

石材の品質評価方法に関する基礎的研究

青木あすなる建設(株) 正会員 ○舟川 勲
 茨城大学工学部 正会員 沼尾 達弥
 茨城大学工学部 加藤 亮太

1. はじめに

近年、国内産石材よりも、安価で建造物への大量供給が可能な海外産石材の輸入量が増加しており、今後も海外輸入依存が高まると予想されている。これまでに使用されてきた日本産の石材に対しては、竣工後の調査によって経年劣化の状況が把握されてきた。しかし、新種の海外産石材の増加に伴って、その状況把握が困難となってきた。これが、比較的短期間で表面劣化が生じてしまう石材が存在する大きな要因となっている。現時点での石材の品質評価は、各企業で独自の品質基準を設けており、主に肉眼観察や観察者の経験や感性に依存するため再現性に乏しい。そのため、より客観的・定量的な品質評価方法の確立が必要とされる。

本研究では、石材に対する劣化促進実験方法の提案を行い、これらの測定・評価方法を国内産およびそれに色彩・色調が類似する海外産石材に適用することにより、石材の評価方法を検討することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 石材の種類

本研究で用いる石材は花崗岩を用いた。日本産として鉱物粒径の違う3種類（粒径の大きい順に、JI、JK、JN）の石材、また、それに対応する海外産（CI、CK、CN）を検討の対象とした。

2.2 石材の劣化因子

劣化に影響を及ぼすと考えられている影響因子とそれに起因すると考えられる現象の関係を表-1に示す。ここでは、○印を付けた現象を対象とした実験結果について報告する。

2.3 実験方法

1) サンドブラスト実験（風・砂の吹きつけによる影響）

海岸付近に施工される際に表面の磨き面がざらつくといった劣化が報告されている。これは、強い海風が砂を巻き上げ、石材表面に吹きつけるサンドブラスト現象が原因の一つと考えられる。そこで、人工的に石材の表面に砂を吹きつけることにより、石材表面の耐摩耗性を検討する。

実験は、サンドブラストにより砂を吹きつける圧力と距離を一定とし、表面凹凸の変化をレーザ変位計により測定した。結果は、表面凹凸の高さの差の平均を求めた「平均高さ」により整理した。

2) 塩水の噴霧実験（塩害による影響）

海岸付近に施工されている石材の表面劣化の原因の一つとして飛来塩分が考えられ、海水の濃度と等しくした塩水による噴霧実験を行った。実験方法はまず、スプレーを用いて、試験体表面に塩水を4.0mL噴霧する。その後100mLの蒸留水の中に10分間試験体を浸漬し、表層の付着物質を除去する。その後、3時間乾燥させた。なお、実験は、1日当りの噴霧および乾燥の工程を1サイクルとし、112サイクル行った。また、表-2

表-1 劣化の影響因子

影響因子	現象
温度変化	伸縮の繰り返し 凍結融解
風・砂の吹きつけ	○すり減り
塩害	○腐食
大気中の有害物質 (CO ₂ 、SO ₄ など)	溶解
耐酸性	○溶解
耐火性	熱膨張 変形

表-2 塩水の噴霧実験における実験条件

項目	詳細
噴霧溶液	金属腐食用人工海水 pH=8.2
噴霧量	4mL/回（1試料当たり）
噴霧回数	2回/日
実験期間	112日間（=112サイクル）
乾燥時の温度環境	80°C

表-3 金属腐食用人工海水の主な化学成分

(20L当たり)				
MgCl ₂	CaCl ₂	SrCl ₂	KCl	NaHCO ₃
222.23g	30.70g	0.85g	13.89g	4.02g
KBr	H ₂ BO ₃	NaF	NaCl	Na ₂ SO ₄
2.01g	0.54g	0.06g	490.68g	81.88g

キーワード 石材, 品質評価方法, サンドブラスト, 塩害, 耐酸性

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学都市システム工学科 Tel:0294-38-5168

〒105-0014 東京都港区芝2-14-5 青木あすなる建設(株)技術本部技術部 Tel: 03-5439-8128

に実験条件を、表-3に今回実験に用いた塩水の主成分を示す。結果として、前述の実験と同様に凹凸の「平均高さ」を求めた。

3) 塩酸による浸漬試験（耐酸性）

劣化の一因として酸性雨や酸性土壌による被害も考えられる。そこで、酸性溶液を用いて石材の耐酸性の検討を行った。試験方法は石材を30%の塩酸に4日間浸漬させ、その影響をICPによる溶液分析を実施した。また、より酸性濃度の高い場合の影響を観察するため、高濃度の溶液に1週間浸漬させ、重量測定を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 サンドブラスト試験

図-1に表面凹凸の平均高さを示す。JI、CIが他の石材と比較して平均値が高い結果となった。この理由として、表面硬度が軟らかいためと考えられる。このサンドブラストは、石材の表面劣化に対する評価の一手法として使用できると考えられる。

3.2 塩水の噴霧実験

図-2に表面凹凸の平均高さを示す。この図よりJI、CIが他の石材よりも平均高さが大きいことが伺える。JI、CIは他のものに比べ塩水による影響が大きいといえる。この原因としては、塩水が石材内部に侵入し乾燥した際に内部に残った塩分が膨張することにより内部破壊を起こし、表面の剥離につながったと考えられる。石材の引張強度は圧縮強度に比べると非常に弱く¹⁾、とりわけ他の石材より鉱物の粒径の大きいJI、CIは顕著な影響を受けたと推察される。

3.3 塩酸による浸漬試験

表-4にICPによる溶液分析の結果を示す。この結果から、どの石材においてもアルミニウム(Al)と鉄(Fe)の溶出が大きい。また、CKにおいてはマグネシウム(Mg)がCNではカルシウム(Ca)が他よりも溶出が多いことがわかる。この結果より、AlやFeを多く含有する黒雲母の組成比率が高い石材は、酸による影響が大きいと考えられる。図-3に高濃度の塩酸浸漬における質量変化率を示す。JK、JN、JIの順に海外産と比較して大きく減少していた。どの石材にも端部から崩壊していく現象は見られたが、特にJK、JNでは磨きの部分が剥げ落ち、他の石材よりも大きな損傷が見られた。

3.3 塩酸による浸漬試験

表-4にICPによる溶液分析の結果を示す。この結果から、どの石材においてもアルミニウム(Al)と鉄(Fe)の溶出が大きい。また、CKにおいてはマグネシウム(Mg)がCNではカルシウム(Ca)が他よりも溶出が多いことがわかる。この結果より、AlやFeを多く含有する黒雲母の組成比率が高い石材は、酸による影響が大きいと考えられる。図-3に高濃度の塩酸浸漬における質量変化率を示す。JK、JN、JIの順に海外産と比較して大きく減少していた。どの石材にも端部から崩壊していく現象は見られたが、特にJK、JNでは磨きの部分が剥げ落ち、他の石材よりも大きな損傷が見られた。

4. おわりに

サンドブラスト試験および塩水の噴霧試験は、沿岸領域での使用の際に起こる劣化を想定したものである。これらの試験により石材の優劣が判定できると考えられる。また、塩酸による浸漬試験は、酸性雨や酸性土壌環境下での影響を考慮した場合の判定として、石材の品質評価が可能であると考えられる。

参考文献

1) 加藤亮太, 沼尾達弥: 石材の品質評価方法に関する研究、日本建築学会 2004年度大会学術講演会研究発表梗概集、A-1、p. 699-700、2004. 9

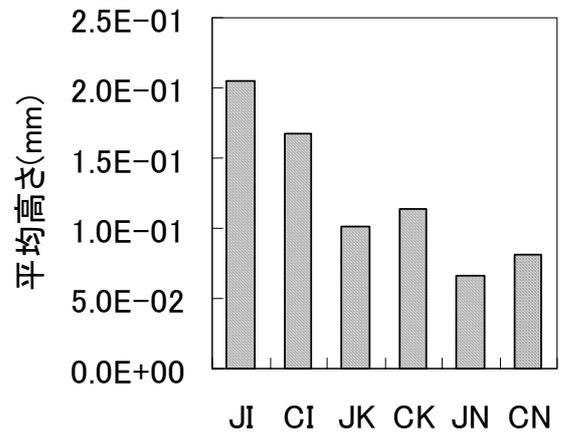


図-1 表面平均高さ(サンドブラスト)

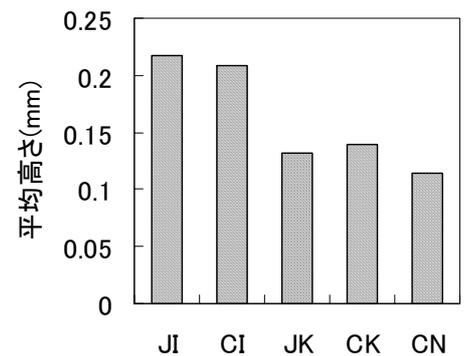


図-2 表面平均高さ(塩水)

表-4 溶出液中の元素濃度分析結果 (m mol/l)

試料	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
JI	0.51	3.23	0.29	0.96	1.41	3.47
JK	1.72	4.24	0.64	1.73	2.63	4.03
JN	1.32	4.85	0.62	1.09	2.62	4.38
CI	1.97	2.32	0.43	0.66	7.13	4.67
CK	3.27	3.55	0.53	1.23	2.98	3.32
CN	2.55	3.07	0.45	1.08	2.70	2.75

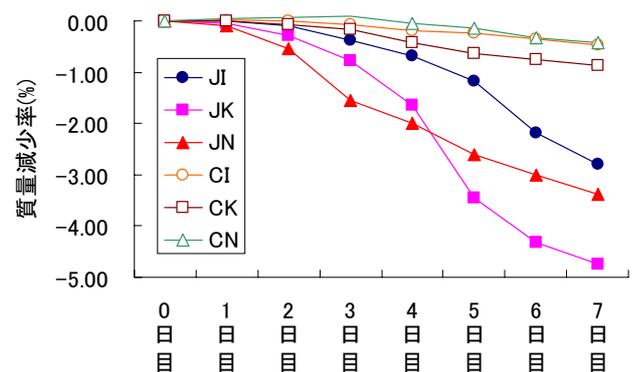


図-3 質量変化率