

V-569

粉体の粒子形状がペーストのせん断力に及ぼす影響

福島工業高等専門学校 正会員 緑川 猛彦
長岡技術科学大学 正会員 丸山 久一

1. はじめに

高流動コンクリートの充填性を用いる粉体の種類により異なり、摩擦機構と粘着機構のバランスによってペーストのせん断応力を最小とする配合がよいことが明らかにされている¹⁾。しかしながら、粉体の物理的性質がペーストのせん断応力に与える影響については今だ不明な点が多く、高流動コンクリートの配合設計においては、ペーストやモルタルレベルでの各種試験により水量および混和剤量を求めているのが現状である。

これらのことを踏まえ本研究は、粒子形状が定量化された粉体を用いて一面せん断試験を行い、粉体粒子の形状がペーストのせん断応力や水粉体容積比に及ぼす影響について検討することを目的とした。

2. 実験方法

2. 1 使用材料

ペーストに用いた粉体は、粒度分布が同程度となるように分級を行い、粒子形状を定量化した²⁾フライアッシュ(FA、比重2.13、 $3194\text{cm}^2/\text{g}$ 、形状係数1.125)、石灰石微粉末(LS、比重2.73、 $2644\text{cm}^2/\text{g}$ 、形状係数1.329)、高炉スラグ微粉末(BS、比重2.91、 $2405\text{cm}^2/\text{g}$ 、形状係数1.329)、普通ポルトランドセメント(CE、比重3.15、 $3330\text{cm}^2/\text{g}$ 、形状係数1.408)、花崗岩微粉末(ST、比重2.94、 $2918\text{cm}^2/\text{g}$ 、形状係数1.426)の5種類とした。図1に各粉体の粒度分布を示す。

2. 2 実験方法

ペーストはハンドミキサーにより3分間混練した後、2枚の板の間に挟み一定の鉛直荷重($37.5\text{kgf}/\text{cm}^2$)を載荷し膜厚をほぼ一定とした。一度鉛直荷重を除荷した後、再び所定の鉛直荷重(13.4 、 37.5 、 $45.9\text{kgf}/\text{cm}^2$)を載荷して、せん断速度 $0.5\text{mm}/\text{sec}$ にて一面せん断試験を行った。なお、せん断面積は $15\text{cm} \times 40\text{cm}$ とした。

3. 結果および考察

図2に水粉体容積比(W/P)とせん断応力との関係を示す。いずれの粉体においてもせん断応力を最小とするW/Pが存在し、また、最小せん断応力を生じるW/Pは粉体毎に異なり、せん断力も様々であることがわかる。これらのことからペーストのせん断応力は粉体の種類により様々に変化することがわかる。

一般的にペーストのせん断応力はクーロンの式により表され、最小せん断応力を見かけの内部摩擦角が小さくなり相対的に見かけの粘着力が卓越することにより生じることが明らかにされている¹⁾。各ペーストの鉛直応力とせん断応力の関係より求めた見かけの内部摩擦角とせん断応力との関係を図3に示す。各ペーストとも見かけの内部摩擦角が増加するにしたがい

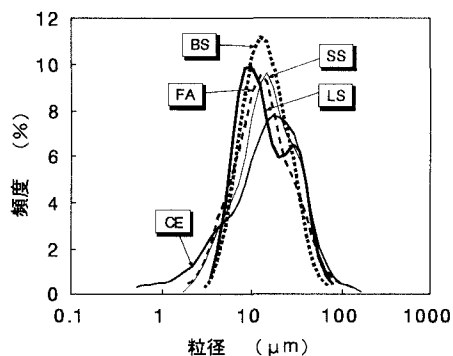


図1 粉体の粒度分布

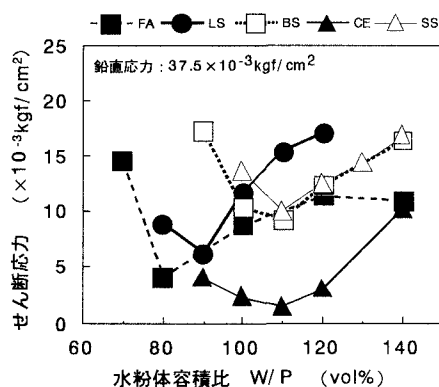


図2 W/Pとせん断応力度との関係

せん断応力は比例的に大きくなる傾向を示し、せん断応力が見かけの内部摩擦角に大きく影響されていることがわかる。しかしながら、各ペーストのせん断応力が見かけの内部摩擦角に依存する割合は粉体毎に異なり、特に普通ポルトランドセメントについては見かけの粘着力の影響が大きく、内部摩擦角が増加してもせん断応力はそれほど増加しないことがわかる。

図4に各粉体の形状係数と最小せん断応力の関係を示す。普通ポルトランドセメントを除きペーストのせん断応力は粉体の形状係数とほぼ比例して増加しており、粒子形状が複雑になるにしたがってせん断応力も増加することがわかる。これは、粒子形状が複雑になることにより粒子間のかみ合わせや衝突等により見かけの内部摩擦角が増加するためであると考えられ、粒子形状の違いによりせん断応力が変化することが明らかになった。また、普通ポルトランドセメントについて形状係数と最小せん断応力との相関が見られないことは、他の粉体に比較して $2\mu\text{m}$ 以下の粒子成分が多くせん断応力が見かけの粘着力に依存する傾向が大きいいため、内部摩擦角の変化に鈍感であることによると考えられる。

図5に各粉体の拘束水比と最小せん断応力時のW/Pとの関係を示す。最小せん断応力を与えるW/Pは粉体の拘束水比の増加にしたがい比例的に大きくなっており、拘束水比と大きく関係することがわかる。一方粉体の拘束水比は、粒子形状が複雑になるほど空隙率が大きくなり増加することが明らかになっている²⁾。これらのことより、最小せん断応力時のW/Pは粒子形状が複雑になるほど大きくなり、また、拘束水比の約1.1倍であることが明らかになった。

4. 結論

粒子形状が定量化された各種粉体を用いて、粒子形状がペーストのせん断応力と水粉体容積比に及ぼす影響について検討した結果、本実験範囲内で以下のことが明らかになった。

- 1) 粉体の粒子形状が複雑であるほど見かけの内部摩擦角が増加するためペーストのせん断応力は大きくなる。
- 2) 最小せん断応力を与える水粉体容積比は拘束水比と比例関係にあり、拘束水比の約1.1倍である。

【参考文献】

- 1) 泉 達男、前川宏一他：個体間摩擦抵抗に及ぼすペーストの効果：コンクリート工学年次論文報告集 Vol.10、1988
- 2) 緑川猛彦、丸山久一：粉体の拘束水比に及ぼす粒子形状の影響：コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17、1995

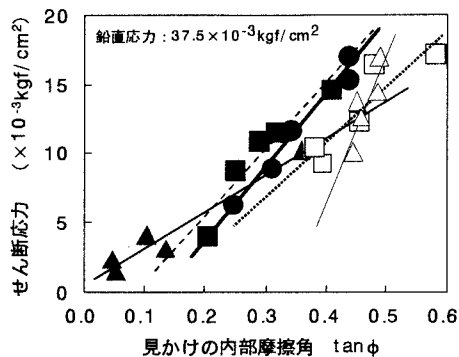


図3 $\tan \phi$ とせん断応力との関係

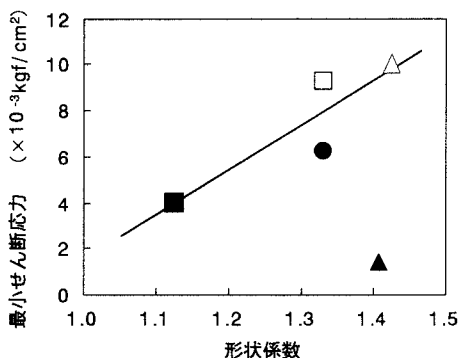


図4 形状係数とせん断応力の関係

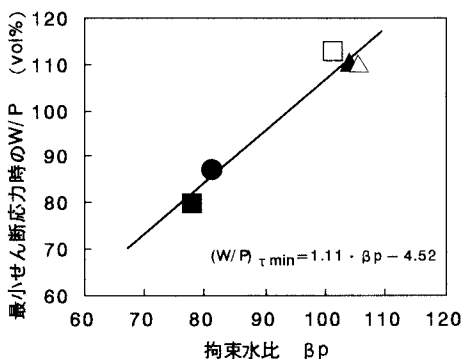


図5 拘束水比とW/Pとの関係