

論文

[1038] コンクリートの性質に及ぼす花崗岩骨材の風化度に関する基礎的研究

正会員○藤原 靖 (大成建設技術研究所)

正会員 岡本修一 (大成建設技術研究所)

1. はじめに

良質の骨材が不足しつつあり、この問題を解決するために様々な研究開発が行われている。特にコンクリートダムでは、骨材不足に関する問題は深刻であり、骨材規格の一部を満足しない低品位骨材の利用に関する研究が行われている[1,2]。コンクリートダム用の骨材は大きく安山岩・玄武岩系、砂岩系、花崗岩系に分けられる。このうち砂岩系は一般的に良質であるが、安山岩・玄武岩系は熱水変質などの地殻変動の影響を受けていることが多く、そのため造岩鉱物の一部が粘土鉱物化しており、骨材の品質としては一部の規格を満足しないことがある。

花崗岩系はマサ土に象徴されるように風化が問題となる。風化花崗岩は他の岩種と比較して、造岩鉱物の各粒子間の結合状態が弱く、主要鉱物である長石類はへき開性を持ち、粘土化しやすく、雲母類は剥離性を有する。そのため、強度低下、吸水量の増加、ワーカビリティの低下、耐久性の低下が予想される。しかし骨材の製造法、粒度、コンクリートの配合、使用目的によっては風化花崗岩の使用も可能と考えられ、そのためには岩石の風化度が骨材やコンクリート品質へ及ぼす影響を把握することが重要である。

そこで本研究では、同一地域から風化度が段階的に異なる花崗岩を採取し、その風化度と骨材品質、モルタルの特性について検討を行い、花崗岩の風化度に応じた利用に関する研究を行っている。以下に、これまでに得られた結果について報告する。

2. 試料採取と骨材の製作

花崗岩試料の採取は、広島市東方約50kmの豊田郡本郷町に建設中の広島新空港建設現場で行った。岩盤は典型的な広島型花崗岩であり、弾性波速度0.6km/sec以下の土砂から2.0km/sec以上の中硬岩ないし硬岩の風化程度が様々な花崗岩が分布している。

目視調査と現地での点載荷試験による引張強さの測定の結果をもとに、相対的に新鮮なものから風化が進行しているものへの順に、A、B、C、D、Eの5つの風化度の異なる試料の採取を行った。採取した5試料をそれぞれ破碎して細骨材を製作し、試験に供した。

3. 実験方法

3.1 風化度に関する検討

採取試料を約5×5×5cmに切断し、測機舎製圧縮引張試験器を用いて、試験片が破壊した時の荷重と荷重点間隔を測定した。測定結果から、引張強さ S_t (kgf/cm²) = (0.9 × 破壊時荷重(kg)) / (荷重点間隔 d(cm))² の式に代入し、引張強さを算出した。

風化指標に関する化学分析として、強熱減量と全岩分析を行った。全岩分析は、Na₂O、K₂O、CaO、MgO、Al₂O₃、FeO、Fe₂O₃については微粉碎岩石試料を過塩素酸・フッ酸分解し分析し、SiO₂については重炭酸ナトリウム溶融し分析した。風化指標値として強熱減量は%、その他の

表-1 使用した細骨材の粒度

粒径	I	II
4.75-2.36mm	9.5	0
2.36-1.18mm	23	10
1.18-0.60mm	23	25
0.60-0.30mm	23	30
0.30-0.15mm	14	20
<0.15mm	7.5	15

単位:%

指標値は、それぞれの酸化物重量%を代入し、CIA
 $[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)]$ 、SIW[3]
 $[Na_2O / (Al_2O_3 + \text{強熱減量})]$ 、SA $[Al_2O_3 / (10 \times SiO_2)]$ とし、0~1の範囲になる値として算出し図
 1、図2に示した。

3. 2 骨材とモルタルの特性に関する検討

骨材特性に関しては、製作した細骨材について単位体積重量、表乾比重、絶乾比重、吸水率、実積率について測定した。モルタル特性は、絶乾状態で表1に示す粒度分布IとIIの2種に調整した細骨材を使用して、流動特性、凝結硬化特性などのフレッシュな状態での性質と強度特性、乾燥収縮特性などの硬化後の性質について検討を行った。なおモルタルの配合は、セメントには普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比W/C=50%、砂セメント比S/C=2.0とした。各砂は表乾状態で使用した。

4. 結果と考察

4. 1 風化度について

相対的に新鮮なものから順に引張強さは、A : 132 kgf/cm²、B : 93 kgf/cm²、C : 76 kgf/cm²、D : 71 kgf/cm²、E : 17 kgf/cm²であった。5試料間で引張強さは大きく異なっており、風化が進むにしたがって大きく低下していた。しかしCD間には、大きな違いがみられなかった。

風化度の指標として、強熱減量、CIA、SIW、SAについて図1に示した。いずれも、風化が進むにしたがって、ほぼ直線的に増加もしくは低下しているが、強熱減量の変化が最も明瞭である。またCD間での変化は小さい。

図2にこれらの風化指標と引張強さとの関係を示した。図から明らかのように、いずれの指標も高い相関を示している。

風化指標として、引張強さは現地においても測定可能であり良い方法である。しかし測定値のバラツキが大きいことから、多点数の測定、供試体の大き

さの統一や整形が必要であり、細骨材程度の破碎試料では、測定が困難である。他の風化指標は、強熱減量以外は、化学分析が必要な情報であり、結果が得られるまでに時間がかかる。した

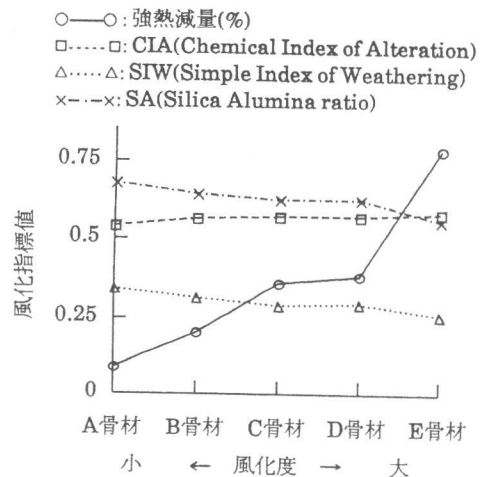


図-1 風化度と風化指標

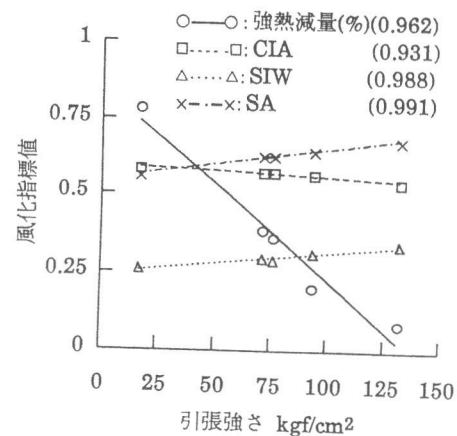


図-2 風化指標と引張強さとの関係
 *()内は引張強さと各風化指標の相関係数

表-2 細骨材の性質

試料	A	B	C	D	E
単位体積重量	1.61	1.62	1.61	1.64	1.60
表乾比重	2.58	2.58	2.55	2.55	2.52
絶乾比重	2.56	2.56	2.52	2.52	2.47
吸水率(%)	0.69	0.71	1.1	1.22	1.83
実積率(%)	62.9	63.3	63.9	65.1	64.8

表-3 モルタルのフロー値と凝結時間

試料	A	B	C	D	E
凝 結 時 間 (細骨材 I 使用)					
凝結始発	4:30	4:35	4:35	4:25	4:25
凝結終結	6:25	6:35	6:15	6:15	6:10
フ ロ ー 値 mm (細骨材 I 使用)					
0分経過	223×219	224×223	228×227	223×220	222×220
30分	205×206	210×209	213×212	210×206	211×209
60分	206×203	206×205	208×208	210×210	208×207
150分	199×196	203×202	208×205	203×203	203×200
330分	158×157	154×154	149×147	157×157	155×152
フ ロ ー 値 mm (細骨材 II 使用)					
0分経過	196×191		189×188		187×185

がって、簡易であり、引張強さとの相関も良好で、破碎試料で測定が可能な強熱減量が、花崗岩の風化度を把握する方法として適当と考えられる。

4. 2 骨材及びモルタルの性質

(1) 骨材の物理的性質

細骨材の物理的性質を表-2に示した。単位体積重量、表乾比重、絶乾比重、吸水率、実積率のうち、風化度の違いは絶乾比重、吸水率、実積率に表れている。絶乾比重は、風化の進行しているものほど小さくなっており、風化により比重の重い金属イオンの溶脱が生じるためと考えられる。

吸水率は、風化度の違いで顕著な違いがある。相対的に新鮮なAでは0.69%、風化の進行したEでは1.83%であり、3倍程度の差異となっている。風化の進行により、長石類の粘土鉱物化や雲母鉱物の剥離などにより、吸水性の高い鉱物の割合が相対的に増加したためと考えられる。

実積率は風化の進行したものほど大きくなっている。これは岩石試料の破碎により相対的に新鮮なものほど、粒子形状が鋭く細骨材粒子間の空隙が大きくなるため実積率が比較的小さくなり、風化の進んだ試料は破碎粒子が丸く粒子が詰まり易くなるため実積率が大きくなると考えられる。

(2) モルタルのフレッシュな状態での性質

表-3にフロー値の測定結果を示した。粒度分布Iに調整した細骨材で作製したモルタルでは、ほぼフロー値は同様で、その経時変化も同様である。一方、粒度分布IIに調整した細骨材で作製したモルタルでは、フロー値が小さくなる傾向が認められた。またフロー値は風化度が進むにつれてさらに小さくなる傾向がみられた。平均的な粒度である粒度分布Iでは風化度の影響が少なく、粒度分布IIのように粒度の小さい部分の割合が増えると風化の影響がでることが明かである。マサ土を砂として使用した場合に観察されるようなワーカビリティの低下[4,5]は、マサ土まで風化していない花崗岩ではそれほど顕著ではなく、粒度分布が極端に変化した場合に表れると考えられる。

風化度の相違が凝結時間へ与える影響は、表-3に示したように、その始発と終結時間にほとんど違いがみられない。相対的に新鮮なAに比較して風化の進行したEでは、凝結始発が5分早く、凝結終結が10分早い程度の違いである。

表-4 モルタルの強度 単位:kgf/cm²

試料	A	B	C	D	E
細骨材 I 使用					
圧縮強度	488	476	483	491	474
曲げ強度	97	92	103	92	84
細骨材 II 使用					
圧縮強度	514		538		532
曲げ強度	87		100		89

表-5 モルタルの乾燥収縮量 単位:μ

材令(週)	A	B	C	D	E
細骨材 I 使用					
4	790	780	870	880	980
8	940	910	1010	1050	1150
13	1030	1020	1100	1170	1280
細骨材 II 使用					
4	870		950		1090
8	1040		1150		1280

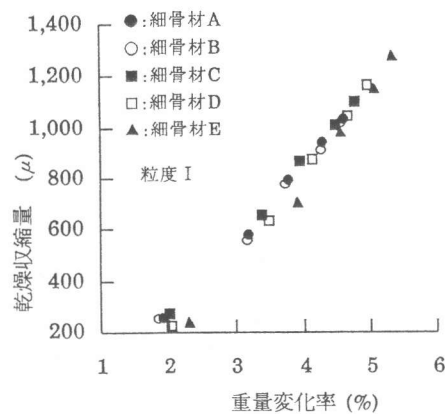


図-3 モルタルの乾燥収縮量と重量変化率との関係

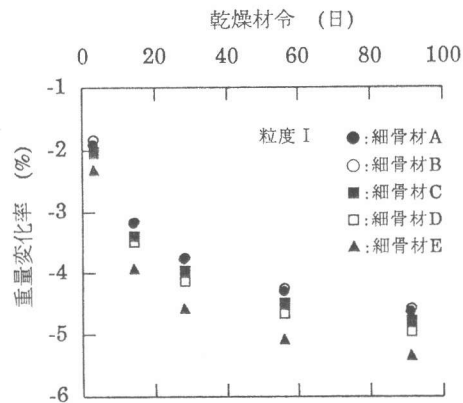


図-4 風化度の違いによるモルタルの重量変化率(水分逸散量)の違い

(3) 強度特性

表-4に4週材令の圧縮強度並びに曲げ強度の測定結果を示した。粒度分布Ⅰに調整した細骨材で作製したモルタルでは、圧縮強度は474~491kgf/cm²、曲げ強度は84~103kgf/cm²であり、風化度の違いによる強度の違いはみられなかった。粒度分布Ⅱに調整した細骨材で作製したモルタルでは、圧縮強度は514~538kgf/cm²、曲げ強度は87~100kgf/cm²であり、粒度分布Ⅰのものに比較して圧縮強度は約50kgf/cm²大きくなっているが、曲げ強度はほとんど変らなかつた。圧縮強度が増加した原因は、粒度の小さい部分が多いため骨材とペースト界面の状態が改善され易いことなどの影響によると考えられる。風化の極めて進行したマサ土砂の混合でみられる強度低下[5]のような現象は認められなかった。

(4) 乾燥収縮特性

表-5に乾燥収縮試験による乾燥収縮量を示した。表より、風化が進行したものの方が乾燥収縮量が大きくなっていることが分かる。図-3に重量変化率と乾燥収縮量とについて示した。図から明かなように、乾燥収縮量は重量変化率に依存し、乾燥収縮量は重量変化率の大きいもの、言い換えれば水分の逸散量の大きいものほど大きくなっていることが分かる。

図-4には材令と重量変化率(水分の逸散量)との関係を示した。風化度の進んだものほど、同一材令での水分の逸散量が大きくなっているため、乾燥収縮量が大きいことが明かである。同一水/セメント比では、風化度が異なってもフロー値や凝結硬化時間などの未硬化時の性質が大きく変化しないにもかかわらず、水分逸散量が大きく、乾燥収縮特性に大きな違いが生じている。風化の進行した花崗岩ほど水分の逸散量が大きくなるのは、細骨材の吸水率が高いことを反映していると考えられるが、その理由は風化や破碎による生成鉱物の組成や割合、分布に依存していると考えられ、今後の検討すべき課題であると考えられる。

5. まとめ

- 1) 花崗岩骨材の風化度の把握方法としては簡便性、引張強さとの相関、破碎試料への適用性から強熱減量が適当であると考えらる。
- 2) 骨材の性質としては吸水率と比重に風化度の違いが強く反映している。
- 3) モルタルの特性では、風化度のフロー値や凝結時間への影響は小さいが、粒度の違いによる影響はある。風化度の違いによる強度特性への影響は小さいが、乾燥収縮への影響は大きい。

[謝辞]

試料採取に当って便宜をはかって頂きました運輸省第三港湾建設局新広島空港分室の方々に感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 小林茂敏ほか：規格外骨材の利用性に関する実験的研究、土木研究所資料、No.2774、1989.3
- 2) 脇坂安彦ほか：モンモリロナイト含有骨材を使用したコンクリートの物理的性質、コンクリート工学年次論文報告集、12-1、1990
- 3) 天田高白・岡谷直：化学的風化指数に関する一考察、新砂防、Vol.42、No.4、1989
- 4) 岡村雄樹・檜貝勇：コンクリート用細骨材としての真砂土の利用に関する研究、山梨大学工学部研究報告、No.36、1985
- 5) 田中信也・長弘雄次：風化花崗岩の建設材料としての利用に関する研究、九州産業大学工学部研究報告、No.21、1984