

ダンボール破砕物混入における気泡モルタルの配合設計

日本大学 学生会員 ○前田政俊
日本大学 正 会 員 古河幸雄

1. はじめに

セメントミルクに気泡を混入した場合、応力ひずみ曲線におけるピーク後の強度低下が著しくなる欠点を有している。これを改善するには、繊維などの混合することにより緩やかな延性的破壊性状にすることが考えられる。そこで、エアミルクに事業系一般産業廃棄物であるダンボールを細かく破砕したものを繊維とし混合する方法について検討するもので、ここでは、その配合設計方法の確立と一軸圧縮試験、圧裂試験の強度特性について調べた。

2. 配合設計方法と配合設計例

配合設計にはまず、空気量、水セメント比、古紙セメント比（以下、Air、W/C、P/C と称す）を決定する。その後、下式により起泡剤量、希釈水量、1 m³の材料構成、泡量が計算される。

$$\text{起泡剤量(kg)} = 1000 \times \frac{\text{Air}}{100} \times \frac{\text{起泡剤密度}}{\text{希釈倍率} \times (\text{発泡倍率} - 1)}$$

$$\text{希釈水量(kg)} = \text{起泡剤量} \times (\text{希釈倍率} - 1) \times \frac{\text{水の密度}}{\text{起泡剤の密度}}$$

$$\text{セメント質量} = \frac{1000 - \frac{\text{起泡剤量}}{\text{起泡剤密度}} - \text{Air}}{\frac{1}{\text{セメントの密度}} + \frac{\text{W}}{\text{C}} \times \frac{1}{\text{水の密度}} + \frac{\text{P}}{\text{C}} \times \frac{1}{\text{古紙密度}}}$$

$$\text{加水量} = \frac{\text{W}}{\text{C}} \times \text{セメント量} \quad \text{ただし、混練水} = \text{加水量} - \text{希釈水}$$

$$\text{古紙質量} = \frac{\text{P}}{\text{C}} \times \text{セメント量}$$

$$\text{泡量} = \text{希釈水量} + \text{起泡剤量}$$

例えば、空気量=40%、水セメント比=70%、古紙セメント比=0.03、起泡剤の希釈倍率=5 倍、発泡倍率=20 倍、セメント密度 $\rho_c=3.05$ 、古紙密度 $\rho_p=1.667$ 、起泡剤の密度=1.16 とした配合設計を表-1に示す。図-1は、上式の配合設計結果から、空気量 30~60%の生比重と W/C の関係を示す。この図から、得ようとする生比重が決まっていれば、各空気量における W/C が決定されることがわかる。しかし、この図では、

強度のファクタが入っていないので供試体を作製して求める必要がある。

表-1 配合設計結果

	起泡剤量	希釈水量	セメント質量	加水量	混練水量	古紙質量	泡量
1m ³ 当り (kg/m ³)	4.88	16.84	569.67	398.77	381.93	17.09	21.72

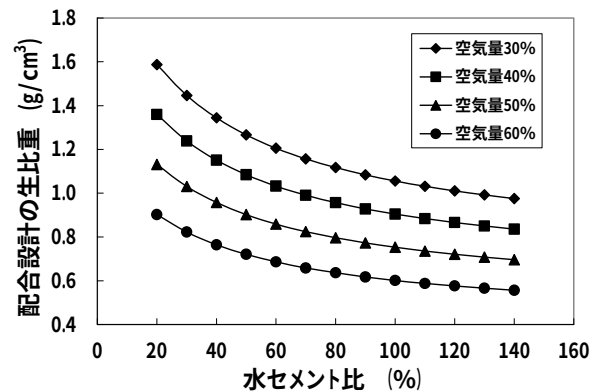


図-1 配合設計の生比重と水セメント比の関係

3. 実験方法

用いた材料は、高炉セメント B 種、起泡剤（タフフォーム T）、ダンボール破砕物、混練水である。気泡モルタルの作製には、発砲装置にプレフォーム方式により（希釈倍率 5 倍、発泡倍率 20 倍）発泡させた気泡とダンボール破砕物、水およびセメントを手練りにより混合した。モルタルの流動性の確認は、フロー値（JHS 313 シリンダー法）により行い、配合設計の値が確保されているかの確認は、生比重試験（単位容積質量法）を行い、ブリージングの確認は、ブリージング率試験（ポリエチレン袋方法）で行った。その後のモルタルは $\phi=5 \times H=10$ (cm) の型枠へ打ち込み、5 日後に脱型したあと密封して恒温恒湿（20℃、60%）下で 28 日間養生して一軸圧縮試験、圧裂試験を行った。空気量に関しては、下式によって求めた。

$$\text{空気量} = \frac{\text{W} - \text{生比重}}{\text{W}} \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{W} = \frac{\text{セメント重量} + \text{古紙重量} + \text{混練水}}{\frac{\text{セメント重量}}{\text{セメント比重}} + \frac{\text{古紙重量}}{\text{古紙比重}} + \text{混練水}}$$

4. 実験結果および検討

図-2は、Air=30%のときのモルタル作製時における生比重と W/C の関係である。図には配合設計の値も示した。モルタル作製時における生比重は、P/C=0.01 では W/C=40%、P/C=0.03 では W/C=50%、P/C=0.05では W/C=60%~70%において配合設計よりも大きな値となっている。このことは、配合設計が計算できても設計通りの生比重が得られないことを示すもので、配合設計範囲としては不適切であるといえる。一方、W/C の大きい領域では、配合設計と実験値はほぼ一致しており、今回の実験範囲では問題のないことがわかった。

図-3は、のモルタル作製時におけるフロー値と W/C の関係である。フロー値は、各 P/C ごとに W/C との相関性が認められ、W/C が大きくなるにつれて増大している。この増大傾向を勾配から判断すると、P/C が大きくなるにつれて勾配は低下している。これは、ダンボール破砕物が多くなることにより繊維がモルタルの流動性を妨げていると判断される。一般に圧送を考慮する場合のフロー値は、180~200 mm程度といわれており、これを本研究にあてはめると、フロー値の小さいところで前述の不適切な範囲が外れることがわかる。

図-4、図-5は、一軸圧縮強さおよび圧裂強さと W/C の関係である。両図において、各 P/C とも、一軸圧縮強さおよび圧裂強さが P/C に関係なく一本の相関性で現れている部分と、その相関性から外れて高強度を示す部分がある。外れている部分は、図-2で示した不適切な W/C 範囲と一致している。このことは、モルタル作製時の生比重と W/C の関係が一連の相関性からみると強度も同じ特徴を示している。両図から外れた点を除外すると、空気量が決まると、破壊強度は、P/C に関係なく W/C の関数となることから、得たい強度が決定すれば必要な W/C や P/C が求められることを意味している。

5. まとめ

本実験をまとめると、以下のように要約される。

- ① 配合設計通りの生比重を得られた。また、配合設計通りの生比重が得られなかったところは、設計範囲として不適切である。
- ② 一軸圧縮強さ、圧裂強さに生比重と同様の相関性

が見られる。このことから、水セメント比、P/C が決まっていれば強度が推定できる。

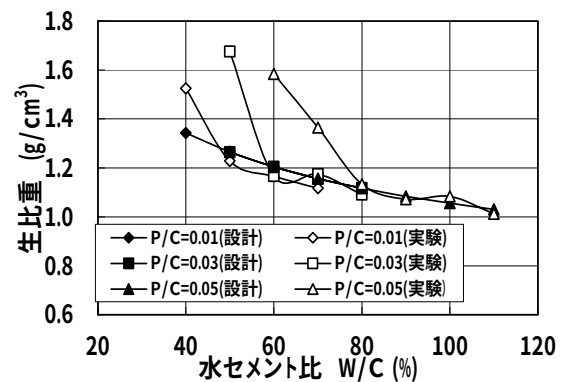


図-2 実験時の生比重と水セメント比の関係

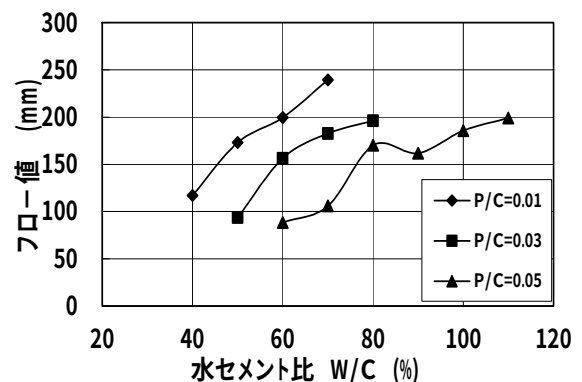


図-3 フロー値と水セメント比の関係

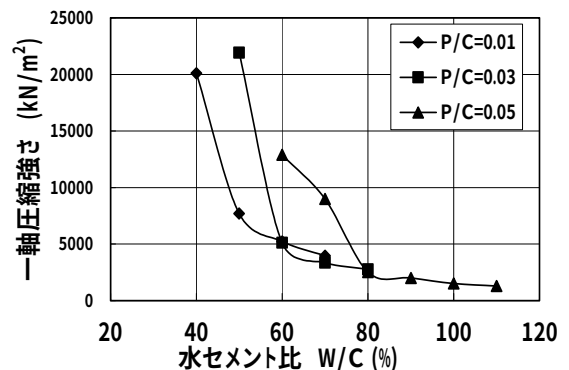


図-4 一軸圧縮強さと水セメント比の関係

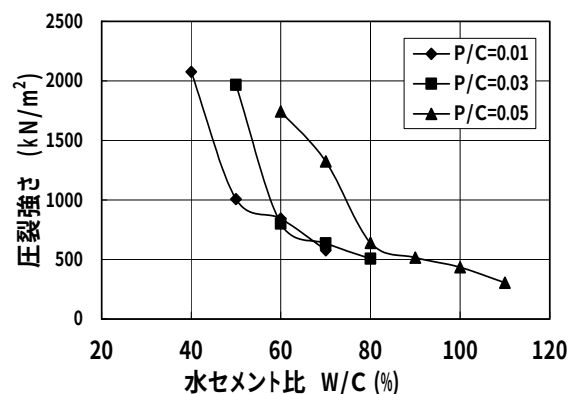


図-5 圧裂強さと水セメント比の関係