

コンクリート骨材と結合材ペーストとの界面性状

愛知工業大学 正会員 森野奎二
愛知工業大学 学生員 田中良典
愛知工業大学 学生員 川原好恵

1. はじめに

セメント結合材ペーストと骨材との界面の性状は、コンクリート強度を支配する重要な因子の一つである。一般に普通のコンクリートでは、骨材とセメントペーストとの界面に、多孔質で結合力の弱い遷移帯が形成される。高強度コンクリートでは高性能A E減水剤とシリカフュームの添加によって、水結合材比の低減とCa(OH)₂のポゾラン反応による結合材自体の高強度化および界面の遷移帯組織の緻密化などによってコンクリート強度が改善されている。本研究では、低水結合材比の高強度コンクリートの界面の性状に着目して、付着強度と界面の組織がシリカフュームの有無や骨材岩種の相違によって、どのように異なるかを調べたものである。

2. 実験概要

結合材として、普通ポルトランドセメント(記号:C)とシリカフューム(以下、SFと記す)を用い、結合材ペーストの水結合材比[W/(C+SF)]を20、30%とし、SFの添加をセメントの内割で0、10、20%とした。SFは外国製粉末状で、平均粒径約0.1μm、SiO₂92.7%のものである。混和剤には高性能A E減水剤(主成分:アルキルアリルスルホン酸塩高縮合物)を用い、骨材には表1に示すようなホルンフェルス、砂岩、石灰岩の3種類の砕石を用いた。付着強度の測定は、砕石原石の岩塊を断面10×10mm、長さ20mmにダイヤモンドカッターによって切断し、表面を#100、#400のカーボランダムで研磨し、表面粗さ約4μmと約15μmにした。また、凹凸のある状態として割裂破断面を作製した。供試体作製は10×10×100mmの3連型枠を用い、その中央に上記の骨材岩石片を置き、骨材の両側に結合材ペーストを流し込み、小型の突き棒で気泡を抜くように突いて成形した。付着強度は純引張試験によって求めた。ペーストと骨材の界面のSEM観察には、Φ10X20cmコンクリート供試体から界面部分を割裂破断によって取り出した試料(7X7X4mm程度)を用いた。

3. 結果および考察

強度 付着強度試験結果を図1に示す。図には強度とばらつきを骨材岩種別、表面粗さ別にSF無添加と20%添加とを対比して示しているが、ばらつきが大きく岩種間やその他の差は明瞭ではない。そこで配合の同じものを一まとめにして骨材岩種とSFの有無を対比して図2に示す。引張付着強度試験での供試体の破壊状況は、界面の剥離、ペースト部分の破断、骨材部分での破断、或る部分が界面剥離で他の部分がペースト破壊あるいは骨材の一部が破壊してペーストに付着している状態など多様である。とくに骨材は同一岩種であってもそれ自体に強度差があり、また骨材中に鉱物結晶の配列した細脈が存在していて潜在クラックがあり、そこから破断する場合も少なくない。これらの骨材強度の影響を除去して付着状態のみを抽出するために、図2の結果を骨材岩石自体の引張強度で割って、付着強度を岩石強度に対する相対強度比で示したものが図3である。図から、SFの添加は岩種に関わりなく付着を高めること、石灰岩はSF無添加でも他の岩種より付着がよいこと、などがわかる。

表1 使用骨材の岩種

岩種	産地	構成鉱物
砂岩	愛知県	石英、長石、雲母、粘土鉱物
ホルンフェルス	愛知県	主として石英、長石、雲母
石灰岩	三重県	方解石

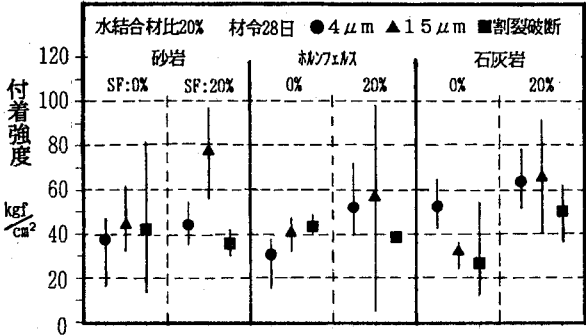


図1 骨材岩種別、表面粗さ別の付着強度試験結果

界面の観察

S F 無添加結合材ペーストと骨材との界面には、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、エトリンガイト、C-S-Hなどの水和物結晶が大きく成長し粗な組織を示す遷移帯がみられる(写真1)。それに比べ、S F を添加した材令28日の場合では、マトリックス部分とともに界面の組織も緻密になっており粗大結晶はみられない(写真2)。このことは骨材岩種に関わりなくいえることである。

強度試験において、付着のよさが示された石灰岩では、S F 無添加でもペーストと骨材が一体化しており、破断は石灰岩中の方解石粒の界面で生じており(写真3)、また石の表面が溶解して反応生成物が出来ている状態を呈している(写真4)。

4. まとめ

実施した結合材-骨材の付着実験については次のことがいえる。①S F を添加した結合材ペーストは、骨材岩種に関わりなく付着強度を高める。②骨材の界面の組織はS F を添加することにより多孔質な遷移帯が減少し密実になる。③石灰岩骨材ではセメントペーストによって界面の骨材が溶解して生成物ができペーストと骨材が一体化する。

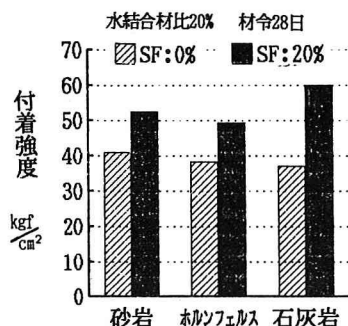


図2 骨材岩種別のS F 添加の有無による付着強度の比較

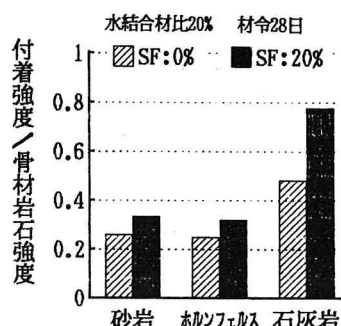


図3 骨材岩石強度に対する付着強度の相対強度比

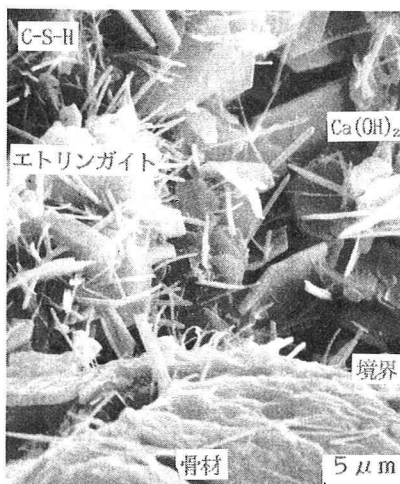


写真1 セメントペースト-骨材界面の遷移帯のSEM写真。W/C=30%, SF=0%
骨材:ホルンフェルス, 材令28日

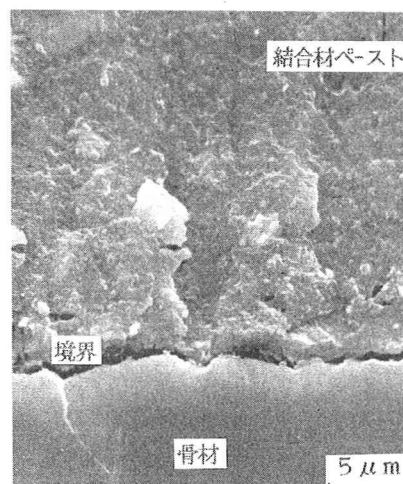


写真2 セメント結合材ペースト-骨材界面のSEM写真。W/C=20%, SF=20%
骨材:ホルンフェルス, 材令28日



写真3 セメント結合材ペースト-骨材界面のSEM写真。W/C=20%, SF=0%
骨材:石灰岩, 材令28日

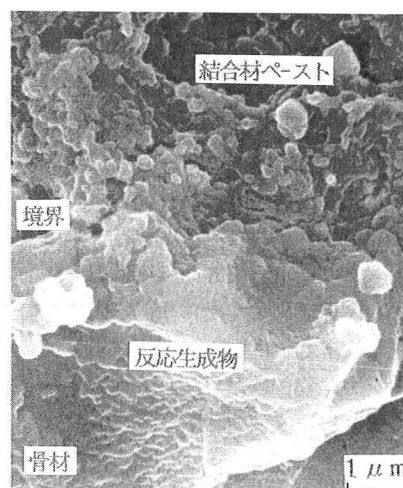


写真4 写真3の中央付近の拡大SEM写真。結合材ペースト-骨材界面の骨材表面に生成した反応生成物。