

圧力分布シートセンサを用いたコンクリートの充填および締固め管理に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○柳井修司 小林 聖 藤田祐作 片村立太 フェロー会員 坂田 昇
横浜国立大学 正会員 細田 暁

1. はじめに

コンクリート構造物の品質や耐久性を確保するうえで、施工時の打込み・締固め作業を適切に管理することは重要である。特に、締固め管理は目視や現場作業員の経験などの感覚に依存しており、定性的な評価により行われているのが実状である。また、ハンチ部、高密度配筋部などにおけるかぶりなど、目視による充填状況の確認が困難な箇所においては、脱型した時に初めてコンクリートの充填状況を確認することになる。これに対して施工中に充填状況や締固めの程度をリアルタイムでモニタリングできれば、振動時間を長くしたり、バイブレータの挿入位置を変えたりすることで密実性を高めることが可能となる。そこで、リアルタイムで圧力の分布を面的に可視化できるシートセンサを型枠の内側に設置し、コンクリートの充填および締固め状況をモニタリングする手法について検討した。

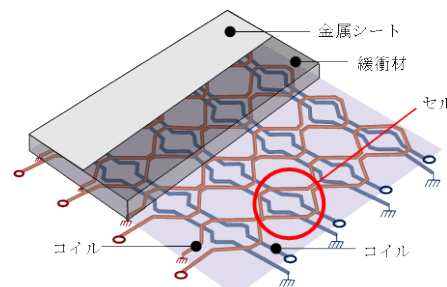


図-1 圧力分布シートセンサの概要

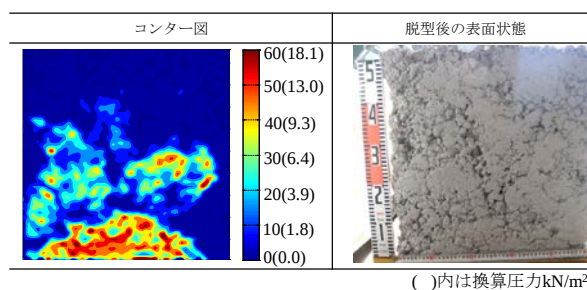


図-2 圧力コンター図と脱型後の表面状態

2. 圧力分布シートセンサの概要

圧力分布シートセンサ（以下、センサと称す）の概要を図-1に示す。センサは、コイルが直交するセル部と緩衝材を介した金属シートで構成される単純な構造となっており、圧力に応じて変形する金属シートがセル部に近づくことで電磁結合が変化し、その結合係数を検出することにより、各セルの圧力を独立して表示する機構となっている。緩衝材の種類を変更することで、接触圧の調整ができるため、検知可能な圧力範囲を任意に変更できる特徴を有している。

3. 要素実験による充填検知

コンクリートを型枠内に打ち込み、締め固めない状態でセンサの検知状況を確認した。コンター図と脱型後の表面状態を図-2に示す。締固めを行わなかったため未充填や締固め不足が生じ、その部分はコンター図に色が示されなかった。また、脱型後のコンクリート表面状態と圧力コンター図は良好に対応しており、未充填部分や締固め不足を確実にモニタリングできることが示された。

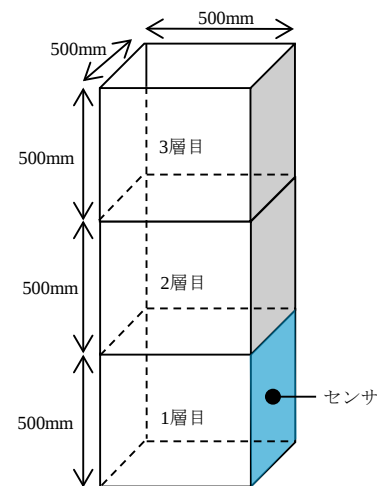


図-3 模擬柱試験体の概要

4. 無筋構造物による施工実験（模擬柱）

無筋構造物の試験体概要を図-3に、実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。試験体の寸法は500×500×1,500mmであり、1層目（0～500mmの範囲）にセンサを設置した。コンクリートは0.3m³のバケットを使用して3層で打ち込み、各層を1回で打ち上げた。バイ

表-1 コンクリートの配合（呼び方：普通 30 12 20N）

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤
52.0	43.8	12 ±2.5	4.5 ±1.5	175	337	767	1009	2.53

セメント: 普通ポルトランドセメント, 密度: 3.16g/cm³

細骨材: 砕砂, 表乾密度: 2.60g/cm³

粗骨材: 砕石, 表乾密度: 2.67g/cm³

AE減水剤: リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体

キーワード 圧力分布シートセンサ, 締固め, かぶり, 未充填, リアルタイム, モニタリング

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8018

ブレータ (φ40mm) による締固め時間は各層同一とし、コンクリート中心で15秒、四隅で15秒ずつ振動させることとした。品質管理の試験結果は、スランプ13.5cm、空気量5.3%であった。

センサの圧力コンター図を図-4に示す。センサが検知した圧力をパソコン

画面状にコンター表示し、これをモニタリングすることで、コンクリートの打込み、バイブレータによる締固め、次層の打込みという施工過程において圧力コンター図の色が時々刻々とリアルタイムで変化する様子を視覚的に捉えることができた。

次に、センサによる側圧の経時変化を図-5に示す。振動締固め開始から側圧が上昇し、ある値で一定となった。つまり、圧力が一定になった時点が十分な締固めがなされた時点と判断できる。以上により、本センサを用いることで、視覚的な充填検知のみならず、数値による締固め程度も判断できる可能性が示された。

5. RC 部材による施工実験

鉄筋が高密度に配筋された部材のかぶり部のモニタリングの可否を評価した。試験体の概要を写真-1に示す。500×500×500mmの型枠の一面にセンサを設置し、さらに鉄筋を配置した。鉄筋径はD16とし、主筋(縦)の間隔は55mmと30mmの2種類とし、配筋筋(横)の間隔は一律55mmとした。コンクリートは高さ500mmまで打ち込み、φ40mmのバイブレータを用いて中心と四隅、鉄筋付近の順に段階的に15秒ずつ締め固め、その様子をセンサでモニタリングした。各締固め段階における圧力コンター図を図-6に示す。鉄筋付近を締め固め始めると、配筋間隔が大きい方からコンクリートが徐々に間隙を通過してかぶりに廻り込む様子をリアルタイムでモニタリングすることが可能であった。鉄筋付近を十分締め固めることで配筋間隔の影響がなくなり、最終的に圧力コンター図は左右均一となり、側圧に応じたグラデーションを示した。以上より、高密度配筋部におけるコンクリートの充填や締固めの度合いをリアルタイムに、精度良くモニタリングできることが示された。

6. おわりに

圧力分布シートセンサに関して、今回の実験により得られた知見は以下のとおりである。

- (1) センサは、コンクリートの側圧をリアルタイムでコンター表示することができ、締固め中に側圧のグラデーションを確認することで、締固め状況をビジュアルにモニタリングすることができる。
- (2) センサによって締固め中に側圧が一定となる様子を捉えることができ、その時点を確認して締固め完了とみなして締固め管理を行うことができる。
- (3) 高密度配筋部材にも適用可能であり、モニタを観察しながら、リアルタイムの締固め管理を行うことができる。

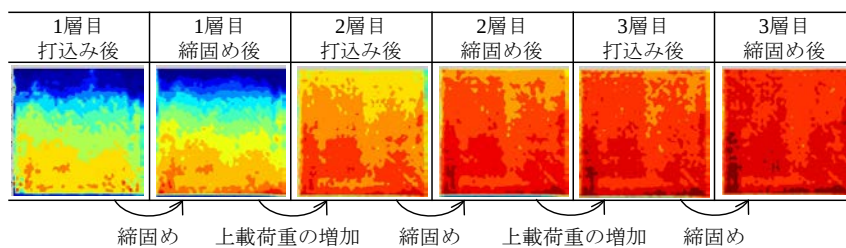


図-4 センサから取得した圧力コンター図

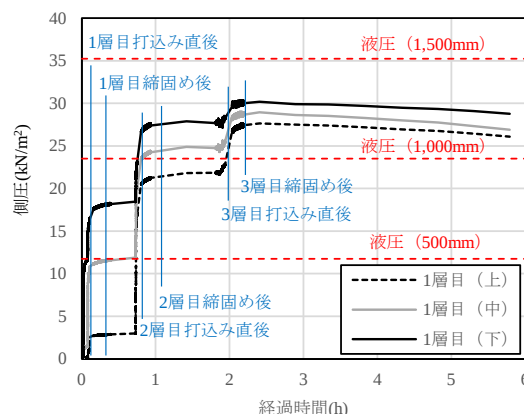


図-5 センサから取得した側圧の経時変化

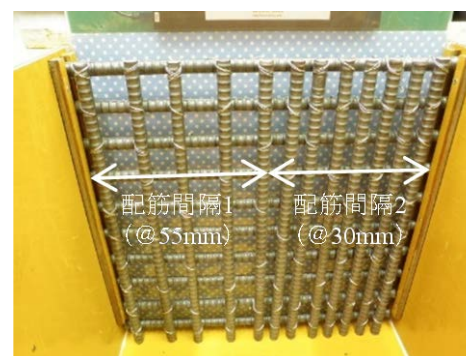


写真-1 高密度配筋の試験体

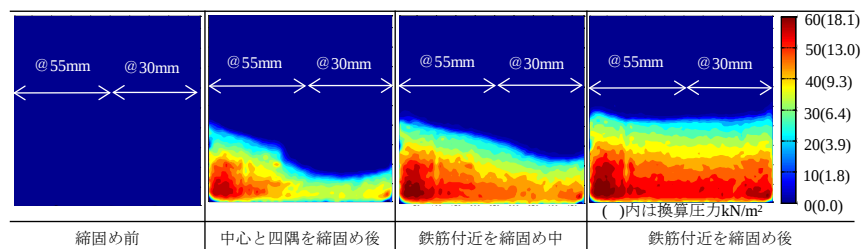


図-6 各締固め段階における圧力コンター図