ベタ基礎に堆積した津波汚泥による塩化物イオンの浸透特性に関する研究

東北学院大学　環境建設工学科　　学生会員　○伊東　　廉
東北学院大学　環境建設工学科　　正 会 員　　武田　三弘

１．はじめに

本研究は、東北地方太平洋沖地震によって発生した津波によって、RC 基礎部に長期間堆積した津波汚泥が、基礎内部の鋼材の腐食に及ぼす影響を確認するため、被災した構造物のベタ基礎部の塩化物イオン濃度の調査を行った。その結果、コンクリート表層付近では、高濃度の塩化物イオン濃度になっていることが分かった。この塩化物イオンが、将来的に内部の鋼材の腐食に影響を及ぼす可能性があるのか、また浸透を抑制する方法があるのか検討するため、小型 RC 供試体を作製し、津波を想定した汚泥混じりの塩水による浸透再現実験を行い、浸透した塩化物イオンの今後の浸透予測や、高圧洗浄機を用いた低減方法などについて基礎的な実験を行った。

２．実験方法

実験では、実際に津波被害を受けた一般住宅基礎部を想定した小型 RC 供試体を用いた。その為、コンクリートは生コン工場より購入したレディーミクストコンクリート（普通 24-12-20N）を使用し、鉄筋のかぶりも実際の値に近いものとして D13（1 本）を 70mm のかぶりで配置した。供試体は、1 週間型枠存置のままとし、脱型後は実際の建築基礎と同様に気中養生（28 日間）とした。その後、供試体上面に津波汚泥を溜めるための堰を造り、供試体側面は乾燥による影響を無くすため、エポキシ樹脂でコーティングを行った。

津波による塩水の浸透条件としては、①基礎部上面への津波汚泥の堆積、②基礎部底面への津波の浸透そして③は、①と②の組み合わせとして、基礎部上面の津波汚泥の堆積と基礎部下面からの津波の浸透の３パターンについて実験を行った。実際の津波汚泥の代わりとして、細骨材を敷き詰めたあとに塩水を流し込んだものを使用した。塩水の濃度は海水濃度を想定した 3%と促進用として 24%を使用した。①の条件では、供試体上面に細骨材を 30mm の厚さに敷き詰め 200ml の塩水を 10 日間に分け合計 2ℓ流し込んだ。これは、津波被害を受けた住宅基礎部において、30cm 程度の津波汚泥が溜まっていたとの情報から設定した量となる。②の条件では、トロ舟に高さ 5cm ほど細骨材を敷き詰めてから各濃度の塩水を 6ℓ流し込み、その上に供試体を設置させた。③の条件では、①と②の条件で実施した。

津波被害を受けた一般住宅では、震災後 3 ヶ月後にベタ基礎部の津波汚泥の除去と洗浄を実施していたため、同様に 3 ヶ月間①または②の状態で放置した。放置時の保管場所の気温は約 30℃、湿度は約 38%である。供試体の設置状況を**写真-1** に示す。その後、供試体から振動型ドリルを用いて表層から下面までコンクリート粉末を採取し、蛍光 X 線分析装置を用いて、塩化物イオン濃度分布を求めた。また、供試体の一部を、高圧洗浄機を用いて洗浄（20s, 300s）し、洗浄後の塩化物イオン濃度分布も調べ、洗浄効果についても確認した。

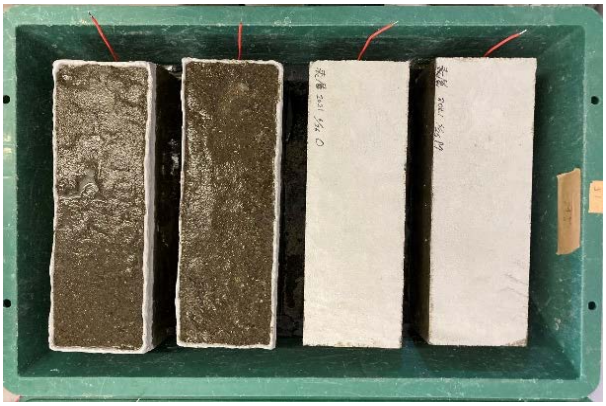

写真-1　供試体津波汚泥浸透状況

キーワード　津波塩害，塩化物イオン濃度，除塩
連絡先　　〒985-8537　宮城県多賀城市中央 1-13-1　ＴＥＬ022-368-1119

３．実験結果

図-1(測定値)は、被害を受けたRC基礎部に対し，10年後に粉末採取により求めた塩化物イオン濃度分布である。被災から10年後経っており中性化（3mm）も進んでいるため、表層の塩化物イオン濃度は乖離し内部へ移動していることが分かる。

図-2（測定値）は、小型RC供試体を用いた①基礎部上面への津波汚泥の堆積の実験における3ヶ月後の塩化物イオン濃度分布の一例を示している。この測定結果より，国立研究開発法人土木研究所が提供している「コンクリート中の塩化物イオン濃度分布簡易分析シート（以後、分析シートとする)」を利用して、解析した結果、表面塩化物イオン濃度は、9.5～15.5 (kg/m^3)（平均 12.25 (kg/m^3))、見掛けの拡散係数は、3.5～7 (cm^2/年)（平均 6 (cm^2/年))となった。

ここで、被害を受けたRC基礎部は、津波被害を受けてから3ヶ月後に津波汚泥を取り除いたことから、それ以後の塩化物イオンの供給はない状態である。そこで、基礎部の塩化物イオン総量は当時のままと仮定し、実験から求めた表面塩化物イオン濃度と見掛けの拡散係数を用いて、実測値と計算値の塩化物イオン総量が同じとなる条件を見つけた結果が、図-1（推定値）である。解析結果から、表面塩化物イオン濃度は15(kg/m^3)、見掛けの拡散係数は7(cm^2/年)）と推定することができた。今後は、長期的な材齢における中性化の進行によって生じる塩化物イオンの乖離や濃縮、そしてこの現象による鋼材腐食について検討を行っていく予定である。

図-3は、①の条件で塩化物イオンを浸透させた供試体に対して、高圧洗浄によってどの程度コンクリート表層の塩化物イオン濃度を除去できるのか確認実験を行なった結果の一例である。この実験結果から、高圧洗浄前のコンクリート表層部(厚さ10mm)の塩化物イオン濃度に対して、高圧洗浄時間20秒では1～21%(平均11%)、300秒では11～38%（平均25%)減少させる効果が見られ、洗浄時間が長いほどより除去効果が上がる結果となった。なお、総塩化物イオン量として比較した場合、高圧洗浄時間20秒では、5%であるが300秒の場合は15%減少させる結果となった。

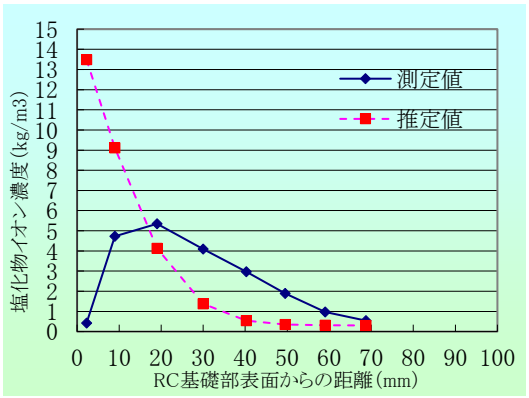

図-1 津波を受けた基礎部の塩化物イオン濃度分布

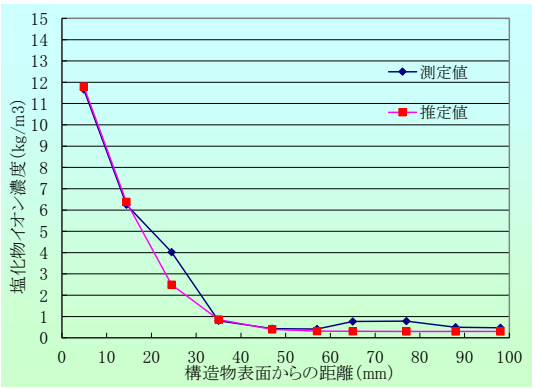

図-2 塩化物イオン濃度分布（浸透条件①）

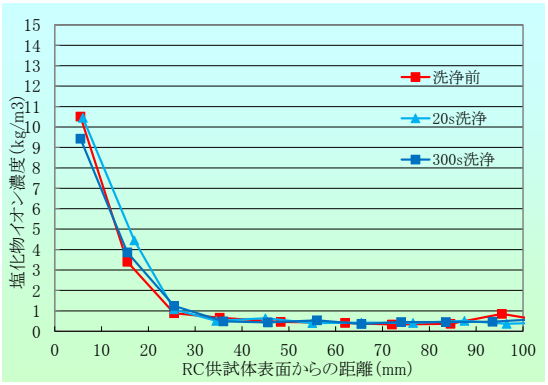

図-3 塩化物イオン濃度分布（高圧洗浄）

4. まとめ

今回は、津波汚泥によりRC基礎部に浸透した塩化物イオン濃度分布を再現する実験を行い、実測値に近い状況を再現し、表面塩化物イオン濃度と見掛けの拡散係数を推定することができた。また、高圧洗浄による効果についても確認することができた。今後は、中性化による塩化物イオンの移動による鋼材腐食の影響や、含浸性塗布剤による防錆効果について検討を行う予定である。