

電動ハンマによる再振動締固め方法における適切な加振時間の検討

Study of Proper Vibration Time in the Method of Revibration Compaction Using an Electric Hammer

加藤 淳 司^{*1}
Junji Kato

榎 島 修^{*1}
Osamu Makishima

折 田 現 太^{*1}
Genta Orita

【要旨】

コンクリート構造物では、鉛直部材のセパレータ周辺に、コンクリートのブリーディング現象に伴った沈下による空隙が発生する場合がある。このような空隙は、コンクリート内部のセパレータ下面において、連続して生じやすく、漏水の原因の一つとなる。この沈下による空隙は、コンクリートが打込まれた後に、時間の経過とともに生じるため、空隙を解消するには、打込み後一定の時間をおいて実施する再振動締固めが効果的である。

そこで、筆者らは、電動ハンマを用いて、型枠側面のフォームタイを介して再振動締固めを実施することで、セパレータ下面に発生する空隙を効率的に解消できると考えた。本研究では、異なる再振動締固めの加振時間の実施による試験体の空隙の解消や耐漏水性を評価することで、適切な加振時間を検討した。その結果、連続した空隙が解消され、耐漏水性の向上効果が得られる加振時間の範囲を把握した。

【キーワード】 ブリーディング 沈下 セパレータ 空隙 再振動締固め

1. はじめに

コンクリート構造物では、写真-1に示すようなPコーン部のひび割れが生じる場合があるが、これは、ブリーディングの発生に伴う沈下現象に起因する。この沈下現象は、コンクリート内部では、写真-2に示すようにセパレータ下面に空隙を生じる原因となり、躯体を貫通して、漏水を生じやすい。特に、高い止水性が求められる構造物では、このような空隙を解消する対策を講じる必要がある。

このセパレータ下面の空隙の解消方法として、打込みを行い、一定の時間が経過した後に再度加振する「再振動締固め」の適用が有効であると考えられている。このような再振動締固めの時期は、コンクリートの沈下現象が収束し、再沈下を生じない時期とすることが適切であると考えられる。筆者らは、このような時期が、ブリーディングの終了する時期と一致することを実験的に評価している。

ただし、実施工において、コンクリートのブリーディングが終了する時点は、加振対象のコンクリートの層の上に複数層のコンクリートが打込まれている状態が想定されるため、一般的な挿入式の棒形振動機では、特定の範囲を効果的に加振することが難しいと考えた。



写真-1 Pコーン部のひび割れ

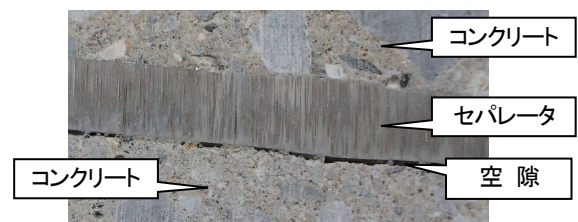


写真-2 コンクリート中のセパレータ部の縦断面

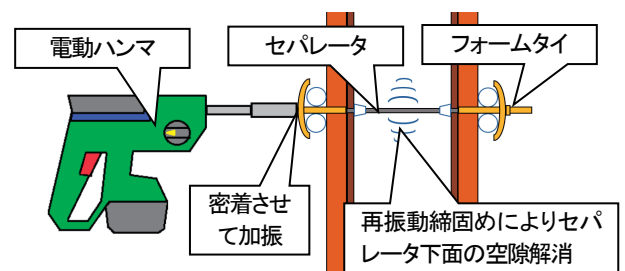


図-1 電動ハンマによる再振動の概要図

そこで、筆者らは、再振動締固めを特定の範囲に実施する方法として、図-1の概要図に示すように、振動源として市販の電動ハンマを用い、フォームタイを介してセパレータを加振することで、セパレータ下面に生じる空隙を効率的に解消できると考えた。

本研究では、電動ハンマを用い、型枠側から加振時間を変化させた再振動締固めを実施した試験体を作製して、セパレータ周囲に生じるひび割れや空隙の解消効果を実験的に評価することで、再振動締固めの適切な加振時間の検討を行った。

2. 実験概要

2.1 調合と試験体諸元および作成方法

コンクリートの調合を表-1に示す。普通ポルトランドセメントを用いた、呼び方30-18-20の調合とした。

試験体の概要を図-2示す。試験体の高さを500mmとし、上面より100mmの深さにセパレータを配置した。

コンクリートの打込みは、1回で行い、棒状振動機で10秒間の締め固めを行った。

2.2 使用した振動機と加振方法

再振動締固めに使用する振動機は、充電式で携行性の良い電動ハンマとした。電動ハンマによる加振状況を写真-3に示す。

再振動締固めの実施時期は、既往の報告¹⁾に示されている通り、最適であると判断されるブリーディング終了の直後に実施した。

再振動締固めの方法は、評価の対象とするセパレータ部を効果的に加振するために、セパレータに直接連結するフォームタイの先端に電動ハンマの専用ビットを密着させて加振した。

実験で設定した加振時間は、15秒、35秒、55秒の3水準および、再振動締固めによる空隙解消効果確認の比較対象として再振動締固めを実施しない（加振時間が0秒）の試験体を用意した。

2.3 評価項目と評価方法

再振動締固めによるセパレータ周囲の空隙の解消効果を、蛍光エポキシ樹脂真空含浸法²⁾と加圧式透水試験³⁾による2種類の試験で評価した。試験に用いる供試体は、図-2に示したセパレータを中心に採取したコンクリートコア(φ100×200mm)を用いた。

採取したコアのエポキシ樹脂含浸後の切断処理方法を図-3に示す。蛍光エポキシ樹脂真空含浸法は、真空にした容器内でコア供試体に蛍光エポキシ樹脂を含浸させ、エポキシ樹脂が硬化した後、図-3に示すように切断し、各切断面に紫外線ランプを照射することで、空隙の範囲や形状を可視化して評価するものである。

表-1 コンクリートの調合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
		セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
50.8	46.4	366	186	796	945	3.66

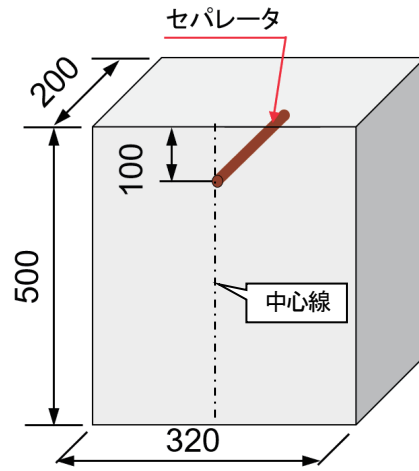


図-2 試験体寸法とセパレータ位置



写真-3 電動ハンマによる加振状況

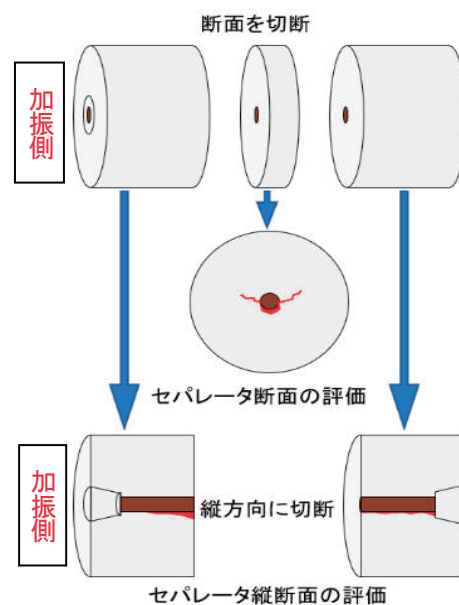


図-3 採取コアのエポキシ樹脂含浸後の切断処理方法

加圧式透水試験の概要図を図-4に示す。加圧透水試験器では、採取したコア供試体を密閉した容器内に固定し、片側のセパレータ端部から0.05MPaの水圧を10分間与え、対面からの漏水を確認した後、0.05MPa刻みに水圧を増加させ、それぞれ10分間後の対面からの漏水の確認により、耐漏水性を定量的に評価した。これにより、再振動締固めの加振時間の違いが、漏水の生じない水圧（以降、耐水圧と示す）へ与える影響を評価した。

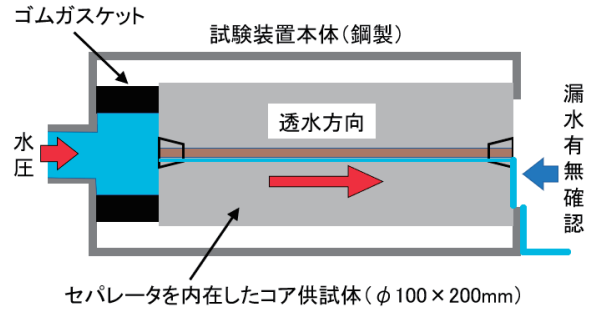


図-4 加圧式透水試験の概要図

3. 実験結果

3.1 セパレータ周囲の連続した空隙の評価結果

蛍光エポキシ樹脂を真空含浸した供試体に紫外線を照射し、発光した樹脂の含浸範囲の観察結果を再振動締固めの加振時間の違いごとに写真-4から写真-7に示す。再振動締固めを実施しない試験体は、写真-4に示すように、蛍光エポキシ樹脂の存在の確認により、セパレータの上下面に連続した空隙と、セパレータを起点としたひび割れの発生が確認された。

このように、ブリーディングの発生によって、セパレータ周囲に沈下現象によるひび割れや空隙が生じる状況を再現できたことを確認した。

再振動締固め加振時間が15秒の供試体は、写真-5に示すように、再振動締固めを実施しない供試体に対してセパレータの上面の空隙の一部が解消している状況を確認したが、再振動締固めを実施しない供試体と同様に、セパレータ下面の空隙やひび割れが生じていることを確認した。

次に、再振動締固め加振時間が35秒および55秒の試験体は、写真-6および写真-7に示すように、再振動締固めを実施しない供試体で見られたセパレータ上面の空隙およびセパレータ下面の空隙の一部が解消していることから、連続した空隙が遮断されていると考えられる。また、加振側から約100mmの断面観察において、セパレータ周囲のひび割れも認められなかった。

ただし、連続した空隙が解消された範囲が、型枠面から約100mmに限定されていることから、フォームタイの加振によって、セパレータの全体を振動させた締固め効果よりも、型枠側からの振動による締固め効果が卓越した可能性が考えられる。

なお、加振時間が35秒と55秒では断面のひび割れや空隙の分布に大きな差がないことから、加振時間の延長による締固め効果の向上には限界があることが示唆された。

ここで、先の報告⁴から図を引用し、図-5に示す。図中の電動ハンマが、本報と同型機である。振動の強さを表すR.M.S.が、奥行方向に低下することから、今回の条件で100mm以深のセパレータ下面の空隙を解消するためには、高出力な振動機への変更や加振方法の工夫など、振動エネルギーを増大させる検討が必要と考えられる。

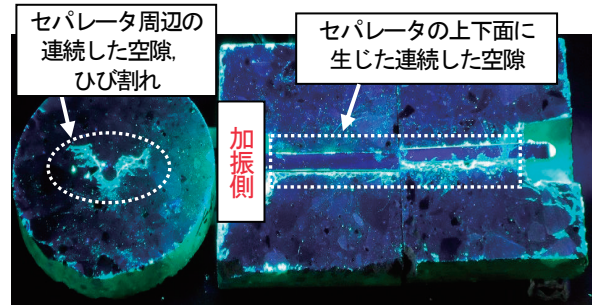


写真-4 再振動締固めを実施しない試験体

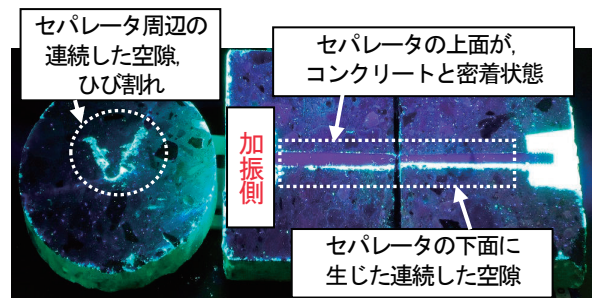


写真-5 再振動締固めの加振時間が15秒の試験体

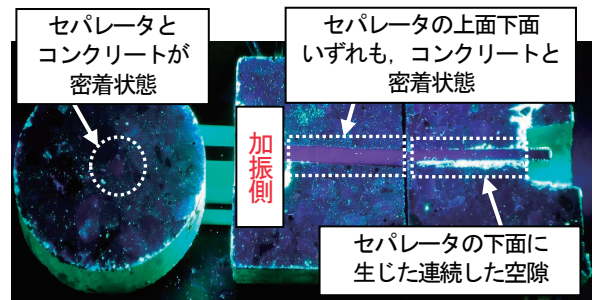


写真-6 再振動締固めの加振時間が35秒の試験体

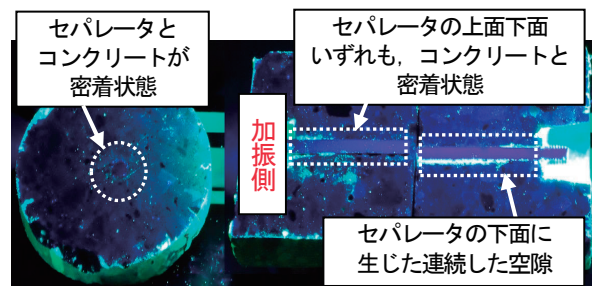


写真-7 再振動締固めの加振時間が55秒の試験体

以上のように、電動ハンマを用いた再振動締固めによって、沈下現象によるひび割れや空隙を部分的に解消できることが確認され、その効果を得るためには、一定の加振時間が必要であることを確認した。なお、本件の実験条件では、35秒以上の加振時間が有効であった。

3.2 セパレータ部の耐漏水性の試験結果

加圧透水試験の結果より、耐漏水性の評価として再振動締固めの加振時間と耐水圧との関係を図-6に示す。

また、図中には耐水圧に対応する静水時の水深を示した。

再振動締固めを実施しない試験体では、加圧以前に漏水が生じ、耐水圧は0MPaと判定され、止水性は認められなかった。

これに対して、再振動締固めを実施した試験体の耐水圧は、加振時間15秒で0.05MPa、加振時間35秒で0.20MPaと評価された。このことから、加振時間の延長によって耐水圧が増加することを確認した。ただし、加振時間が35秒を超えた55秒の条件では、耐水圧は0.15MPaとなって、35秒に比べてわずかに減少しており、加振時間の延長による締固め効果の向上に限界があることが示唆された。

4. まとめ

本検討では、ブリーディングに伴う沈下現象によって生じるセパレータ周囲の空隙やひび割れを解消するため、電動ハンマによる再振動締固めの加振時間の効果の評価し、以下の結果を得た。

- (1) 電動ハンマによってフォームタイを加振することは、セパレータおよび型枠面から内部のコンクリートを締め固める効果がある。
- (2) 蛍光エポキシ樹脂真空含浸試験によって、試験体内部のひび割れや空隙の状況が可視化でき、再振動締固めを行わない場合には、セパレータ周囲にひび割れや連続した空隙が発生していることを確認した。また、電動ハンマによる再振動締固めによって、セパレータ周囲の空隙の一部やひび割れの解消に有効であることを確認した。
- (3) 加圧透水試験による耐漏水性の評価によって、電動ハンマによる再振動締固めが、セパレータ周囲の空隙の一部やひび割れの解消に有効であることを確認した。
- (4) 電動ハンマによる再振動締固めによって、セパレータ

Summary Voids from the subsidence of concrete associated with the concrete bleeding phenomenon are sometimes produced in the vicinity of separators for vertical members of a concrete structure. These continuous voids are easily produced at the lower surface of the separator inside concrete and can cause water leakage. Since these voids from subsidence are produced as time elapses after the placement of concrete, an effective method for eliminating the voids is revibration compaction implemented after a certain amount of time from placement. Thus, we thought that we could effectively eliminate the voids produced at the lower surface of the separator by performing revibration compaction through a form tie at the side of the formwork using an electric hammer. In this study, we researched the proper vibration time by eliminating voids in the specimens and evaluating water leakage resistance by changing the vibration time for the different revibration compaction processes. As a result, the continuous production of voids was eliminated, and the range of vibration time providing the effect of improving water leakage resistance was identified.

Key Words : Bleeding, Subsidence, Separator, Void, Revibration compaction

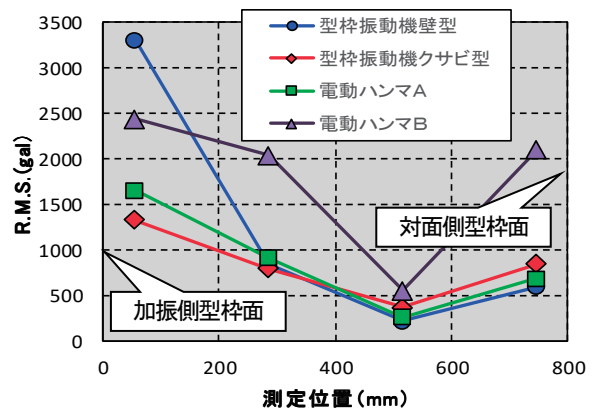


図-5 コンクリート中を伝搬するR.M.S.の増減状況⁴⁾

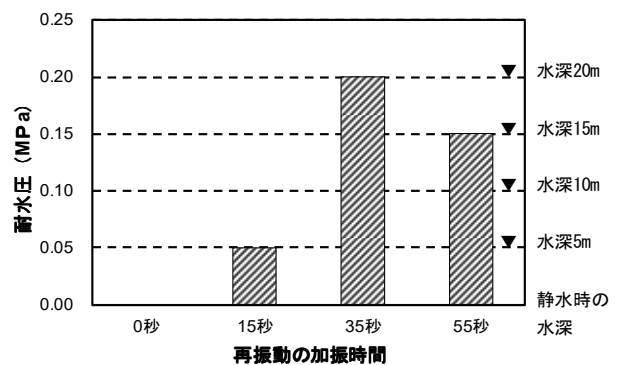


図-6 再振動締固めの加振時間と耐水圧の関係

部の耐漏水性の改善効果に有効な加振時間が存在することを確認した。

【参考文献】

- 1) 折田現太, 加藤淳司: 沈下ひび割れ解消に有効な再振動締固め時期に関する検討, 日本建築学会大会学術講演講概集(北陸), 1128, pp.255-256, 2019.
- 2) 岩城圭介, 加藤淳司, 平間昭信, 塩谷智基: 微視的断面観察による酸劣化したコンクリートの微細構造の評価, コンクリート工学年次論文集, vol.26, No.1, pp.999-1004, 2004.
- 3) 加藤淳司, 櫻井臣央: コンクリート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講概集(関東), 1161, pp.321-322, 2015.
- 4) 加藤淳司, 槇島修, 折田現太: 電動ハンマを活用した再振動締固めの有効性に関する検討, コンクリート工学年次論文集, vol.42, No.1, pp.425-430, 2020.