

スランプが異なるコンクリートの最適な振動締固めに関する実験的検討

日本大学 学生会員 ○遠藤頌梧 日本大学 正会員 仙頭紀明 日本大学 正会員 子田康弘

1. はじめに

国土交通省東北地方整備局は、「東北地方におけるコンクリート構造物の耐久性確保の手引（案）¹⁾」や「東北地方におけるRC床版の耐久性確保の手引（案）²⁾」を発売し、施工時におけるコンクリートの品質低下を防ぎ、長期耐久性を確保する取り組みを行っている。この手引きには丁寧な施工の方法としてバイブレータの挿入間隔は50cm以下や締固め時間の管理などが明記されている。しかし、丁寧な施工がコンクリートの品質にどのような影響をもたらすかは硬化後の表層品質によって定量評価はされているものの、施工中のコンクリートの状態は定性的な評価も行われてはおらず、丁寧な施工とは何か、という問いに対する施工者目線の解は未だ示されていない。そこで本研究では、バイブレータによる振動締固め中のコンクリートは、“締固めはコンクリートを液状化させる行為”と仮定し、間隙水圧を測定することで締固め中のコンクリートの状態を検討した。

2. 実験概要

本実験では、表-1のように、単位水量を 150kg/m^3 、 170kg/m^3 と変えることでスランプ値を変化させ、スランプの大小による間隙水圧の変化を測定した。実験は、まず型枠として、図-1に示す高さ500mm、長さ600mm、幅150mmのメタルフォームを用いた。この形状は、高さを打込み高さの上限50cmとし、長さは型枠側面からそれぞれ50mm離れた箇所にバイブレータおよび間隙水圧計を挿入することで、締固め間隔の上限50cmとするためである。間隙水圧計は容量100kPaのものを上面から50mmと450mm位置に設置した。実験手順とし、製造したコンクリートを型枠上面まで打ち込み、バイブレータと間隙水圧計間500mm位置にバイブレータを挿入し（図-1の(1)位置）、90秒間の締固めを行い、次に250mm位置（図-2の(2)位置）にバイブレータを挿入、90秒間の締固めを行った。バイブレータの仕様は、振動部分の長さが570mm、直径が23mm、振動周波数が235-285Hzである。計測は型枠へのコンクリート打ち込み開始から計測間隔0.2秒とする動的計測を実施した。振動締固めによる間隙水圧の計測後は、コンクリートを静置させた状態における間隙水圧の変化を引き続き計測した。

3. 実験結果及び考察

図-2と図-3に、スランプ3cmとスランプ17cmのコンクリートの締固めによる間隙水圧の変化をそれぞれ示す。まず総論としての間隙水圧の傾向について述べる。測定開始から大凡300秒経過までは、コンクリートの打ち込み作業である。多少作業上からくる間隙水圧計の乱れはあるが、作業の間はスランプの大小によらず間隙水圧の発生は認められなかった。よって、スランプが大きい程、打ち込み作業行為によっても多少なりは締固めされているように視認されるが、実際はバイブレータ等による締固め行為を行わなければ締固めにはならないと示唆された。振動締

表-1 コンクリートの配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	スラン プ (cm)	水セメ ント比 (%)	空気 量 (%)	細骨 材率 (%)	単位量(kg/m^3)					
					水	セメ ント	細骨 材	粗骨 材	混和剤	
20	3	55	4.5	46	150	273	879	1052	2.18	0.54
	17				170	309	841	1006	2.47	0.62

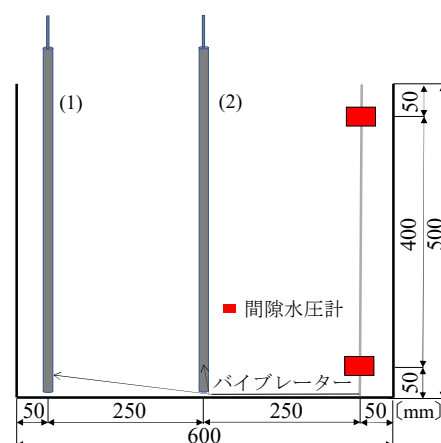


図-1 実験方法の概要



締固め状況

写真-1 実験状況

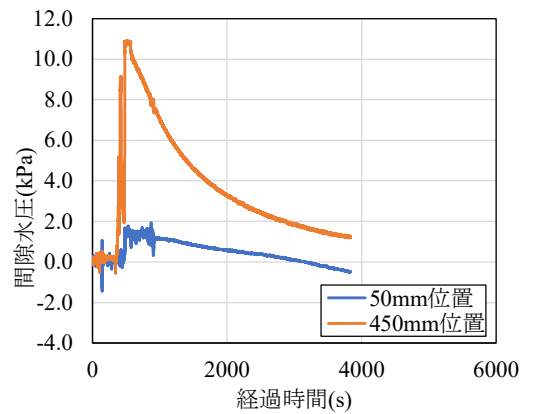
固め作業(図中の 400 秒前後)を見ると、間隙水圧は増加する傾向、つまり過剰間隙水圧が発生しており、締固め中のコンクリートは地盤における液状化のような振る舞いをしている。そして、450mm 位置の過剰間隙水圧は 10kPa 強の値で頭打ちになり、締固めを継続してもこれ以上値は増加しない。そして、振動締固めを終えると徐々に間隙水圧は減少する傾向であるが、これはコンクリート中の余剰水が徐々に上方へ移動している状況と推察された。50mm 位置では、振動締固め終了後(大凡 500 秒経過後)も間隙水圧 1.5kPa 程度を保っている。これは余剰水の上昇に起因するものと考えられる。また、50mm 位置の過剰間隙水圧の値が 450mm の過剰間隙水圧の値より小さいのは、型枠上部より下部へと深くなることで静水圧が変化しているためだと考えられる。次ぎに、スランプ別の傾向を見ると、図-2 のスランプ 3cm の場合、バイブレータ挿入距離 500mm では 90 秒の振動を終えた直後、間隙水圧はともに急激に減少した。しかし、挿入距離 250mm では過剰間隙水圧が最大値に達しその後徐々に間隙水圧が低下する傾向となった。このことから締固め完了とは過剰間隙水圧が最大値に達する状態と考えられ、最大値以下で締固めを終えるとコンクリートはまだ粗な状態のため水圧を保持できず急減すると推察した。また、過剰間隙水圧が最大値に達する時間は約 10 秒であった。図-3 のスランプ 17cm の場合、バイブレータ挿入距離 500mm でも過剰間隙水圧は最大値に達した。これは、スランプ 3cm よりも 17cm の方が液相が支配的な分、振動が伝達しことによると考えられる。なお、挿入距離 250mm にバイブレータを移動させる間も間隙水圧の減少は見られなかった。これより、上述のように過剰間隙水圧が最大値に達することが締固め完了と考える。また、過剰間隙水圧が最大値に達する時間はスランプ 3cm と同様約 10 秒であった。よって、振動締固めで重要なことは、スランプに応じた挿入間隔である可能性が示唆された。

4. まとめ

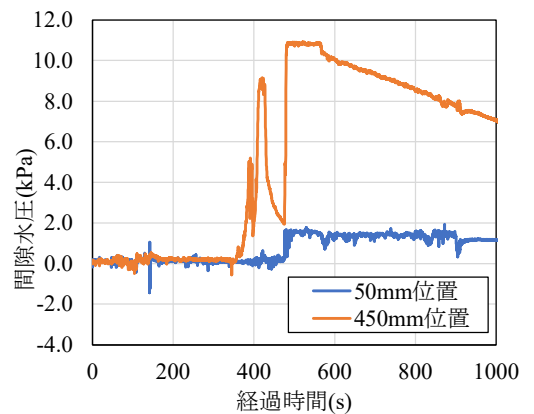
本検討の結果をまとめると以下ようになる。間隙水圧の計測より、振動締固めによって過剰間隙水圧は増加し、最適な締固めの判定基準は過剰間隙水圧が最大値に達することであると考えられた。さらには最適な振動締固めは、バイブレータによる振動締固め時間管理の他、スランプに応じ 50cm よりも短い挿入間隔が必要になる可能性が示された。今後は、締固め中の間隙水圧の計測に関して、コンクリート中の粉体量や細骨材率といった配合の影響、また再振動による間隙水圧の変化について検討する予定である。

【参考文献】

- 1)国土交通省東北地方整備局：東北地方における RC 床版の耐久性確保の手引（案），2019。
- 2)国土交通省東北地方整備局：コンクリート構造物の品質確保の手引（案），2021.6

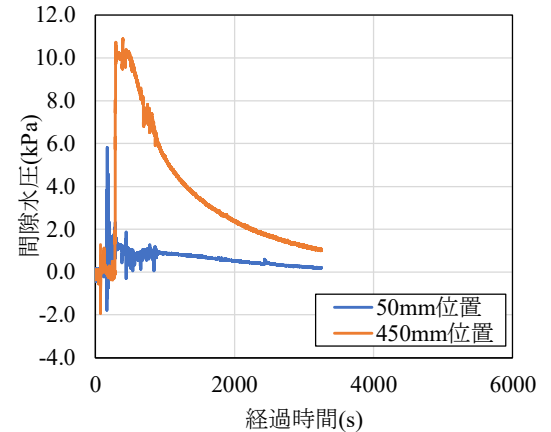


(a)計測開始から終了まで

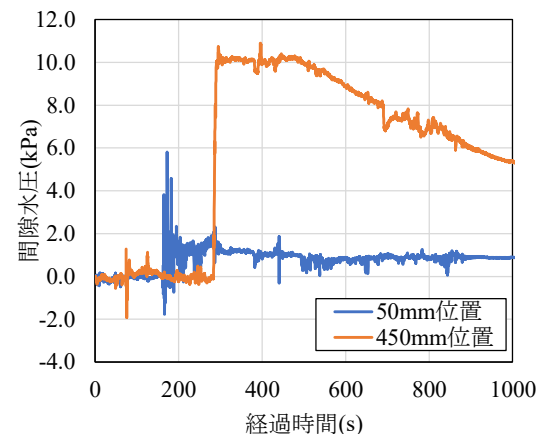


(b)計測開始から 1000 秒経過まで

図-2 間隙水圧の変化(スランプ 3cm)



(a)計測開始から終了まで



(b)計測開始から 1000 秒経過まで

図-3 間隙水圧の変化(スランプ 17cm)