

間隙水圧の測定に基づくコンクリート製品の打込み・締固め方法に関する実験的検討

ジオスター(株) 〇遠藤頌梧 横尾彰彦 日本大学工学部 子田康弘

1. はじめに

通常、コンクリート製品の成形には、振動締固めが一般的に多く用いられている。近年は、騒音問題などから高い流動性を有したコンクリートに

型枠バイブレータや棒状バイブレータを併用して振動を与え、成形する方法が採用されるようになった。しかし、合理的な成形には、コンクリートの打込みと締固め時における必要な加振力と振動時間、およびバイブレータの挿入位置と間隔が課題となっている。そこで、本検討では、実物のコンクリート製品を対象とし合理的な製造が可能な方法を見出すことを目的とした。ここでは、バイブレータによる振動締固めは“コンクリートを液状化させる行為”と考え、間隙水圧を測定し、この結果に基づき打込み、締固め状況を評価した。

2. 実験概要

表-1 に、コンクリートの配合を示す。本実験では、水結合材比 40.1%、単位水量 160kg/m³ という配合とした。なお、検討対象工場の実績よりフィラーとしてフライアッシュを混和した。図-1 に、型枠寸法を示す。図より、高さ 1790mm、長さ 4657mm、300mm のメタルフォームである。次に、打込みと締固め状況中の間隙水圧を測定するためのセンサーは、容量 100kPa のものを上面から 290mm、790mm、1290mm、および 1790mm 位置の計 4 箇所とし型枠側面より約 400mm の位置に設置した。バイブレータの仕様は、直径が 50mm、振動周波数が 240Hz の棒状バイブレータと、振動周波数 100-240Hz の型枠バイブレータとした。写真-1 に、製作状況を示す。打込みの条件は、棒状バイブレータと型枠バイブレータを併用した従来の製作(以下、Case-1)と、棒状バイブレータのみで製作(以下、Case-2)した 2 条件であり、それぞれコンクリートを 5 バッチ、5 ロットで打上げた。なお、Case-2 は、間隙水圧センサーのセットを上面より 1790mm 位置とした。打込み、締固め手順は、Case-1 の場合、製造したコンクリートを型枠上面まで打ち上げるまで型枠バイブレータによる振動締固めを継続し、打込み終了後、棒状バイブレータを深さ方向 1790mm まで挿入する振動を型枠幅方向に約 300mm 間隔で行った。Case-2 の場合は、棒バイブレータによる振動締固めを 2 ロット目と 5 ロット目に行い、それぞれその打上高さの範囲でバイブレータを挿入し、これを Case-1 と同様に型枠幅方向約 300mm 間隔で行った。

表-1 コンクリートの配合

配合条件					単位量(kg/m ³)						
粗骨材 最大寸法 (mm)	フロー 値 (cm)	空気 量 (%)	水結 合 材 比 (%)	細骨 材 率 (%)	水 W	セメ ント C	フライ アッシュ FA	細骨 材 S	粗骨 材 G	膨張 材 EX	混和 剤 AD
20	40±7.5	2.0±1.5	40.1	42.2	160	379	76	679	1068	20	3.09

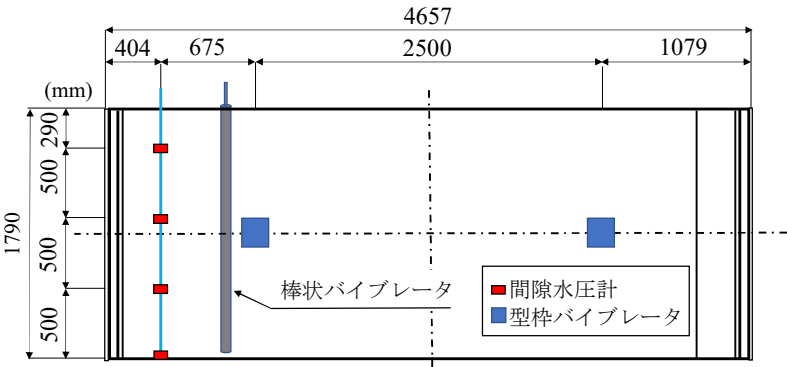


図-1 メタルフォーム側面図と測定概要



製作状況

3. 実験結果及び考察

図-2 に、コンクリート製品製作時の打込み・締固め過程における間隙水圧の変化をそれぞれ示す。まず Case-1, Case-2 の打込み開始 0 分から締固め終了までの時間は約 40 分であり、Case-1, Case-2 共に締固めを行った際、間隙水圧が発生した。これより締固め中は、コンクリートも地盤のような挙動をしているものと判断された。次に、コンクリートの間隙水圧の理論値は、締固め終了時において間隙水圧センサー設置位置上面から 290mm が 7.2kPa, 790mm 位置が 19.1kPa, 1290mm 位置が 31kPa, および 1790mm が 43kPa であった。しかし、Case-1, Case-2 とともに間隙水圧の実測値は理論値より下回る結果となりこの原因を以下で考察する。図-2(a)の Case-1 の場合、打込み終了の 5 ロッド(⑤)まで型枠バイブレータを稼働させているが、間隙水圧は最深部のセンサー(1790mm)においても理論値の 43kPa には達せず計測された値は約 15kPa であった。約 28 分経過後、センサーから離れた場所よりセンサーに近づくように棒バイブレータを挿入したところ、1290mm 位置の間隙水圧が約 25kPa まで上昇した(約 35 分経過)。これは、センサー付近に棒バイブレータの振動部分が接近したことによるが、それより以深の 1790mm 位置のセンサーは 15kPa と理論値より過小な間隙水圧であった。過小となったのは、振動部がセンサー位置まで挿入されなかったためである。この結果から、型枠バイブレータにより型枠を強振状態に保っていたとしても十分な締固めは得られず、確実な締固めには棒バイブレータを用いる必要があり、加えて振動部は打込み範囲全域に行き渡らせることが重要と考えられた。図-2(b)の Case-2 の場合は、2 ロット目の打込み高さは 710mm であり、締固めによって間隙水圧の実測値は約 17kPa と理論値に達した。次に 5 ロット目の際は、実測値が約 33kPa と理論値より小さい値であり、Case-1 と同様、振動部が型枠底部にまで達していなかったことが原因である。そこで最後にセンサー付近にて型枠底部までバイブレータを挿入し締固めを行った際(約 40 分経過後)は、間隙水圧は理論値の 43kPa に達したことを確認した。写真-2 は、脱型後の表層の状態である。Case-1 は表面に気泡が少なく平滑である。これに対して、Case-2 の表面には砂筋が観察されており、締固めが十分行われたことでブリーディング水が Case-1 よりも多く発生したと考えられ、その除去を丁寧に行うとともに配合の見直しも必要と考える。

4. まとめ

本研究より、型枠バイブレータは、表面の気泡の除去には効果はあるが、振動締固めとしては不十分な可能性がある。これに対して、棒状バイブレータは締固めに有効で、確実に締め固めた分ブリーディング水が発生するため、その除去や配合の見直しが必要と考える。今後は、検討結果を踏まえ、対象工場における製造の過程見直しに着手し、合理的な成形方法を確立する予定である。

【参考文献】1)遠藤頌梧, 子田康弘, 仙頭紀明: 間隙水圧の測定に基づくコンクリートの最適な振動締固めに関する実験的検討, 土木学会第 77 回年次学術講演会, V-440, 2022

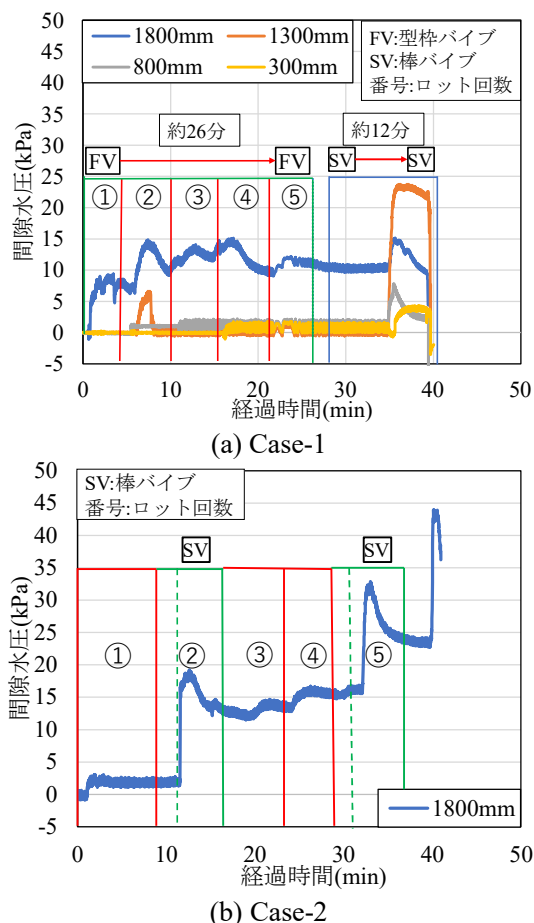


図-2 打込み・締固め時の間隙水圧の変化

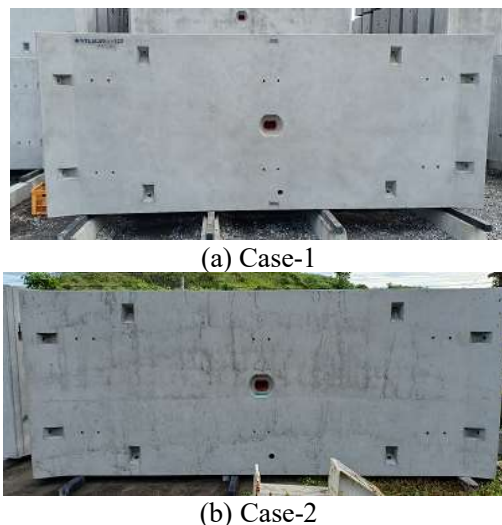


写真-2 製品表面の仕上がり状況