

現場打ちコンクリート施工の生産性向上

渡辺博志

1. はじめに

コンクリート構造物は社会インフラの根幹をなすものであり、設計・施工・維持管理を適切に実施し、長期供用を実現することが重要となる。

一方で、少子高齢化社会の進展に伴い、建設産業に従事する労働者数が減少し、生産性の向上に対する要望も高まっているところである。生産性向上を実現するために*i-Construction*の取り組みが本格化する中、コンクリート分野についても全体最適を図る観点から期待が高まっている。

コンクリート分野の生産性向上について、広い立場に立てば、設計や施工時のみではなく、維持管理までが対象となってくる。例えば、新設時に多少労力がかかったとしても、建造されたコンクリート構造物が非常に耐久性に優れ、維持管理に要する手間がほとんどかからないのであれば、それは生産性向上に資するものであるともいえる。

しかし、このように生産性を広義にとらえると、議論の視点が多種多様となり、限られた紙面でうまくまとまりをつけて記述することは困難である。このため、本報文では、主としてコンクリート構造物の新設時の施工部分に関係するところを対象とする。

なお、コンクリート分野の生産性向上に関しては、既報¹⁾においてその一部を紹介していて、生産性向上の方策としてプレキャストコンクリート製品の有効活用について触れている。従って、重複を避けるため、ここでは特に現場打ち施工のコンクリート構造物を対象とし、*i-Construction*の方針に沿って、設計施工時の工夫や新たな技術の活用、今後の課題について述べる。

2. 現場打ちコンクリート施工の生産性向上方策

現場打ちコンクリート構造物を建設するに当たって現場での生産性を向上する方策として大きく分類すると、鉄筋加工組み立てに関するものと、コンク

リートの打設に関するものと大別できる。鉄筋加工組み立ての生産性向上に対しては、構造物の設計段階において、施工性に配慮した工夫が必要になるものもある。

一方、コンクリートの打設に関しては、コンクリートの施工性に大きく関わるスランプの設定が重要となる。

3. 鉄筋加工組立ての生産性向上

3.1 配筋不能箇所の解消

鉄筋コンクリート構造物施工の生産性向上を阻害する要因として、まず挙げられるのが配筋の作業である。

鉄筋コンクリート部材では、図-1に示すように、重ね継手などが存在するため、実物は図面から感じるよりもはるかに鉄筋が多くなる。とりわけ、高い耐震性を要求される鉄筋コンクリート構造物では、主鉄筋だけではなく横方向鉄筋も増加するため配筋の密度は高くなる。あるいは、柱・はり接合部など異なる方向の鉄筋が集中して定着される箇所は鉄筋が輻輳し、配筋作業が困難を極める。実際に鉄筋の組立を行うと、鉄筋の位置が干渉しあって図面通りの配筋が不可能であることが判明し、配筋作業をやり直す事態になる場合もある。生産性向上のためには、設計段階において配筋不能箇所が生じないことを確認することが求められる。設計図面においては、鉄筋を太さの無い線として描くのみでは、こうした不具合の解消は困難である。鉄筋の太さを表現した



図-1 鉄筋コンクリート橋脚配筋状況の例

拡大図を作成し、重ね継手部分の状況など確認しておくことが必要となる。鉄筋組立てにおいて鉄筋が干渉し図面通りの配筋が不可能となることがないか事前に確実にチェックできるツールの導入などが望まれるところである。

3.2 コンクリートの打設作業に配慮した配筋

過去、コンクリートの施工において不具合が発生する原因を究明するため、アンケート調査を実施したことがある。このアンケート調査において、打込み不良を生じた理由²⁾として挙げられたものを図-2に示す。

コンクリートの打設作業においては、コンクリートの材料分離を防ぐ目的から、締め固め時に内部振動機によってコンクリートを横流しするような施工は行ってはならない。また、コンクリートポンプの排出口（筒先）を、コンクリート打設面から高くしてフレッシュコンクリートを自由落下させてしまうと、やはり材料分離を引き起こすことから、自由落下高さは1.5m以下とするよう定められている。従って、コンクリートのポンプ筒先はコンクリート打ち込み箇所に近づけることが必要となる。

筒先を打込み面近くに近づけるためには、配管の挿入口が確保されていることを、配筋設計時点で確認しておく必要がある。

3.3 鉄筋端部の定着の工夫による施工効率の向上

鉄筋は、コンクリートに確実に定着できるよう、その端部は半円形・鋭角・直角などの標準フックを、設けることが原則である。ここで、端部フックの曲

げ加工寸法は構造細目として、昭和4年に刊行された土木学会コンクリート標準示方書（初版）ですでに規定され、現在に至っている。

しかし、鉄筋両端に曲げ加工フックが存在すると、これが邪魔となり鉄筋組立の効率を低下させる場合が多い。こうした問題を解消するため、図-3のように鉄筋端部に定着板を取付けてコンクリートと鉄筋の一体化を図る機械式鉄筋定着工法が考案されている。この工法が効果的である例を図-4に示す。図-4の左に従来の両端半円形フックを用いた場合を示す。図において上下方向に配筋されるせん断補強鉄筋は本来1本の鉄筋として配置したいところである。しかし、両端部に半円形フックが存在する場合、半円形フック部分が障害となり鉄筋配置が困難となる。このため、図に示すように、2本の分割鉄筋とし、上縁側と下縁側で主鉄筋や配力鉄筋にフックを掛けた後、中央部で重ね継手を用いて2本の鉄筋を接合することとなる。これにより、曲げ端部加工の数量が増加するとともに、重ね継手のラップ部分の鉄筋量も余分に必要となる。これに対して、図-4の右は、赤で示すせん断補強鉄筋に、下端を曲げフックではなく定着板とした機械式鉄筋定着工法を活用した場



図-3 片側に定着板を設けた鉄筋の模式図

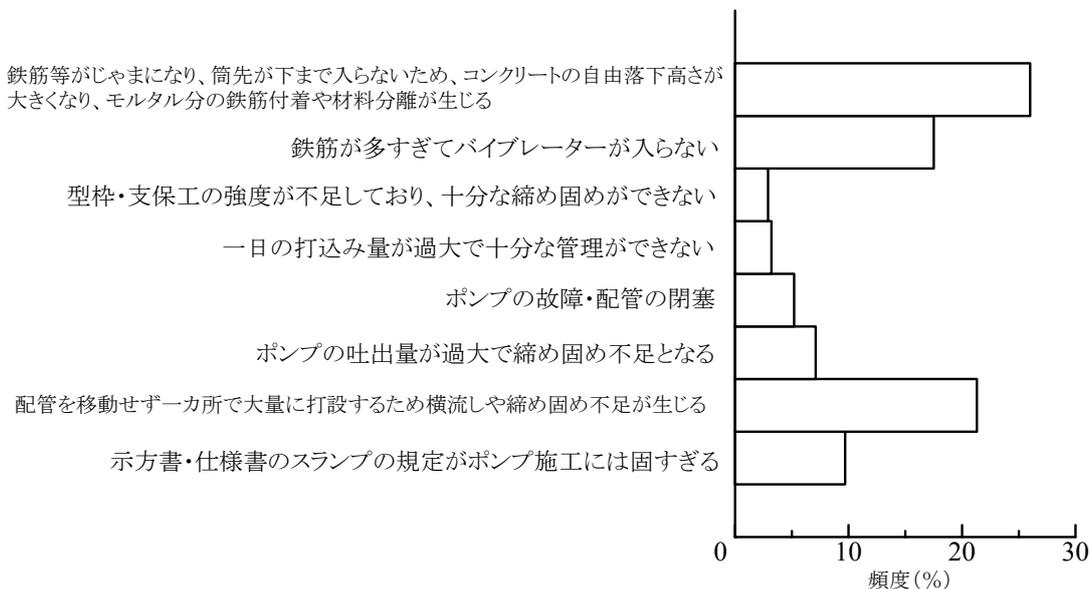


図-2 打込み不良の原因

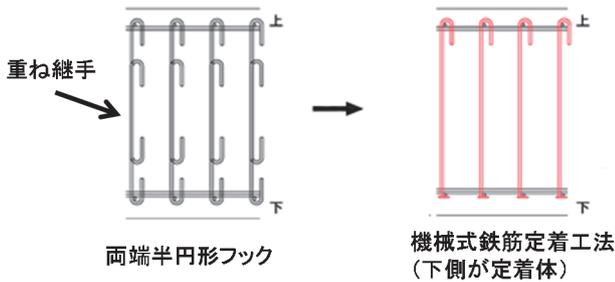


図-4 せん断補強鉄筋に機械式鉄筋定着工法を用いた例³⁾

合を表している。定着板であれば、容易に主鉄筋に端部をかけることができ、1本の鉄筋でも配置可能となる。これにより、曲げ加工の工数を削減し作業効率が向上するとともに、重ね継手部分に余分に必要となる鉄筋も不要となる。

ただし、機械式鉄筋定着工法の適用にあたっては、適用部位の力学的特性をふまえ、適切な工法を選択が重要となる。すなわち、一般的なせん断補強鉄筋に適用する場合と、柱基部のような塑性ヒンジ区間での中間帯鉄筋に適用する場合とでは、定着体に求められる性能も異なってくる。後者の場合、主鉄筋の座屈変形を拘束する機能が求められる。このように適用部位の鉄筋に求められる性能を考慮して機械式鉄筋定着工法を適用する標準的な手法を示したガイドライン³⁾が取りまとめられた。今後、こうしたガイドラインが活用され、機械式鉄筋定着工法の普及に寄与することが期待される。

4. コンクリート打設の生産性向上

4.1 スランプの設定について

鉄筋コンクリート構造物において、鉄筋の配筋密度が高まってくると、コンクリートのスランプを8cmと設定して施工することが困難となる。配筋状況や締固め時の作業員と締固め位置の距離などに応じてスランプを8cmよりも大きく設定し流動性を高

めたコンクリートを用いることが施工効率の向上に資することになる。ところが、これまで使用するコンクリートのスランプは慣用的に8cmと設定されることが多く、スランプを大きく設定した柔らかいコンクリートは、品質上の懸念から、その採用に対して消極的になることも想定される。

ここでは、流動性を高めるためスランプを大きく設定したコンクリートの活用にあたっての考え方を述べることにする。

4.2 コンクリート用材料や品質検査技術の進歩

コンクリートの単位水量増加により、スランプを大きくすると、コンクリートの品質の低下につながる。たとえば、単位水量の増加によりコンクリートの乾燥収縮ひずみが増加しひび割れ発生の原因になるとともに、耐久性や強度の低下の要因となる可能性がある。

しかし、近年多くの種類の化学混和剤が開発され、これらを適切に使用することにより、単位水量を増加させずにスランプの調節が可能となっている。また、現着生コンクリートの単位水量試験が普及し、打設前の試験により過大な単位水量で配合されたコンクリートが使用されることを防止できるようになった。こうした化学混和剤の開発や現着生コンクリートの品質検査体系の確立により、単位水量の増加による硬化コンクリートの品質への弊害は発生しにくいと考えられる。

4.3 材料分離評価のための検査方法

スランプを大きくしたコンクリートを用いた場合に想定される問題として、単位水量増加の点以外に、粗骨材や練混ぜ水の分離による悪影響が発生することも考えられる。フレッシュコンクリートの粘性を適切に確保し、材料分離を防ぐことが重要となる。

図-5は材料分離の状況を知るため、スランプ試験を実施した直後のコンクリートの様子を示したもの



図-5 スランプの比較 (左：スランプ7cm，中：スランプ19cm，右：スランプ18.5cm)

である。左は一般的なスランプ8cm程度のコンクリート、中はスランプ19cmで材料分離が認められないもの、右はやはりスランプ18.5cmであるが顕著な材料分離を生じているものである。右の材料分離が顕著なものは、粗骨材が偏在しているとともに、練板に広がったコンクリートの縁の部分にペースト分が先流れしている状況がうかがえる。こうした顕著な材料分離が発生した理由としては、コンクリート中に含まれるセメント等の微粒分が不足し粘性が不十分となっていることがあげられる。

従って、コンクリートのスランプを大きく設定し流動性を高めた場合は、スランプ試験を実施した際に、スランプ値の測定だけではなく、フレッシュコンクリートのくずれ状況を注意深く観察し、材料分離の兆候が認められないことを確認しておくことが重要となる。このような、くずれ状況の観察はコンクリートの材料分離抵抗性を判定するうえで有効であるが、主観的であり定量的な判断が難しいことも想定できる。こうした点を踏まえ、比較的短時間で実施可能な簡易ブリーディング試験⁴⁾を提案している。

図-6は簡易ブリーディング試験の概要を示すものである。底面に0.3mm目のふるいを設置した容器に、試料となるフレッシュコンクリートを詰め上面に質量5kgの重錘を乗せ、底面から排出される水分を測定する簡単なものである。試験結果は、排出された水の容積(cm³)を、容器底面の断面積(cm²)で除した数値(cm³/cm²)を簡易ブリーディング量と定義し判定指標として用いる。約30分の所要時間でコンクリート中の水分の分離抵抗性を評価することができ、0.30cm³/cm²以下であれば、十分な材料分離抵抗性を有することを明らかにしている⁴⁾。

スランプの崩れ具合の観察あるいは簡易ブリーディング試験を活用することにより、スランプが大きくても材料分離せず、均質で優れた施工性も有するコンクリートを評価・判定することが可能となる。

5. まとめ

ここでは、現場打ちコンクリートを対象とし、施工効率を高める上で有効と考えられる項目について技術の現状を紹介した。ただし、生産性向上に資する技術は、当然のことながらこれ以外にも数多くあると思われる。今後、現場における検証を通じて広く現場に普及し、飛躍的な生産性の向上につながる

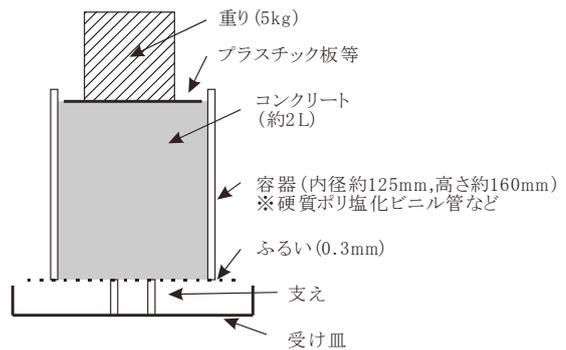


図-6 簡易ブリーディング試験⁴⁾

ことを期待する。

謝 辞

本報文において、機械式鉄筋定着工法の部分は、筆者も委員として参画した機械式定着工法技術検討委員会（委員長：東北大学・久田真教授、委員会事務局：一般社団法人・日本建設業連合会）の成果を活用させていただいた。紙面を借りて深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 古本一司、市村靖光、高野進、笹川隆介、古賀裕久：コンクリート工の生産性向上に向けて、土木技術資料、第58巻、第4号、pp.16～19、2016
- 2) 建設省土木研究所・(社)日本土木工業協会：コンクリート施工の改善法に関する調査報告書ーコンクリート構造物の施工の実態ー、土木研究所資料第2456号、1987
- 3) 機械式定着工法技術検討委員会：機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン、国土交通HP、http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000351.html、2016.7.
- 4) 古賀裕久：簡易ブリーディング試験による材料分離抵抗性の評価、土木学会第71回年次学術講演会、pp.613～614、2016.9

渡辺博志



土木研究所先端材料資源研究センター
材料資源研究グループ長、博（工）
Dr.Hiroshi WATANABE