

愛知工業大学 学生員 ○山口典良
正員 森野奎二

1. まえがき

骨材とセメントペーストとの付着性状を、引張付着強度の測定とその破面の走査電子顕微鏡観察という点からとらえてきた^(1,2)。今回は岩種(7種)-表面粗さ(3種)-材令(3種)の関係で実験を行った。得られた種々の結果の中で最も顕著な特徴は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の挙動であった。

2. 実験方法

(1). 試料及び付着強度の測定

実験に用いた骨材は表-1.のとおりである。骨材は $10 \times 10 \times 2\text{mm}$ に切り取り、表面粗さはそれぞれ $25\mu\text{m}$, $6\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ (カーボラントム 48, 200, 1500 番研磨) である。付着強度測定は、骨材薄片を中央に置いたす法 $10 \times 10 \times 60\text{mm}$ の供試体 (ペースト W/C = 35%) を用い、図-1.に示す純粋引張試験方法を行った。

(2). 骨材の X 線回折及び界面の走査電子顕微鏡観察

骨材中に含まれる鉱物を測定するため X 線回折を行った (JEOL JDX-5B 使用)。また付着強度試験後、はく離した骨材とペーストの表面を走査電子顕微鏡で観察した (JEOL JSM-T20 使用)。

3. 結果及び考察

付着強度試験結果を表-1.に示した。表-1.では表面粗さが $25\mu\text{m}$, $6\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ と異なっても付着強度に有意な強度差は生じていない。しかし、骨材間の強度発現状態には顕著な特徴がみられる。この傾向を図-2, 3, 4 に示した。図はそれぞれ表面粗さ $25\mu\text{m}$, $6\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ とした場合の材令と付着強度との関係を示したものである。これによると、表面粗さ $25\mu\text{m}$ では骨材間に大きな強度差はなく、 $6\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ となるに従い骨材間の強度差が大きくなっていく。 $25\mu\text{m}$ では骨材表面の凹凸が大きいために付着力は機械的な噛み合いによる結合力が大きく加味され、そのために岩質の影響が現れ難い。しかし、 $6\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ になると機械的な結合が少なくなると、相対的に骨材の性質 (鉱物配列, 化学成分, 電気化学的性質など) の影響が現れ易くなったからではないかと考えられる。骨材とペーストの界面での微細な空隙は $25\mu\text{m}$ の方が多いので、 $25\mu\text{m}$ でのペーストのぬれ方は $1\mu\text{m}$ に比べて悪い。従って、接着状態は $25\mu\text{m}$ が劣る。しかし、機械的な結合力は $25\mu\text{m}$ が大きい。この2つの反対の傾向がたまたま今回の実験では交差した位置にあったために同じ位の値になったのではな

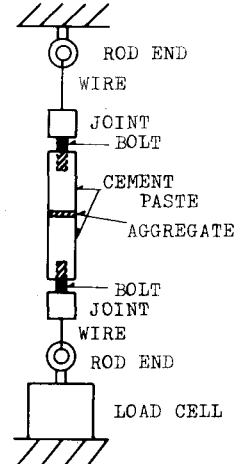


図-1. 付着強度測定方法

表-1. 使用骨材及び付着強度試験結果

骨材の種類	表面粗さ (μm)	3 日		7 日		28 日	
		σ_b (kgf/cm ²)	ψ (%)	σ_b (kgf/cm ²)	ψ (%)	σ_b (kgf/cm ²)	ψ (%)
花崗岩	25	17.0	9	21.5	29	33.3	33
	6	14.0	31	15.2	45	26.1	37
	1	17.2	22	5.9	37	36.2	24
石英斑岩	25	16.2	25	20.9	26	43.7	37
	6	18.7	23	17.7	34	41.6	37
	1	23.8	18	27.4	31	56.5	14
流紋岩	25	22.8	28	25.1	36	36.0	68
	6	14.5	35	22.9	44	33.2	38
	1	33.5	15	39.1	15	47.4	22
安山岩	25	14.3	6	20.7	38	36.5	47
	6	12.8	34	8.8	31	19.4	24
	1	2.2	33	2.8	61	29.9	30
カンラン岩	25	23.2	47	27.2	31	35.3	24
	6	22.1	40	16.3	39	27.5	50
	1	4.4	59	5.9	27	56.5	18
硬砂岩	25	16.4	27	19.6	34	37.0	32
	6	17.4	31	19.4	27	30.9	42
	1	2.2	35	5.6	45	54.4	16
石灰岩	25	16.6	11	20.4	25	34.2	33
	6	15.6	23	22.3	46	35.8	26
	1	4.9	20	41.3	35	42.5	32
ペースト	—	39.7	8	41.8	6	60.0	5

注). σ_b : 付着強度, ψ : 変動係数

11が考えられる。次に岩種別にみても、石英斑岩・流紋岩は表面粗さが $25\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ と変化しても材令に伴う強度の伸びはすべて順調である。しかし、安山岩・花崗岩などは $6\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ で低く、また各材令での強度発現状態も異常である。破面を走査電子顕微鏡で見ると、石英斑岩・流紋岩は $25\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ の間で同じような水和形態を呈しており、多くのC-S-H水和物がみられる(写真-1)。安山岩・花崗岩などのように強度の異常な発現をした骨材は、材令3日・7日で $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の板状結晶が多くみられた(写真-2)。この傾向は $1\mu\text{m}$ になるほどよく顕著された。強度及び界面の状態の観察結果と骨材構成鉱物との関係で検討すると、石英斑岩はX線回折によって微量のTridymiteが認められ、これがセメントの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と結合した可能性もある。また安山岩は他の骨材に比べ吸水量が大きく、骨材自体の走査電子顕微鏡観察結果でも鉱物間が密でない。花崗岩は実験に用いた試料に雲母が多く、雲母の劈開する性質が付着力を低下させた原因の一つと考えられる。試験値のばらつきは変動係数で6~68%、平均33%と極めて大きい。これは供試体断面が $10 \times 10\text{mm}$ と小さいために、①小さな欠陥でも試験値に大きく現れ易いこと。②養生中に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ などが溶出し易いこと。③②の溶出とは無関係に、水和物や内部組織が微妙な要因で変化し易く、この本質的な局所の相違の影響を受け易いこと。及び④骨材は同一種類の試料内でも微細組織は異なり、同一状態を呈することは困難である。ということなどが原因としてあげられる。

4. まとめ

以上の検討の結果、次のことが得られた。

- (1). 骨材とセメントペーストとの付着力は界面に生成する $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の多々によって増減する。
- (2). $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の界面での生成状態は骨材岩種によってある程度異なるようである。
- (3). 骨材岩種の違いによる付着力の相違は表面粗さが小さいほど現れ易い。

参考文献

1. 山口, 森野: 骨材とセメントペーストとの付着性状について, 中部支部研究発表会 昭54
2. 森野, 山口: 骨材とセメントペーストとの付着強度について, 骨材資源 Vol.10 No.40

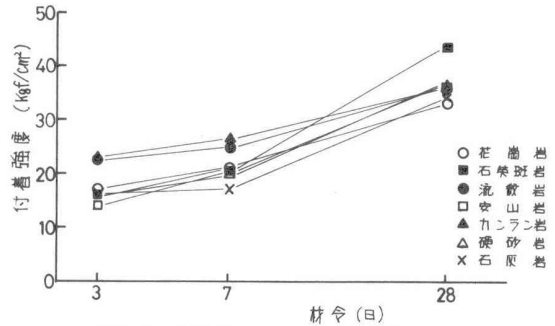


図-2. 表面粗さ $25\mu\text{m}$ の付着強度

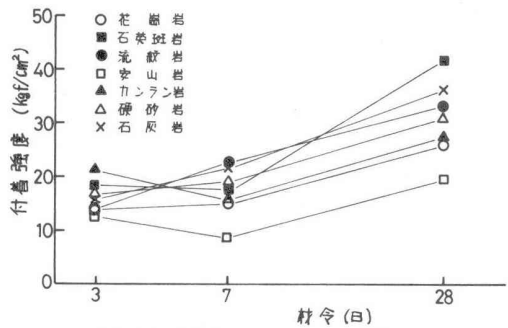


図-3. 表面粗さ $6\mu\text{m}$ の付着強度

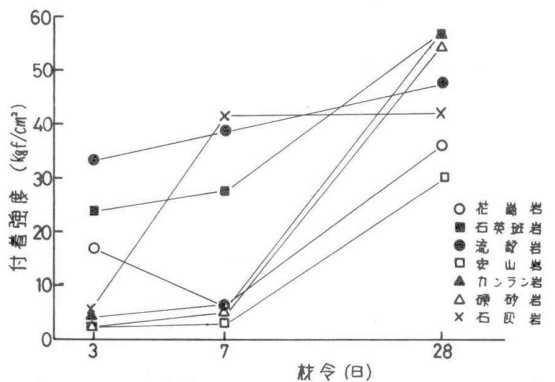


図-4. 表面粗さ $1\mu\text{m}$ の付着強度

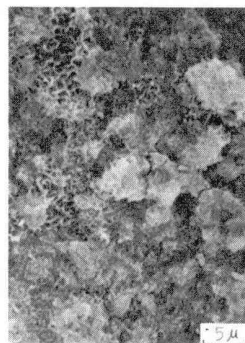


写真-1. 流紋岩 $1\mu\text{m}$ 28日



写真-2. 花崗岩 $1\mu\text{m}$ 7日