

コンクリート用再生骨材製造に使用する最適乳酸濃度の実験調査

東京都市大学 学生会員 ○千葉卓飛 香川裕幸
正会員 栗原哲彦

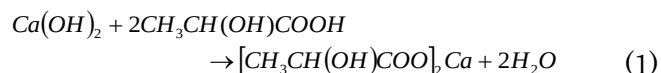
1. はじめに

再生骨材の生産に関する研究が盛んにされている¹⁾²⁾が、それらのほとんどが破碎により付着モルタルを除去する方法である。しかし、破碎方法では処理の際にエネルギーを使用し、さらに、微粉が発生するという欠点がある。

そこで、著者らは新たな高品質な再生骨材の生産方法として酸性溶液である乳酸水溶液を用いて、図-1のようなカルシウムもリサイクルできる再生骨材の生産サイクルについて実験的検討を行っている。ここでは乳酸濃度を決定するために行った濃度別溶解実験についてまとめる。

2. 実験概要

実験は直径 100 mm で高さ 200 mm の円柱供試体を用いて行った。養生は水中養生で 28 日行った。圧縮強度を測定したのち、20 mm ふるいを通るようになるまで試験体をハンマーで砕きその後乳酸溶解した。示方配合及び圧縮強度を表-1に示す。砕いた試験体はふるい分けを行い、各分級について2等分になるように分け、ガラス瓶にて乳酸との溶解実験を行った。粗骨材の採取を念頭に置いたため、2.5 mm のふるいに留まる試験片を対象に溶解を行った。ふるい分け結果を表-2に示す。乳酸は JIS 一級濃度 85~92% $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH} = 90.08$ のものを使用した。濃度は昨年度の実験³⁾を参考に15%、20%、30%とした。



式(1)は、コンクリートの主成分である水酸化カルシウムと乳酸の化学反応式である。式(1)から水酸化カルシウム 1mol に対し乳酸 2mol の割合で反応することが分かる。試験片中のセメントの全質量が水酸化カルシウムであるとして各試験体に使用する乳酸量を決定した。溶解実験中のガラス瓶は室内環境下におき、恒温状態ではない環境で溶解実験を行った。溶解中は酸性

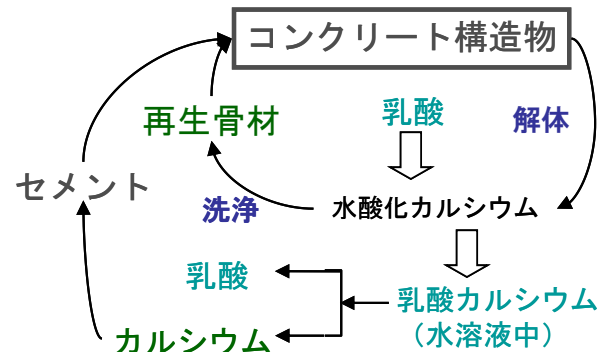


図-1 目標とするリサイクルシステム

表-1 示方配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)						圧縮強度 (N/mm ²)
	W	C	S	G	Ad ₁	Ad ₂	
60	170	283	819	983	0.707	0.028	29.4

W:練混ぜ水 C:セメント S:細骨材 G:粗骨材

Ad₁:AE 減水剤 Ad₂:AE 助剤 G_{max}=20mm

表-2 ふるい分け結果

乳酸	15%	20%	30%
目開き	質量(g)		
20mm	667.22	562.7	588.63
15mm	536.59	495.27	518.49
10mm	1013.76	1050.2	914.97
5mm	704.6	735.11	750.82
2.5mm	308.07	310.37	356.68
1.2mm	205.3	205.1	210.27
0.6mm	96.83	109.59	118.51
0.3mm	53.8	61.94	65.46
0.15mm	36.86	41.62	44.06
0.075mm	27.9	35.75	37.63
0.075mm以下	0.96	0.49	0.71
合計	3651.89	3608.14	3605.86
細骨材割合(5mm以下)	20.0%	21.2%	23.1%

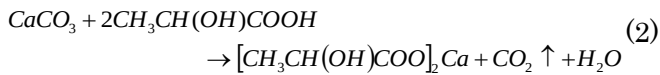
度 (pH) 及び溶液温度 (°C) を計測し経過を観察した。計測時には十分な攪拌を行った後に計測を行った。

3. 結果および考察

乳酸水溶液中にコンクリート試験体を入れた際に微小な気泡が発生した(写真-1, 左)。この原因は、コンクリートの表面が炭酸化して炭酸カルシウムとなっていることが理由として考えられる。

キーワード 再生骨材, 乳酸, 濃度

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 栗原研究室 TEL03-5707-0104 (内線 3242)



式(2)は、炭酸カルシウムと乳酸が反応した時の化学反応式である。式(1)では反応後に気体が発生しないのに対して、式(2)では二酸化炭素が気体として発生する。pH の推移を図-3 に、溶液温度の推移を図-4 に示す。時間経過につれて pH、溶液温度が共に低下していることが確認できるが、同じ条件下でも差が生じた。溶液の温度は反応が終了すると気温と等しくなるので反応の指標とすることが可能であるが、今回の実験ではカルシウムの析出の状態により溶解実験の終了時期を判断した。具体的には酸性度が低下すると写真-1 の右のように析出が多量になり、さらに時間が経つと溶液全体が硬化し、骨材回収不可能になるため、溶液の硬化直前で溶解実験を終了した。硬化後の溶液に対して IR スペクトル解析を行った結果から乳酸分子が縮合重合している可能性があることが分かった。

骨材の回収結果を表-3 に示す。回収率とは、試験体内に初めに存在した骨材の質量(示方配合より算出)に対し、回収できた骨材の割合を示した数値である。骨材の回収率は、全て 100%を超えた。これは未溶解のコンクリート塊が回収されたことや、粗骨材表面の凹凸部分にセメントペーストが付着していた(写真-2 参照)ことが理由として考えられる。濃度 30%の溶解実験での回収率が他に比べて高いのは、溶液の硬化が早期に始まり溶解が十分に進行する前の実験開始後 24 時間で回収を行ったためである。濃度 20%の溶解実験では、溶液は約 5 日後に硬化したが、回収できた粗骨材はバージン材とほぼ同様なものが回収できた。濃度 15%の溶解実験では、骨材回収を行うまでに 10 日かかった。しかも、これにより回収した粗骨材は、濃度 20%の溶解実験で回収したものより、付着セメントペーストがやや多いことが目視により分かった。

以上の結果から、今回の溶解実験で適切な乳酸濃度は 20%程度であることが分かった。

4. まとめ

今回はコンクリートを溶解するのに最適な乳酸の濃度を探る実験を行った。今回行った実験結果では 20%が最適な濃度であることが分かった。また、乳酸濃度が高いかもしくは、反応が進んで溶液中にセメントの成分が溶けると、溶液の硬化が始まり、乳酸に他のイ



写真-1 試験体の溶解時の様子



写真-2 回収された粗骨材（左 20%, 右 15%）

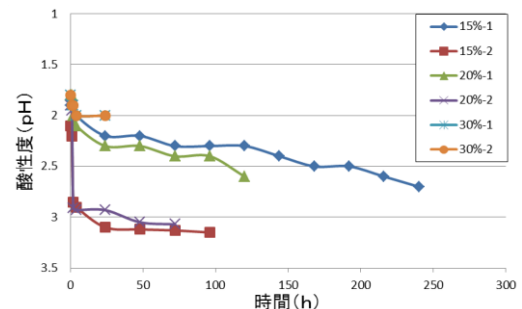


図-3 酸性度の推移

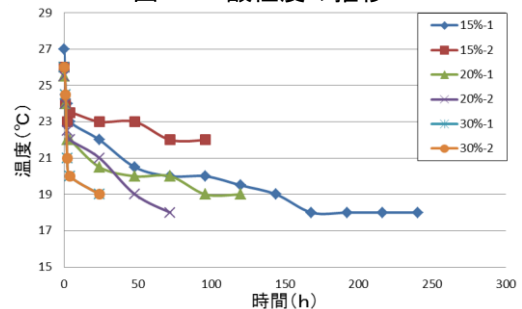


図-4 溶液温度の推移

表-3 骨材回収結果

乳酸濃度	15%	20%	30%
粗骨材推定含有量(g)	1805.44	1796.13	1787.74
粗骨材回収量(g)	1839.82	1809.20	2181.87
回収率(%)	101.90	100.73	122.05

オンが結合することによって乳酸分子が縮合重合している可能性があることが分かった。また、溶液の硬化が、溶液の酸性度や温度と何らかの関係があることが分かったが、数値上では硬化時期を推測できなかった。他にもいくつかの要素が関係していると考えられる。溶液温度は反応が起きているのかを判断する指標になりえることが分かった。

＜参考文献＞

- 1) 立屋敷久志：解体の現状とその将来，セメント・コンクリート No.717, pp.25-33, 2006
- 2) 土木学会コンクリート委員会：環境調和型コンクリート材料学の創造，土木学会平成 22 年度全国大会研究討論会 研-09 資料，2010
- 3) 千葉卓飛，栗原哲彦：乳酸を用いたコンクリート用再生骨材の生産に関する実験的検討，第 65 回土木学会年次学術講演会講演概要集、V-482、pp.963-964、2010