

津波被災コンクリート殻の再利用を目的とした 簡易な表面塩分除去方法の提案

(独)土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム ○田畑 浩太郎
(独)土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 島多 昭典
(独)土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 吉田 行

資源の有効活用と被災地の早期復興を図るため、災害廃棄物であるコンクリート殻の再資源化が求められている。しかし、津波被災したコンクリート殻の表面には海水による塩分が付着している可能性があり、その場合、再資源化した再生粗骨材の含有塩分量がJIS基準値を超えることが懸念される。再生粗骨材の活用を図るためには、付着塩分を除去する必要があることから、被災地において簡易且つ効率的に付着塩分を除去するための方法を検討した。

キーワード：リサイクル、再生骨材、塩分除去、減災

1. はじめに

東日本大震災のような大規模災害で発生した大量の災害廃棄物は、土地の占有などにより被災地の早期復旧・復興の妨げになることが多い。このため、被災地における減災を目的として災害廃棄物の迅速且つ適切な処理が求められている。特にコンクリート殻やアスファルト殻は、災害廃棄物の半数以上を占めるため、環境省が取りまとめた「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）」¹⁾に従い、被災地での復興資材等として活用を図る必要がある。

本研究では、津波被災したコンクリート殻を再生骨材に再資源化し復興資材として活用する際に問題となるコンクリート殻表面の付着塩分について、被災地でも実施可能な簡易かつ効率的な除去方法の提案を目的として、産廃処理施設や再生骨材工場（以下、リサイクル施設と記す）の現有設備や管理方法等の実態調査を行うとともに、室内試験において表面塩分除去作業の効果を検証した。



写真-1 災害廃棄物仮置き状況（仙台市）

表-1 コンクリート殻表面塩分除去方法

表面塩分の除去方法	概要
野積み	降雨などの自然作用により表面塩分が除去されるまでヤード内に存置する
浸水	水に浸して表面塩分を溶解させ、除去する
散水	水を撒いて表面塩分を洗い流す
高圧洗浄	水圧により表面塩分を洗い流す

2. 実態調査による表面塩分除去方法の選定

コンクリート殻は、災害廃棄物集積場（写真-1）に仮置きされた後、リサイクル施設に運ばれる。従って、表面塩分除去作業を効率的に行うためには、災害廃棄物集積場ではなくリサイクル施設内で実施するのが妥当と考えられる。また、表面塩分除去作業を被災地において行うことを想定した場合、手間や時間をかけずに、リサイクル施設の現有設備を用いて行うことが出来る簡易な方

法である必要がある。これらの条件を基に、表面塩分を除去するための作業方法や作業対象についての検討を行った。

(1) 作業方法

表-1 に、コンクリート殻表面に付着した塩分を除去する方法の概要を示す。リサイクル施設の現有設備や管理方法等について実態調査を行い、これら4つの方法についての適否を検証した。



写真2 リサイクル施設のコンクリート殻存置状況



写真4 コンクリート殻の異物混入状況



写真3 リサイクル施設の散水設備（構内粉塵防止）

「野積み」は、コンクリート殻存置期間の管理が重要であるため、リサイクル施設に搬入した時期毎に管理出来るようコンクリート殻を分けて存置する必要がある。しかし、実態調査の結果、現ヤードに野積みされているコンクリート殻は、大きさや形状がバラバラであり、また存置期間も搬入や搬出の時期がバラバラであることから、表面塩分除去を目的として殻を区分した管理は難しいことが判った。また、リサイクル施設では認可を受けたエリア（写真-2）以外にコンクリート殻の存置は出来ず、「野積み」を実施するためには認可エリアの拡大が必要であることから、現有設備を用いるという条件に照らし合わせて不相当と判断した。

「浸水」は、コンクリート殻を一定期間水に浸すための施設と、その施設にコンクリート殻を搬入搬出するための設備が必要となるが、実態調査の結果、リサイクル施設にはこれらに対応出来る施設は無く、また既存設備を利用して「浸水」を実施するのは難しいことが判った。このため、表面塩分を水に溶解させて除去することは物理的に可能と考えられるものの、「浸水」は不相当と判断した。

一方、多くのリサイクル施設では構内の粉塵対策を目的とした散水設備（写真-3）を有していた。これらは通常スプリンクラーとして機能しているが、ホースを接続

することで表面塩分除去作業に利用することが可能であることから、「散水」は対応可能と判断した。

「高圧洗浄」も散水設備を活用する方法だが、「散水」とは違い、水圧の管理が必要となる。実態調査の結果、リサイクル施設が有する散水設備の多くは水量調整は可能だが水圧調整は出来ないことが判った。このため条件に照らし合わせて「高圧洗浄」は不相当と判断した。

これらの結果から、コンクリート殻表面の塩分除去方法として「散水」を選定した。

(2) 作業対象

コンクリート殻を作業対象として表面塩分を除去する方法と、コンクリート殻を再資源化した再生骨材を作業対象として表面塩分を除去する方法について、適否を検証した。

災害廃棄物集積場から搬入されたコンクリート殻には、鉄筋や木片など多数の異物が混入している場合が多い（写真-4）。異物の混入が散水の流下を阻害し表面塩分除去効果を低下させる可能性があるため、表面塩分除去作業の前にこれら異物を取り除く必要がある。

実態調査の結果、リサイクル施設では再生骨材の製造工程の中に磁選機等を用いた混入異物除去工程が組み込まれていることが判った。このため、再生骨材を表面塩分除去の作業対象とした場合、混入異物は既に取り除かれていることから、表面塩分除去作業の実施に伴う新たな作業は発生しない。

一方、コンクリート殻を作業対象とした場合は、表面塩分除去作業の前に混入異物取り除き作業が必要となる。再生骨材を作業対象とする場合と比較して作業性は低下すると考えられることから、条件と照らし合わせた結果、コンクリート殻を作業対象とするのは不相当であると判断した。

これらの結果から、表面塩分除去は、コンクリート殻を再資源化した再生骨材を作業対象として行うことにした。

3. 室内試験による表面塩分除去効果の検討

散水により付着塩分を除去する場合の最適な作業方法を検討するため、表面に塩分を付着させた試験試料を用いて、作業条件を変えて室内試験を行い、表面塩分の除去効果を比較検討した。

(1) 試験準備

室内試験に用いる試験試料として、表面に塩分が付着した再生骨材を製造した。試験試料の製造については、コンクリート殻表面に塩分を付着させた後、再生骨材に再資源化する方法と、再資源化した再生骨材の表面に塩分を付着させる方法がある。被災地における実態を考慮すると前者が適当と考えられるが、コンクリート殻は大きさや表面形状などの固体差が大きいため、表面に付着する塩分量にバラツキが生じ、除去効果が適切に評価出来ない可能性が考えられる。一方再生骨材は、大きさや形状がほぼ均等化されており塩分付着量のバラツキは小さいと考えられる。更に再生骨材はコンクリート殻と比べて比表面積が大きいため、体積当たりの付着塩分量が多くなることから、より厳しい条件で除去効果を確認することが出来ると考えられる。このことから、再生骨材の表面に塩分を付着させたものを試験試料とした。

再生骨材の粒径は、プレキャストコンクリート製品の材料として活用されることを考慮して、20 mm～5 mm (JIS規格による区分「再生粗骨材 M2005」) とした。

写真-5 に表面塩分付着作業の状況を示す。津波被災により表面に塩分が付着した状態を再現するため、再生骨材を 24 時間海水に浸し、その後一昼夜かけて風乾した。海水は塩分濃度や成分に偏りが生じないよう人工海水を使用した。

(2) 試験概要

a) 試験条件

室内試験の試験条件は、表面塩分除去作業がリサイクル施設の現有設備を利用して行われることを想定して水量に関して、また、作業が寒冷環境下においても行われることを想定して、散水に使用される水の温度についても設定した。

水量は、電動式散布装置の吐出水量の最小量と最大量及びその中間の量として毎分 4, 8, 12 (リットル) の 3 水準とした。また散水時間は、作業の効率性を考慮して本試験における最大値を 60 (秒) とし、6, 18, 30, 60 (秒) の 4 水準とした。

水温は、積雪寒冷地における冬期間の水道の平均温度を想定して 5℃ (低温)、及び年間の平均温度を想定して 15℃ (常温) とした。また、お湯を使用した場合、塩分の溶解度が増すことで除去効果に影響することが想定



写真-5 表面塩分付着作業

表-2 試験条件

水温 (°C)	5 (低温)、15 (常温)、60 (高温)
吐出水量 (リットル/分)	4、8、12
散水時間 (秒)	6、18、30、60

表-3 電動式散布装置の仕様

モーター出力 (kW)	2.7
動力 (Ph/V/Hz)	3 / 200 / 50
吐出水量 (リットル/時間)	240 - 700
噴出角度 (度)	0 - 40

されることから、60℃ (高温) についても試験を行った。表-2 に試験条件を示す。

b) 表面塩分測定

表面塩分の除去効果を評価するために、散水作業の前で試験試料に付着している塩分量を測定した。

測定は、JIS A 5022 「再生骨材Mを用いたコンクリート」に示された塩分量試験に従って行った。更に、過年度の研究で提案した「試験紙法」²⁾も併せて用いた。「試験紙法」は、再生骨材に含まれる塩分量を短時間かつ安価に測定することが出来る簡易法で、基本的な測定はJISで定められた試験方法を用いるが、日常的な管理手法としては試験紙法が有効であると考えられる。

c) 散水方法

表面塩分除去作業には、吐出水量の調整が可能な電動式の散布装置を用いた。仕様を表-2 に示す。

試験では、散布装置から吐出される水が散逸しないように、三方を囲んだ試験設備の中に試験試料を配置した。試験試料は、高さ 0.3m、天端 0.4m、幅 1.5m で整形し、安定勾配で摺り付けた。試験設備の床は、水が溜まることで試験結果に影響を与えないよう、傾斜をつけて排水を促した。図-1 に配置図を示す。

散水作業では、水圧が影響しないようノズル角度を装置の最大広角 (40度) とし、吐出した水が試験試料に偏りなく均等に真上から降り掛かるように操作した。この時、摺り付け部には散水しないよう注意した。

作業状況を写真-6 に示す。

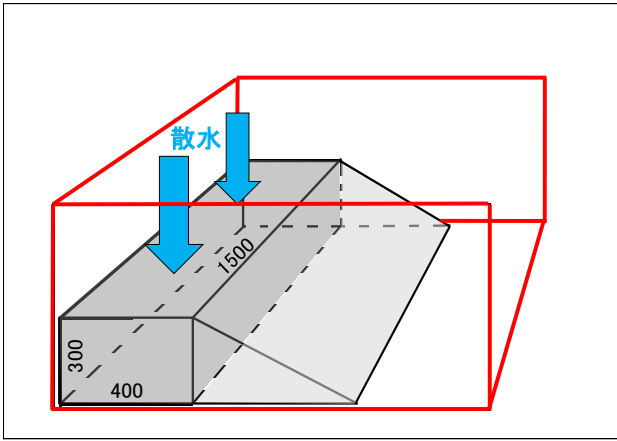


図-1 試験試料の配置図



写真6 表面塩分除去作業状況

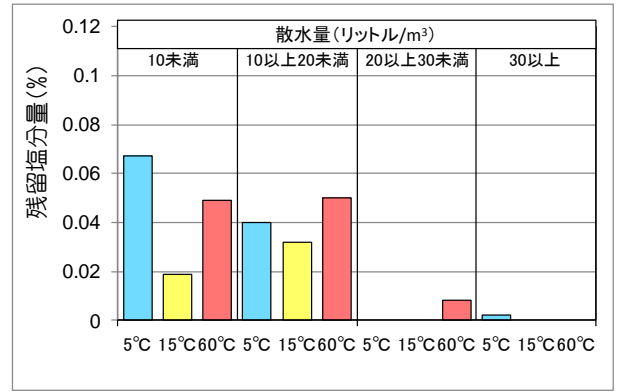


図-2 水温と残留塩分量の関係

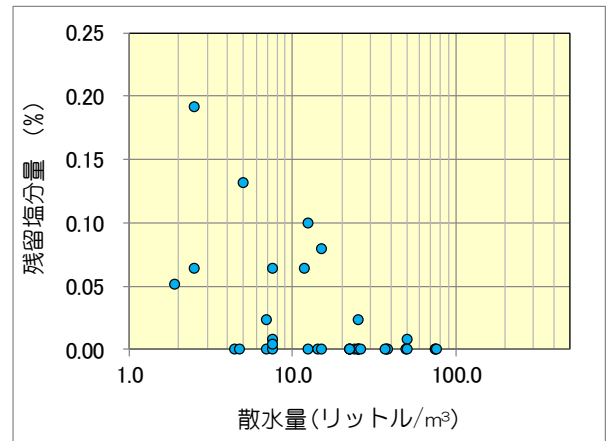


図-3 散水量と残留塩分量の関係

4. 室内試験結果

(1) 水温の違いによる除去効果の確認

散水作業における水温の違いが表面塩分除去効果に与える影響を確認するための試験について、図-2に結果を示す。縦軸は、表面塩分除去作業後に試験試料に付着していた残留塩分量を示す。横軸は、散水に使用した水の量（吐出水量と散水時間の積）を試験試料1m³当りに換算したもので、傾向を確認し易いよう10リットル毎にまとめ、水温5°Cは水色、水温15°Cは黄色、水温60°Cは赤色の棒グラフで表している。なお、作業前の表面塩分量は、平均0.34%だった。

試験結果を見ると、水温5°Cの場合、散水量が10リットル未満の時の残留塩分量は多めで、散水量が多くなるに従い残留塩分量は少なくなった。また、水温が60°Cの場合は、散水量が10リットル以上20リットル未満まで残留塩分量はやや多めで推移したが、20リットル以上で少なくなり、30リットル以上で0になった。水温15°Cの場合は、多少バラツキはあるが、残留塩分量は全体的に少

なかった。

これらの結果を総合的に見た場合、散水作業に使用する水温と残留塩分量には明確な相関関係が確認出来なかったことから、表面塩分除去作業における水温は、塩分除去効果に影響しないと判断した。すなわち、コンクリート製の表面塩分除去作業を行う場合、水温が低い場合であっても同一の効果が期待できることを確認した。

(2) 散水量と除去効果の確認

散水量と残留塩分量の関係を図-3に示す。図を見ると、散水量の増加に伴い残留塩分量が減少する傾向が示されており、これにより、コンクリート表面の付着塩分に対して散水作業の除去効果が期待出来ることを確認した。

次に、散水作業により試験試料の残留塩分量が0になる割合を図-4に示す。試験試料1m³当たり散水量が10リットル未満の場合、残留塩分量が0の試料の数は全体の67%で、10リットル以上20リットル未満に増加すると83%に、20リットル以上30リットル未満の場合94%までそれぞれ増加し、散水量が30リットル以上の場合、全ての試料において残留塩分量が0になった。

残留塩分量が測定された試料の数 残留塩分量が0の試料の数

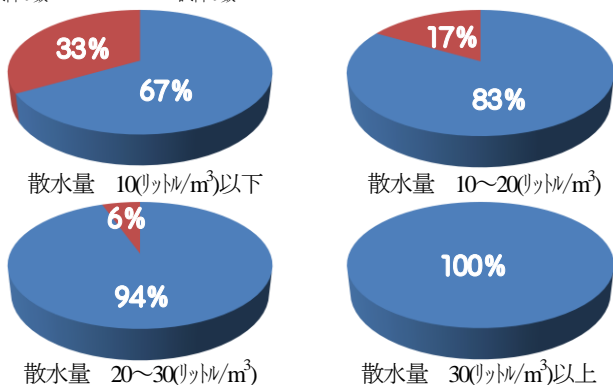


図-4 散水量による表面塩分除去の割合

これらの結果から、コンクリート殻の表面塩分除去作業を行う場合、作業対象である再生骨材に対して、1m³当たり散水量を30リットル以上とすることで、再生骨材を活用するために必要な塩分除去効果を十分期待出来ると判断した。

5. まとめ

- (1)コンクリート殻の表面塩分を除去する方法として、野積み、浸水、散水、高圧洗浄などが考えられるが、リサイクル施設の実態調査結果により、野積みや浸水、高圧洗浄については実施が困難であると判断した。一方、散水は、既存の散水設備を活用して実施が可能であることから、表面塩分除去作業は散水を採用した。
- (2)コンクリート殻に混入した異物による作業効率の低下を考慮した結果、コンクリート殻の表面塩分除去作業は再資源化した再生骨材を作業対象とした。
- (3)再生骨材1m³当たり30リットル以上の水を用いて散水することで、コンクリート殻の表面塩分除去効果が期待出来る。
- (4)コンクリート殻の表面塩分除去作業を行う場合、水温が低い場合であっても同一の効果が期待できる。

参考文献

- 1) 環境省；東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)、2011.5
- 2) 下谷裕司, 吉田行, 田口史雄：再生粗骨材の塩化物濃度の簡易測定手法に関する検討, 北海道開発技術研究発表会, 2011.2