

再振動締固めの実施時期の違いによるセパレータの一体性に関する検討

Study on the Integrity of Separators Due to the Difference in the Timing of Re-Vibrating Compaction

折田 現太^{*1}
Genta Orita

加藤 淳司^{*1}
Junji Kato

槇島 修^{*1}
Osamu Makishima

【要旨】

コンクリート構造物の P コーンおよびセパレータの下部は、ブリーディングに伴う沈下現象により、部材を貫通するようなひび割れ、または隙間が生じやすい部位である。水槽構造物や地下の構造物では、このような沈下現象によって漏水が生じる場合があるため、漏水の対策としてセパレータに止水ゴムリングを取り付けることが有効であるとの報告がある。しかし、止水ゴムリングは沈下現象で発生したひび割れや隙間による水の経路を遮断するものであり、耐久性の改善は期待できない。そこで筆者らは、適切な時期に再振動締固めを実施することで、対象部位に発生したひび割れや隙間を再充填すれば、水密性や耐久性を確保できるものと考えた。

本稿では、再振動締固めの実施時期の違いがセパレータとコンクリートの一体性に与える影響を、蛍光エポキシ樹脂真空含浸法を用いて検証した。その結果、ブリーディング発生量が全体の約 60 % の時期からブリーディング終了の間に再振動締固めを行うと、セパレータとコンクリートの一体性が確保できることが分かった。

【キーワード】 再振動締固め 沈下 ブリーディング 凝結時間 蛍光エポキシ樹脂真空含浸法

1. はじめに

コンクリート部材を貫通するセパレータ周囲では、コンクリートのブリーディングに伴う沈下現象による沈下ひび割れや隙間が原因で、漏水の発生につながる事が確認されている¹⁾。水密性が要求されるコンクリート構造物では、セパレータに止水ゴムリングを設置して漏水対策を講じることがあり、その有効性が既往の研究により確認されている²⁾。ただし、止水ゴムリングの適用では、発生した沈下ひび割れや隙間を起因とする耐久性の低下は改善できない。このような沈下ひび割れや、隙間の解消には、再振動締固めが有効とされている。この再振動締固めは「締固めによって流動性が戻る状態の範囲で、できるだけ遅い時期がよい」と³⁾と示されているが、沈下ひび割れや隙間の解消に適切な再振動締固めの実施時期は明確ではない。

本稿は、ブリーディング試験および凝結時間試験の結果から再振動締固めの実施時期を設定し、沈下ひび割れや隙間の解消効果を再振動締固めの実施時期ごとに評価した。セパレータ周囲の再振動締固めによる再充填効果の評価は、蛍光エポキシ樹脂真空含浸法⁴⁾を用いて、セパレータ周囲の一体性を確認することによって行った。これにより、適切な再振動締固めの実施時期について考察した。

2. 実験概要

2.1 再振動締固めの実施時期の設定

再振動締固めによる再充填効果を評価するための実施

時期を設定するために、評価対象としたモルタルのブリーディング試験と凝結性状を評価する試験を実施した。ブリーディングと凝結試験の試験条件を表-1に示す。実験対象は、ブリーディングに伴う沈下現象を顕著に確認するためにモルタルとし、普通ポルトランドセメントを使用した、水セメント比 50 %、細骨材セメント比 2.5 の調合条件とした。

また、再振動締固めの有効な実施時期は、ブリーディングが終了し、沈下が再度発生しないタイミングであることと、コンクリートが可塑性を有し、一体性が確保できるとされる、貫入抵抗値 0.1~1.0 N/mm² の範囲³⁾と想定した。そこで、再振動締固めが有効な範囲の実施時期と考えた「ブリーディング終了時」と「貫入抵抗値 1.0 N/mm² の時点」の 2 水準と、再振動締固めが有効な範囲外の実施時期と考えた「ブリーディングの発生量の 50% の時点」と「凝結の始発時間（貫入抵抗値 3.5 N/mm²）」の 2 水準の合計 4 水準を実験条件とした。また、再振動固めを行わない条件を比較として設定した。

表-1 実施時期設定実験の条件

項目	内容
調合条件	W/C=50%, S/C=2.5
試験方法	①JCI-S-015-2018 小型容器によるコンクリートのブリーディング試験方法 容器寸法：φ150 mm×H 300 mm ②JIS A 1147 コンクリートの凝結時間試験方法 容器寸法：φ150mm×H 150mm
温度条件	室温 20 °C, コンクリート温度 20 °C

1. 技術研究所 研究開発グループ 第三研究室

2.2 再振動締固め効果の検証

設定した再振動締固めの実施時期による再充填効果は、セパレータ周囲に蛍光エポキシ樹脂を真空含浸させ、蛍光エポキシ樹脂の浸透の有無で評価した。再振動締固め効果の検証実験の概要を図-1に示す。

試験容器に $\phi = 150$ mm、高さ $H = 300$ mmの簡易型枠を使用し、型枠上面から120 mmの位置に $\phi = 7.94$ mmのセパレータを設置した。打込み時の締固めは $\phi = 25$ mm、周波数217 Hzの充電式バイブレータを使用し、加振位置はセパレータ中心から両脇に37.5 mmの位置として各5秒ずつの計10秒加振した。また、再振動締固めの加振方法は打込み時の締固めと同様にした。試験体の硬化後、セパレータを中心として厚さ50 mmに切断し、蛍光エポキシ樹脂を真空含浸させた。蛍光エポキシ樹脂の硬化後、供試体をセパレータの断面方向に3等分(50 mm幅)に切断し、供試体の評価面を可視光下および、紫外線照明を用いて、目視評価を行った。

3. 結果と考察

3.1 再振動締固めの実施時期の設定

再振動締固めの実施時期を検討の対象としたモルタルのブリーディング試験および凝結時間試験の結果を図-2に示す。この結果から再振動締固めが有効な時期と考えるブリーディング終了時から貫入抵抗値 1.0 N/mm^2 の

範囲は、注水からの経過時間が175分から260分であった。再振動締固めが有効と考えた実施時期の下限をNo. 2、上限をNo. 3と示し、再振動締固めが有効な範囲外と考えた実施時期として、ブリーディング発生量の50%の時点をもNo. 1、凝結の始発時間をNo. 4と示す。また、再振動締固めを行わない条件をNo. 0とした。ここで設定した時期において、再振動締固めの効果の検証実験を行うこととした。

3.2 再振動締固めの効果の検証

(1) ブリーディングおよび凝結性状の確認

再振動締固め効果の検証実験の際に、事前に設定した再振動締固め実施時期のモルタルのブリーディングと凝結性状に差異がないかの確認を行った。ブリーディング試験および、凝結時間試験の結果を表-2に示す。No. 1はブリーディングの最大量に対する比率が58%、No. 2はブリーディング終了時、No. 3は貫入抵抗値が 0.8 N/mm^2 、No. 4は貫入抵抗値が 3.2 N/mm^2 という結果であった。これらの結果は、事前に行った再振動締固めの実施時期の設定結果と概ね一致しており、想定した時期に再振動締固めを実施できたことを確認した。

(2) 再振動締固めによる再充填効果の目視評価

設定した時期における再振動締固めの効果は可視光下

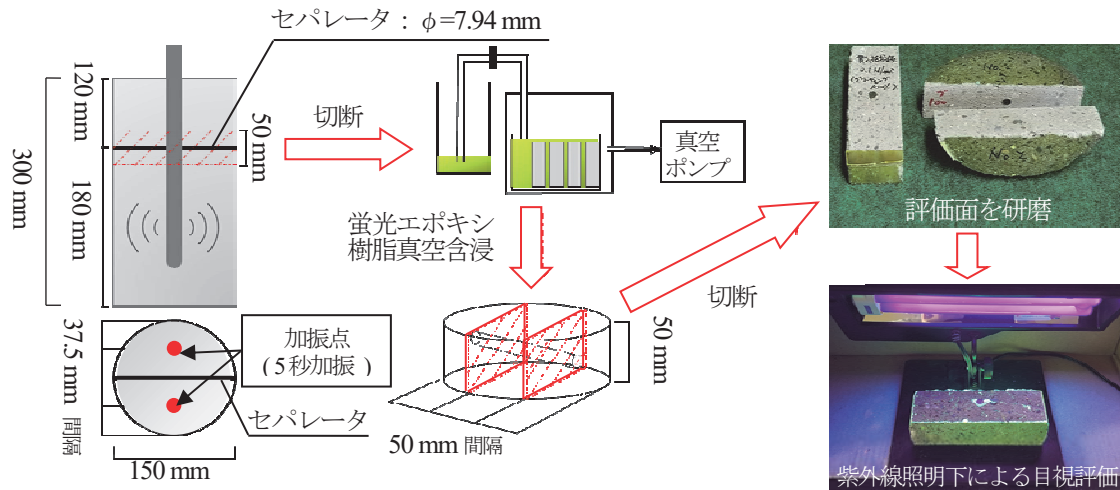


図-1 再振動締固め効果の検証実験の概要

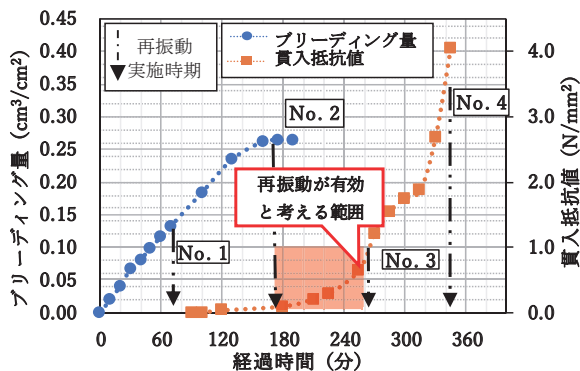


図-2 ブリーディングおよび凝結時間試験結果

表-2 再振動締固め実施時期

実験ケース	再振動締固め実施時期 (練上りからの経過時間) (分)	ブリーディング量 (cm^3/cm^2)	ブリーディングの 最大量に対する比率 (%)	貫入抵抗値 (N/mm^2)
No.0	再振動締固めなし	-	-	-
No.1	ブリーディング 発生量 50% の時点	0.15	58	0.0
No.2	ブリーディング 発生量終了時	0.26	100	0.1
No.3	貫入抵抗値 $1.0\text{ N}/\text{mm}^2$ の時点	-	-	0.8
No.4	凝結の始発時間	-	-	3.2

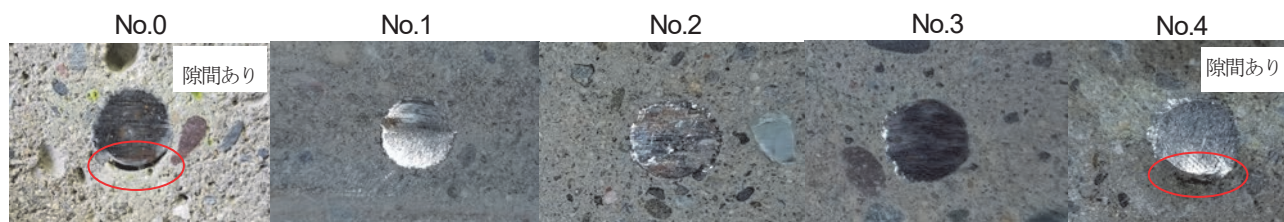


写真-1 可視光下におけるモルタルとセパレータの一体性目視評価

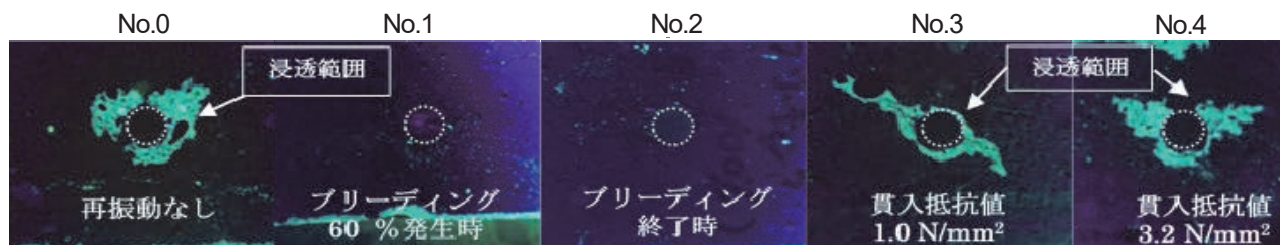


写真-2 蛍光エポキシ樹脂含浸法による紫外線照明下のモルタルとセパレータの一体性目視評価

での目視観察と、蛍光エポキシ樹脂真空含浸法による目視観察の異なる二つの評価方法で行い、これらの結果から効果を検証した。各実験ケースにおける可視光下の目視観察の結果を写真-1に示す。可視光下では、実験ケース No. 0, No. 4 のセパレータ下面に隙間が確認され、No. 1, No. 2, No. 3 では、ひび割れや隙間が確認できなかった。この結果から、可視光下での目視確認では、再振動締固めが有効と考えた実施時期に加えて、ブリーディング発生量58%の時点、つまりブリーディングが発生途中であっても、モルタルとセパレータの一体性が確保できることを確認した。

次に、紫外線照明下の目視評価の結果を写真-2に示す。蛍光エポキシ樹脂真空含浸法による紫外線照明下の目視評価では、可視光下で隙間の発生が確認された No. 0, No. 4 および、可視光下で隙間が確認されなかった No. 3 についてもセパレータ周辺に蛍光エポキシ樹脂の含浸している範囲が生じていることが確認された。このことから、蛍光エポキシ樹脂真空含浸法は、可視光下では確認できないような微細な連続空隙の存在を確認でき、再振動締固めの再充填効果を適切に評価できるため、再振動締固めによる一体性の評価は蛍光エポキシ樹脂含浸法による目視評価で行う。

以上の蛍光エポキシ樹脂真空含浸法を用いた目視評価の結果より、本稿で検討したモルタルとセパレータの一体性を確保するためには、再振動締固めの実施時期をブリーディング発生量が約60%からブリーディング発生終了時の間に再振動締固めを行うことが必要であると判断された。ブリーディング発生終了以前の再振動締固めが一体性確保に有効な理由としては、一般にコンクリートの振動締固めの能力は、ワーカビリティによって異なることが知られており、再振動締固めにおいても、モル

タルの変形性能が高い時点で行うことが再充填に対して有効であるからと考えられる。なお、今回の実験ではブリーディングが58%発生時点での再振動締固めによって一体性が確保されたが、コンクリートの打込み高さが高い場合には、再沈下による不良が発生する可能性もあるため、注意が必要と考える。

4. まとめ

再振動締固めの実施時期の違いによる、セパレータとモルタルの一体性を可視光下および蛍光エポキシ樹脂真空含浸法で評価した結果、再振動締固めの効果的な実施時期は、ブリーディング終了時点およびそれ以前と考えられる。なお、ブリーディングによる沈下が大きくなる様な高さのある試験体では、再沈下が生じるおそれがあるので注意が必要である。

本稿の検討によって、セパレータ周囲の一体性を図るための再振動締固めの実施時期を把握することができた。今後は、再振動締固めに使用する振動機に応じた加振時間とその影響範囲を定量的に評価し、セパレータ周囲の一体性を図るために有効な再振動締固めの方法を確立したい。

【参考文献】

- 1) 申英珠, 田中享二, 宮内博之: コンクリート壁体のセパレータ部の液体透過性と細孔構造, 日本建築学会構造系論文集, 第571号, pp.1-6, 2003.
- 2) 加藤淳司, 櫻井臣央: コンクリートの構造物の止水建材の性能評価に関する実験報告, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp321-322, 2019.
- 3) 土木工学会: コンクリート標準示方書・施工編, pp.119-120, pp121-122, 2017.

- 4) 平間昭信, 岡田朋道 : 蛍光エポキシ樹脂真空含浸法によるコンクリートの劣化現象の可視化, セメント協会, セメントコンクリート (752) , pp.42-45, 2009.
- 5) 日本建築学会 : 建築工事標準仕様書・同解説 (JASS5, 鉄筋コンクリート工事) , 2018.

Summary The lower part of the P-cone of the concrete structure may cause cracks or gaps to penetrate through the member due to the settling phenomenon accompanying bleeding. Thus, in the water tank structure and the underground structure, this settling phenomenon may occur. A water blocking ring rubber ring is attached to the separator as a measure of preventing water leakage, and its effectiveness has been reported by previous studies. However, the waterproof rubber ring blocks the passage of water due to cracks and crevices generated by the settlement phenomenon, and improvement in durability can not be expected. herefore, we re-vibrate the target site at an appropriate time. It was thought that the separator and the concrete could be integrated and the water tightness and durability could be secured by carrying out. In this paper, the influence of the difference in the implementation time of re-vibration compaction on the integrity of the separator and concrete was verified using the fluorescent epoxy resin vacuum impregnation method. As a result, it was found that the integrity of the separator and the concrete can be secured by re-vibrating compaction during. The period from about 60 % of the total amount of bleeding to the end of bleeding.

Key Words : *Re-vibrating compaction, Settlement, Bleeding, Setting time, Fluorescent epoxy resin vacuum impregnation method*