

骨材岩質が付着強度及び モルタル強度に及ぼす影響

川上英男* 岡田徳一**

Effect of Aggregate Components on the Bond Strength
and the Strength of Mortar

Hideo KAWAKAMI and Tokuichi OKADA

(Received, Feb. 10. 1984)

The report deals with the effect of chemical components of aggregate on the bond strength and the strength of mortar under three practical curing conditions (28 days in 20°C water, 4 hours in 70°C steam and 4 hours autoclave in 180°C and 10 kg/cm²). Four typical rocks (quartzite, limestone, Taishu-feldspar and India feldspar) and a blast-furnace slag were tested. The bond strengths in 20°C or 70°C curings were nearly the same but in autoclave, limestone, India feldspar and slag showed very low strength. It is shown also that the bending, compressive and split-tensile strengths of limestone and India feldspar mortar specimens were remarkably lowered in autoclave curing.

Scanning electron microscope observation showed that the surface of limestone and India feldspar were fissured and finely wrinkled, suggesting the physical and chemical deterioration in autoclave. And it is assumed to be the cause of the low strength.

Five kinds of crushed sand in market were also tested. The difference of mortar strengths between these aggregates were very small in 20°C or 70°C curing. In autoclave curing, however, two kinds of sand with higher SiO₂ content showed higher strength. It is indicated by the present study that selection of curing appropriate to each aggregate was important to the effective production of concrete.

* 建設工学科

** 福井県窯業試験場

1 まえがき

最近、我国では天然の良質河川骨材の枯渇から、コンクリート用骨材の採取範囲は山砂利、陸砂利、海砂利へと拡大し、さらに岩石より碎石・砕砂を生産するに至っている。そしてこの碎石・砕砂への依存度はますます高まる傾向にある¹⁾。ところで、コンクリートの強度及び力学的性質はその骨材とセメントペーストとの付着性状によって大きい影響を受けることが知られている²⁾。この付着は岩石の種類すなわちその鉱物組成・化学組成や養生方法、セメントペーストの濃度などによってその強度発現が異なったものとなる。さて、碎石・砕砂が岩石より生産される場合には、河川砂利のように多種の岩石が混在している場合とちがって、岩種が特定されることになり、したがって岩種によってセメントペーストとの付着強度に差がある場合にはそれがより明瞭に現われることになる。すなわちコンクリートの強度や力学的性質に及ぼす影響もより大きいものとなる。ここに骨材岩質とセメントペーストとの付着の関係は、碎石・砕砂の選別と利用に対して一層重要な要因となる。

本研究は、付着強度に影響を及ぼす要因のうち、岩質と養生条件に焦点をしばったものであって、岩質と付着現象についての基礎的知見を得ると共に、骨材用岩種の選定に役立つ資料を得ようとする狙いを持つものである。すなわち養生条件は実用的な面を考慮して、(1)20℃水中28日、(2)70℃常圧蒸気養生4時間、(3)180℃10気圧オートクレーブ4時間(以下それぞれ水中養生、70℃養生及びオートクレーブと略称する)の3種を対象とした。岩種は、現在骨材として利用されているか、もしくは将来利用されることが予測される岩石類の造岩鉱物のうち、ある特定の成分を卓越して含有し、比較的純粋物に近い組成を持つとみなされる岩石数種と、市販の砕砂数種を検討対象とした。

特定成分の岩石に対しては、上記の養生条件のもとで、まず岩石とセメントペーストとの付着強度を比較し、次いでこれら岩石を粉碎して得られる細骨材を用いたモルタルの曲げ強度、圧縮強度及び引張強度を検討した。またこの曲げ試験後の破面に対して、走査型電子顕微鏡によって水和生成物と岩石表面の状況を観察した。

市販砕砂に対しては、そのモルタル強度を上記の3養生条件のもとで比較し、岩石組成と強度との関連を検討した。

なお、これらモルタル強度の比較は、コンクリートをモルタルと粗骨材より成る2相材料とみなす観点³⁾からすれば、単にモルタルに止まらず、コンクリートの強度比較への出発点ともなり得る性格を持つものである。

2 岩質と付着強度

岩石小片とセメントペーストとの付着強度を上記の3養生条件のもとで、曲げ試験によって検討したものである。

2.1 使用材料

セメントは、以下の諸実験を通して、すべて市販の普通ポルトランドセメントを用いた。

岩石試料には天然岩石類の主要造岩鉱物である石英、石灰石、曹長石、正長石をそれぞれ卓越して含有する岩石4種を取り上げ、これに産

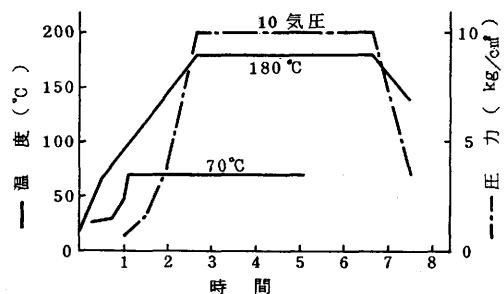


図1 養生

業副産物骨材として利用されている高炉スラグ1種と、早強ポルトランドセメントクリンカー1種を加えた。

各試料の鉱物組成と化学組成の分析結果を表1に示す。また同表には試料の比重と吸水率の測定結果も併せて示す。

2.2 実験方法

上記試料から25×10×3mmの板を切り出し、付着強度に対する表面粗滑度の影響を一定とするため、付着面をNo120のサンドペーパーで研磨した上、超音波洗浄を行った。これらの試験片は半日水浸し表乾状態で用いた。図2に示す曲げ試験体を作製するため、アクリル樹脂製の型枠の中央に試験骨材片を垂直に立て込み、その両側に水セメント比0.4のセメントペーストを充てんしガラス棒で25回突き固めた。これを型枠のまま16時間湿空中で前養生した後、脱型し、直ちに前述の3養生条件下において、70℃養生とオートクレーブの状況を図1に示す。オートクレーブ窯は内容積0.1m³、最高圧力25kg/cm²である。所定養生後は一夜自然放冷し、強度試験に供した。なお図2で試験体の片側の幅を広くしてあるのは、集中載荷時に破壊が骨材片の一方の面に発生するよう配慮したのである。

載荷装置は東洋測機(株)製テンシロンUTM-1型で、ロードセルは100kg、クロスヘッドスピードは100mm/min、チャートスピード200mm/minである。

Alexander²⁾は付着強度測定に対して種々の方法

を試みた結果、中央一点載荷による曲げ試験法が最も簡便で実用的であると報じているので、本研究でも曲げ試験法を採用した。

2.3 実験結果

各種3本ずつの試験体の曲げ付着強度を図3に示す。同図には測定値の平均と範囲を示してある。

水中養生28日の強度に比べて70℃養生の強度はどの岩種においても低く、その中でもスラグ(S)、石灰石

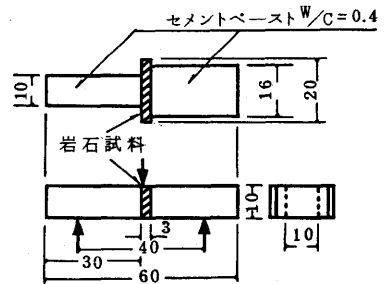


図2 曲げ付着試験

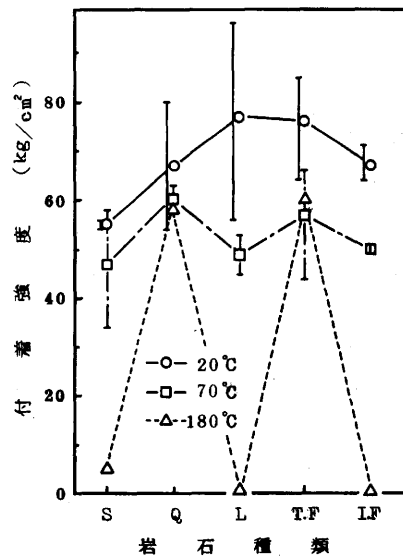


図3 岩石種類と付着強度

表1 岩石試料の化学組成、鉱物組成及び比重・吸水率

試料	S(スラグ)	Q(珪石)	L(石灰石)	T.F(大州粉)	L.F(小州粉)	P(クリンカー)
Igloss	—	—	42.32	1.63	0.30	—
化学組成	SiO ₂ 33.1	98.62	98.62	79.53	65.15	21.9
	Al ₂ O ₃ 14.8	0.56	2.32	13.07	19.40	5.3
	Fe ₂ O ₃ (FeO 0.22)	0.03	—	0.25	0.12	3.3
	CaO 40.9	0.39	53.86	0.25	0.27	67.6
	MgO 5.4	—	1.27	0.28	0.15	1.4
	Na ₂ O (TiO ₂ 1.6)	0.28	—	5.01	2.51	—
	K ₂ O (MnO 0.5)	0.05	—	0.12	12.29	—
	S 1.3	—	—	—	—	—
Total	97.9	99.93	99.77	100.14	100.19	99.5
鉱物組成	石英	98.6	—	44.5	2.2	—
	方解石	—	96.2	—	—	—
	曹長石	—	—	42.4	21.2	—
	正長石	—	—	0.6	72.0	—
	粘土鉱物	—	—	11.9	4.6	—
※※※	容比重	1.34	1.25	1.25	1.04	1.16
※※※	表乾比重	—	2.64	2.68	2.56	2.58
※※※	絶乾比重	—	2.64	2.67	2.48	2.55
※※※	吸水率(%)	—	0.07	0.36	3.22	0.34

※化学分析値から示式式によって算定
 ※※0.15~0.30mm ※※※0.3~0.6mm

(L), インド長石(I.F)がやや低目の値を示している。一方、オートクレーブ養生の場合はこれら3者の強度は極度に低下し、試験機に設置するまでに折れるものもあった。この結果によれば、岩質によっては養生条件次第で強度発現の様相が大いに異なることが示された。

3 細骨材岩質とモルタル曲げ強度

上記の岩石試料を破砕して得た細骨材を用いたモルタルの曲げ試験を上述と同様の養生条件で行った。20℃水中養生については材齢3日、7日、28日の3段階についてそれぞれ検討した。

3.1 使用材料, 調合, 試験体作製

各種細骨材は、岩石試料を破砕後水洗して0.15~0.3mmに粒度を調整し、絶乾状態で用いた。モルタルの調合はセメント対砂が容積比で1:2となるように各細骨材の比重による補正を行った。水セメント比0.55を目標とし、充てん性を配慮して添加水を若干調整した。調合表を表2に示す。

表2 モルタルの調合

	容積調合		重量調合			
	セメント (cc)	砂 (cc)	セメント (g)	砂 (g)	添加水 (cc)	W/C
S			100	193	55	—
Q			"	180	"	54.9
L	73.5	144	"	"	"	54.4
T.F			"	150	65	60.2
I.F			"	167	55	54.4

混練はまず共栓付三角フラスコにセメントと細骨材を入れて振り混ぜ、ビーカーに移して水を加え、ガラス棒で充分混練した。これをアクリル樹脂製型枠(10×10×60mm)に充てんしガラス棒で25回突き固めた。前養生は2.2に述べたのと同様である。試験体は各種各養生ごとに3本ずつ作製した。

3.2 曲げ試験方法

前項の付着強度試験と同様に、スパン40mm, 中央集中荷重による曲げ試験を行った。使用した装置及び試験条件も前項と同様である。ただし荷重は試験体の測面(モルタル充てん方向と直角をなす面)に対して行なった。

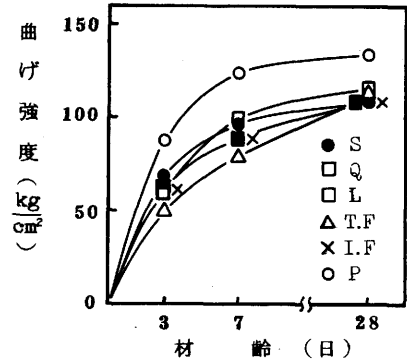


図4 各種モルタルの材齢と曲げ強度

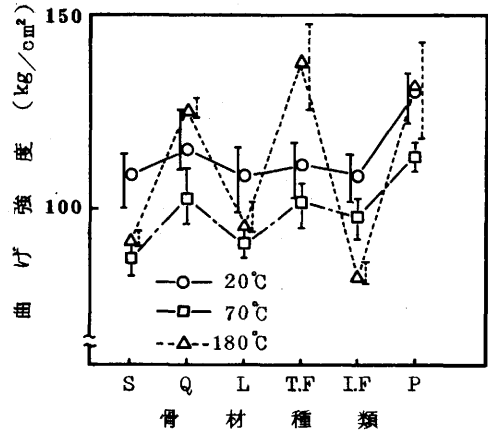


図5 養生方法と各種モルタルの曲げ強度

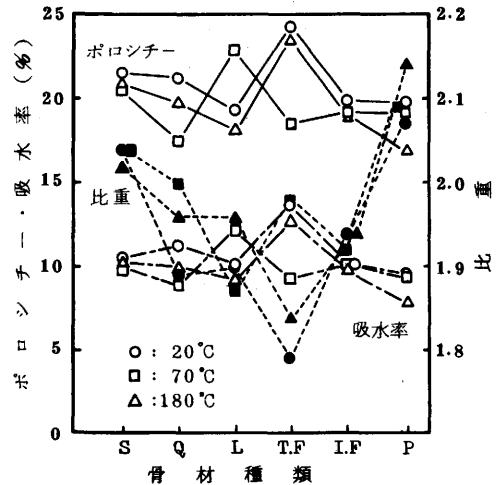


図6 各種モルタルの比重・吸水率・ポロシティー

3.3 実験結果

曲げ強度を図4と図5に示す。なお、モルタルの比重、吸水率、ポロシチーを測定した結果を図6に示す。

水中養生のうち材齢28日では、セメントクリンカーモルタル(F)の強度が最も大きく、珪石モルタル(Q)がこれに次ぎ、あとのモルタルはほぼ同程度の強度を示している。また材齢に伴う強度発現の過程は必ずしも同じではなく、図4に示すように骨材種別によって特徴が見られる。すなわちスラグ(S)では早期の強度は大きい、その後の強度増進は比較的少なく、珪石(Q)では材齢7日以降の強度増進が他の骨材に比べて大きい。また大州長石(T.F)の場合は、早期の強度は低い、以後の強度は着実に伸び、材齢28日においてもなお強度増加の傾向が大きい。

70℃養生の場合は図5に示すように、その曲げ強度はいずれの岩種においても水中養生28日の強度に及ばず、スラグと石灰石モルタル(L)の強度は他に比べて低い値に止まっている。

オートクレーブの場合は、岩種による強度差が顕著に現われているのが特徴である。図5に示すように、珪石と大州長石では水中養生28日の強度を超えているのに対し、スラグ、石灰石、インド長石(I.F)では逆に低い強度を示している。この岩種による曲げ強度の特徴は、図3に示した付着強度の岩種による特徴と、その傾向が一致しており、骨材境界面の付着強度がモルタル曲げ強度に反映したものとみなすことができよう。クリンカーはいずれの養成条件下でも他の岩種に比べて曲げ強度が大きく、骨材表面の水和によって一層強固な付着が形成されたことを示唆している。

これらモルタル試験体の吸水率やポロシチーは必ずしも同一ではないので、それらが曲げ強度に影響を与えたのではないかという懸念がある。図6によればオートクレーブの場合ポロシチーの比較的大きい珪石と大州長石において曲げ強度が大きいという結果から、もしポロシチーが同一であれば曲げ強度は上記結果よりさらに大きくなるのが想定される。すなわち、上述の岩種による曲げ強度の差は大きくはなっても、小さくなったり、大小の順が逆転することはないとみなすことができよう。

4 細骨材岩質とモルタルの圧縮強度・引張強度

上述の付着強度及びモルタル曲げ強度の岩種による相異が、実用に近い粒度の細骨材を用いた場合の圧縮強度と引張(割裂)強度に対して、どのように現われるかを検討した。

4.1 材料、調合及び試験体製作

細骨材は、破碎後0.15～0.3、0.3～0.6及び0.6～1.2mmにふるい分け、水洗後、絶乾状態とし、これらを重量比で2:4:4に混合したものを用いた。モルタルの絶乾重量調合比はセメント:砂=1:2、水セメント比50%を標準として、絶対容積調合がすべて同一となるように、各細骨材の比重、吸水率にもとづき各細骨材重量と添加水量を調整した。

空練り30秒後、加水して3分間ハンドミキサーで混練した。通常のセメント強度試験用型枠を上げ底として、20×40×80mmの型枠に各種3本づつ充てん、24時間後に脱型し、直ちに前述の3種の養生条件下においた。実験は20℃水中養生とオートクレーブ養生の比較、及び20℃水中養生と70℃養生の比較の2シリーズに分けた。

なお、別途1.2×1.2×7cmの試験体各種3本づつを製作し、水中養生とオートクレーブ養生の場合を比較する実験を追加した。ただし水セメント比は55%とし、練り量が少ない関係で、手練りとした。

4.2 強度試験方法

図7に示すように、試験体の2ヶ所で割裂試験を行い、その割裂後の試験片3ヶに対して圧縮試験を行った。載荷面はいずれも試験体側面である。載荷速度は、圧縮4 kg/cm²/sec, 割裂5 kg/cm²/minである。割裂用エッジは丸型で、幅は2 mmである。

追加実験の載荷はマニュアル型一軸圧縮試験機(図8)によって行い、割裂引張用エッジには直径1.6 mmのピアノ線を用いた。試験体1本につき3ヶ所で割裂試験を行い、その折片4ヶに対して圧縮試験を行った。すなわち、1種類1養生につき割裂引張強度9, 圧縮強度12の結果を得た。

引張強度(σ_t)は次式によって算定した。 $\sigma_t = 2P/\pi d \ell$

(ここに、P:最大荷重, d, ℓ :試験体の高さ, 厚さ)

4.3 実験結果

圧縮強度と引張強度の平均値と標準偏差を図9に示す。これらの結果によれば、圧縮強度や引張強度においても前項の曲げ試験結果と類似の傾向が示されている。すなわち

- 1) 20℃水中28日養生では、岩石種類による強度差は僅かである。
- 2) 70℃常圧4時間養生では、その強度は20℃水中28日養生の強度に及ばず、また岩石種類による強度差は顕著ではない。
- 3) オートクレーブ養生では、岩種によって強度に著しい差が現われる。すなわち珪石と大州長石を用いたモルタルでは、20℃水中28日養生に匹敵する強度を示すのに対し、石灰石とインド長石を用いた場合には、その強度は約半分止まっている。

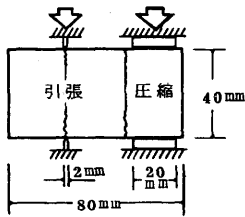


図7 載荷方法

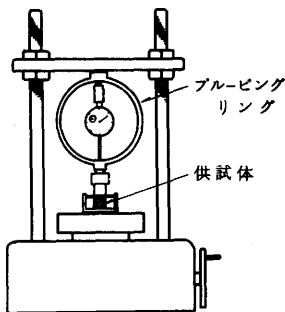


図8 一軸圧縮試験機

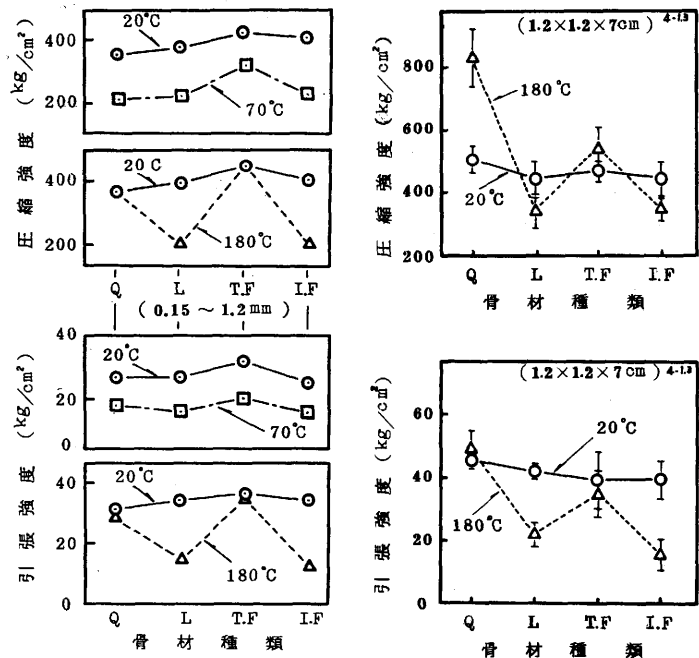


図9 各種養生条件下の骨材種類と圧縮・引張強度

5 SEM観察

上述のような養生条件と岩種による強度差の原因考察のため、3項の曲げ強度測定後のモルタル試験片を用い、その破面に対して、SEM観察及び粉末X線回折を行なった。

粉末X線回折では、試料中における水和物の含有率が少なく、結晶度が悪いと明瞭な回折線が得られなかった。試験体曲げ破壊面のSEM写真の一例を写真1～18に示す。これは各試料について視野と倍率をかえて数多く撮影した写真の中から代表的なものを示したものである。

20℃水中養生の場合は、スラグ以外の岩石では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とTobermorite相で総称される珪酸カルシウム水和物が水和生成相を成している。特に珪石を用いた試験体ではTobermorite相の結晶は大半がゲル状あるいは短針状を呈していたが、石灰石、大州長石、インド長石を用いた試験体ではゲル状や短針状のほかにも相当長いfiber状のものも観察された。これらの水和物は骨材とセメントマトリックスとの境界面や空孔中によく発達しており、強度発現に少なからず寄与していると思われた。ただ、珪石とインド長石を用いた試験体では境界面に生成した水和物が骨材からはがれたように見える部分があり(写真19)、この養生条件では骨材と界面生成相との結合力がそれ程強くないことが推察された。

70℃常圧蒸気中4時間養生の場合の水和生成相は20℃水中養生の場合と大差は認められなかったが、石灰石を用いた試験体で不定形の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が若干多く観察され、またスラグとインド長石を用いた試験体では水和物結晶が総体的に小さく均一になったように見受けられた。

180℃10気圧オートクレーブ4時間養生の場合は上記の2養生条件下の場合とは相当異なった様相を呈した。すなわち、珪石、大州長石を用いた試験体では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の大結晶はほとんどみられず、fiber状あるいはしわのある箔状、プレート状を呈する水和物が多く観察された。これはTaylorの分類によるCSH(I)と称される珪酸カルシウム水和物に相当し、強度発現に大きく寄与するものである。一方、スラグ、石灰石、インド長石を用いた試験体では、いずれも骨材表面が高温高圧蒸気中であって浸蝕されたためかソフトな感觸を呈し、水和生成物も柔毛状もしくは綿状を呈している(写真20, 21)。これらの水和物の化学組成は明確ではないが、図5、図9におけるこの種岩石を用いたモルタルの強度低下に関与しているものと推察される。

スラグ、石灰石、インド長石試験体の強度低下はこのような水和生成物の相異のみならず、骨材自体の変化も無視できないものと思われる。この後者については次の2点が考えられる。

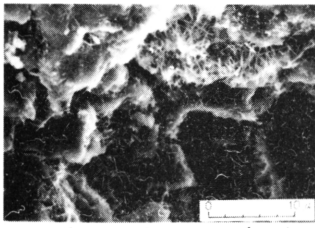
1) 骨材の物性変化による影響

180℃10気圧下では骨材の含水と熱膨張により、骨材自体にきれつや破損が生じ、ひいてはセメントマトリックスにもこの損傷が波及することが考えられる。

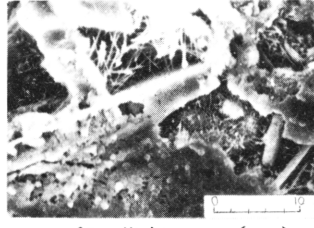
2) 骨材の化学変化による影響

骨材からの溶出成分がセメントの水和反応及び付着面の性状に及ぼす影響は強度を向上させる場合と劣化させる場合が考えられる。高温高圧飽和蒸気のもとでは、石英などは表層部が溶解して活性を示し、セメントから析出した遊離の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応して新たな水和物を生成して強度発現に寄与するようであり、一方、正長石では KOH を析出し、強度低下を招くようである。スラグや石灰石もその表面の化学変化が強度低下に結びついているのではないかと考えられる。

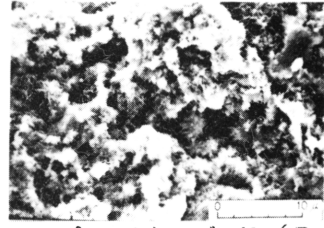
いずれにしても、オートクレーブ中での岩石自体の挙動は明らかでなく、このことに関する研究もあまり見当たらない。骨材とモルタル又はコンクリートの強度の関連については、従来、骨材の岩



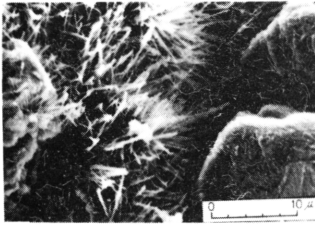
1) 20°C 水中 28日 (P)



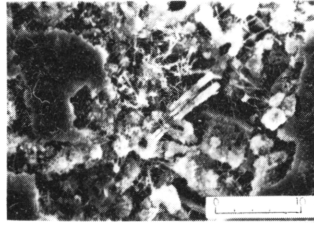
7) 70°C 蒸気 4h (P)



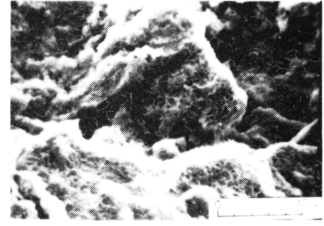
13) 180°C オートクレーブ 4h (P)



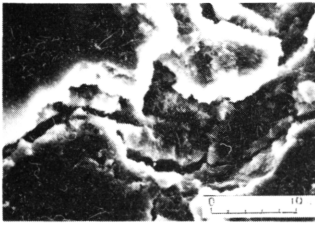
2) 20°C 水中 28日 (S)



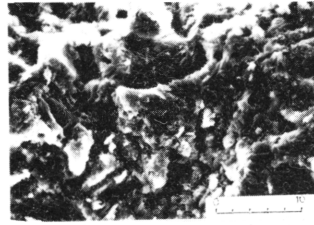
8) 70°C 蒸気 4h (S)



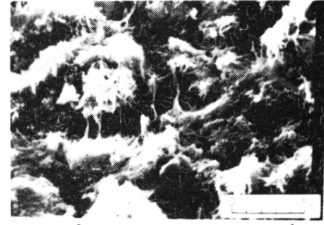
14) 180°C オートクレーブ 4h (S)



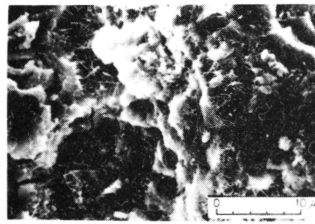
3) 20°C 水中 28日 (Q)



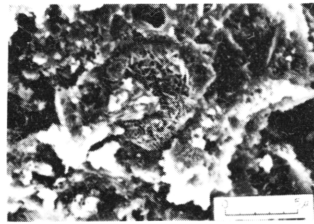
9) 70°C 蒸気 4h (Q)



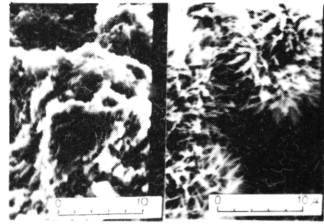
15) 180°C オートクレーブ 4h (Q)



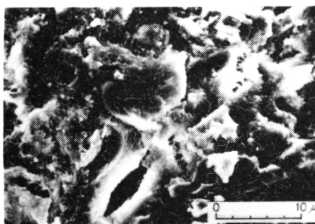
4) 20°C 水中 28日 (C)



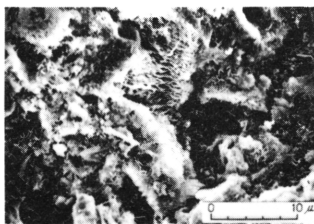
10) 70°C 蒸気 4h (C)



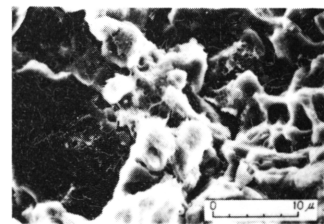
16) 180°C オートクレーブ 4h (C)



5) 20°C 水中 28日 (A)



11) 70°C 蒸気 4h (A)



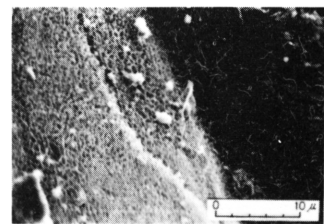
17) 180°C オートクレーブ 4h (A)



6) 20°C 水中 28日 (O)



12) 70°C 蒸気 4h (O)



18) 180°C オートクレーブ 4h (O)

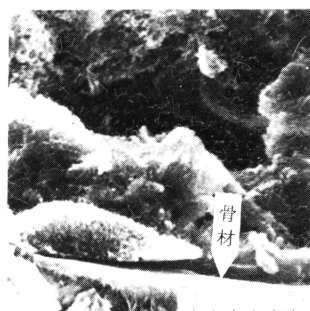


写真19 石英モルタル
20℃水中28日養生

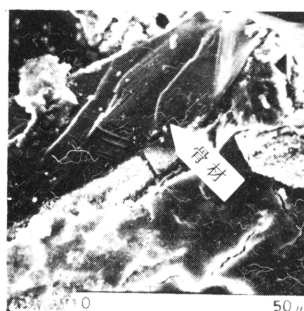


写真20 インド長石モルタル
20℃水中28日養生

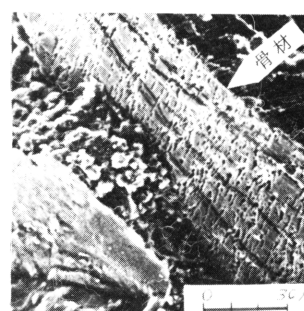


写真21 インド長石モルタル
オートクレーブ

質、形状、物理的性質及びセメントペーストとの付着性状の面から多くの研究がなされてきたが、この骨材自体のオートクレーブ中における物理的・化学的变化も見逃すことはできず、この点は今後の検討を要する課題と思われる。

6 市販砕砂の岩質とモルタル強度

市販砕砂は種々の鉱物を含有しているため、セメントとの付着性能についてはモルタルの諸強度に対しては、上述のような鉱物それぞれに応じた特徴が複合して現われることが想定される。実用的観点からは一般的な砕砂に対しても上述と同様の検討を行なって、それらの複合効果に対する知見が得られれば、砕砂の選択や、最適養生方法の設定など、コンクリート用砕砂の有効利用に資することができよう。

ここでは福井県産の砕砂5種を対象として、それらを細骨材とするモルタルの圧縮強度と引張強度を比較

検討した。養生条件は上述と同様である。なお、セメント強度試験用の山口県豊浦産の標準砂を試料に加えた。

6.1 材料及び実験方法

砕砂の岩種は、安山岩1種、珪石1種、砂岩3種である。これらの鉱物組成、化学組成、比重及び吸水率を表3に示す。標準砂は以下№0として表示する。

砕砂の粒度調整、調査、養生条件、試験体寸法、載荷方法等は4.2に述べたのと同様である。試験体寸法2×4×8 cmと1.2×1.2×7 cmのシリーズそれぞれの場合について比較を行った。

表3 砕砂の化学組成、鉱物組成及び比重・吸水率

砕砂の種類	1(砂岩)	2(珪岩)	3(安山岩)	4(砂岩)	5(砂岩)	
化学組成(%)	Igloss	5.30	1.21	6.49	2.46	3.86
	SiO ₂	63.60	93.34	57.00	74.08	69.40
	Al ₂ O ₃	16.34	2.42	16.72	13.63	14.28
	Fe ₂ O ₃	5.58	1.53	6.70	2.48	3.13
	CaO	2.57	0.34	6.85	0.68	2.11
	MgO	0.22	0.02	0.39	0.06	0.09
	Na ₂ O	2.56	0.07	3.60	3.16	3.10
	K ₂ O	3.60	0.69	2.11	3.28	3.45
	Total	99.77	99.62	99.86	99.83	99.42
鉱物組成(%)	石英	30～32	92	20～21	38～39	35～37
	方解石	5	1以下	12	1	4
	晋長石	21	1以下	30	27	26
	正長石	7～10	—	5～7	16～18	8～12
	粘土鉱物	6～11	—	15～17	9～11	2～6
	雲母	15～23	6	7～10	2～6	12～17
	赤鉄鉱	6	1～2	—	3	3
磁鉄鉱	—	—	10	—	—	
表乾比重※	2.61	2.57	2.65	2.61	2.60	
絶乾比重※	2.57	2.54	2.59	2.57	2.56	
吸水率(%)※	1.29	1.25	2.10	1.39	1.45	

※0.3～0.6mmについて測定

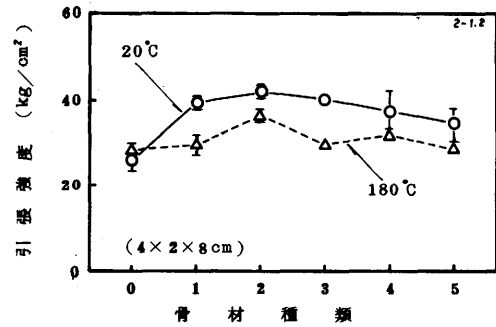
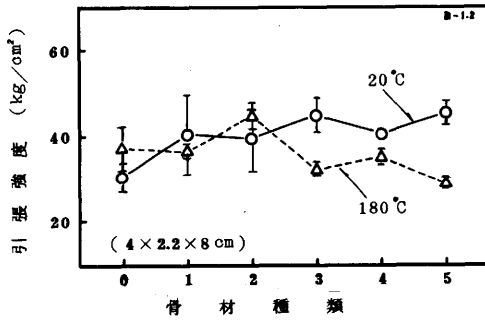
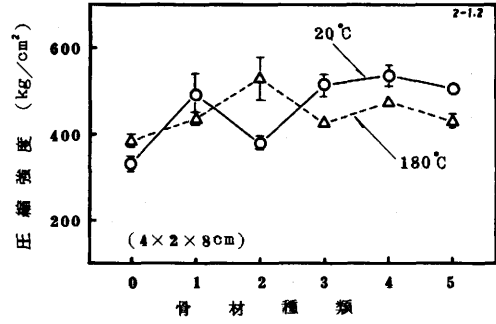
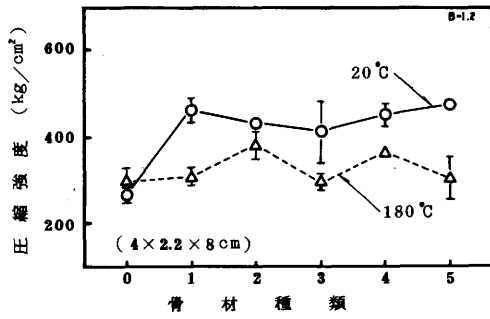


図10 骨材種類と圧縮・引張強度(その1)

図12 骨材種類と圧縮・引張強度(その3)

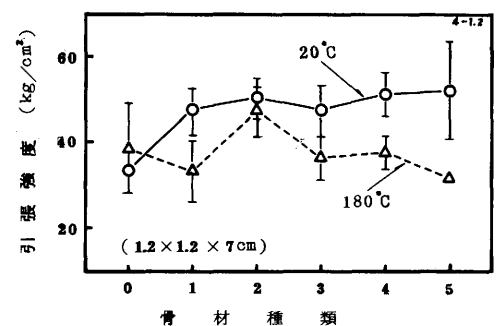
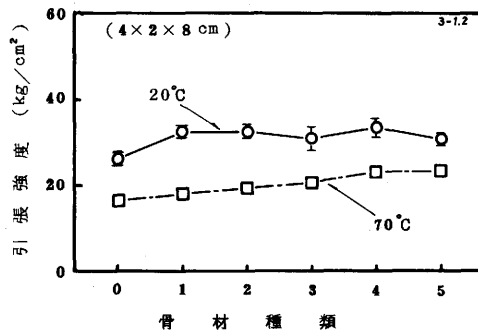
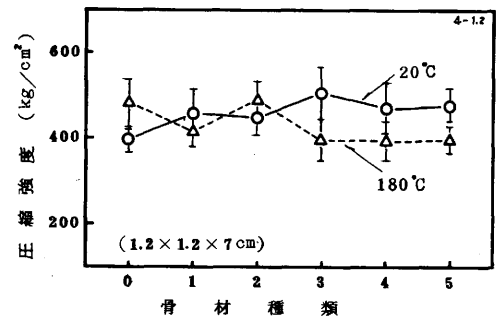
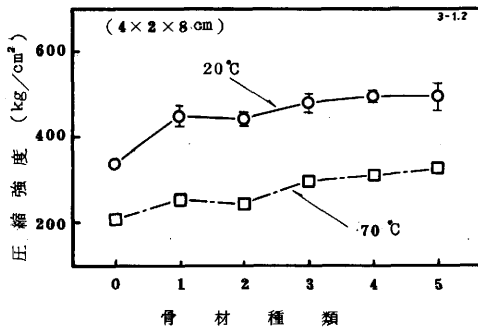


図11 骨材種類と圧縮・引張強度(その2)

図13 骨材種類と圧縮・引張強度(その4)

6.2 実験結果

圧縮強度及び引張強度の平均値と標準偏差を図10～図13に示す。

これらの結果によると、圧縮強度、引張強度共に、20℃水中28日養生では砕砂の種類による強度差はほとんどみられない。70℃常圧養生の場合は強度値そのものは20℃水中養生に及ばず、また砕砂種類による強度差は僅少にとどまることが示された。

オートクレーブの場合は、砕砂種類による強度差は顕著になり、砕砂2、4の試験体の強度は砕砂1、3、5の試験体に比べて大きく、岩質が強度に影響することを示している。

このような複合岩質と強度との相関関係について検討した報告はまだ見当らない。岩質の分析要因として、鉱物組成、化学組成のどちらを取り上げてよいかについても判明していない。ここでは化学組成を取り上げて検討を試みることにした。

オートクレーブ養生の圧縮強度と各砕砂の化学成分との関係を図14に示す。砕砂の化学組成のうちSiO₂は含有量が多く主要成分となっているが、図14によれば、このSiO₂の含有量が多い程圧縮強度が大きく、正の相関を示している。その他の諸成分では負の相関を示している。

岩質成分と強度との関係を検討するには、各成分に対する重相関分析まで進める必要があるが、これには統計的処理に十分な実験データの蓄積が求められる。また一方では、各成分が遊離して存在しているかどうかによって水和物の生成プロセスに与える影響の程度、あるいは骨材表面の物理的・化学的変化の解明など、重相関分析に至る以前に検討すべき問題も残されている。しかしながら、そうした厳密な解析と

は別に、実用に供される範囲の岩種に対して、何らかの手がかりを模索することも試みられてよいように思われる。

7 むすび

本研究の結果を要約すれば次のようである。

- 1) 20℃水中28日と70℃蒸気4時間養生では、比較的純分に近い岩石は、その付着強度やモルタル強度にやや差異が見られるものの、市販砕砂の場合はほとんど強度上の差はないものとみなすことができる。すなわちこの程度の養生では一般のコンクリート用骨材は不活性材料とみなせることが示された。

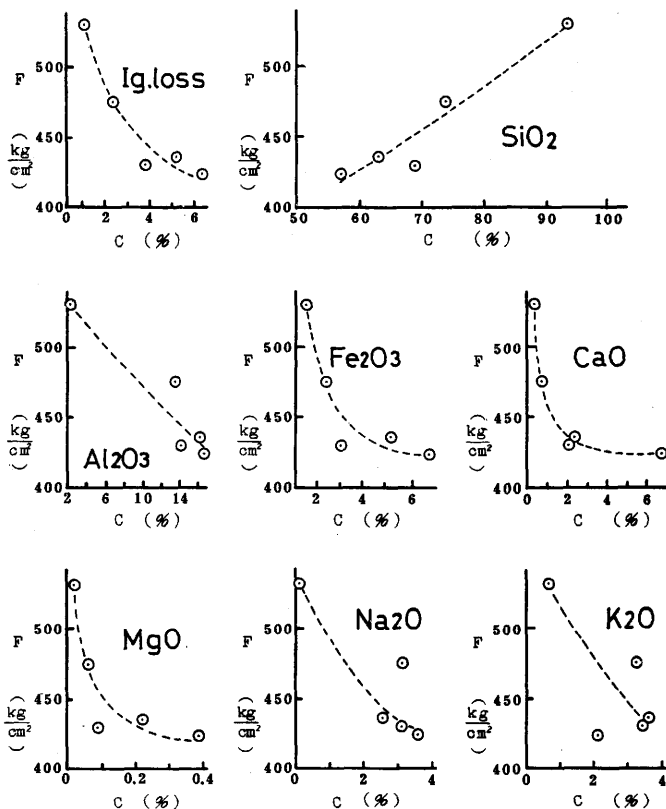


図14 砕砂の各化学成分含有量(C)と圧縮強度(F)

2) 180℃ 10kg/cm²オートクレーブ養生の場合は、比較的純分に近い岩石は、岩種によって付着強度やモルタル強度が大きく異なることが示された。すなわち珪石と大州長石に比べて、石灰石、インド長石、スラグでは強度は低く、その原因としては、水和物の生成相と共に骨材表面の物理的・化学的変化が関係していることがSEM観察から推察されるに至った。

また、多様な岩石組成を持つ市販砕砂においても、岩質によるモルタル強度の差は、上述の純分岩石よりも緩和されるものの、これを無視できないこと、さらに岩石の化学成分中SiO₂の含有率が多い砕砂ほど強度が大きいことが示された。

本報告に示したように、骨材岩質によって種々の養生条件での強度発現特性が異なることを考えれば、それぞれの骨材に応じて最も効率的な養生方法を選定することが骨材特性を生かした資源の有効利用に結びつくことになる。

謝 辞

本研究においては、福井大学工学部・協敬一技官の御協力を得た。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 川上英男 “コンクリート用骨材と地域的特性、建築の技術・施工、1982年8月、pp.27～34.
- 2) K.M.Alexander, J.Wardlaw & D.J.Gilbert "Aggregate-cement bond, cement paste strength and the strength of concrete," The structure of concrete, Proc. of International Conference, 1965.
- 3) 川上英男 “粗骨材とコンクリート強度に関する基礎的研究、日本建築学会論文報告集、166号、1969、12月、pp.19～27. 167号、1970、1月、pp.7～11.

(本報告は第37回セメント技術大会(昭和58年5月)に発表した内容に実験資料を追加し、詳述したものである。)