

コンクリート工の生産性向上に向けて

古本一司・市村靖光・高野 進・笹川隆介・古賀裕久

1. はじめに

社会資本整備の現場において、技能労働者の高齢化や若年入職者の減少が予想(図-1)されており、将来にわたる良質な社会資本の供給、維持管理需要を支える労働力の確保に支障が生じることが懸念されている。こうしたことから、施工現場における労働生産性の向上が喫緊の課題であり、設計段階・施工段階での省力化に資する技術の有効活用を図る取組が求められている。国土交通省では、i-Construction委員会等で、建設現場の生産性向上方策について検討しているところである。

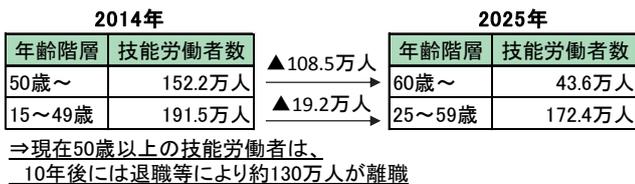


図-1 今後の技能労働者数の予測¹⁾

国土交通省直轄工事データ分析結果によると図-2に示すとおり、土工、現場打ちコンクリート工の分野において現場にて多数の技能労働者を要しており、これらの分野を対象として省力化、効率化を促進する意義は大きいと考えられる。

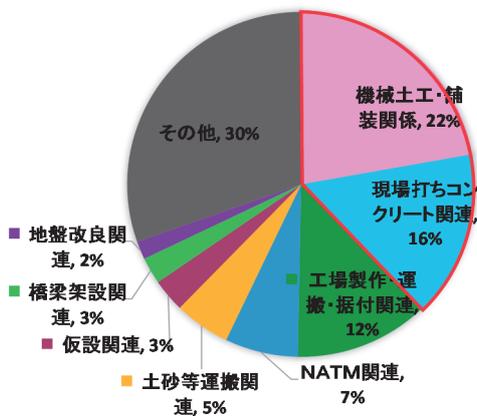


図-2 国土交通省直轄工事(H24)における職種別人員構成比

このうちコンクリート工に関しては、型枠工などの技能労働者が従事しているが、他の技能労働

者に比べても高齢化の傾向があり(図-3)、今後の技能労働者減少に対応すべく生産性向上が急務である。これに対し、現場作業の省力化に優れたプレキャストコンクリート(以下「PCa」という。)や鉄筋・型枠のプレハブ化、鉄筋の機械式定着工法、高流動コンクリートの活用などが考えられる。

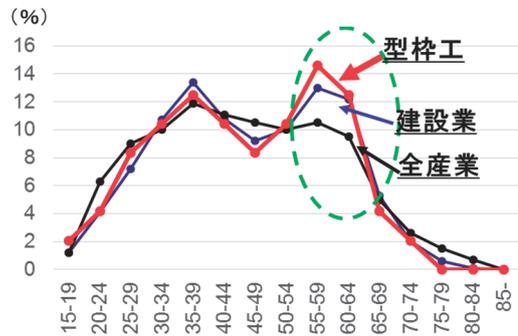


図-3 建設技能労働者の年齢構成²⁾

これらの技術についてはすでに現状においても一定の活用があるものの、さらなる活用に向けて技術的な検討を要する部分も残されている。本報文では、国土技術政策総合研究所、土木研究所において行っている関連研究等の概要について紹介する。

2. 現場打ちコンクリート工の効率化に関する課題

土木用コンクリート構造物では、従来、スランブ8cm程度のコンクリートが用いられることが一般的であった。しかし、近年、構造物に求められる耐震性能が向上していることから、断面に配置される鉄筋量が多くなり、コンクリートの充填不良のリスクが大きくなっていることが指摘されている。したがって、現場打ちコンクリート工の品質確保の観点から、構造物や施工の条件に応じて、適切な施工性を有するコンクリートを用いることが求められる。

例えば土木学会では、2007年から鋼材量や締固め作業高さ、フレッシュコンクリートの工場から現場までの運搬及び現場内での運搬などの条件

を考慮して柔軟にスランブを設定することを提案³⁾しており、同様な考え方が2012年制定のコンクリート標準示方書〔施工編〕⁴⁾にも示されている。ただし、各条件の考慮の方法等については、必ずしも確立されているとまでは言えない状況であり、今後も検討が必要である。

近年は、化学混和剤の性能の向上などにより、コンクリートの品質に影響の大きい水セメント比などの配合要因を一定に保ったまま種々の施工性を有するコンクリートを製造することができるようになってきている。しかし、過去には、現場でコンクリートに水を加えて軟らかくした品質の低いコンクリートが用いられて問題になったこともあり、軟練りのコンクリートを用いることに不安感を抱く土木技術者も少なくないと考えられる。

そこで、土木研究所では、受入れ時に不適切なコンクリートを排除するための手法について種々検討している。手法の一つは単位水量の測定で、すでにエアメータ法⁵⁾などによる測定が、実用化されている。また、スランブ18cm程度までの軟練りコンクリートについては、スランブ試験時の試料の崩れ方の観察（図-4）やブリーディング性状に関する簡易な試験によって材料分離抵抗性を確認することが有効と考えられる。



通常の試料の例(スランブ19cm、コーン状の形状を維持しつつ変形)



セメント量が不足し、一部が崩れた試料の例



単位水量が過剰で、全体的に崩れた試料の例

図-4 スランブ試験時の観察例

3. PCaの活用に関する課題

3.1 PCaの活用実態

3.1.1 既往研究、調査のレビュー

PCa部材は、現場打ちのコンクリートと比較し

て気候や天候の影響を受けにくく、品質の安定が期待される。現場に受け入れる際に、硬化コンクリートの品質を確認できることも、構造物の品質を確保する上で有利と考えられる。また、前述のとおり従来技術に比べ大幅に現場作業を省力化することが可能（例えばカルバート工の場合約60%）であり、工期短縮にもつながるという利点がある。

一方で、PCa製品の活用においては、現場打ちコンクリートに比べ、運搬の影響などで割高となる傾向があり、省力化効果や工期短縮等のメリットが活かせず、採用に至らないケースも多い。また、発注者や製造者へのアンケート調査やヒアリング⁶⁾から、規格の統一化が図られておらず、生産者側では発注者毎に異なる製品を供給する必要があり、少品種大量生産によるコスト削減に繋がらなかったり、発注者側では標準化されていないPCa製品の使用にあたって個別に性能確認の必要があるなどの課題があるとされている。

3.1.2 PCaの活用に関する実態調査

直轄工事の現場において実際にPCaを採用した設計・工事の経験がある事務所担当者を対象に、PCaの採用理由、採用にあたっての課題等に関してヒアリングを行った。その結果、以下のような回答を得た。

(1) 設計段階

- ・擁壁、カルバートについては、運搬時の重量・サイズ制限による。
- ・設計段階では、基本的にコストを優先した工法選定となる。このため、施工現場では現場打ちよりもPCa製品の方が扱いやすいが、設計・積算ではPCa製品のメリットの評価が難しくコストの点で採用しにくいのが現状である。
- ・樋門の場合は、工期優先のためPCa製品を採用した事例がある。これは、PCa製品では非出水期間で施工完了、現場打ちでは通年施工となり、仮設による工事コスト増やその他リスクが考えられたためである。

(2) 施工段階

- ・現場では作業員不足が問題となっており、特に型枠工、石工、鉄筋工が少ない。そのため、これらの職種の作業員がそろわなくても施工可能であるPCa製品は、メリットがあると感じる。
- ・PCa製品で特に大型の製品は、運搬時の品質管

理に注意する必要がある。例えば、舗装路の運搬でさえも、道路の段差や凹凸が製品に影響しないかを考慮する必要がある。

- ・PCa製品は、製品に不備があれば再度製作の必要があり、時間や費用のロスにつながるため、製品発注前の設計照査が非常に重要である。
- ・PCa製品は、品質が安定している良さはあるが、曲線や曲げに対する自由度が低く、現場打ちに比べ使い勝手が悪いと感じることもある。
- ・樋門の場合、非出水期施工＝冬期施工となり、コンクリートは冬期養生となる。そのため、現場打ちと比べると工場製作であるPCa製品は品質が高く安定していると考える。
- ・現場打ちと比較して、PCa製品の方が監督・検査についても簡素化のメリットがあると考えられる。
- ・場所打ちからPCa製品への構造変更は、コストよりも時間（工期）が優先される現場で実施する。その際、工期短縮をコスト換算することは難しく、構造変更のコスト増との比較は現状では困難である。

(3) その他

- ・現場打ちコンクリート工に従事する熟練技能労働者の減少が施工効率・品質低下に与える影響をコスト化できるとよいのではないか。
- ・樋門、樋管についても道路構造物と同じようにJIS化をすればPCa化が進むと考えられるが、そもそも樋門、樋管は道路構造物と比べて工事量が少ないため、JIS化のメリットがあるかどうか検討が必要と考える。

3.2 PCaの活用促進策の検討

3.2.1 PCaの活用効果評価手法の検討

前述のとおり、PCaは従来技術に比べ直接工事費が割高となるといった理由により採用されないケースも多い。また現行の土木構造物設計ガイドライン⁷⁾においても、構造物のPCa化について、「既に側こう類のU型・L型側こう、パイプカルバート及びプレキャストコンクリート橋の主桁等に採用しているが、さらに現場工期の短縮、より一層の品質の確保等を図るため、擁壁やボックスカルバート等への採用の拡大を図る。また、既に採用しているPCa製品についても、それ自体を大型化したり、製品の長さを長尺化することなどにより、現場における据付け作業の効率化を図るこ

とが可能となる。」と記載されているが、採用の拡大を図る具体的な活用方策が明示されていない。

これに対し、PCa製品の工期短縮効果や品質向上効果など設計段階でPCa製品の持つ様々な効果を定量的に評価する手法の確立することにより、直接工事費のみならず総合的に評価することが可能となり、条件に応じ適切な技術が選択され全体最適が図られるようになることを目指している。また、将来の構造物の需要や技能労働者の動向予測を行い、従来技術に比べPCa製品の適用が効果的となる範囲を明確にすることを予定している。これにより、当該範囲での標準化が進みPCa製品のコスト削減も進むことが考えられる。例えば樋門に関しては、工期短縮により出水期を避けて工事を行うことで仮設工を大幅に削減できる場合があるが、道路用ボックスカルバートと同じ断面の樋門用PCa函渠が規格化されたと仮定（河川用に鉄筋かぶり、最小部材厚等は変更）し、場所打ちRC構造とのコスト比較を行った事例⁸⁾では、ある程度製品の標準化が実現すれば、比較的小規模なものではPCa函渠を使用しても、現場打ちコンクリート構造と同等のコストとなることが分かっている。この試算では、PCa函渠の標準化によって単純に製品価格が低下することを前提としたが、実際には調達量や地域性等の影響が大きいと考えられ、これらも踏まえて標準化の可能性を検討する必要がある。

そこでPCa製品を図-5に示すように、工種、施工件数、JIS規格の有無等でグルーピングを行い、各々のグループ毎に活用の実態等を整理し、普及促進策を検討していくこととした。

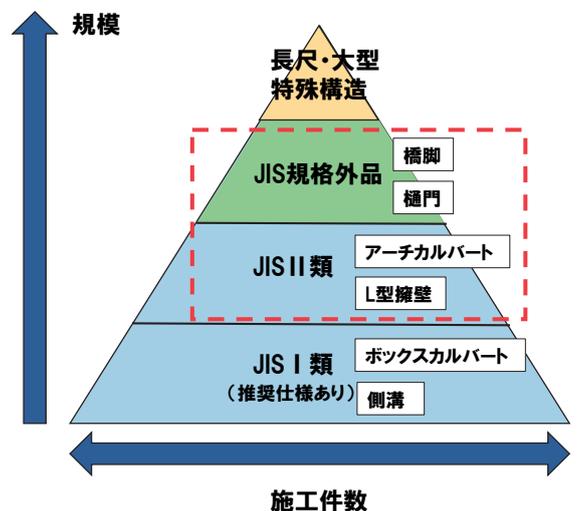
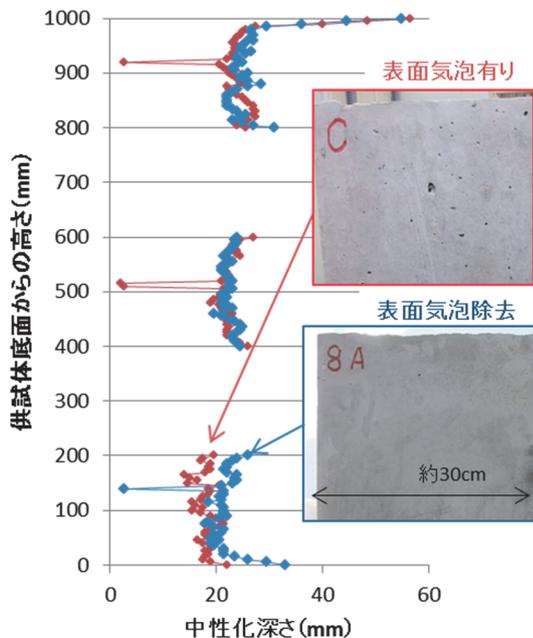


図-5 PCa製品の分類

例えば、設計手法は確立されているものの活用が必ずしも十分でないと考えられるPCa製品（図-5赤枠部。JIS規格Ⅱ類（L型擁壁など）、汎用的なJIS規格外品（樋門など）など）に関して、適用されている条件（現場条件、採用条件等）、選定理由に関し、積算データベース等を活用した実態調査を行うとともに、同様な現場において活用されていない理由を整理し、活用を促進するための評価手法を検討する予定である。

3.2.2 PCaの品質評価手法の検討

前述のように、出荷時に硬化コンクリートの品質を確認できることはPCaの利点ではあるが、一方で、色むらや軽微な表面気泡などで、コンクリートの品質に影響を与えない軽微な変状を理由に廃棄処分とされる場合もあることが指摘されて



※水セメント比65%のコンクリート供試体を8週間促進中性化環境においた。スペーシングによって表面気泡を除去した面と、除去していない面を比較した。その結果、表面気泡を減少させても中性化抵抗性は変わらなかった。

図-6 表面気泡の有無と中性化抵抗性の関係

いる。このような軽微な変状の影響について、高さ1mの供試体を用いて検討した例を図-6に示す。今後、PCaに生じやすい変状と耐久性等の関係を明確にして、合理的に品質の適否を判定できる手法を検討して行く予定である。

4. まとめ

本研究のアウトプットとして、以上で述べた検討結果を基に国土交通省が策定している土木構造物設計ガイドラインや積算基準の改定案等を提供することで、コンクリート工における生産性向上に資する様々な技術の導入促進・普及を図り、現場の生産性向上を進め、ひいては良質な社会資本の持続的供給に寄与できると考えている。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本建設業協会：再生と進化に向けて一建設業の長期ビジョン、2015
- 2) 総務省：国勢調査、2010
- 3) 土木学会：施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針（案）、コンクリートライブラリー126、2007.3
- 4) 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕、pp.72～79、2013.3
- 5) エアメータ法による単位水量推定マニュアル（土木研究所法）、土木研究所ホームページ、<http://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/>
- 6) 日本コンクリート工学協会：委員会報告 PCaコンクリート製品の設計と利用研究委員会、コンクリート工学年次論文集、Vol.31、No.1、2009
- 7) 国土交通省：土木構造物設計ガイドライン、1996
- 8) 市村靖光、溝口宏樹：標準化を想定したPCa樋門函渠のコスト試算、第22回建設マネジメント問題に関する研究発表会講演論文集、2004

古本一司



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センター建設システム課長
Kazushi FURUMOTO

市村靖光



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センター建設システム課長補佐
Yasumitsu ICHIMURA

高野 進



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センター建設システム課 研究官
Susumu KONO

笹川隆介



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センター建設システム課 交流研究員
Ryusuke SASAKAWA

古賀裕久



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 上席研究員
Hirohisa KOGA