

報告 コンクリートポンプ工法における施工の計画と実状に関する調査

柳井 修司*1・近松 竜一*2・石川 雄康*3・河野 広隆*4

要旨: コンクリートポンプ工法における計画と実状を把握するために、コンクリート工事の実務者を対象にアンケート調査を実施した。その結果、施工計画に不備・不満を感じるが多々あること、同じコンクリートを施工する場合でも建築と土木とでは計画が異なること、規準類を逸脱した施工計画がなされる場合があることなど計画段階での課題が明らかになった。また、計画を実工事に反映させる「実行性」について業者間に認識の差があること、常に計画通りに施工が行われる割合が低いことなどの実状が明らかになった。

キーワード: コンクリートポンプ工法, アンケート調査, 施工計画, 実状, 実行性

1. はじめに

コンクリートポンプが建設現場に登場したのは1965年頃であり、これを機にコンクリート工事は飛躍的に合理化・省力化され、近年の急速施工に大きく貢献している。その反面、「ポンプ施工がコンクリートの品質を低下させた」という声もあり、単位水量の増加に伴うコンクリートの早期劣化や加水などの社会的な問題にも影響を及ぼしていることも事実である。また、最近では骨材やセメントなどの材料の多様化、最大水セメント比の指定、高流動コンクリートや高強度コンクリートの普及などにより、コンクリートのポンプ圧送性が多様化し、コンクリートの品質に関する不具合、圧送に関わる不具合、施工中の安全に関する問題が顕在化してきている。

このような状況を背景に、(社)日本コンクリート工学会ポンプ施工技術調査委員会は、コンクリートポンプを用いた施工の実状を調査し、その問題点や課題を示すことで高品質なコンクリート構造物を安全に構築するためのガイドライン作りを目的として活動を行っている。本報告は、その一環として実施したコンクリートポンプ工法に関するアンケート調査¹⁾をもとに、施工の計画と実状について評価・分析した結果をまとめたものである。

2. アンケート調査

アンケート調査は、コンクリート工事の実務者を対象として実施し、ポンプ施工の実状や直面している課題などを把握するとともに、コンクリートポンプ工法の技術向上を図るための基礎資料を作成することを目的とした。アンケート調査の概要を以下に示す。

・調査期間：2006年12月～2007年1月

・対象者(回答数)：

施工管理者(216件：建築系103件、土木系113件)
打込み業者(21件)、ポンプ圧送業者(122件)
生コンクリート業者(24件)

(実務経験年数が10年以上の回答者の割合：92%)

・調査方法：対象者が所属する以下の業界団体から配布
(社)建築業協会、(社)土木学会、(社)全国コンクリート圧送事業団体連合会(全圧連)、各都道府県の生コン工業組合

・調査項目

施工計画：圧送業者の選定、圧送計画、試験圧送、計画と実工事の整合性など

施工の実状：先送り材、コンクリート圧送の実状、圧送によるコンクリートの品質変化、残コンクリートの処理および輸送管の洗浄、圧送時のトラブルなど

3. アンケート調査結果の分析

本報では、アンケートで得られた回答のうち、ポンプ施工計画の実状と計画が実際の施工に反映される度合い(以後、実行性と記す)について取りまとめた。計画の実状に関しては、コンクリートポンプ工法における計画がどのようになされているのか、各種規準類や指針類^{2~7)}との整合性にも着目して整理・検討した。また、計画の実行性に関しては、計画された作業内容が実際の施工においてどの程度まで反映されているのか、施工管理者-打込み業者-圧送業者の各業者間での意識・認識の違いにも着目して整理・検討した。

4. 計画の実状およびその考察

4.1 計画に対する意識

コンクリートのポンプ施工計画を立てる際、その根底

*1 鹿島建設(株) 技術研究所 土木構造・材料グループ 主任研究員 工修 (正会員)

*2 (株)大林組 技術研究所 土木材料研究室 材料施工グループ グループ長 工博 (正会員)

*3 太平洋セメント(株) 中央研究所 技術企画部 CSチームリーダー 工博 (正会員)

*4 京都大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 教授 工博 (正会員)

にあるものは、これから構築するコンクリート構造物の品質に対する意識である。図-1は、コンクリート構造物の品質に配慮するか否かについて問うた結果である。品質への配慮を計画段階で「必ずする」割合は、全体の約73%を占めた。業者別では、土木系施工管理者が90.8%、建築系施工管理者が80.4%、圧送業者が52.2%、打込み業者が41.7%、生コン業者が50.0%となり、特に土木系施工管理者の意識の高さが伺えた。ただし、回答数は少ないものの、「配慮しない」とする回答が見受けられ、コンクリート構造物の品質を確保・向上させていくためには、工事に携わる全ての従事者が今以上に高い意識をもって職務にあたる必要があるといえる。

図-2は、ポンプ施工計画の立案作業に関与する割合について問うた結果である。建築・土木系施工管理者の「必ず関与する」割合は他業者に比べて高く、施工計画が施工管理者を中心に立案されていることが伺える。ただし、その割合は60%程度にとどまった。ポンプ施工計画が圧送業者や打込み業者へ依存され、分業化がなされていることがその一因として挙げられる。圧送業者については、回答者の77%が「コンクリート圧送基幹技能者」⁸⁾であるが、「必ず関与する」割合が12.4%にとどまった。コンクリート工事全般に関する知識と技能を有する基幹技能者がますます積極的に計画へ関与していくことが期待される。なお、生コン業者の中にも施工計画に「関与したことがある」とする回答があり、コンクリートの供給者と使用者が一体となって計画に取り組んでいる場合もあるようである。

図-3は、ポンプ施工計画に対する不備・不満について問うた結果である。不備・不満を「感じない」とする割合は、全体の15.9%にとどまっており、施工計画について何らかの不備・不満を感じている場合が多いようである。特に、圧送業者については、不備・不満を「よく感じる」割合が42.1%と他業者よりも高い結果となった。別の質問で、その不備・不満を感じる計画の立案者が施工管理者であるとの回答が70%に達したことを踏まえると、品質を追求しようとする施工管理者と品質を意識しながらも施工効率を求めがちとなる圧送業者との間に認識の相違があるものと考えられる。また、施工管理者が書類作成業務などに追われ、施工における品質管理、施工管理、安全管理、作業環境整備などの詳細計画の立案やその実行・確認に費やす時間が不足している可能性もある。計画に対する不備・不満を少なくするためには、入念な計画を立案することはもちろん、作業従事者を含めた事前検討（意見交換）や計画の周知が重要である。

4.2 圧送業者の選定・請負形態

通常のポンプ施工では、計画段階で圧送業者の選定がなされる（打込み業者がポンプを所有、あるいはリース

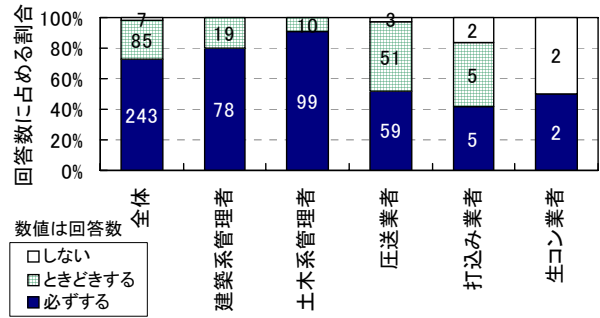


図-1 構造物の品質への配慮

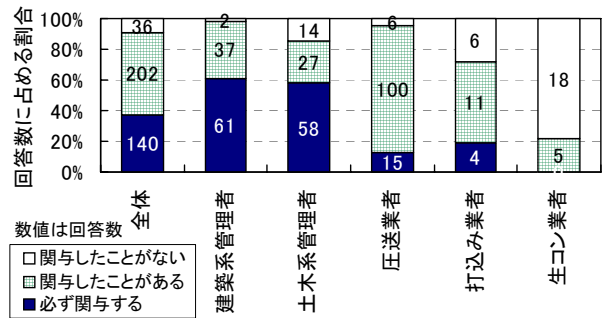


図-2 計画への関与

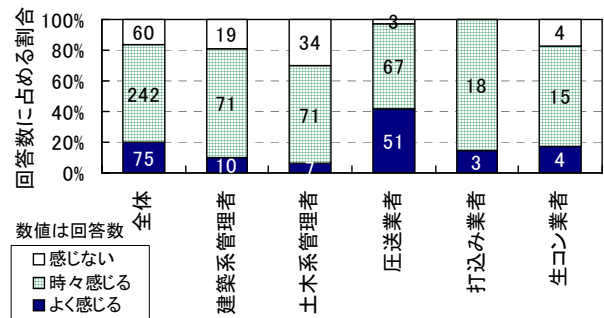


図-3 計画に対する不備・不満

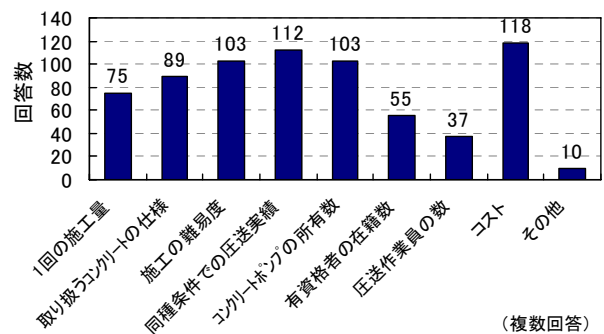


図-4 圧送業者の選定基準

する場合を除く)。図-4は、圧送業者の選定基準について施工管理者に問うた結果である。圧送を依頼する際、特定の圧送業者を指定するとの回答は70%以上であったが、その選定基準としては、「コスト」が最多となった。また、「同種条件での圧送実績」や「施工の難易度」、「コンクリートポンプの所有数」に多くの回答が集まった。また、「事故の有無によって圧送業者やポンプ機種を指定する」とする施工管理者も多く、安全上の対策から、事故歴やコンクリート圧送基幹技能者などの有資格

者の在籍数を選定基準とすることが多いようである。

図-5は、施工管理者が圧送業者と契約を行う際、圧送業者を一次協力会社として直接契約する割合を問うた結果である。図に示すように、施工管理者が圧送業者と直接契約する割合は、建築系、土木系とも高くなっており、特に建築系ではほとんどの場合が、圧送業者と直接契約を行っているようである。建築工事は、土木工事に比べて工種が多岐にわたり、数多くの協力会社が入り込む。建築工事では契約や指示系統の多層化を防ぐために直接契約がなされるものと考えられる。

4.3 コンクリートの配合（調合）・ポンプ機種・輸送管

(1) コンクリートの配合（調合）

コンクリートのポンプ施工計画を行う際には、圧送するコンクリートの配合（調合）を事前に把握しておかなければならない。図-6は、計画段階でコンクリートの配合（調合）を選定するか否かについて問うた結果である。配合（調合）の選定を「必ずする」との回答割合が最も高かったのは圧送業者であった（54.8%）。コンクリートの配合（調合）（ここでは主にスランプ）は、圧送性と密接な関係を有しており、圧送作業を担う圧送業者が最も高い割合を示したことは、これを如実に表しているものと考えられる。現状では、圧送業者に配合（調合）を最終決定する権限がない場合が多く、圧送業者の意見がどれほど反映されているかは不明であるが、少なくとも施工管理者と圧送業者との間でコンクリートの仕様に関する協議が頻繁なされているものと推察される。施工管理者では、建築系と土木系とを比較すると、土木系の方が配合（調合）を選定する割合が多い結果となった。このことは、土木工事では、依然としてスランプ8cm程度の比較的硬練りのコンクリートが主流であり、その施工性について十分な配慮が必要となっていることを示しているものと推察される。生コン業者からの回答数は少なかったものの、回答者は施工管理者と事前に協議しながら何らかの形で圧送性を考慮したコンクリートの配合（調合）設計、あるいはスランプの設定を行っているようである。なお、配合（調合）を考慮しない場合には、ポンプ機種の選定、打込み方法の工夫などの施工方法で対応する、といったコメントが多く寄せられた。

一般的なコンクリート工事では、施工に供されるコンクリートは、JIS A 5308に規定されるレディーミクストコンクリートの種類の中から選定される。しかしながら、レディーミクストコンクリートの配合（調合）は、コストや耐久性の観点から、少ない単位水量でスランプが最大となるように最適細骨材率が設定されている場合がほとんどであり、これがポンプ圧送に適しているかどうかまで検討されていないのが実状である。これに対して、土木学会や建築学会の指針類には、圧送性の観点から考

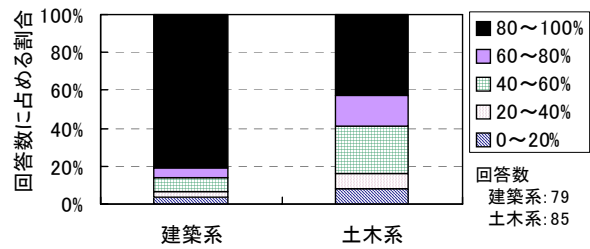


図-5 請負形態

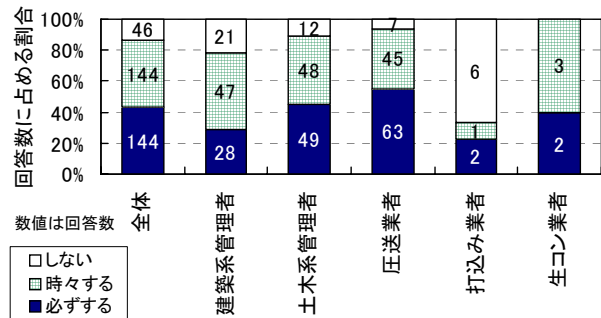


図-6 配合（調合）の選定

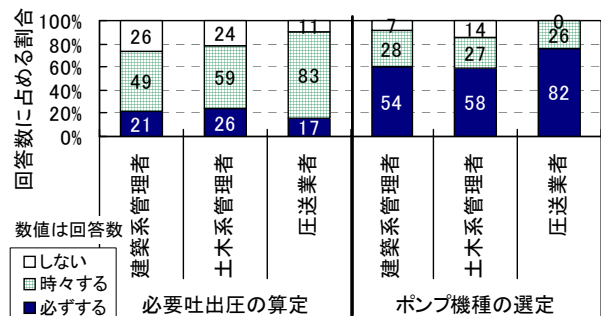


図-7 吐出圧の算定とポンプ機種の選定

慮すべき要因として、単位セメント量や細骨材率の考え方が記されている。これらの乖離を少なくして、強度、施工性、耐久性のよいコンクリートを施工するためには、レディーミクストコンクリートの配合のメニュー化や構造条件・施工条件・環境条件に応じて配合（調合）設計ができる技術の普及・展開が望まれる。2007年3月土木学会から「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）」が刊行され、構造条件や施工条件から定まる施工性能を有するコンクリートの配合設計について、その考え方が示された。このような取組みが今後ますます重要となっていくものと考えられる。

(2) コンクリートポンプの機種

コンクリートポンプの機種は、コンクリートの種類、配管計画、ならびに圧送条件を考慮して選定される。その際、ポンプにかかる負荷（吐出圧）に閉塞に対する安全度を考慮して必要吐出圧を算定し、これに見合う能力を有する機種が選定される。図-7は、必要吐出圧の算定とポンプ機種の選定について、施工管理者と圧送業者に問うた結果である。必要吐出圧力の算定を「必ずする」割合は、いずれの業者とも20%程度であった。ただし、「時々する」や「しない」の回答理由として、「圧送業

者が算定するため、「過去に実績や経験があるため」などのコメントが多く、ほとんどの場合で必要吐出圧の目安がつけられているようである。コンクリートポンプの機種を選定を「必ずする」割合は、必要吐出圧に関する質問よりも高く、施工管理者で約60%、圧送業者で約76%となった。「時々する」や「しない」場合においても、必要吐出圧の算定と同様の理由によってポンプ機種が選定されているようである。なお、必要吐出圧の算定は、図-8に示すように、建築系施工管理者は日本建築学会、土木系施工管理者は土木学会、圧送業者は全圧連の指針類を参考にして行われる場合が多く、業者によって算定根拠が異なっている。これら指針に準じて算定される必要吐出圧は、土木学会によるものがやや大きくなりとされており、統一化が望まれる項目となっている。

(3) 輸送管

図-9は、輸送管の仕様および配管の計画において留意すべき項目について問うた結果である。計画に際しては、コンクリートの受入れや残コンクリートの処理を考慮したコンクリートポンプの位置を筆頭に管の径、ベント管（曲がり管）を減らす、曲率を大きくするといったポンプに作用する負荷を低減する項目に多くの回答が集まった。なお、別の設問で圧送中の安全対策について問うたところ、輸送管のずれ、落下、破損時のコンクリートの飛散に対する防止策を十分に行っているとの回答が数多くみられた。

4.4 打込み

(1) 打重ね時間間隔

打重ね時間間隔は、コールドジョイントの防止を意識して計画される。図-10は、計画段階における打重ね時間間隔について問うた結果である。また、表-1には、日本建築学会、ならびに土木学会が規定する施工に関わる遵守事項を整理して示した。打重ね時間間隔は、いずれの業者においても通常期120分、夏期90分以内で計画されることが多く、学会が規定する標準的な限度を遵守するものであった。なお、土木系施工管理者は、他の業者に比べて打重ね時間間隔を短く計画する傾向が認められた。

(2) 1層の打込み高さ

層状に打ち重ねる場合の1層の打込み高さは、締め固め作業、型枠強度、打重ね時間間隔などへの影響を考慮して計画される。図-11は、層打ち施工を行う場合の1層

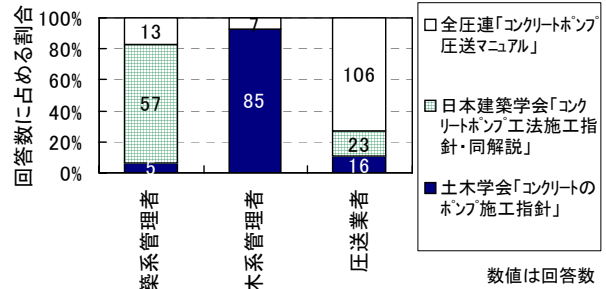


図-8 必要吐出圧の算定に用いる指針類

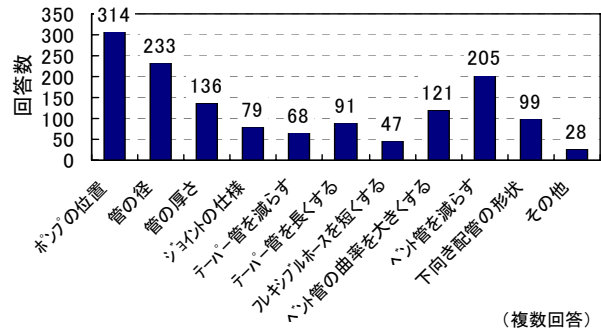


図-9 輸送管に関する計画時の留意点 (全業者)

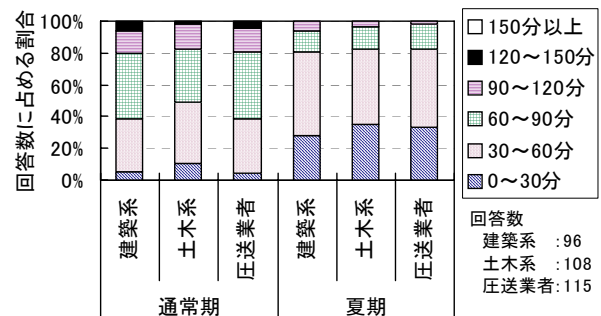


図-10 打重ね時間間隔の計画

の打込み高さについて問うた結果である。土木系施工管理者については、1層の打込み高さを「100cm以下」に計画する割合が86%を占めた。これに対して、建築系施工管理者ではその割合は44%にとどまり、「150~200cm」に計画する割合が多くを占めた(42%)。これは、建築と土木では、対象とする構造物の形状が異なることのほか、表-1に示すように規準類に示される目安や標準値が異なっていることに起因するものと考えられる。ただし、計画時の打込み高さは、規準類の値よりも大きめに計画される場合が多いのが実状であり、このことが締め固め不良を引き起こす潜在的な要因となっているものと推察される。なお、圧送業者の回答は、土木系施工管理

表-1 施工に関わる遵守項目とその規定 (目安)

学会	規準	打重ね時間間隔		1層の打込み高さ		筒先の移動距離		自由落下高さ	
		通常期 (外気温が25℃未満)	夏期 (外気温が25℃以上)	150分 (目安)	40~50cm以下を標準 (使用する内部振動機 の性能を考慮)	通常の コンクリート 高流動 コンクリート	(横流しをできるだけ避け、目的の位置に近づける) 20m程度以下、かつ打込み柱 を除外複数の柱を横切らない	通常の コンクリート	1.5m以下 (標準)
日本建築学会	建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2003	120分 (目安)	120分 (目安)	60~80cm以下	通常の コンクリート	20m程度以下、かつ打込み柱を除外複数の柱を横切らない	通常の コンクリート	1.5m以下 (標準)	
土木学会	コンクリート標準示方書【施工編】【2002年制定】	通常期 (外気温が25℃以下)	夏期 (外気温が25℃を超える)	2.5時間 (標準)	2.0時間 (標準)	通常の コンクリート 高流動 コンクリート	(型枠内で横移動させてはならない) 8~15m以下 (標準)	通常の コンクリート 高流動 コンクリート	1.5m以下 (標準) 5.0m以下 (原則)

者と建築系施工管理者の中間的なものであった。

(3)筒先の移動距離（打込み位置の間隔）

筒先の移動距離は、コンクリートの横流しによる材料分離の抑制を考慮して計画される。図-12は、筒先の移動距離の程度について施工管理者に問うた結果である。スランブ 12cm のコンクリートについては、業者間の差は小さく、「0～5m」で計画する割合が最も高く、60～70%を占めた。スランブ 18cm のコンクリートについては、土木系施工管理者では「0～5m」の割合が最も高い割合（43%）を占めたのに対して、建築系施工管理者では「5～10m」の割合が最も高くなった（48%）。高流動コンクリートについては、「5～10m」の割合が最も高く、いずれの業者も約 50%を占めた。規準類に示される高流動コンクリートの水平流動距離の標準は、表-1のとおりであり、筒先の移動距離を最大流動距離の2倍（最大30m）とみなすと、規準類から逸脱して計画する場合は少ないようである。なお、「15m以上」で計画する割合が10%に達しているが、この場合には、高流動コンクリートの性能と流動距離の関係について十分な知識と経験をもって計画がなされているものと思われる。

いずれの業者もコンクリートの流動性が高くなるほど筒先の移動距離を大きく計画する傾向があり、特に建築系の方がその割合が大きいようである。

(4)自由落下高さ

自由落下高さは、コンクリートの材料分離の抑制を考慮して計画される。図-13は、コンクリートの自由落下高さについて問うた結果である。土木系施工管理者は、スランブによって自由落下高さを変化させることが少なく、ほぼ「1.5m以下」で計画している。また、「0.5～1.0m」で計画する割合が48%を占めた。これに対して、建築系施工管理者はスランブが大きいものほど自由落下高さを大きくする傾向があり、スランブ 18cm では「1.5m以上」で計画する割合が45%を占めた。建築系の施工管理者は土木系よりも自由落下高さを大きく計画しているが、これは、施工する構造物の形状が異なることのほかに、規準類に示される標準値が異なること（表-1）が主な原因と考えられる。なお、高流動コンクリートについても、建築系施工管理者の方が自由落下高さを大きく計画する傾向が認められたが、「5m以上」で計画する割合は0%であった。

5. 計画の実行性およびその考察

計画に対する実行性について問うた結果を図-14にまとめて示す。ここで、施工管理者の回答は、土木、建築の両者に優位な差が見られなかったため、その合計を示した。

(1)コンクリートの配合（調合）

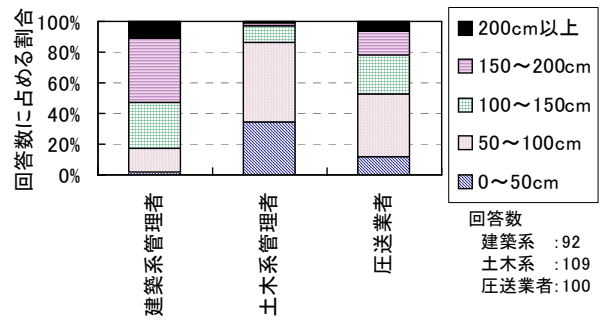


図-11 1層の打込み高さ

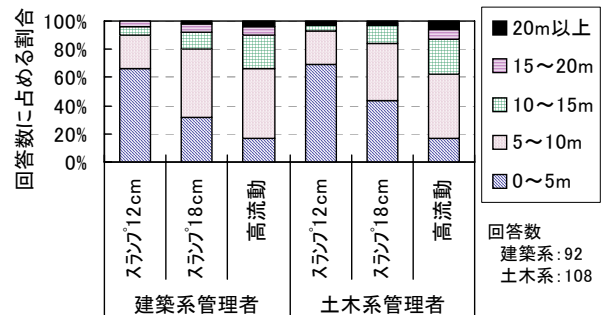


図-12 筒先の移動距離

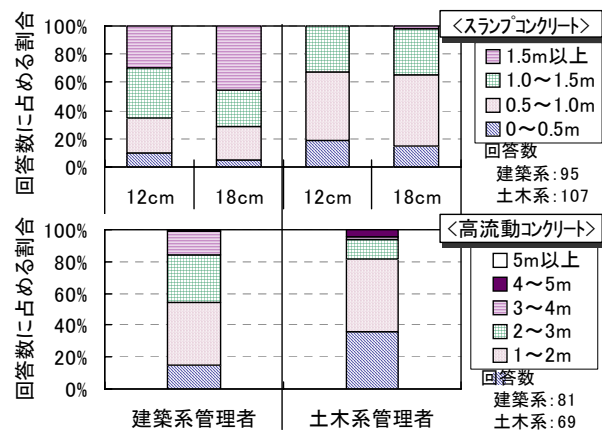


図-13 自由落下高さ

施工管理者については、施工に供されたコンクリートの配合（調合）が「常に計画通り」という回答が多数を占めた（76.2%）。これに対して、打込み業者では「常に計画通り」が50%になり、さらに圧送業者ではその回答割合が13%となった。このように、配合（調合）に対する業者間の認識や感覚にずれが生じているのが事実であるが、この原因としては、例えば、スランブと施工性の関連性に対するイメージの相違、受入れ地点から打込み箇所までのコンクリートの品質変化など種々の要因が含まれていると考えられる。このような認識のずれを少なくすることが、作業効率の向上につながり、構造物の品質確保・向上の一助になると考えられる。

(2)コンクリートの供給

施工管理者および打込み業者については、コンクリートの供給が「計画通りでないことが多い」とする割合が約5%にとどまったのに対して、ポンプ圧送業者はその

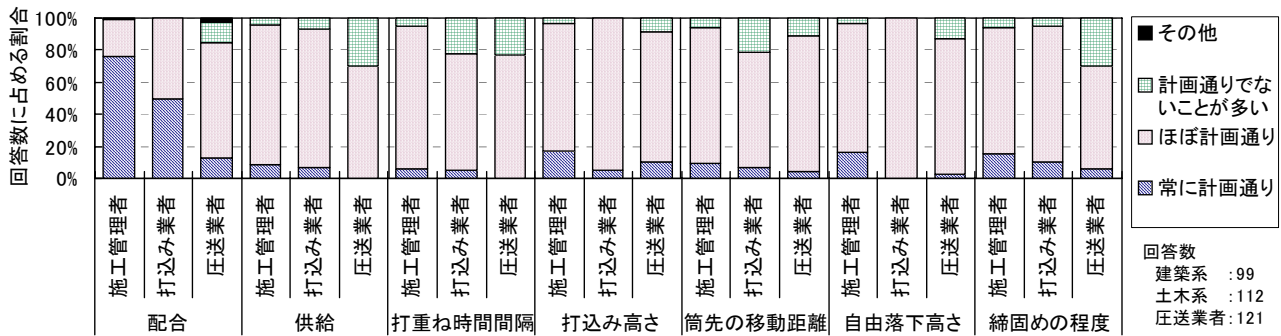


図-14 計画に対する実行性

割合が30%に達した。この理由は明らかではないが、施工管理者や打込み業者が計画通りの打設スケジュールを重視しようとするのに対して、圧送業者は少しでも早く打設を完了させることを志向している可能性も考えられる。

(3) 打重ね時間間隔

施工管理者については、打重ね時間間隔が「常に計画通り」または「ほぼ計画通り」であると考えている割合は95%となった。これに対して、打込み業者やポンプ圧送業者は「計画通りでないことが多い」とした回答が20%以上あり、施工管理者との間で認識に差が認められた。このことは、施工管理者の目が行き届いていない、あるいは打重ね時間間隔に対する認識が低いことを示している可能性があり、コールドジョイントが発生する潜在的な原因となっている恐れがある。

(4) 1層の打込み高さ

1層の打込み高さについては、「計画通りでないことが多い」とする回答も散見されたが、「常に計画通り」と「ほぼ計画通り」の合計が95%を占め、ほとんどの工事で、計画された打込み高さで施工されているようである。

(5) 筒先の移動距離

筒先の移動距離に関しては、「計画通りでないことが多い」との回答は、施工管理者および圧送業者では10%にとどまったのに対して、打込み業者は21%となった。打込み業者は、建築工事と土木工事との計画の相違に混乱したり、「筒先の移動」と「体の移動」という行為の差異に混乱したりすることがあるものと考えられる。

(6) 自由落下高さ

自由落下高さに関しては、「計画通りでないことが多い」との回答は、施工管理者および打込み業者ではほぼ0%であったのに対して、圧送業者では13%を占めた。圧送業者は筒先を操作し、その位置を直接確認することが多いことを踏まえると、自由落下高さに関する認識は、施工管理者や打込み業者よりも高くなっている可能性がある。

以上のことから、実際のコンクリート構造物は、概ね計画通りの方法で施工されていることが分かった。ただ

し、「常に計画通り」とする回答は少なく、また、業者間に認識のずれがあることも事実である。これらの改善に取り組んでいくことが、コンクリートポンプ施工の信頼性向上につながっていくものと考えられる。

6. まとめ

(社)日本コンクリート工学協会ポンプ施工技術調査委員会が実施したアンケート調査をもとに、コンクリートポンプ工法における施工の計画と実状について調査した。その結果、計画に不備・不満を感じるが多々ある、同じコンクリートを扱う場合でも建築と土木では施工計画が異なる、1層の打込み高さが規準類を逸脱して計画される場合があるなど計画段階での課題が明らかになった。また、計画の実行性について業者間に認識の差がある、「常に計画通り」に施工が行われる割合が低いといった実状が明らかになった。今後は、これらの課題を解決し、高品質なコンクリート構造物を安全に構築するためのガイドラインを作成すべく、活動を行っていく次第である。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートポンプ施工技術調査委員会報告書，2007.9
- 2) (社)土木学会：コンクリート標準示方書[施工編]，2002.5
- 3) (社)日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，2003.6
- 4) (社)土木学会：コンクリートライブラリー100 コンクリートのポンプ施工指針[平成12年版]，2001.11
- 5) (社)日本建築学会：コンクリートポンプ工法施工指針・同解説，1994.1
- 6) (社)日本建築学会：高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)・同解説，1997.1
- 7) (社)全国コンクリート圧送事業団体連合会：コンクリート圧送マニュアル2006年版，2006.8
- 8) 国土交通省：「基幹的技能者の確保・育成・活用に関する基本方針」，平成8年