

V-89

石灰石コンクリートの強度特性に関する一考察

中研コンサルタント 正会員 王 鉄成
住友大阪セメント 正会員 中野 錦一

1. まえがき

河川砂利の潤濁に伴って石灰石砕石がコンクリートの骨材として大量に使用されている。石灰石骨材を使用したコンクリートの強度に関する研究によると、他種の骨材を用いたコンクリートよりも早強性があり、蒸気養生を行うと長期の引張り強度がやや大きくなることなどが報告されている[1]。本研究は、石灰石を骨材として使用するコンクリートの強度と関連する力学的性状を明かにするために、石灰石と石英骨材を用いるコンクリートの強度をアコースティック・エミッション（Acoustic Emission, 記：AE）手法[2]及び超微小硬度測定などによって比較検討し、石灰石コンクリートの強度特性を検討するものである。

2. 実験概要

使用したセメントは普通ポルトランドセメント、使用した骨材はすべて表乾状態の石灰石（CaO含有量52%，比重2.61）と石英石（SiO₂含有量60%以上，比重2.57）で、細骨材は川砂利（比重2.55）である。コンクリートの配合は表-1に示す通りである。各配合条件は、水セメント比を0.40, 0.54の2水準とし、スランブを 5 ± 2.5 cm、および空気量を 2.0 ± 1.5 %

とした。圧縮強度およびAE測定用として作成した $\phi 10 \times 20$ cmの供試体は打設翌日に脱型し、28日間20℃の水中で養生した後、一軸圧縮破壊試験およびひずみの計測と同時にAE法によりカウント総数の計測を行った。AEと変位計測用供試体には縦、横方向に2枚のひずみゲージを取り付け、1MHz共振のAEセンサは、研磨した側面の中央部にカップリング用パラフィンで接着した。超微小硬度測定用の試験片は、セメントペースト中に石灰石および石英粒子をそれぞれ埋め込んだ後、20℃，R.H.100%で保存し、材齢28日に骨材粒子の中央面に達するまで研磨し、試験片を肉眼で観察して粒子と硬化セメントペーストとの境界域の硬度測定を行った。

3. 結果と考察

3.1 AE発生挙動

図-1に石灰石と石英骨材コンクリートの一軸圧縮試験における荷重に対するAEカウント総数を示す。試験結果より、配合1の場合には石灰石コンクリートの圧縮強度は 332 kgf/cm^2 、石英骨材コンクリートの圧縮強度は 320 kgf/cm^2 、配合2の場合には石灰石コンクリートの圧縮強度は 540 kgf/cm^2 、石英骨材コンクリートの圧縮強度は 460 kgf/cm^2 である。図より、配合1の場合には石灰石と石英骨材コンクリートのAE発生の挙動は、荷重レベル15%以上では荷重の増加に伴って大きくなるが、特に、石灰石コンクリートのAEカウント総数が徐々に増加しているのに対し、石英骨材コンクリートのAEカウント総数は急速に増加している。荷重レベル75%以上では両者のAEの発生総数は大きく異なる。配合2の場合には、荷重レベルの増加にしたがって石英骨材コンクリートのAEカウント総数は緩慢に増加し、石灰石のそれよりも多く、荷重レベル75%から速く増加することが認められる。

3.2 ポアソン比

図-2にポアソン比と荷重レベルとの関係を示す。図より、ポアソン比は使用した骨材によって異なり、同一のコンクリートでは荷重の大きさによって異なる。高強度（配合2）の場合のポアソン比は低強度（配合1）のそれよりも大きい。荷重レベル30%からポアソン比は荷重レベルの増加に伴って大きくなる。石灰石コンクリートのポア

Table. 1 Mixture Proportions of Concrete

Mixture	Aggregate	W/C	s/a (%)	Unit weight (kg/m ³)			
				W	C	S	G
1	Limestone	0.54	36	187	346	628	1138
	Quartzite	0.54	36	187	346	628	1118
2	Limestone	0.40	36	187	467	588	1080
	Quartzite	0.40	36	187	467	588	1064

W-water, C-cement, S-fine aggregate, G-coarse aggregate

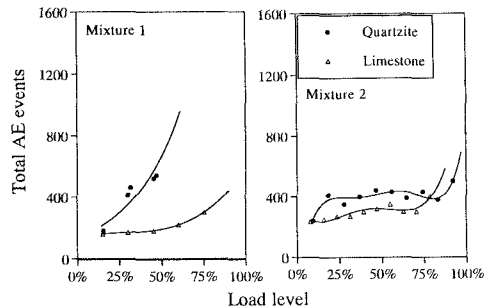


Fig. 1 Total AE events

ソン比は石英骨材コンクリートのそれよりも若干大きいことが認められる。

3.3 弾性波速度

超音波法による一軸圧縮試験における弾性波速度を図-3に示す。圧縮過程でのコンクリート内部に生じた微小クラックに対して弾性波の伝播により、コンクリートの強度特性を評価してみる。図より、弾性波速度の測定結果はAEカウント総数およびポアソン比と同じ傾向があり、弾性波速度は荷重の増加に伴って小さくなり、石灰石コンクリートの弾性波速度は石英骨材コンクリートのそれよりも大きい。

3.4 骨材境界域での微小硬度

図-4に骨材とセメントペーストとの境界域で測定した超微小硬度の変化を示す。図より、硬度が水セメント比に伴って変化する。石灰石骨材の場合は表面から内部へ約50 μm の範囲での硬度は石灰石の平均硬度よりも低く、表面に近いほど硬度が低くなる。一方、石英骨材の表面には硬度の低下が見られない。このことから、石灰石骨材とセメントペーストとの間には何かの反応が生じている可能性が考えられる。

3.5 圧縮破壊挙動

以上の結果から、石灰石コンクリートの圧縮強度が石英骨材のそれよりも高いことは、石灰石は一般には不活性と考えられているが、セメント中ではアルミネートと反応してカルシウムモノカルボアルミネート水和物を骨材界面に生成し、その弱反応によって石灰石骨材の表面硬度が低下するが、界面の付着力は高めるものと考えられる[3]。AEの観測からは圧縮破壊過程でコンクリート内部の微小クラックがまず骨材の境界域に生じ、荷重の増加に伴ってそれらの微小クラックは伸び、拡大し、貫通し、最終コンクリートの破壊を引き起こす。石灰石の場合の検出したAEカウント総数が石英骨材より小さいのはその界面の付着力が高めるから、圧縮過程で内部微小クラックの発生が遅く、その量が少なく、内部損傷が軽いからであろうと推測される。骨材の表面硬度の低下と界面の付着などがコンクリート強度に及ぼす影響については、さらに研究する必要がある。

4. まとめ

本実験の結果から石灰石骨材は石英骨材より圧縮過程でのAEカウント総数が少なく、ポアソン比が若干大きいことから、石灰石を使用した場合には、石灰石とセメントペーストの微弱な反応によって石灰石の表面硬度が低減するが、界面付着力が高められ、圧縮過程で生じた内部微小クラックと損傷を少ないし、強度が高くなるものと推察された。

参考文献

- 1) 坂井悦郎他：ファイラーセメント、わかりやすいセメント科学、No.6、pp.54-61
- 2) コンクリートの非破壊試験法研究委員会報告書、日本コンクリート協会、pp.108-279、1992.
- 3) Z.Y.Chen and J.G.Wang: Bond between marble and cement paste, Cem.Conc.Res., Vol.17, pp.544-552, 1987.

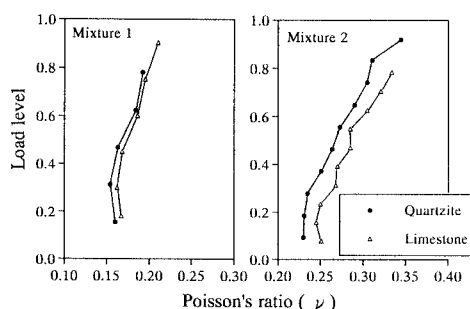


Fig. 2 Poisson's ratios of concretes with limestone and quartzite

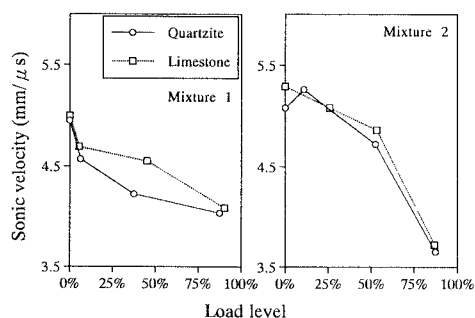


Fig. 3 A comparison between limestone and quartzite for sonic velocity

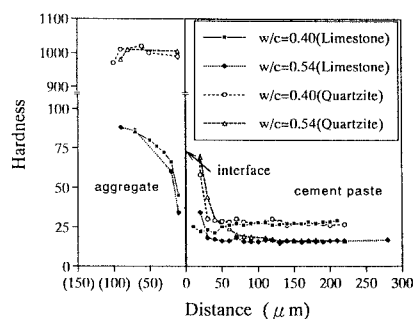


Fig. 4 Hardness in interfacial zone