

再生骨材の普及に向けた骨材の品質改善に関する一考察

芝浦工業大学 工学部 ○亀山敬宏
 (株)東京テクノ 松田信広
 芝浦工業大学 工学部 伊代田岳史

1. はじめに

近年、コンクリート骨材の枯渇が問題となっている。また、環境問題として解体コンクリート塊のリサイクル化が推進されている。それに伴い再生骨材の利用が着目されつつあり、研究も進められている。再生骨材 H はレディーミクストコンクリートの JIS により適用範囲の制限が無くコンクリート用骨材として使用可能だが、消費エネルギーやコストが高い。一方、再生骨材 L、M は JIS ではレディーミクストコンクリートに使用できず、適用範囲が限られている。このように再生骨材はコスト面や品質面が問題となっており、普及していないのが現状である。そこで本研究は、製造された L、M の再生骨材を品質改善して提供できるようにすることを目的とし、骨材に CO₂ ガスを吹き付けることで、付着モルタル部を強制的に炭酸化させ、モルタル部が緻密化すると考えた。これにより骨材の指標となっている吸水率の低下につながり、品質改善できると考えた。そこで、再生コンクリートの強度、耐久性に与える影響を調査した。

2. 実験概要

2.1 骨材製造

再生骨材 LC、MC は低品質、中品質再生骨材である L、M に CO₂ ガスを吹き付け製造した。これは、強制的に炭酸化させることで、付着モルタル部の水酸化カルシウムが二酸化炭素と化学反応し、炭酸カルシウムを生成するため、緻密化すると考えたためである。緻密化することで、空隙が埋まり吸水率が低下し、骨材自体の強度増加を目的としている。製造方法としては、バットに骨材を広げ、温度 20℃、相対湿度 60%、CO₂ 濃度 5% の環境下に 1 週間静置して、製造した。CO₂ ガスを吹き付けることで、表-1 に示す通り、LC、MC とともに微量であるが吸水率の低下が確認できた。M は、元々高品質 M として製造されていることもあり、指標である吸水率で判断すると、3% 以下なので H 品相等に品質改善したという結果が得られた。

2.2 使用材料および配合

コンクリートの配合は、W/C50%、s/a50%、単位水量 172kg/m³ 一定とし、高炉セメント B 種(置換率 45%)を用いた。高炉セメント B 種を用いた理由として、再生骨材

表-1 骨材種類と物性

	骨材種類	記号	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率	規格
普通細骨材	砕砂	S	2.69	0.99	2.91	-
普通粗骨材	砕石	N	2.72	0.54	6.60	-
再生粗骨材	L	L	2.30	6.82	6.81	L種
	L(CO ₂)	LC	2.28	6.62	-	L種
	M	M	2.54	3.28	6.73	M種
	M(CO ₂)	MC	2.55	2.84	-	H種

表-2 実施試験項目

試験	試験方法	供試体寸法 (mm)	供試体本数	試験材齢 (週)
圧縮強度試験	JIS A 1108	φ100×200	3	4
割裂引張強度試験	JIS A 1113	円柱	30	4
促進中性化試験	JIS A 1153	100×100×400 角柱	2	1、2、3、4、6
長さ変化試験 (コンタクトゲージ方法)	JIS A 1129-2		3	1、2、3、4、6、8

によるアルカリ骨材反応の抑制および環境負荷低減を目的とした。目標スランプ 10±2.5cm、空気量 4.5±1.5% とした。

2.3 再生コンクリートの性能評価試験

表-2 に使用骨材の異なるコンクリートに実施した試験項目を示す。再生骨材にはモルタルが付着しているため、割裂する際にモルタル部と骨材の境界で破断するものや、骨材そのものが破断するものなどがあり、破壊性状が強度に影響すると考えられる。そこで、割裂引張強度試験は、バラツキが大きいと考え、供試体本数を 30 本用いて実施した。また、再生骨材は吸水率が高く、骨材の空隙が多いと考えられることや、再生コンクリートは乾燥収縮の影響が大きいという問題点が挙げられている。空隙が多いことから物質移動抵抗性が低いと考えられ、促進中性化試験を実施した。また、骨材の違いによる乾燥収縮の影響を調査するため、長さ変化試験を実施した。長さ変化試験に関しては、材齢 28 日まで標準養生し、温度 20℃、相対湿度 60% の環境下で行った。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度試験および割裂引張強度試験

各配合の圧縮強度試験と、割裂引張強度試験結果および、その変動係数を図-1 に示す。CO₂ ガスを吹き付けた LC、MC とともに強度増進する結果が得られた。このこと

から、骨材に付着しているモルタル部が炭酸化したことによって、再生骨材の強度が高くなり、再生骨材コンクリートの強度増進に寄与したと考えられる。変動係数は、通常コンクリートの場合 10%程度である。本研究では、概ね 5%以下であることから、強度のバラツキは小さいと考えられる。また、L は品質面が問題となっていて、再生コンクリートに影響をもたらすと考えていたが、バラツキは小さい結果となった。CO₂ ガスを吹き付けた場合と吹き付けていない場合と比べて変動係数は減少傾向を示した。

図-2 に強度と吸水率の関係を示す。この図より、LC 以外の骨材は、吸水率が高いと強度が低い傾向にあることが分かる。しかし、LC は、同様な傾向を示していないため、吸水率以外に強度増進の要因があると考えられるため、今後検討が必要である。

3.2 促進中性化試験

各配合の促進中性化試験結果を図-3 に示す。砕石と比べ、再生骨材製品である L、M と製品に CO₂ ガスを吹き付けた MC において、骨材の吸水率の違いによる中性化の進行に大きな差はみられなかった。このことから、再生コンクリート中の中性化の進行は、コンクリート中の骨材の吸水率(空隙)の違いによる影響よりも、水セメント比やセメント種類の影響が大きいのと考えられる。そのため、本研究ではコンクリートの水セメント比、セメント種類が一定であるため、変化がなかったと考えられる。

3.3 長さ変化試験

各配合の長さ変化試験結果を図-4 に示す。乾燥収縮率は、吸水率の低品質である L が著しく大きい結果となった。土木学会ではコンクリートの収縮ひずみは最大 1200×10^{-6} であり、建築学会では 800×10^{-6} であり、L は今後、上限値に到達してしまう可能性がある。吸水率の低い M に関しては、L 程大きな値は示していない。CO₂ ガスを吹き付けた骨材は、MC に関しては、吹き付けていない M と同等の乾燥収縮率を示し、大きな改善はみられなかった。LC に関しては、乾燥収縮率は M、MC と同等であり、大きな改善がみられた。このことから、M と L の差は、吸水率が影響していると考えられるが、L と LC の差は、吸水率以外にも要因が考えられる。今後さらに検討が必要である。

4. まとめ

- 1) CO₂ ガスを吹き付けることで、再生骨材コンクリートの強度が増進することを確認できた。
- 2) 中性化は、再生骨材の吸水率による差はみられず、再生コンクリートの水セメント比やセメント種類の影響を受けると考えられる。
- 3) 乾燥収縮は、CO₂ ガスを吹き付けた LC の品質改善がみられた。

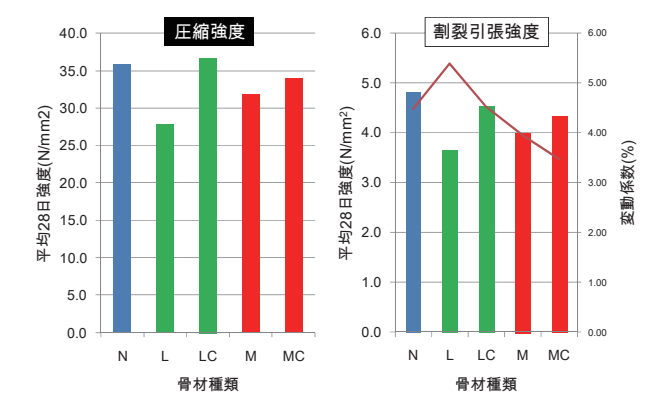


図-1 各配合の強度と変動係数

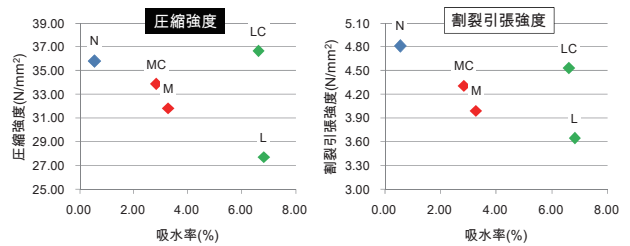


図-2 各配合の強度と吸水率

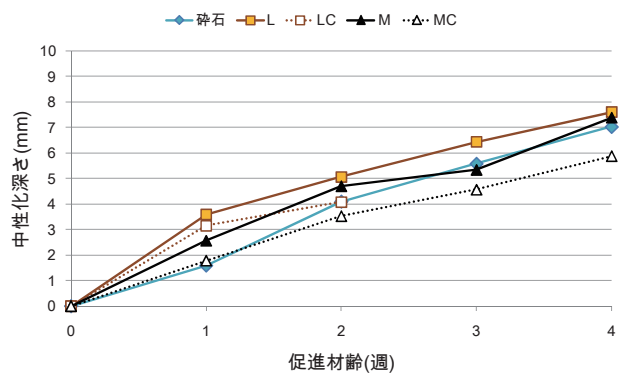


図-3 各配合の促進中性化試験結果

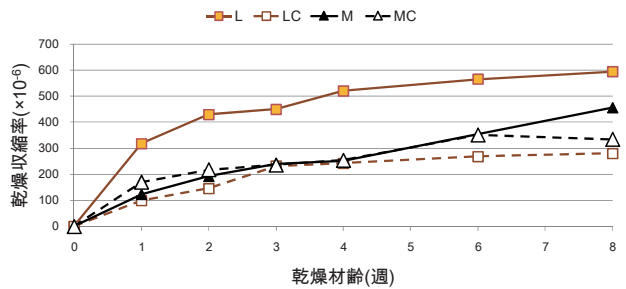


図-4 各配合の試験材齢における乾燥収縮率

- 4) LC は、吸水率だけで判断することができない場合がある。このことから、再生骨材の品質を一概に吸水率だけで判断できないと考えられる。よって、現在の指標以外の判定基準を検討する必要があると考えられる。