

再生骨材 M の品質向上に用いる酸性溶液と骨材物性の評価

Evaluation of Aggregate Characteristics and Acid Solution Used for Quality Improvement of Recycled Aggregate

○兵頭 正浩*, 前田 啓祐*, 緒方 英彦*
HYODO Masahiro*, MAEDA Keisuke* and OGATA Hidehiko*

1. はじめに

建設資材の一つであるコンクリート塊は、平成 17 年度において 98.1%のリサイクル率を確保しており、主に道路路盤材として再利用されている。しかし、公共事業が大幅に縮減されていることから、今後は高水準の再利用率を確保することが非常に困難になるといわれている。また一方では、コンクリート材料である骨材は枯渇が危惧されていることや、採取地の環境保全を図るために新規骨材の採取は、全国各地で禁止されつつある。そのため、我が国では安価で良質の骨材を容易に入手することが非常に困難になるといわれている¹⁾。

この背景の下、再生骨材コンクリートの利用に関する研究が進められている。再生骨材の品質は、高品質の骨材を再生骨材 H (JIS A 5021)、中品質の骨材を再生骨材 M (JIS A 5022)、低品質の骨材を再生骨材 L (JIS A 5023) として定められ、一般構造物や地下構造物などの利用用途によってそれぞれの骨材が用いられる。再生骨材 L と再生骨材 M の製造は、破碎+すりもみ (骨材の摩擦) により行うが、再生骨材 H を製造するためには破碎処理+加熱+すりもみ (骨材の摩擦) といった様に加熱工程が追加される。そのため、後者の加熱すりもみ法は技術的には優れているものの、特に設備の観点 (コスト) から広く普及が進んでいない。

本報では、現在普及が比較的進んでいるすりもみ法 (湿式) の改良を図ることを目標に、この方式で用いる洗浄水の代替水として酸性溶液を使用し、再生骨材に付着しているモルタル (セメント) を酸で溶解した際の骨材物性 (密度、吸水率、微粒分量) を評価した結果を報告する。

2. 実験概要

酸性溶液が有するセメント溶解能 (量) を評価するために使用した供試体は、セメントの物理試験方法 (JIS R 5201-1997) を参考にセメントブロック (40×40×160mm) を作製し、卓上切斷研磨機を用いて薄片の供試体 (40×40×10mm) となるように切斷

したものである。評価対象とした酸性溶液は、アスコルビン酸、クエン酸、グルコン酸、酢酸、乳酸、りん酸の 6 種類であり、それぞれの濃度は同じ 10% である。セメント溶解量は、液個比が 10 : 1 となるように薄片供試体を酸性溶液中に 7 日間浸漬した際の質量変化から求める。

骨材の物性評価の項目は、ビッカース硬さ、密度、吸水率、微粒分量の 4 つである。ビッカース硬さは、島津ビッカース硬度計を用いて測定し、測定された骨材硬度を浸漬前後で比較する。密度と吸水率は、JIS A 1110 に準拠して測定し、浸漬前後で比較する。微粒分量は、JIS A 1103 に準拠して測定を行う。酸性溶液による骨材の溶解も懸念されるため、走査型蛍光 X 線分析装置 ZSX Primus を用いて、骨材の浸漬前後の溶液に対して蛍光 X 線解析を行う。なお、骨材の物性試験での浸漬期間は、浸漬期間が骨材に与える影響を評価するために 1 日と 7 日の 2 ケースを設定する。

3. 実験結果

(1) セメント溶解能 (量)

各種酸性溶液中に浸漬したセメント供試体の質量変化を表-1に示す。セメント溶解量は、質量減少率の高い順に酢酸、クエン酸、りん酸、アスコルビン酸、乳酸、グルコン酸の順になることがわかる。本実験結果とセメント供試体への着色および酸性溶

表-1 セメント溶解試験結果

| 酸性溶液 | pH | | 質量 (g) | |
|---------|------|-------|--------|------|
| | 浸漬前 | 浸漬後 | 浸漬前 | 浸漬後 |
| アスコルビン酸 | 2.26 | 5.08 | 23.0 | 19.2 |
| クエン酸 | 1.73 | 3.20 | 22.9 | 12.2 |
| グルコン酸 | 6.97 | 11.64 | 22.5 | 21.9 |
| 酢酸 | 2.26 | 4.88 | 24.5 | 11.0 |
| 乳酸 | 1.75 | 3.51 | 23.1 | 19.6 |
| りん酸 | 0.94 | 2.56 | 25.1 | 14.3 |
| 蒸留水 | 5.28 | 9.74 | 19.4 | 19.0 |

*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, 再生骨材, 酸性溶液, 品質向上, 密度, 吸水率, 微粒分量

表-3 骨材の物性試験結果

| 酸性溶液 | 絶乾密度 (g/cm ³) | | | | 吸水率 (%) | | | | 微粒分量 (%) | |
|-------|---------------------------|--------|------|--------|---------|------|------|--------|----------|------|
| | 1日 | | 7日 | | 1日 | | 7日 | | 1日 | 7日 |
| | 浸漬前 | 浸漬後 | 浸漬前 | 浸漬後 | 浸漬前 | 浸漬後 | 浸漬前 | 浸漬後 | 浸漬後 | 浸漬後 |
| クエン酸 | 2.42 | 2.41 | 2.45 | 2.52 | 4 | 4.2 | 3.83 | 2.65 | 0.17 | 0.29 |
| 乳酸 | 2.43 | 2.42 | 2.41 | 2.55 | 4.02 | 4.22 | 4.44 | 2.28 | 0.23 | 0.21 |
| りん酸 | 2.43 | 2.41 | 2.45 | 2.27 | 3.7 | 4.26 | 3.71 | 7.16 | 0.2 | 0.49 |
| 再生骨材* | H (高品質) | 2.5 以上 | | | 3.0 以下 | | | | 1.0 以下 | |
| | M (中品質) | 2.3 以上 | | | 5.0 以下 | | | | 1.5 以下 | |
| | L (低品質) | - | | | 7.0 以下 | | | | 2.0 以下 | |
| 天然骨材 | 2.5 以上 | | | 3.0 以下 | | | | 1.0 以下 | | |

※JIS A 5021, JIS A 5022, JIS A 5023 で定められた再生骨材 (H : 高品質, M : 中品質, L : 低品質) の規格値を示す。

液の臭気の観点から、骨材の物性評価試験はクエン酸、乳酸、りん酸の3種類で実施する。

(2) 酸性溶液中の成分評価

選択した酸性溶液 (クエン酸、乳酸、りん酸) に骨材を浸漬し、浸漬前後における溶液中の成分を特定した。浸漬後の酸性溶液中に含まれる成分はセメント由来、もしくは骨材由来のいずれかである。蛍光 X 線解析で定性分析を行なった結果、浸漬後の酸性溶液中には Al, Si, K, Ca, Fe の成分が溶解していることを確認した。比較対象として普通ポルトランドセメントも同様に分析した結果、再生粗骨材を浸漬した酸性溶液に含まれていた Al, Si, K, Ca, Fe と同成分であることを確認した。本実験の定性分析からは、セメントと再生粗骨材を浸漬した酸性溶液中の成分がほぼ同じであることは確認できたものの、化学組成については言及できないことから、現段階では酸性溶液が骨材を溶解しているかを評価できなかった。今後は定量分析を行うことで、酸性溶液が骨材に与える影響を判断する必要がある。

(3) 骨材の物性評価

酸性溶液と比較対象として設けた蒸留水に1日もしくは7日浸漬した骨材のビッカース硬さを表-2に示す。1日浸漬した骨材は、硬度がほとんど変化しないことが確認できた。しかし、7日浸漬では、蒸留水に比べ、酸性溶液に浸漬した骨材の硬度は減少傾向にあることが確認され、特にりん酸においては骨材硬度が約15%程度減少することが確認された。以上より、浸漬期間を短くした場合は骨材への影響は小さいが、長くした場合は骨材の硬度が減少することが明らかになった。

表-3に、浸漬前後の骨材の密度、吸水率試験と

表-2 ビッカース硬さ試験結果

| 酸性溶液 | 1日 | | 7日 | |
|------|------|------|------|------|
| | 浸漬前 | 浸漬後 | 浸漬前 | 浸漬後 |
| クエン酸 | 54.4 | 55.7 | 53.1 | 48.6 |
| 乳酸 | 57.7 | 55.6 | 52.3 | 48.3 |
| りん酸 | 56.7 | 56.5 | 55.5 | 48.2 |
| 蒸留水 | 57.5 | 55.4 | 49.4 | 49.0 |

(試験力: HV0.1)

微粒分量試験の結果を示す。1日浸漬後の骨材においては、絶乾密度と吸水率の向上はみられなかった。また、クエン酸、乳酸に浸漬した骨材は、7日浸漬後に絶乾密度と吸水率の向上がみられ、微粒分量においても1.0%以下となり、再生骨材Hの品質を満足することを確認した。一方、骨材硬度で既述したように、りん酸に浸漬した骨材は、吸水率が大きく低下しており、りん酸によって溶解されている可能性があると考えられた。

4. おわりに

再生骨材を酸性溶液中に浸漬した場合は、付着したモルタル (セメント) が溶解するため、骨材の品質を向上できることが明らかとなった。しかし、浸漬期間や溶液種類および濃度等によっては骨材に悪影響を及ぼす可能性もあるため、適切な条件を検討する必要がある。今後は、浸漬条件の詳細について検討すると同時に、副産物として発生するカルシウム塩の利用性についても検討する予定である。

参考文献

- 1) 片平博ら: 天然骨材資源の低品質化の現状と課題, コンクリート工学, 46巻, 5号, pp.20-23 (2008)