

VI-78

遠心力吹き付け工法における機械摩耗量の予測について

日本国土開発（株） 正会員 ○細井 康一
同 上 正会員 鈴木 正人
同 上 佐々木宏二
同 上 兼平 孝徳

1. はじめに

低粉塵でクリーンな作業環境を実現した「NATM・ケレスシステム」は、遠心力を利用したコンクリート吹き付け工法である。このため、コンクリートを投射する回転部に摩耗を生じるが、その量は、現場によって大きな差があることが明らかになってきた。この原因として、骨材の物性が関与していると推察されたので、各現場の骨材について一連の物性試験を実施し、施工時の機械摩耗量との関係を調査した。

2. 施工時の機械摩耗量

4つのトンネル施工現場で調査した本システムの回転部（ケーシングとベーン）の摩耗量（相対比率）を、表-1に示す。摩耗量は、現場によって10倍以上も異なることが分かる。

表-1 回転部機械摩耗量実績（相対比）

現場名	Aトンネル	Bトンネル	Cトンネル	Dトンネル
岩 種	石灰岩	片麻岩	凝灰岩	砂 岩
摩耗比 (対Aトンネル)	1.0	2.9	5.0	11.4

3. 物性試験

各現場の骨材やその母岩について、後述（表-2）の一連の物性試験を実施した。この中で、回転羽根のすりへり減量を測定する摩耗試験は、装置を試作して実施したものであり、基準化された試験ではないので以下に紹介する。

摩耗試験方法

試験装置を図-1に示す。試験は、小さい鉄製羽根（斜線部、材質：SS41）を取り付けたロッドを骨材中で回転させ、羽根のすりへり減量を測定するものである。骨材は、一定の粒度配合（標準的な細骨材粒度）に調整した気乾試料を1試験あたり2kg使用する。羽根の重量は、試験前と攪拌時間10、20、30分のときに測定する。同一現場の試料について試験を3回行い、30分攪拌時の羽根すりへり減量の平均値を当該骨材の評価値とした。なお、この試験仕様は、予備試験によって決定した。

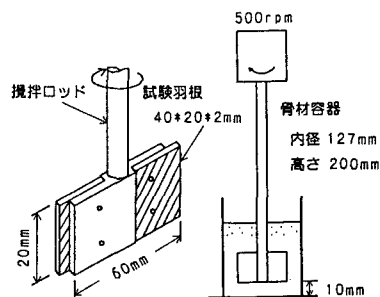


図-1 摩耗試験装置

4. 試験結果及び考察

物性試験の結果を表-2に示す。現場での摩耗実績（表-1）との間に関連性が認められるのは、一軸圧縮強度、圧裂引張強度、ショア硬度、ビッカース硬度、ロスアンゼルス試験による骨材すりへり減量および摩耗試験による羽根すりへり減量である。一方、 SiO_2 含有量、弾性波速度、比重・密度・吸水量は、関連性がほとんど認められなかった。前者について機械摩耗実績との関係を図-2～4に示す。図中、（ ）を付けたのは、Bトンネルの母岩（片麻岩）に対する試験結果であり、異方性の影響が強いと考えられる。

データ数が少ないので、機械摩耗量に対する各試験値の予測精度について、結論を出すことは出来ない。しかし、骨材の評価・選定試験として今後活用してゆく上では、試験の確実性、簡易性も重要であるので、機械摩耗量との関連性が認められた

表-2 骨材物性試験結果

現場名	Aトンネル	Bトンネル	Cトンネル	Dトンネル
SiO_2 含有量 (%)	0.47	0.5	3.6	0.4
一軸圧縮強度 (kgf/cm^2)	850	700	1,060	1,940
圧裂引張強度 (kgf/cm^2)	27	88	41	79
弾性波速度				
V_p (m/sec)	5,600	7,040	5,200	5,300
V_s (m/sec)	2,400	2,900	2,400	2,700
ショア硬度	61	102	81	103
ビッカース硬度	154	空孔多く不可	809	1,035
粗骨材比重 (g/cm^3)	2.67	2.68	2.67	2.60
粗骨材吸水量 (%)	0.66	1.13	2.75	1.27
細骨材密度 (g/cm^3)	2.708	2.725	2.738	2.65
ロスアンゼルス試験 骨材すりへり減量 (%)	24.8	21.6	15.5	16.6
摩耗試験 羽根すりへり減量 (mg)	2.1	11.8	5.3	37.3

上記試験についてこの点を検討した。

一軸圧縮、圧裂、ショア硬度の各試験は、いずれも骨材の母岩を対象とした試験であり、試料の入手が容易でないケースも予想され、さらに、供試体の作製に手間がかかるうえ、異方性の試料では方向によって試験値が大きく変動するといった問題がある。以上のことから、これらの試験方法は骨材の評価・選定試験として不適切であると判断した。また、ビッカース硬度試験は、骨材を対象とするため試料入手は容易であるが、供試体の作製手間と異方性試料の問題が残る。

これに対して、ロスアンゼルス試験と摩耗試験は、骨材の集合体を対象とした試験のため、試料入手や異方性の問題もなく、試験法も比較的容易である。そこで、機械摩耗性に対する骨材の評価・選定は摩耗試験によって行い、実際に使うことが決定した骨材については、ほかの物性試験も行って、データを蓄積することとした。

また、その後に実施した約30試料に対する摩耗試験結果から、攪拌時間の短縮について検討した。攪拌時間毎のすりへり減量を、全試料の平均値で除して相対比で表したところ、図-5に示すように攪拌時間を10分としても従来法（30分攪拌）とほぼ同じ判定結果を得られることが分かった。このため、一次的な判定は、攪拌時間10分で行うこととした。

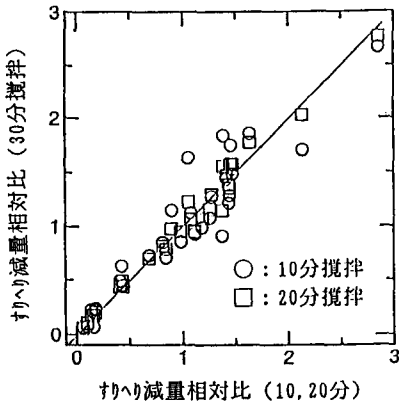


図-5 攪拌時間によるすりへり減量への影響

5. まとめ

1) 骨材の物性の中で、機械摩耗量と関連性が認められるものと認められないものが明らかになった。

2) ケレスシステムで使用する骨材の評価・選定方法としては、試作装置による摩耗試験が、确实性と簡易性に優れていることが明らかになった。

今後も、データを蓄積して、簡易で信頼性の高い機械摩耗量予測法を確立したいと考えている。

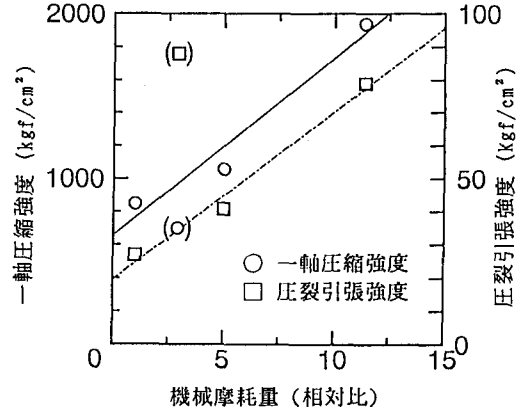


図-2 骨材物性と機械摩耗量の関係 (1)

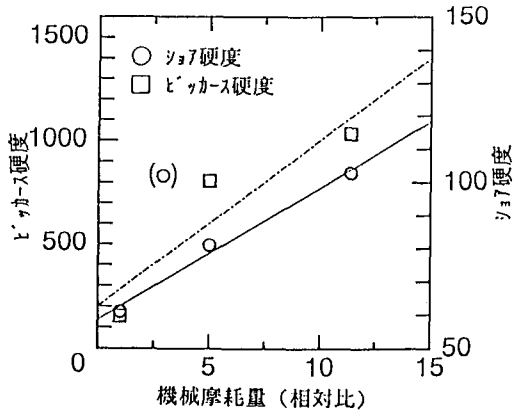


図-3 骨材物性と機械摩耗量の関係 (2)

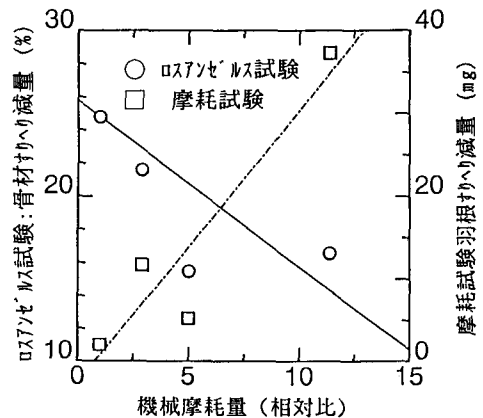


図-4 骨材物性と機械摩耗量の関係 (3)