

がれき残渣を骨材として用いたモルタルの安定性

東北大学 正会員 ○山口 潤 皆川 浩 宮本 慎太郎 久田 真
(株)大林組 フェロー会員 竹田 宣典

1. 研究背景

2011 年の東日本大震災により再利用が困難な混合廃棄物（以下、がれき残渣）が発生した。がれき残渣を有効活用することが可能となれば、最終処分量の減量および、近年、発生が危惧されている東海・東南海・南海連動地震に代表される激甚災害においてがれき残渣処理の指標となることが期待される。しかし、がれき残渣には土砂、木片、煉瓦等、多様な物質が含まれているため、有効活用した際の製品の品質のばらつきが懸念される。また、津波により海水由来の硫酸イオン（以下、 SO_4^{2-} ）や塩化物イオン（以下、 Cl^- ）等、コンクリート構造物に対して有害な物質を含んでいる可能性がある。

本研究では、がれき残渣を用いたモルタルの固相の組成を把握する目的で化学分析を行い、普通細骨材を使用したモルタルとの差異について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

研究用ポルトランドセメント（密度： 3.16 g/cm^3 ）、普通細骨材（ S_1 、宮城県大和町産山砂、表乾密度： 2.57 g/cm^3 吸水率：2.71 %）、粒径 10mm 以下のがれき残渣（ S_2 、宮城県亘理処理区、表乾密度： 2.34 g/cm^3 吸水率：6.76 %）を使用した。なお、練混ぜ水はイオン交換水を用い、混和剤として市販のポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤（以下、SP）を添加した。

2.2 供試体の配合および作製

本研究では、普通細骨材を使用したモルタル（N シリーズ、水セメント比 60 %、細骨材セメント比 2.00）およびその配合を基準とし、細骨材をがれき残渣で体積比率で置換したモルタル（D シリーズ）の計 2 水準を作製した。なお、がれき残渣を混合した配合の細骨材セメント比は 1.82 である。また、がれき残渣のばらつきを考慮するため各配合 2 回ずつ練混ぜを行い、それぞれ N-1 と N-2、D-1 と D-2 とした。

練混ぜは JIS R 5201 に準拠し、室温 20 °C の恒温室内で行い、寸法 40×40×160mm の角柱を作製した。脱型は打込み後 24±2 時間で行った。また、養生方法は室温 20 °C の恒温室内で封緘養生とした。

2.3 測定項目および測定方法

溶出量試験でのがれき残渣に含まれる Cl^- 濃度および SO_4^{2-} 濃度の測定、粉末 X 線回折（以下、XRD）で水和物の同定、熱重量分析（以下、TG-DTA）でボルトランダイト（以下、CH）およびカルサイト（以下、Cc）の定量を、それぞれ実施した。溶出量試験は JIS K 0058 に準拠し、2 回の試験結果の平均値をそれぞれの濃度とした。XRD および TG-DTA に供したモルタルの材齢は 1, 3, 7, 14, 21, 28 日とし、各材齢において角柱供試体の内部から寸法 30×30×15 mm の試料を採取し、これをさらに 1～2 mm 程度にスライスしたものを、空隙水を除去する目的で減圧環境下においてアセトンに 15 分間×2 回浸せきさせた。その後 11 % R.H. に調整したデシケーター内で 7 日間保管することで十分に乾燥させ、乾燥させた試料をメノウ乳鉢で粒径 150 μm 以下に粉碎し、この試料を XRD に供した。なお、XRD による水和物の同定は、AMCSD¹⁾ で公開されている回折強度を用いて行った。

TG-DTA に供した試料は XRD に供したものと同様の処理を施しており、TG-DTA による測定は、昇温開始温度を 30 °C とし、昇温速度 20 °C/min で 1050 °C まで昇温させた。解析ソフトは STA7200 を用い、試料温度 450 °C～550 °C の範囲における質量減少分を CH の脱水による減少とし、600 °C～800 °C の範囲における質量減少分を Cc の脱炭酸としてそれぞれ算出した。

3. 結果および考察

3.1 溶出量試験

溶出量試験より、普通細骨材中の Cl^- 濃度および SO_4^{2-} 濃度は両者ともに、0.0 ppm であったのに対し、がれき残渣中の Cl^- 濃度、 SO_4^{2-} 濃度はそれぞれ 6.6 ppm, 57.1 ppm であった。これは、海水由来のものと考えられる。

キーワード：がれき残渣、モルタル、水和反応

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻 TEL：022-795-7427

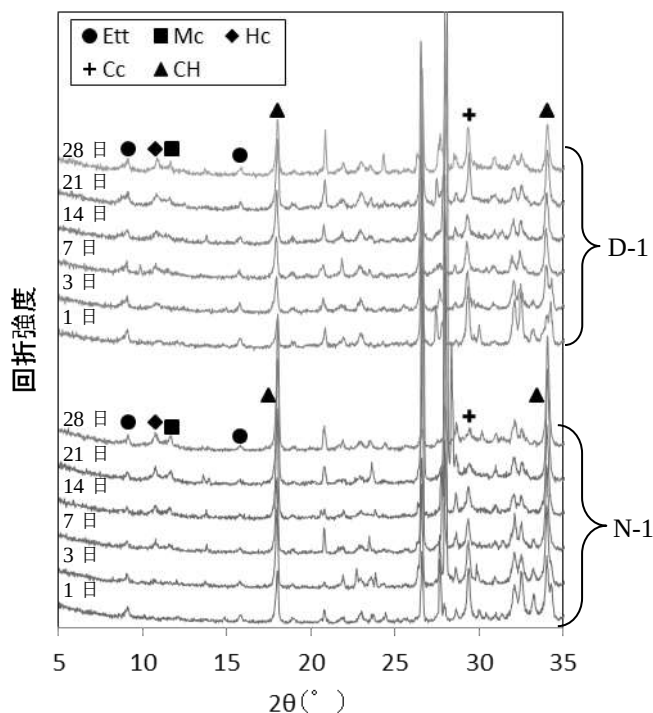


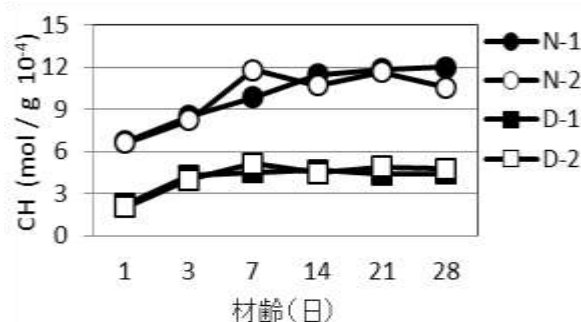
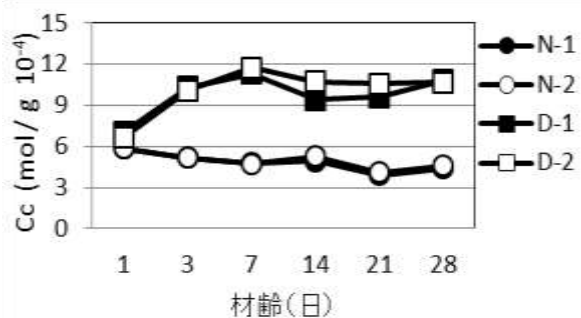
図-1 X線回折解析結果

3.2 粉末X線回折

図-1に N-1 と D-1 の測定結果を示す。図-1より、両者で、エトリンガイト(以下, Ett), CH, Ccのピークが確認でき、材齢7日以降でヘミカーボネート(以下, Hc)とモノカーボネート(以下, Mc)のピークが確認された。両者を比較すると、CHの回折強度については、N-1が比較的大きく、Ccの回折強度はD-1が比較的大きいことが確認できた。さらに、がれき残渣には海水由来の Cl^- と SO_4^{2-} が含まれているため、フリーデル氏塩が生成される可能性があるが、測定結果では、フリーデル氏塩のピークは確認できなかった。この理由については、がれき残渣中の、例えば木片等の多孔質にトラップされた Cl^- が液相中にリリースされることなく、多孔質内部に存在し続けていたため、モルタル内部の液相中の Cl^- 濃度が高くはならず、フリーデル氏塩の生成までには至らなかったと考えられる。

3.3 TG-DTAによる分析

TG-DTAにより測定したCHの生成量とCcの生成量を図-2、図-3に示す。図-2より、CH量については、Nシリーズの方がDシリーズと比較して大きい傾向が確認できた。一方で、図-3に着目すると、Ccの生成量は材齢1日ではどれも同程度の値を示しているが、材齢3日以降では、DシリーズにおけるCc量が増加する傾向が確認できた。これらの理由については、吸水率からもわかるとおり、がれき残渣には多孔質が多く

図-2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量図-3 CaCO_3 の生成量

含まれているため、Dシリーズの方が、Nシリーズと比較して、硬化体全体の空隙が多く、養生中の乾燥が顕著に進んだため、セメントの水和の進行が遅延しCHの生成量が比較的少なくなったと考えられる。さらには、乾燥の進行が顕著であれば、それだけモルタル内の細孔が不飽和状態になるため、中性化の進行も促されることが考えられる。以上の理由によりDシリーズのモルタルの方がNシリーズのモルタルと比較して、CHの量が少なく、Ccの量が多くなったと考えられる。

4. まとめ

津波被災履歴のあるがれき残渣を細骨材として用いたモルタルの化学分析により、セメント水和物の安定性を評価した。得られた知見を以下に示す。

- (1) がれき残渣には塩化物イオンおよび硫酸イオンが含まれていることが確認された。
- (2) 塩化物イオンや硫酸イオンを含むがれき残渣を使用した場合でも、フリーデル氏塩の生成やエトリンガイトの増加は確認されなかった。
- (3) がれき残渣を使用したモルタルは普通細骨材を使用したモルタルと比較して、ポルトランドイトの生成量が少なく、カルサイトの生成量が多くなる結果が得られた。

参考文献

- 1). http://ruff.geo.arizona.edu/AMS/all_minerals.php, 2014,1