

コンクリート締固め過程における内部振動機の負荷と先端加速度について

舞鶴工業高等専門学校 正会員 ○鈴木 立人
舞鶴工業高等専門学校 フェロー 岡本 寛昭

1. はじめに

良質なコンクリート構造物を建設するためには、その施工中の締固め作業を的確に行うことが重要であるが、近年、耐震基準見直しによる過密配筋や作業員の技能不足などに起因し、締固め作業への信頼性が懸念される情勢にある。コンクリート施工をよりシステム化するためには締固め作業を定量評価する技術の開発が望まれる。著者らは、この数年来、コンクリート振動締固め過程において内部バイブレータの負荷観測による締固め作業の定量評価技術に関する研究を行ってきた^{1), 2)}。本研究では、コンクリートの締固め過程において内部バイブレータに生じる負荷と先端加速度がどのような関係にあるかについて基礎的な実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 内部振動機先端の水平加速度計測

内部振動機はモータが棒部先端の軸受けに把持された偏心錘を駆動し、得られる遠心力が棒部先端を振動させ、コンクリートの締固めを行う。コンクリートの内部状態で決定される棒部先端への抵抗力は、内部振動機の運転状態であるモータトルクを変化させる^{1), 2)}。この現象の明確化のため、本研究では締固め時における棒部先端の水平振動加速度を測定する。先端に加速度計を埋込み、棒部横方向の加速度が検出可能となる内部振動機を図1に示す。内部振動機は市販の可搬型を用い、先端部にはφ35の外形形状を保持しながら、内部に最大1000m/s²程度が測定可能な1軸の加速度計を内蔵する。棒部先端の水平運動は、偏心錘の運動から円運動と見なせるため、棒部先端の水平加速度計測は1軸で十分である。本試験は、締固め時の内部振動機の状態量として電源電圧、モータトルク、棒部先端の水平加速度に着目するが、試験に用いる内部振動機はDCモータを駆動源とすることから、モータトルクはクランプメータで測定する電源電流から算出を行う。内部振動機の電源電圧は12Vを基準電圧として設定する。締固め試験は次の手順で行う。まず可傾式ミキサで練混ぜを行い、寸法φ225×210、容量11.2ℓの試験容器に予め内部振動機の棒部が中心となるよう試験者が手で把持状態を保ち、コンクリートを投入する。初期充填状態として、コンクリートを投入後に15回棒突きを行う。その後、試験開始の合図を受け、試験者は内部振動機を試験容器底面から慎重に10mm程度浮かせた後、つまり棒部埋没量が200mmに調節した後、駆動スイッチを入れ、そのまま手で把持をした状態で締固め作業を行い、30秒経過後に試験終了とする。各測定値は試験開始の合図から計測を行い、サンプリング1msでレコーダに同時記録する。コンクリートの配合は、水セメント比50%一定とし、コンシステンシーが異なる3種類の配合（硬練り：単位水量W=147kg、スランプSl=3.5cm、中練り：W=163kg、Sl=8.0cm、軟練り：W=168kg、Sl=11.0cm）を用いる。

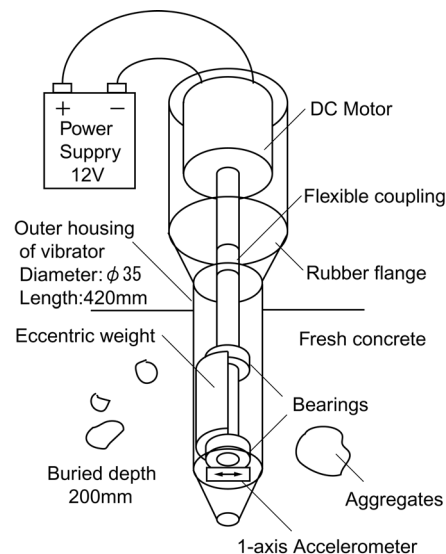


Fig. 1 Schematic diagram of vibrators

3. 棒部先端の加速度挙動

空中で空転させる無負荷状態と硬練りの締固めにおいて測定された内部振動機のトルク、および水平加速度の時間変化例を図2に示す。図2(a)無負荷時の場合は、トルク、水平加速度ともに振動状態が見られる。棒部先端は明らかに偏心錘の運動による振動であり、平均加速度振幅は867.7 m/s²、振動周波数は192.3Hzであった。この波形を正弦波と見なし、2回積分から求めた実際の振動振幅は0.59mmとなり、ノギスを用いた実際の振動振幅の測定値とほぼ一致した。トルク変動は、水平加速度と同期せず、周期が一定していないことから、回転運動ではなく、電氣的ノイズ等による影響であると考えられる。無負荷状態においては、30秒間の観測中において、その状況はほぼ変化無く、定常波形を示した。

キーワード 内部振動機、締固め、負荷、トルク、先端加速度

連絡先 〒625-8511 京都府舞鶴市宇白屋234 舞鶴工業高等専門学校 Tel:0773-62-5600（代表）

硬練りコンクリートの締固め時の締固め開始 5 秒後、および 25 秒後の計測値を図 2(b) に示す。トルクは、無負荷時と比較すると若干増加していることがわかる。また、水平加速度は、振動周波数が 188.7Hz となり、無負荷時とほぼ同じ周期で回転運動しているが、加速度振幅値の明確な低下が起こっている。無負荷時と同手法により求めた振動振幅は 0.37mm であった。この理由として、締固め時、棒部先端はコンクリート内で運動し、コンクリートから抵抗力を受けて運動が制限されるため、水平加速度振幅が低下すると考えられる。また、この抵抗力は棒部内部の偏心錘に減速トルクとして間接的に作用するため、トルクが増加すると考えられる。締固めの進行に伴う変化については、硬練りの場合、明確な変化が読み取れなかった。

4. 締固めの進行による内部振動機の運動推移

締固めの時間進行における内部振動機のトルク、および棒部先端の水平加速度の時間推移を図 3 に示す。試験結果を特徴付けるため、トルクのノイズは移動平均を用いて除去し、また水平加速度は振幅値を評価する際に多用される実測値の 2 乗平均の平方根、すなわち実効値(RMS)によって評価した。内部振動機の駆動開始は 1 秒時に行われ、起動トルクが急激に増加していることがわかる。起動トルクは、無負荷時にも発生し、モータ回転子が回転を開始するために必要なトルクである。このとき、多大な電流が流れ、電源電圧も急激に減少するが、この現象はどの締固め状況でも同様に観測された。モータの駆動後、ほぼ 5 秒程度後にはトルク、水平加速度はほぼ定常状態になっている。定常以前の過渡状態は、水平加速度の不規則な変動が発生しているが、これは棒部に接触している骨材粒子群からの強い抵抗により、棒部先端運動が乱されていると考えられる。つまり、この間に骨材の移動・再配置が内部振動機によって行われていると推定される。水平加速度の初期変動が収束した後、トルク、水平加速度はほぼ定常状態になり、若干ながら時間経過とともにトルクは減少傾向、水平加速度は増加傾向を示す。これらは中練り、軟練りの状態において見られるが、硬練り状態では水平加速度はほぼ一定の値となった。これら理由として、骨材の配置がほぼ決定された後は、ペースト部の脱気や骨材間へのペースト充填等が内部振動機により行われていると考えられる。脱気に関しては、中練り、軟練りの試験中においてコンクリート表面に多数の微細な気泡が発生するのが観察され、その大きさは数ミリ程度であったが、この脱泡現象からも上述の傾向が説明できる。硬練り状態の場合は、ペースト量が少なく脱気等による棒部への抵抗力変化が少ないため、棒部運動に変化が現われなかったと考えられる。

5. おわりに

本研究は、内部振動機の運動状態量からコンクリートの締固め状況を評価する技術を確認するため、締固めにおいて内部振動機のモータトルク、棒部先端の水平加速度の運動推移を実験的に求めた。その結果、締固めの進行によりトルク、水平加速度共に変化し、この二つの状態量は詳細な締固め過程を評価する一助になることがわかった。

参考文献

- 1) 岡本寛昭：コンクリートの振動締固め過程に対するモニタリング、土木学会フレッシュコンクリートのコンシステンシー評価に関する技術の現状と課題シンポジウム論文集、Ⅱ pp, 55-62, 2003.7
- 2) 岡本寛昭, 吉川昌典, 鈴木立人：内部バイブレータの負荷とコンクリート中の加速度の連動性、土木学会全国大会第 59 回年次学術講演会、2004.9

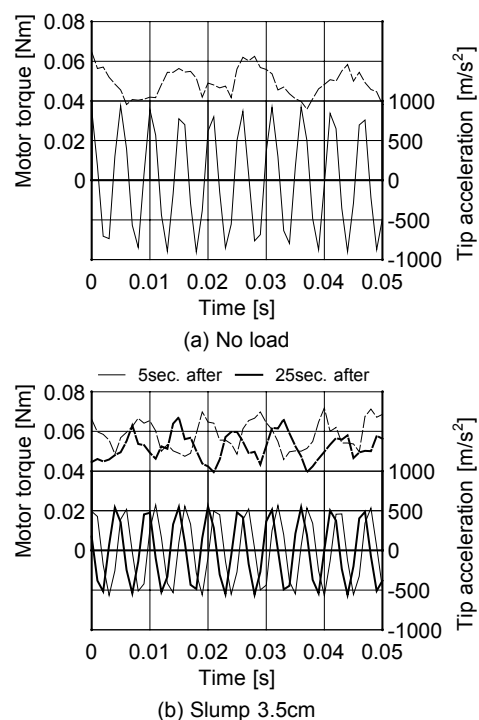


Fig. 2 Comparison of concrete vibrator's time behaviors

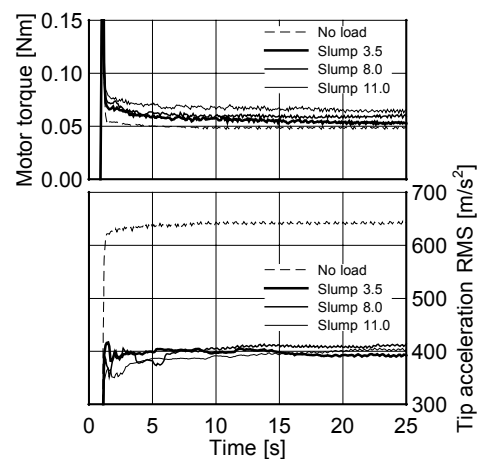


Fig. 3 Slow changes of vibrator's behavior