さ変化試験で適用される供試体と比較すると乾燥収縮ひずみは緩やかに増加した。

3. 4 表層透気性

ダブルチャンバー法による表層における透気係数を図-5に示す。前述より、表面含水率が6%未満となる14日目以降に着目し、評価した。図-5より、各供試体の透気係数の挙動は類似しており、透気性が低下する傾向を示した。但し、透気係数が表層透気係数の品質評価基準において0.01~0.1であることから各供試体は良であることが確認できた。

4. まとめ

今回の試験の範囲では、乾燥の初期段階において銅スラグ細骨材の置換率に伴い乾燥収縮ひずみは抑制されることが確認できた。また、透気係数は、基準配合と銅スラグ細骨材を置換したコンクリートでは大きな差は生じなかった。

参考文献

1)中島ら:拘束条件の有無による非鉄スラグ細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮特性の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.469-474, 2015

2)温品ら:表層透気試験で得られたコンクリート表層品質の判定結果に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1738-1743, 2012

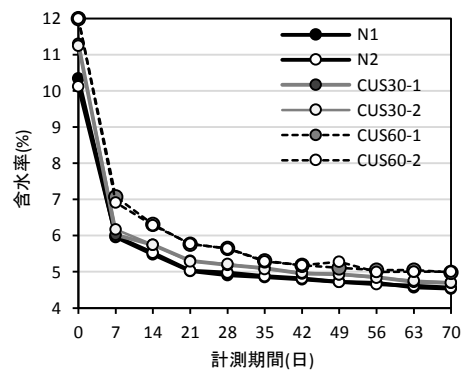


図-2 含水率(%)

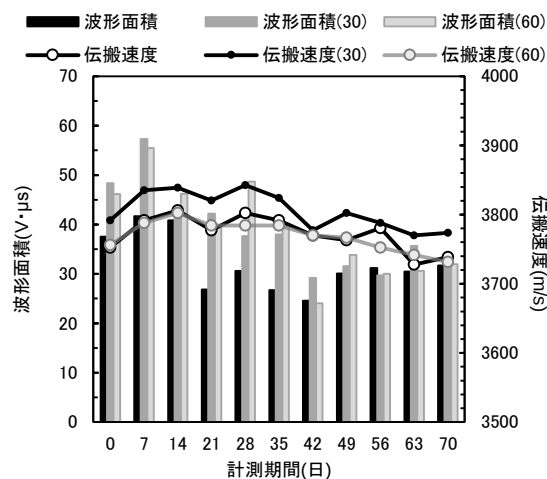


図-3 超音波法

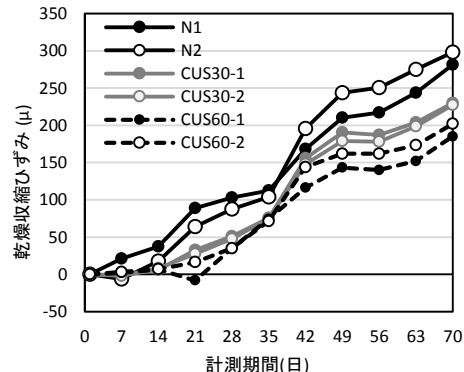


図-4 乾燥収縮ひずみ(μ)

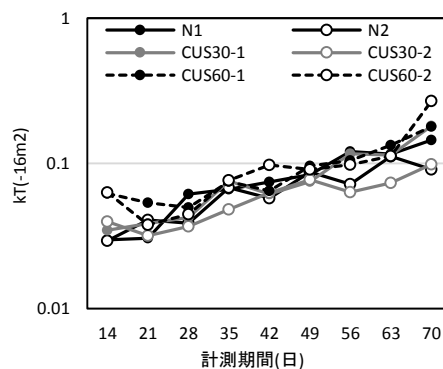


図-5 ダブルチャンバー法($kT(10^{-16}m^2)$)