

ダンボール破砕物を気泡混合軽量土の骨材として混合したときの強度特性

日本大学工学部 学生会員 ○ 對比地 清  
 日本大学工学部 正会員 古河 幸雄  
 株式会社 建辰 高坂 俊行  
 協和ボーリング株式会社 正会員 中田 嘉久

1. はじめに 空洞や廃管への充填は、従来エアミルク工法やエアモルタル工法が用いられている。しかし、満水である廃管や空洞に打設した場合それらの充填物は、エアミルクの場合は浮き上がり、エアモルタルの場合は骨材が分離して堆積する現象が発現する。しかし、エアミルクにダンボール破砕物を混入するとその欠点が改善される。このときの気泡モルタルの流動性はエアミルクやエアモルタルと同等である特徴を有している。しかし、ダンボール破砕物を気泡モルタルに混合すると、ブリージングが発生する。これを抑制するためには粘土の添加が考えられる。粘土を添加すると、水中で弱いゲル構造を形成し、構造粘性や降伏値を発生させることによりセメント粒子の沈降や分離水の発生を防ぐ効果がある。本研究では、粘土を添加した時の配合設計の確立とダンボール破砕物混入気泡モルタルの配合設計適用範囲を品質管理から調査し、そのときの強度特性を検討した。

2. 実験方法

材料は、高炉セメントB種、起泡剤(モノクリートFM)、ダンボール破砕物、粘土、混練水である。気泡モルタルの作製には、気泡装置によりプレフォーム方式(希釈倍率20倍、発泡倍率20倍)で発泡させた気泡とダンボール破砕物、粘土(粘土の性質は、表-1に示す)、水及びセメントを手練りにより混合する。配合設計の品質が確保されていることの確認は、流動性と生比重である。気泡モルタルの流動性の測定は、フロー試験(JHS A 313-1992 シリンダー法)により行い、フロー値の規定値は180±20mmと設定し、生比重は、単位容積質量法で行った。なお、ブリージングの確認は、ブリージング率試験(ポリエチレン袋法)で行った。また、型枠投入後に型枠の隙間より水が流出したので、これをブリージング水としてとらえ、前述のブリージング試験とは異なるので、型枠ブリージングとして定義し、測定した。その後、気泡モルタルはφ=5、H=10(cm)の型枠へ打ち込み5日後に収縮率試験(水銀法)を行った後脱型し、供試体を密封して28日間気中養生し、その後一軸圧縮試験を行った。

3. 実験結果及び検討

1) ブリージングが発生しないS/Cを求めるための実験(以後、先行実験)

図-1は、型枠ブリージング率と粘土セメント比S/Cの関係である。型枠ブリージング率は、P/Cが同じ値であってもW/Cが大きい条件のものの方が多く発生している。さらに、S/Cを0~0.03に変化させたとき型枠ブリージング率はP/C、W/Cによって異なるが、概ねS/C=0.015~0.02以上になるとほぼ一定の値になっている。

図-2はS/Cと供試体の空気量及び一軸圧縮強さquの関係である。本研究における設計空気量は40%であり、空気量はS/C比が増加するにつれて

表-1 粘土性質

土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	液性限界 $W_L(\%)$	塑性限界 $W_p(\%)$	塑性指数 $I_p$
2.704	251.9	69.4	182.5

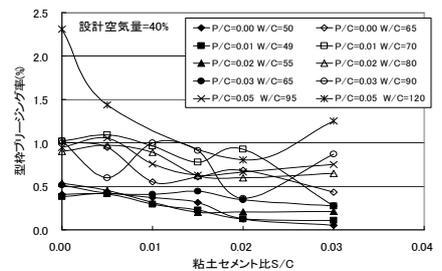


図-1 型枠ブリージング率と S/C の関係

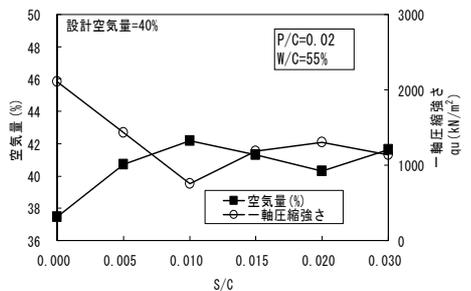


図-2 S/C と空気量及び qu の関係

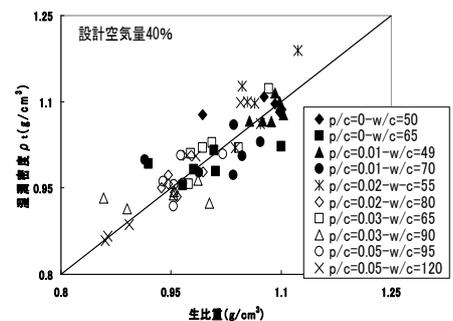


図-3 生比重と湿潤密度の関係

大きくなった後一定値になり、設計空気量の 40%に近似してくる。  
 $q_u$  は S/C 比が大きくなるにつれて小さくなり、ある S/C から一定値になる。空気量、 $q_u$  のいずれの場合も一定になるのは、概ね S/C=0.015 程度からであり、図-2 における型枠ブリージング率が、ほぼ一定となる S/C と近似している。

図-3 は、打込み時の生比重と一軸圧縮試験時の湿潤密度  $\rho_t$  の関係である。全体の傾向としては、打込み時の生比重と湿潤密度はほぼ一致していることがわかる。一方、打込み時の生比重と設計生比重は、ほぼ近似した値をとることが実験よりわかった。したがって、28 日気中養生後の湿潤密度は設計生比重と同じ値として差し支えない。

以上のようなことから、S/C=0.015 の添加であればブリージングが抑制できると考えられる。

2) S/C=0.015 における強度特性 (以後、本実験)

図-4 は空気量 40%の打ち込み時におけるフロー値と水セメント比 W/C の関係である。P/C が同じなら W/C が大きくなるとフロー値が増加する傾向が見られる。これは、水セメント比が大きくなると水分が多くなるため古紙の水分吸収限界を越えた水分が流動水として働くことにより、流動性が大きくなったことが原因と考えられる。また、この条件下でフロー値  $180 \pm 20$  mm を設定した場合、フロー値を満足しないものも認められる。

図-5 は P/C が 0.00~0.05 の  $q_u$  と W/C の関係である。各 P/C とも W/C の変化に伴い  $q_u$  は凸型になる特徴を示している。凸型曲線の位置は、P/C が小さいほど小さい W/C 側にあり、しかも  $q_u$  は大きくなっている。しかし、P/C=0.00 の場合は、他の P/C に比べ極端に大きくなっている。強度低下を示す原因としては W/C が大きくなることと、供試体内の古紙が水分を吸収するため、セメントの水和反応が妨げられることが考えられる。

図-6 は P/C が 0.00~0.05 における打ち込み時の S/C=0.015 における生比重と一軸圧縮試験時の湿潤密度の関係である。全体の傾向として、湿潤密度と生比重はほぼ一致することが分かった。したがって、打ち込み時の生比重と 28 日気中養生後の湿潤密度は同じ値として問題ない。

4. まとめ

本研究は、気泡混合軽量土における骨材としてダンボール破砕物を混合すると、ブリージングが発生した。これを抑制するために粘土を添加し、打込み時の流動性、硬化時の軽量性、強度特性について検討した。得られた結果は、以下の通りである。

【先行実験】①ブリージングを抑制するためには、S/C=0.015 程度添加すればよい。③生比重と一軸圧縮試験時の湿潤密度は、ほぼ一致する。

【本実験】①フロー値は W/C、P/C が大きくなるにつれて増加する。本研究における W/C の適用範囲は W/C が約 50~120%程度である。②一軸圧縮強さの平均的变化傾向は、W/C、P/C が大きくなるにつれて低下する。③打込み時の生比重と硬化後の湿潤密度はほぼ一致する。

参考文献：対比地清・古河幸雄・中田嘉久：気泡モルタルにダンボール破砕物を混入した場合に発生するブリージングの抑制について、平成 20 年度土木学会東北支部技術研究発表会、pp.351~352、2009.3

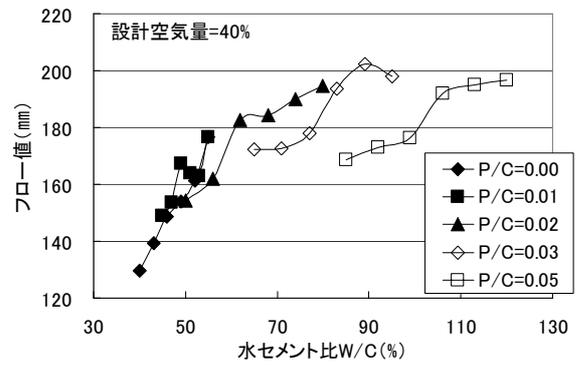


図-4 フロー値と W/C の関係

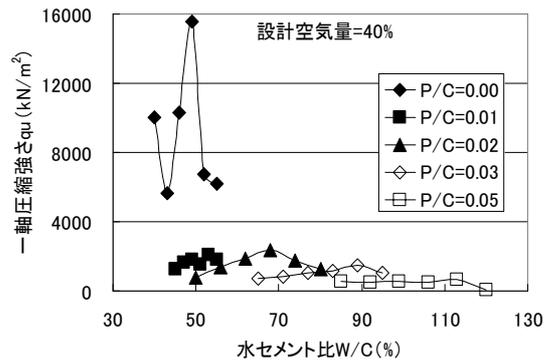


図-5 一軸圧縮強さと W/C の関係

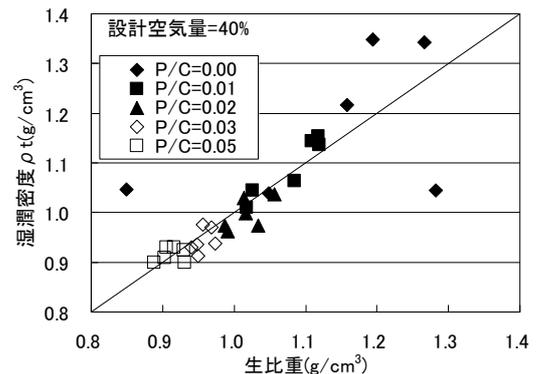


図-6 湿潤密度と生比重の関係