コンクリート自動締固め管理システムの現場適用

(株)竹中土木　　正会員　○倉知　星人　千葉　力
(株)共立模型　　原科　実　田中　善之
計測技研(株)　　正会員　藤原　伸輝

１．はじめに

国土交通省では，「ICT の全面的な活用」等の施策を導入することによって，魅力ある建設現場を目指す i-Construction の取組みを進めており，測量・設計から施工，さらに管理にいたる全プロセスにおいて，情報化・省人化による生産性向上が求められている．コンクリート構造物では，高流動コンクリートの導入やプレキャストの適用拡大などの取組方針が示されているが，締固め作業を必要とする現場打ちコンクリート工事が多く占める状況は当面続くと考えられる．そして，この現場打ちコンクリート構造物施工を行う職人は今後減少していくことが予想されていることから，締固め作業の省力化（機械化）と締固め情報の見える化（情報化）に着目した．

本論文では，昨年度報告[1]したシステムを実現場で適用した内容について報告する．

２．締固め機械と締固め情報の見える化システムの概要

締固め機械の外観（使用状況）を**写真-1** に示す．本機械は，コンクリート構造物施工時に用いられる足場を利用して設置した単管パイプのレール上を移動して締固め作業を行う．ゴムローラーをモーターで動かすことによる機械本体が水平方向二軸の移動を可能としており，あらゆる構造物形状に対応できる．また本機械で使用するバイブレータを**図-1** に，本機械の昇降機構を**図-2** に示す．バイブレータは締固め機械のチャックで把持できるように鋼管型バイブレータの鋼管部分に鋼製リングを取り付けており，チャックが上下移動することにより，バイブレータを昇降させることができる．可動チャックのストロークは 750mm で，ストロークを超えてバイブレータを昇降させる場合は，可動チャックを戻して上記作業を繰り返す．バイブレータは先端部がコンクリートに挿入される直前でスイッチが入り，締固め終了後，コンクリートから引き上げられた時点でスイッチが切れるように設定されている．バイブレータ挿入位置や 1 ヶ所あたりの締固め時間,引上げ速度などはタブレット端末で設定する．これらの機構により，締固め機械が定位置まで移動してバイブレータを降下させ，所定の時間締固め作業を行ってバイブレータを引抜き，次の締固め位置へ移動する一連のコンクリート締固め作業を自動で行うことができる．また，締固め機械にはレーザー距離計を搭載しており，打設前に走査して型枠内の鉄筋やセパレータ等の障害物を検知し，締固め位置間隔の制限値などの条件に基づいて，バイブレータ挿入位置を自動計算

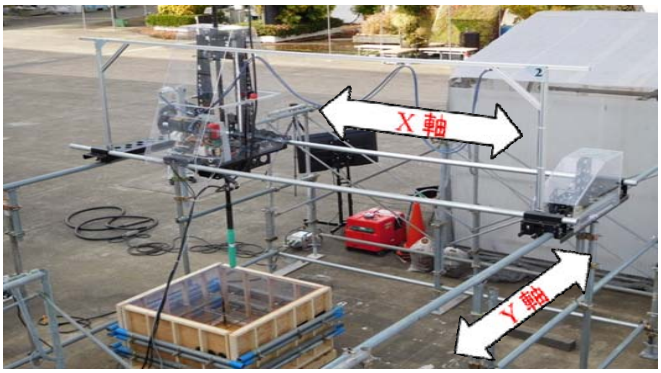

写真-1　締固め機械の外観（使用状況）

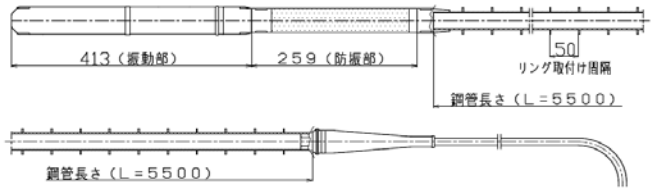

図-1 バイブレータ　【mm】

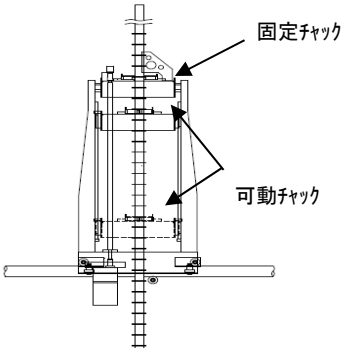

図-2 バイブレータ昇降機構

キーワード　現場打ちコンクリート，締固め，省力化（機械化），見える化（情報化），
連絡先　　〒136-8570　東京都江東区新砂 1-1-1　(株)竹中土木技術・生産本部　TEL 03-6810-6215

© Japan Society of Civil Engineers

によって設定することができる．さらに，打設中はレーザー距離計により締固め箇所のコンクリート上面高さを計測して，その層で最も低い仕上がり高さを抽出し，次層を打重ねる際，この高さから 100 ㎜低い位置までバイブレータを挿入するようにプログラムしている。，これにより，上下層のコンクリートを確実に一体化させることが可能となっている．

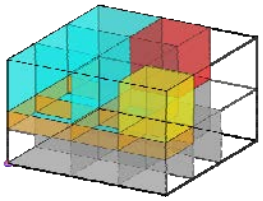

図-3 締固め状況表示

締固め情報の見える化システムは，機械の位置とバイブレータの昇降量および通電状況の情報をもとに，あらかじめ登録しておいた構造物図面に色で表示する．締固め状況の表示例を**図-3** に示す．締固め作業が設定通りに行われた場合は水色，設定通りに行われなかった場合は赤色，作業進行中は黄色，上下層の一体化のためのラップ部は橙色で表示されコンクリートの締固め状況がリアルタイムに把握できる．

3．システムの現場適用

適用構造物は**図-4** の赤色で示すボックスカルバート内の水路壁で施工延長は 6m である．打設計画を**図-5** に示す．バイブレータの挿入位置は水平方向に隣り合うセパレータの中央の 600 ㎜ピッチ，コンクリート投入高さは 500 ㎜毎の 3 層とした．3 層とも 1 層のコンクリート厚さが約 500 ㎜の位置になるまでコンクリートを平坦になるように投入し，先行バイブによる人力での締固めを行った後に，本開発の締固め機械にて仕上げの締固めを行う計画とした．

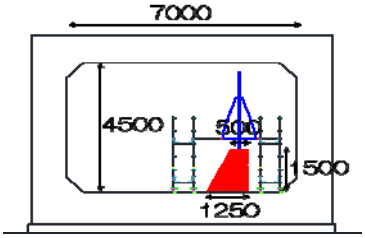

図-4 適用構造物（㎜）

適用状況を**写真-2** に示す．前述したバイブレータの水平方向の挿入位置は，締固め機械に搭載されているレーザー距離計にて鉄筋，セパレータを検知し，今回設定した計算条件（最大間隔 600 ㎜，最小間隔 300 ㎜，障害物離隔距離 100 ㎜）に基づいて自動設定させた．結果は，計画通り水平方向に隣り合うセパレータの中央の 600 ㎜ピッチとなった．また，挿入深さ 1 層目はバイブレータの先端が型枠底より 50 ㎜上の位置，2 層目と 3 層目はレーザー距離計により計測した前層のコンクリート高さの 100 ㎜低い位置に挿入し，上下層のコンクリートを一体化するように設定した．締固め中の見える化システムの表示画面の一例を**図-6** に示す．この表示画面は，2 層目のコンクリートの締固めが正常に完了した状態である．画面右下の表示で，1 層目のコンクリート高さが型枠底面から 441 ㎜と計測され，2 層目の締固めのバイブレータ先端は 1 層目のコンクリート高さから 100 ㎜低い位置となる 341 ㎜の位置に自動設定され締固めが行われたことが確認できる．挿入位置の自動設定と打重ね時の挿入高さ設定機能，そして機械による実際の締固め作業は問題なく動作し，一連のコンクリート締固め作業を自動で行うことができた．脱型後のコンクリートはジャンカ等も見られず健全なコンクリートを打設することができた．

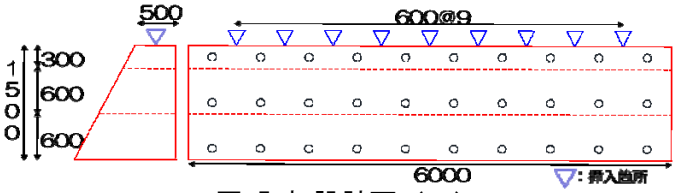

図-5 打設計画（㎜）

写真-2 適用状況

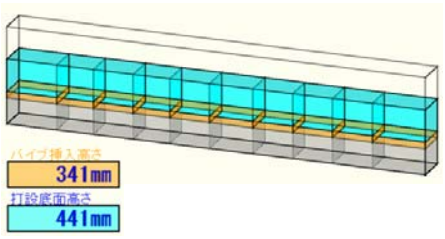

図-6 見える化表示画面例

4．まとめ

現場打ちコンクリートの仕上げ振動作業を，機械化することによって 2 人工の省人化が図れた．また，締固め情報をリアルタイムで見える化することで，締固めの未施工箇所がなくなりコンクリートの品質確保も図れることが確認できた．今後は，現場への適用を増やしていき，問題点の抽出と改良を行う予定である．

参考文献

1)倉知ほか:コンクリート自動締固め管理システムの高度化,土木学会第 75 回年次学術講演会，2020

© Japan Society of Civil Engineers