

再振動締固めの実施方法が塩害劣化に対する抵抗性への影響

福岡大学 学生会員 ○佐藤悠士朗 福岡大学 正会員 深見桜 福岡大学 正会員 樋原弘貴
福岡大学 正会員 添田政司 福岡大学 正会員 村上哲

1. はじめに

近年、海岸部や山間部などの塩分の影響を受ける地域では、コンクリート構造物の塩害劣化が顕在化している。施工段階でコンクリートの耐久性を向上させる方法の一つに再振動締固め法がある。しかし、明確な再振動の実施時期に関する情報は極めて少なく¹⁾、現場では、経験と感覚に基づいた締固め作業が実施されている。そこで本研究は、再振動の実施時期の違いが異なる供試体を作製し、840日に渡る長期的な塩水浸透試験を行った。表層透気係数、塩化物イオン浸透性および分極抵抗の測定を行い、再振動の実施時期の違いが塩害劣化に対する抵抗性に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

実験には、早強ポルトランドセメント（略号：H，密度：3.14g/cm³），これに高炉スラグ微粉末 6000（略号：BS，密度 2.58g/cm³）とフライアッシュⅡ種（略号：FA，密度 1.95 以上 g/cm³）をそれぞれ混和した 3 種のコンクリートを用いた。細骨材は壱岐産，玄界灘産を用いており，粗骨材は砕石を用いた。表-1 は，本実験で使用した各種コンクリートの配合を示す。また，図-1 に型枠及び配筋状況（上は側面図・下は俯瞰図）を示す。実験に用いた型枠は 800×600×500mm のものであり，鉄筋は D10 の異形鉄筋を用いて密配筋域，無配筋域を設け，HPC，HBS，HFA の 3 種類の配合でそれぞれ 3 水準の計 9 水準を作成した。表-2 に各種コンクリートにおける再振動開始時期の水準を示す。開始時期は，コンクリートの凝結状況を簡易判定できる N 式貫入試験法による，貫入深さより求めたコンクリート抵抗値を指標とした²⁾。コンクリート抵抗値が 7，15×10⁻³N/mm²程度となるコンクリートのフレッシュ性状時にて，図-1 に示した 6 箇所に棒状バイブレータを用いて 5 秒間再振動をそれぞれ行った。なお，コンクリート抵抗値が 15×10⁻³N/mm² よりも小さい場合には，バイブレータを挿入することが困難になるため，再振動を実施できるフレッシュ性状としてコンクリート抵抗値が 15×10⁻³N/mm² を上限とした。硬化後は，型枠に水を張り 7 日間の養生を行った。その後は，濃度 3% の NaCl 水溶液を含ませた吸水シートで覆うことで塩化物イオンの浸透試験を実施した。コンクリートの表層品質を把握する目的として，いずれも上層，下層に等分して，110 週目にトレント法による透気試験の測定を実施した。全塩化物イオン量の測定は，840 日目に，所定の位置にてドリルで粉体採取して，電位差滴定装置により測定を行った。また，併せて分極抵抗の測定を行った。

3. 結果及び考察

図-3 には，透気係数の測定結果を上層と下層に分けて示す。透気係数は，いずれもコンクリート抵抗値が大きいものほど低下し，下層ではさらに低下する傾向を示した。その傾向は，HPC で最も顕著に表れた。HBS および

表-1 配合表

略号	W/B (%)	s/a(%)	置換率 (%)	単位量(kg/m ³)					
				W	C	S	G	混和材	混和剤
HPC	41	42	—	162	395	729	1063	—	3.36
HBS		46	45		218	876	1063	177	
HFA		41	20		316	737	1063	79	

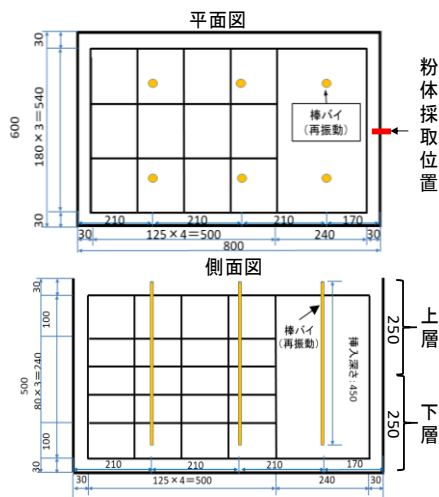


図-1 供試体概要図

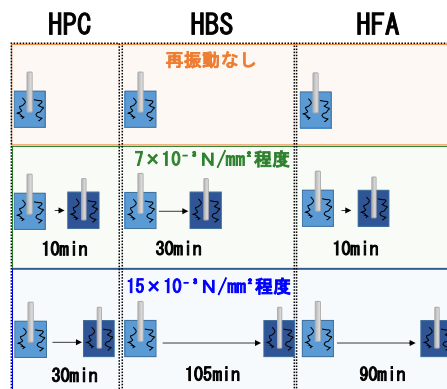


図-2 再振動水準

キーワード：再振動，締固め，N 式貫入深さ試験，塩化物イオン

連絡先：〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8 丁目 19 番地 1 号 福岡大学 TEL 092-871-6631

HFA に関しては、潜在水硬性やポゾラン反応によりコンクリートが緻密化されていたことから再振動無し供試体の透気係数が基より低かったため、再振動の時期による大きな低下は見られなかったと考えられる。再振動実施時期の違いを見ると、ブリーディング量は、いずれのコンクリートにおいてもコンクリート抵抗値 $15 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ 程度 $> 7 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ 程度 $>$ 再振動なしの順で多くなっており³⁾、余剰水が抜けたものほど、実質の W/B が下がるため透気係数が低下したと考えられる。図-4 には、一例として、HPC における全塩化物イオン量を層ごとに示す。全塩化物イオン量は、再振動の時期が遅くなるに従って、いずれの深さにおいても塩化物イオン量が低下する傾向を示した。また、下層になるに従って塩化物イオンが浸透していないことが確認された。以上のことから、再振動を実施することで塩化物イオンの浸透の抑制効果が向上できることが認められ、また、コンクリート抵抗値 $15 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ の際に最も再振動の効果が高いことが分かった。図-5 には、各種コンクリートにおける全塩化物イオンの見かけの拡散係数を示す。再振動の時期による拡散係数の違いは、コンクリート抵抗値が大きいものほど拡散係数も小さくなる傾向を示した。さらに、再振動を行ったものは、上層と下層による差も小さくなっており、均質なコンクリートになると伴に、塩化物イオンに対する抵抗性の向上も図られる。図-6 には、各種コンクリートにおける鉄筋の分極抵抗の測定結果を示す。この結果、いずれのコンクリートにおいても分極抵抗は、再振動を行うことで増加する傾向を示した。再振動の時期による違いは、コンクリート抵抗値が大きいものほど分極抵抗も大きくなる傾向を示し、下層になるに従っていずれも増加している。以上のことから、腐食速度の観点からも再振動は、高耐久のコンクリート構造物を作製するための有効な方法であると考えられる。また、これらの試験結果より、再振動を行う時期として、コンクリート抵抗値が $15 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ 程度を目安に再振動を行うことが効果的であると考えられた。

4. まとめ

- 1) 再振動を行うことで、コンクリート品質を改善できることが分かった。再振動までの時期が遅い程、耐久性が向上し、コンクリート抵抗値が $15 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ 程度が一つの再振動を行う目安と考えられた。
- 2) 再振動は、塩化物イオンの浸透および鉄筋の腐食の進展を抑制することができ、コンクリート品質を向上させる効果的な施工方法の一つである。

参考文献

- 1) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書【施工編】，pp. 119, 2012
- 2) 土木学会編：コンクリートライブラリー103，コンクリート構造物のコーールドジョイント問題と対策[2010 年版]，pp. 22, 2010. 7
- 3) 三浦明ほか：高強度コンクリートにおける再振動締固め方法の違いがブリーディングおよび表層品質に及ぼす影響に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，p. 6, Vol. 38

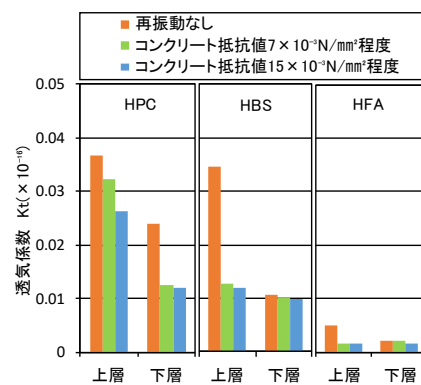


図-3 透気係数

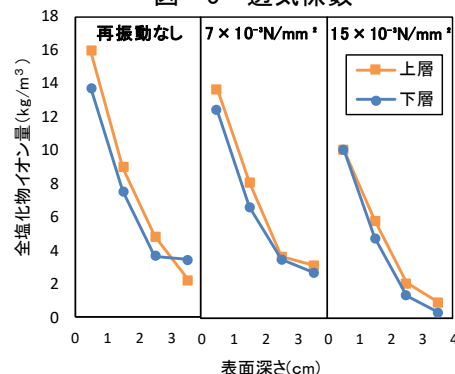


図-4 全塩化物イオン量
一例 (HPC)

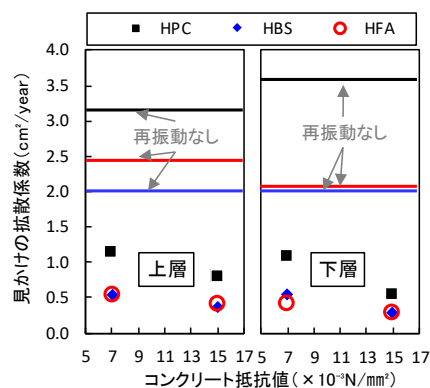


図-5 見かけの拡散係数

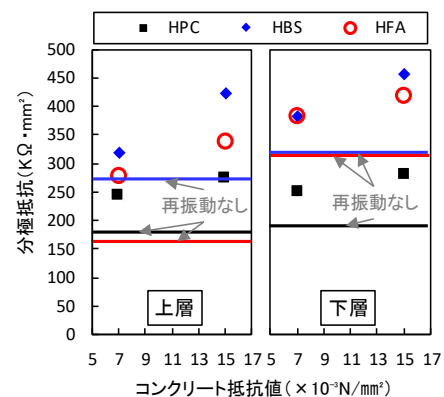


図-6 分極抵抗