

## 報告 コンクリートポンプ工法における圧送の実状に関する調査

太田 達見\*1・中田 善久\*2・近松 竜一\*3・大塚 秀三\*4

**要旨:** コンクリートポンプによる施工の実状を把握し、ポンプ施工における問題点を明らかにするため、施工管理者、ポンプ圧送業者、打込み業者、レディーミクストコンクリート工場を対象としたアンケート調査を実施した。その結果、先送り材に多用される1:3モルタルは型枠内に打ち込まれることが多いこと、施工管理者と圧送業者で輸送管の径を選定する際の優先度が異なること、輸送管の洗浄など圧送後の処理は多くが現場内で行われ、危険性が指摘される空気洗浄も行われていること、圧送時に発生するトラブルには閉塞やポンプ本体の故障が多いこと、ポンプ本体の故障は復旧までに時間を要することなどが明らかになった。

**キーワード:** コンクリートポンプ工法, アンケート調査, 圧送, 実状, 先送り材, 品質, 輸送管

### 1. はじめに

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(以下、ポンプ施工委員会と略記)では、コンクリートポンプによる施工の実状を把握し、ポンプ施工における様々な問題点を解明するとともに、ポンプ施工によるコンクリートの品質と安全性の向上を目指し活動を行っている。その一環として、2006年度にコンクリートポンプ施工に携わる職種を対象にアンケート調査を実施した。本報告では、このアンケート調査結果に基づき、ポンプ施工の実状について一考を加えるとともに、ポンプ施工における問題点や課題を明らかにした。

### 2. アンケート調査

ポンプ施工委員会では、ポンプ施工の実状および直面する問題点などを抽出するとともに、コンクリートポンプ工法の技術向上を図るための基礎的資料を得ることを目的として、2006年12月から2007年1月にかけてアンケート調査を実施した。アンケート調査の概要は、以下のとおりである。

#### (1) 調査項目および調査方法

アンケート調査では、ポンプ施工に関連する項目を、1) 施工計画(計画立案時の留意点、参考とする資料、計画立案者、圧送に関する意識など)、2) 施工の実状(使用機械・機器、輸送管、先端ホース、先送り材、圧送するコンクリート、圧送の容易さ・困難さ、残ったコンクリートの処理、輸送管の洗浄、圧送時のトラブルなど)、3) 施工の安全性(事故、安全対策など)、4) その他一般事項(関連法規、圧送に係わる資格、労働環境など)に大別し、それぞれの設問に対して選択式、または自由

記入形式による回答を得ることとした。

#### (2) アンケート対象者および回答者

アンケート調査の対象者は、1) ポンプ施工を管理する立場にある建築系および土木系の施工管理者、2) ポンプ施工に直接携わる立場にあるポンプ圧送業者および打込み業者、3) コンクリートを供給する立場にあるレディーミクストコンクリート工場(以下、生コン工場と略記)とした。アンケート全回答数は合計383件で、その内訳としては、建築系施工管理者103件、土木系施工管理者113件、ポンプ圧送業者122件、打込み業者21件、生コン工場24件であった。

### 3. アンケート調査結果の分析

アンケート調査項目のうち、本報告では、先送り材、圧送条件、圧送時におけるコンクリートの品質変化、輸送管内に残ったコンクリート(以下、残コンクリートと略記)、輸送管の洗浄、圧送時に発生するトラブルについて、その実状を示すとともに、問題点や検討課題について考察を加えた。

#### 3.1 先送り材の実状およびその考察

##### (1) 先送り材の使用状況

先送り材の使用状況(種類、量、処理方法および打込み部位)を、図-1に示す。なお、本報告において、各円グラフに示す数値(%)は当該アンケート調査項目の全回答数に対する比率を表す。

先送り材の使用に関しては、88%で先送り材を「必ず使用する」と回答しており、先送り材を「使用しない」との回答は皆無であった。このように、ポンプ施工においては、先送り材の使用は不可欠であることがわかる。

\*1 清水建設(株) 技術研究所生産技術センター品質・検査グループ主任研究員 工博(正会員)

\*2 日本大学 理工学部建築学科准教授 工博(正会員)

\*3 (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)

\*4 ものつくり大学 技能工芸学部建設技能工芸学科助教 工修(正会員)

## (2) 先送り材の種類

先送り材にはモルタルが最も多く（全回答の 89%）用いられており、セメントペースト（9%）やドライモルタル（2%）の使用はわずかであった。先送り材としてのモルタルは、図-1 に示すように、多い順に 1:3 モルタル、1:2 モルタル、コンクリートと同一水セメント比（W/C）のモルタル、1:4 モルタルとなっており、日本建築学会・コンクリートポンプ工法施工指針・同解説（以下、建築ポンプ指針）<sup>1)</sup> や土木学会・コンクリートのポンプ施工指針（以下、土木ポンプ指針）<sup>2)</sup> に記されているような、打ち込むコンクリートと同等か若干富配合にされていない場合が多かった。

## (3) 先送り材の使用量

先送り材の使用量は「輸送管の長さで変えている」場合が 63%、「輸送管の長さにかかわらず一律としている」場合が 37%であった。一律としている場合の先送り材の使用量は、図-1 に示すように 0.5m<sup>3</sup> 以上であった。建築ポンプ指針や土木ポンプ指針には、輸送管の径に応じた長さあたりの先送り材の所要量が参考値として示されている。しかし、生コン工場での練混ぜ水量の管理上、0.5m<sup>3</sup> 未満の先送り材の製造が困難なため、ブーム付きコンクリートポンプ車を使用した場合には 0.5m<sup>3</sup> や 1.0m<sup>3</sup> といった量で先送り材が使用されたと考えられる。

## (4) 先送り材からのコンクリートへの切替えの判断

先送り材からコンクリートへの切替えの判断は、ほとんど（全回答の 95%）が目視でなされており、定量的な方法ではなく、経験に基づいていることがわかる。そのため、目視する者の技術水準によっては切替えの判断が異なる可能性がある。

## (5) 先送り材の処理法

先送り材は、「アジテータ車への返却」が最も多く、次に「処理（専用）容器への排出」と「型枠内への打込み」となっていた（図-1）。

建築ポンプ指針では、先送り材（先送りモルタル）の型枠内への打込みは、薄い層になるように広い範囲に分散させると記されている。これに対し、土木ポンプ指針では、型枠内へは原則として打ち込んではいないが、コンクリートと同等以上の品質であることが確認できれば打ち込んでよいとされている。先送り材は、型枠内に打ち込むべきでないのは言うまでもない。しかし、先送り材が 0.5m<sup>3</sup> 以上使用されている実状から、現場で処理（専用）容器を準備することが困難な場合もあり、全回答の 25% で型枠内に打ち込まれていたという実態（図-1）は、現場内で先送り材をいかに的確に処理するかが課題であることを意味している。

## (6) 先送り材の打込み部位

先送り材の打込み部位としては、図-1 に示すように、壁（全回答の 44%）や柱（同 21%）といった鉛直部材が多かった。これは、鉛直部材の方が先送り材（先送りモルタル）を打ち込んでも後からコンクリートが打ち込まれることで分散する（先送り材が集中しない）との考えがあるためと推測される。

なお、先送り材を型枠内に打ち込む場合の量は、「すべて」との回答が全体の 57%、その「半分」が同じく 28%であった。これは、壁のような薄い部材に 1:3 モルタルに代表されるような先送り材が 0.5m<sup>3</sup> 程度打ち込まれる可能性があることを意味する。同一水セメント比の場合、モルタルはコンクリートに比べて乾燥収縮量が大きく、ヤング係数は小さい。さらに、同じ 1:3 モルタルであっても、生コン工場によって、その水セメント比に 10~15% ほどの差があり<sup>3)</sup>、しかもモルタルには JIS 規格がないため品質にばらつきが生じやすいと考えられる。こうしたことから、仮に 1:3 モルタルのような先送り材が 0.5~1.0m<sup>3</sup> 打ち込まれた壁や柱などでは、部材としての構造性能や耐久性が他の部位に比べて劣る恐れがある。

## 3.2 圧送の実状およびその考察

### (1) ブーム付きコンクリートポンプ車の使用の実状

図-2 に、ポンプ施工におけるブーム付きコンクリートポンプ車（以下、ブーム車と略記）の使用比率を示す。ポンプ施工のうちの 60% 以上で、ブーム車が使用されており（全回答の 76%）、またブーム車の使用比率は、土木系の工事で多い傾向にあった。

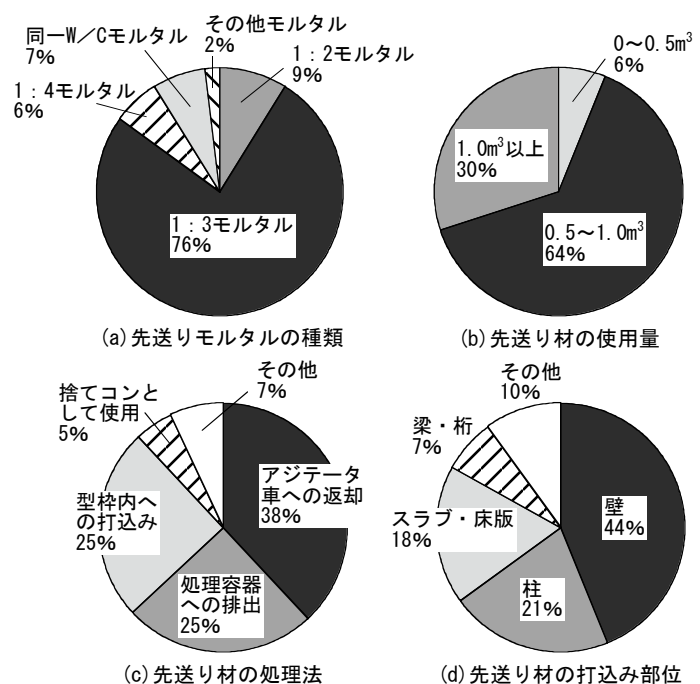


図-1 先送り材の実状

(2) 輸送管および先端ホースの使用の実状

図-3 に、ポンプ施工時によく使用される輸送管および先端ホースの径について示す。輸送管は、5 インチ管と4 インチ管が多用されている（全回答の90%）。建築系、土木系の施工管理者では5 インチの使用がともに69%であったのに対し、ポンプ圧送業者では4 インチ管の使用が64%であった。一方、先端ホースに関しては、5 インチ管、4 インチ管および3.75 インチ管でほぼ三分されていた。建築系、土木系の施工管理者では、5 インチ管および4 インチ管の使用が合わせて85%以上であったのに対し、ポンプ圧送業者では3.75 インチ管が68%、4 インチ管が23%であった。

このように、施工管理者は施工性を、ポンプ圧送業者は作業性を優先して、ポンプ施工時に使用する輸送管および先端ホースの径を選定していることがわかる。

(3) 先端ホースの状態

先端ホースは「いったん寝かせる」との回答が87%で、海外の施工で多用される先端ホースを「垂直に保つ」、いわゆる「吊し打ち」は、閉塞や材料分離が生じやすいと考えられているためか、あまり行われていなかった。

(4) 標準的な輸送管長さ

図-4 に、最も多く使用されていた（標準的な）輸送管長さを、水平方向、鉛直上向き方向および鉛直下向き方向に分けて示す。

ポンプ施工で多用されていた輸送管長さは水平方向では0~50mで、全回答の64%を占めていた。また、鉛直上向き方向は10~30mで37%、鉛直下向き方向は0~10mで59%であった。

施工管理者を建築系と土木系で分けて見ると、水平方向の輸送管長さについてはいずれもその約75%で0~50mと回答しており、0~100mとなるとその比率は90%を超えていた。一方、鉛直上向き方向では、建築系施工管理者は10~30mが最多であったが、土木系施工管理者では0~10mが最多であった。これは、施工対象の高さが異なることが要因と考えられる。なお、鉛直下向き方向については、両者とも0~30mが全回答の90%以上を占めており、両者間に

ほとんど差はなかった。

3.3 コンクリートの圧送性およびその考察

圧送が容易なコンクリートと圧送が困難なコンクリートについて図-5 に、圧送が容易なスランブと圧送が困難なスランブについて図-6 に、総合的な施工性および構造躯体の品質確保の観点から見たコンクリートのスランブに対する意識について図-7 に、それぞれ示す。

(1) コンクリートの品質変化が大きい圧送条件

コンクリートの品質変化が大きいと考えられる圧送条件は、鉛直下向き方向が54%と最多で、次いで長距離（37%）、鉛直上向き方向（8%）の順であった。なお、建築系施工管理者と打込み業者はともに長距離が最多（約50%）であったが、土木系施工管理者とポンプ圧送業者は鉛直下向き方向が最多（約60%）であり、業種によってコンクリートの品質変化に対する考え方に差が見られた。しかし、いずれも鉛直上向き方向の圧送では、品質変化は大きくないと認識されていた。

(2) 圧送が容易なコンクリート

圧送が容易と考えられているコンクリートの種類は、図-5 に示すように、流動化コンクリート（図中で流動化コンと表記）が最多で、AE 減水剤を用いたコンクリート（図中でAE 減水剤コンと表記、以下AE 減水剤コンクリートと略記）、高性能AE 減水剤を用いたコンクリート（図中で高性能AE 減水剤コンと表記、以下高性能AE 減水剤コンクリートと略記）の順になっていた。流動化コンクリートを圧送しやすいと回答したのは、主にポンプ圧送業者と打込み業者であった。これに対し、生コン工場は、流動化剤の添加前後でのフレッシュ性状を

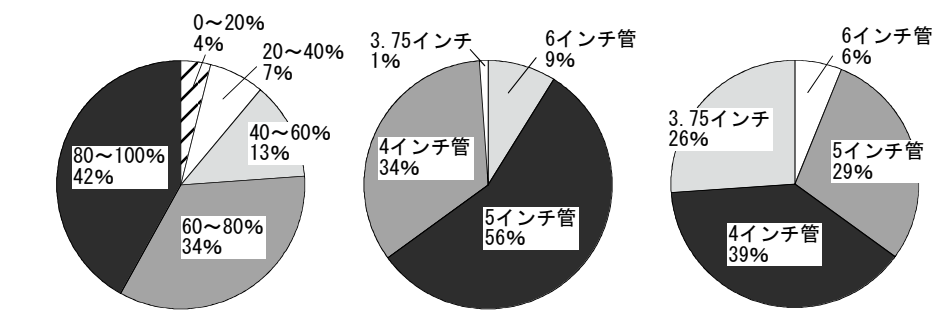


図-2 ブーム車の使用比率

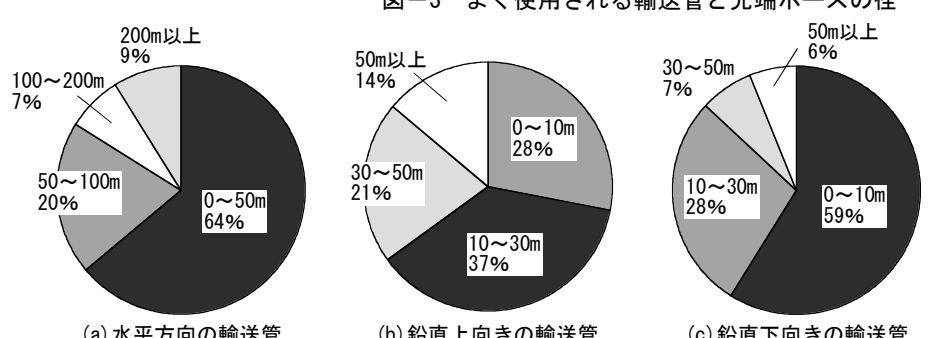


図-3 よく使用される輸送管と先端ホースの径

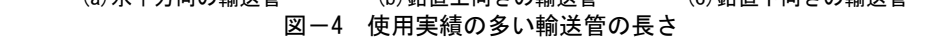


図-4 使用実績の多い輸送管の長さ

管理する難しさがあるためか、流動化コンクリートとの回答はわずか（全回答の5%）であった。

圧送が容易と考えられるコンクリートのスランプやスランプフローは、図-6に示すように、高性能 AE 減水剤コンクリートと軽量コンクリート1種（図中では軽量コン1種と表記）ではスランプ21cm、高流動コンクリートではスランプフロー60~70cmが最多であった。したがって、コンクリートの圧送の容易さは、スランプやスランプフローがある程度大きいことが条件の一つと言える。

### (3) 圧送が困難なコンクリート

圧送が困難と考えられているコンクリートの種類は、高性能 AE 剤コンクリートが最多（44%）で、次いで AE 減水剤コンクリート（13%）と流動化コンクリート（12%）がほぼ同数であった（図-5）。高性能 AE 減水剤コンクリートが圧送しにくい理由としては、その粘性の高さがあげられる。近年では、呼び強度 33 程度の普通コンクリートでも、単位水量の制限や使用骨材の形状などによって、所要スランプを得るために高性能 AE 減水剤が用いられることがあり、それが圧送困難との回答を多くしたと類推される。一方、流動化コンクリートについては、流動化剤を添加しても所要のスランプが得られないことがあり、それが圧送困難との回答につながったと考えられる。

なお、図-6に示すように、全回答の60%以上において、高性能 AE 減水剤コンクリートではスランプ12cmが、高流動コンクリートではスランプフロー40~50cmが、軽量コンクリート1種ではスランプ15cm以下が、圧送困難と考えられている。これらの値は、圧送が容易なコンクリートに比べて、スランプでは6cm以上、スランプフローでは20cm程度小さかった。

### (4) 施工性および品質確保の面から見たスランプに対する意識

図-7に示すように、圧送性および打込み・締固め性を含む総合的な施工性から見たスランプは、「適切」（29%）との回答よりも「やや小さい」との回答（38%）の方が多かった。一方、構造躯体の品質確保の面から見たスランプは、「適切」が最多で全回答の43%、「やや大きい」が25%、「やや小さい」が19%であった。全般的に、スランプは、品質確保の面では「適切」であるにもかかわらず、施工性の面では「やや小さい」と感じられており、施工性の面と品質確保の面とでスランプに対する意識にずれがあることがわかる。

### (5) コンクリートのやわらかめ発注

前述のように、施工性の面から圧送するコンクリートのスランプが「やや小さい」と感じられているためか、

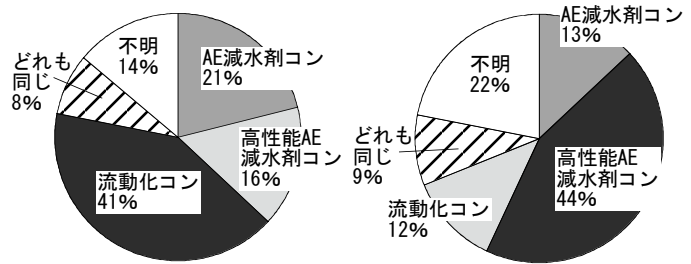
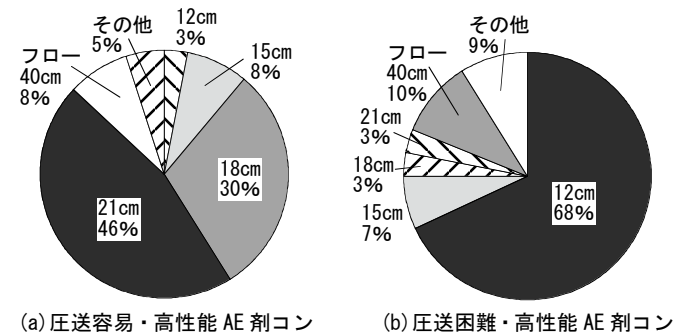
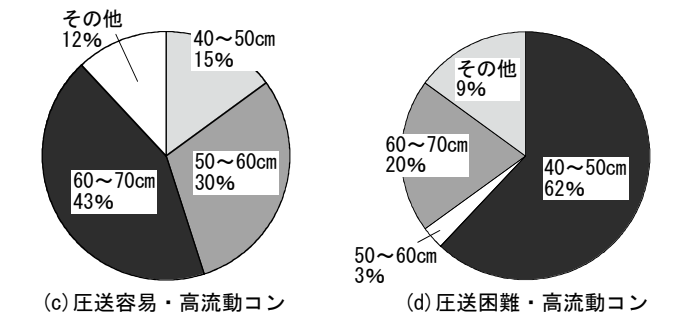


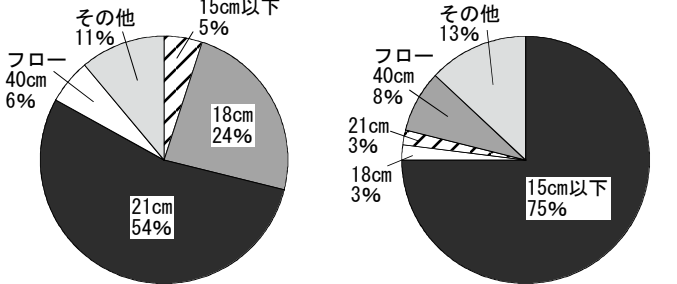
図-5 圧送容易なコンクリートと圧送困難なコンクリート



(a) 圧送容易・高性能 AE 剤コン (b) 圧送困難・高性能 AE 剤コン



(c) 圧送容易・高流動コン (d) 圧送困難・高流動コン



(e) 圧送容易・軽量コン1種 (f) 圧送困難・軽量コン1種

図-6 圧送容易なスランプと圧送困難なスランプ

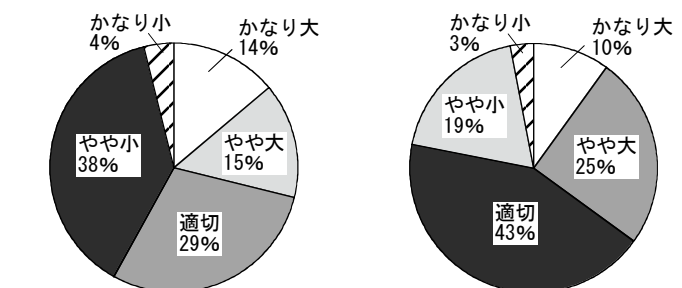


図-7 施工性および品質確保から見たスランプに対する意識

コンクリートを「やわらかめ」にするよう指示が出される場合がある。この「やわらかめ」要求が「よくある」とした回答は全体の20%、「時々ある」は65%、「ない」は15%で、スランブは、施工性から許容範囲内で大きめであることが望まれていると言える。なお、「やわらかめ」要求については、全回答の63%が生コン工場に対する指示で、36%が混和剤の後添加で対応されていた。

### 3.4 残コンクリート処理と輸送管洗浄の実状およびその考察

#### (1) 残コンクリートの処理場所

圧送終了後には、ポンプ本体、輸送管および先端ホース内には、量の差こそあれコンクリートが残る。高所や長距離の圧送になれば、残コンクリートの量も多くなる。図-8に、残コンクリートの処理、ならびにそれに伴う輸送管の洗浄の実状について示す。

残コンクリートの処理場所は、現場内が60%、アジテータ車を含めた生コン工場が40%であり、ポンプ圧送業者に限って言えば、83%が現場内との回答であった。残コンクリートは硬化し始める前に、ポンプ本体、輸送管および先端ホースから排出させる必要があるため、施工終了直後から現場内で処理されていたことがわかる。

#### (2) 輸送管の洗浄場所

輸送管の洗浄はほとんど(全回答の94%)が現場内で行われており、残コンクリートの処理と同様に、できる限り早期に輸送管内のコンクリートを洗浄し、次回の施工に支障がないよう配慮していることがうかがわれる。しかし、残コンクリートの処理や輸送管の洗浄を現場内で行うためには、高アルカリ性の廃液を適切に処理するための設備や施設を現場内に設けなければならない、今後、環境保全の観点から新たな課題になる可能性がある。

#### (3) 輸送管の洗浄方法

輸送管の洗浄方法は、全回答の80%で水洗浄が採用されていたが、土木ポンプ指針や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<sup>4)</sup>でその危険性が指摘されている空気洗浄が15%で行われていた。これら指針やマニュアル類の記述が参考にされずに事故に至っているのであれば、こうした事項について周知徹底を図る必要がある。

### 3.5 圧送時トラブルの実状

#### およびその考察

#### (1) トラブルの有無とその種類

表-1に、圧送時に発生するトラブルの種類と要因について回答数の多い順に示す。

圧送時に発生するトラブルで最も多いのは閉塞で、全回

答の2/3を占めている。次に多いトラブルはポンプ本体の故障で、輸送管の破損、先端ホースの破損の順となっている。これらトラブルの要因は、閉塞に関しては生コン工場からのコンクリートの供給停止、ポンプ本体の故障では整備不良、輸送管の破損では輸送管の肉厚、先端ホースの破損ではホースの老朽化が、それぞれ最多であった。

#### (2) トラブル別の発生条件と発生要因

閉塞については、表-1に示すように、生コン工場からのコンクリートの供給が滞ったことが要因とされており、閉塞の直接的な原因として、コンクリートの材料分離があげられている。

ポンプ本体の故障原因にあげられる整備不良については、ポンプ本体が老朽化しているため交換部品が入手できない、人手不足で整備にまで手が廻らない、整備費が十分に確保できないなどの理由が考えられる。

輸送管の破損原因としてあげられている輸送管の肉厚については、始業前点検で肉厚が確認されていない、あるいは輸送管が破損するまで使い切るといった実態がうかがわれる。輸送管の破損事故は、土木ポンプ指針に記載されているような輸送管の使用限界に注意が払われていないことの現れと言える。

先端ホースの破損もその原因に老朽化があげられており、ホースが老朽化していることを認識しながらも使われ続けていることがわかる。とりわけ、輸送管や先端ホースが破損した場合には人身事故につながることも多く、日常点検や定期点検の確実な実施、ならびにこれら設備・機器類の交換基準の明確化が望まれる。

表-2に、表-1に示したトラブルのうち、ポンプ本体の故障以外の閉塞、輸送管の破損および先端ホースの破損について、その発生条件をコンクリートの種類、圧送条件および気象条件別に示す。トラブルの発生条件は、コンクリートについては普通コンクリートと高強度コンクリートが上位二つを占め、気象条件では暑中が圧倒的に多い。なお、圧送条件に関しては、閉塞と先端ホースの破損では鉛直下向き方向で、輸送管の破損では鉛直上向き方向で多く発生している。

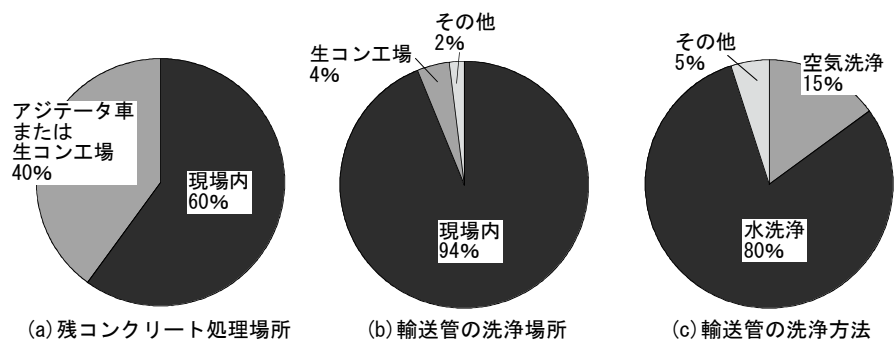


図-8 残コンクリートの処理および輸送管洗浄の実状

(3) トラブル発生から復旧までの所要時間

図-9 に、圧送時に発生したトラブルが復旧するまでの所要時間をトラブル別に示す。閉塞、輸送管の破損および先端ホースの破損に関しては、発生から復旧するまでは概ね1時間以内であったのに対し、ポンプ本体の故

表-1 圧送時に発生するトラブルの種類と要因

トラブルの種類	トラブルの主要原因				
	施工条件		材料条件		
閉塞	66%	供給停止	66%	材料分離	51%
		ポンプ能力不足	17%	スランプロス	31%
		圧送速度過大	8%	粘性過多	15%
本体の故障	12%	ポンプ整備不良	56%	アンケート対象外の項目	
		ポンプの老朽化	42%		
		その他	2%		
輸送管の破損	11%	配管の肉厚	62%	スランプロス	37%
		圧送速度過大	13%	材料分離	28%
		供給停止	10%	粘性過多	28%
先端ホースの破損	4%	ホース老朽化	62%	材料分離	43%
		供給停止	19%	粘性過多	43%
		圧送速度過大	6%	スランプロス	14%

表-2 圧送時のトラブル発生条件

トラブルの種類	コンクリートの種類		圧送条件		気象条件	
	閉塞	普通	55%	下向き	41%	暑中
高強度		19%	長距離	25%	寒中	3%
軽量		12%	上向き	14%	その他	4%
輸送管の破損	普通	62%	上向き	36%	暑中	91%
	高強度	26%	高所	24%	寒中	9%
	軽量	3%	長距離	24%	—	—
先端ホースの破損	高強度	60%	下向き	31%	暑中	70%
	普通	33%	高所	15%	寒中	30%
	高流動	7%	その他	38%	—	—

(回答の多いもの上位3つを列記。)

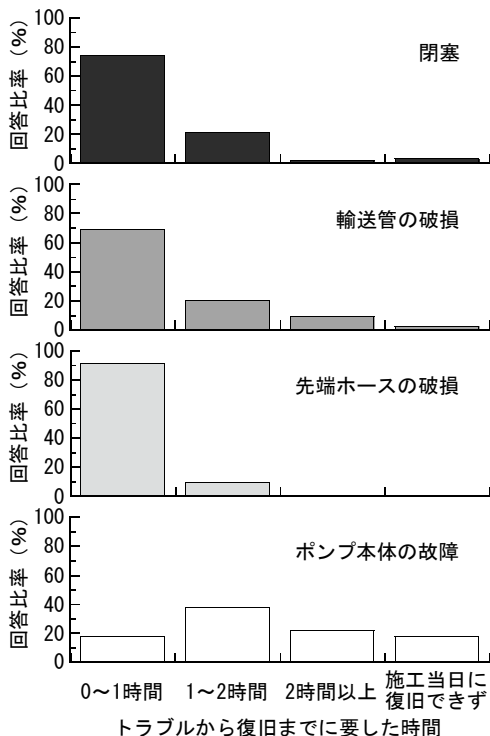


図-9 トラブル発生から復旧までの所要時間

障は1~2時間が最多で、2時間以上や施工当日に復旧できなかった場合が20%以上ある。このことから、ポンプ本体がひとたび故障すると大きなトラブルとなり、その結果施工中の躯体の品質や性能に影響が及ぶと言える。

(4) トラブルが発生した後の躯体の出来映え

トラブルが発生した後のコンクリート躯体の出来映えは、コールドジョイントやジャンカが発生するとの回答が75%を占めており、ひとたび圧送時にトラブルが発生すると出来映えに大きく影響すると考えられる。

その一方、トラブルが発生しても出来映えが良好であった場合は21%あり、トラブルが発生した後で、迅速にかつ的確に対処できるかで出来映えが決まると言える。そのためにも、ポンプ関連の諸機器に対する日常点検や定期点検の実施は不可欠である。

4. まとめ

日本コンクリート工学協会「コンクリートポンプ施工技术調査委員会」が実施したアンケート調査結果のうち、先送り材、圧送の実態、品質変化、残コンクリート処理、輸送管洗浄、トラブルの実状について分析を行った。

その結果、1) 先送り材には1:3モルタルが多用され、型枠内に打ち込まれることが多い、2) 輸送管や先端ホースの径の選定では、施工管理者は施工性を、ポンプ圧送業者は作業性を優先する、3) 残コンクリートの処理や輸送管の洗浄は現場内で行われ、危険性が指摘される空気洗浄も行われている、4) 圧送時のトラブルには閉塞やポンプ本体の故障が多い、5) ポンプ本体が故障すると復旧までに時間を要する、ことなどが判明した。

今後、当委員会において、専門委員による議論や検討を進め、コンクリートポンプ施工における品質向上が図れるようなガイドラインとして提案する予定である。なお、アンケート調査結果は委員会報告書<sup>5)</sup>にまとめられており、詳細については報告書を参照されたい。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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]，2000.2
- 3) 川野辺正徳，中田善久，毛見虎雄，高野肇，奈良禮徳，女屋英明：レディーミクストコンクリート工場において製造されるモルタルの品質に関する調査，日本建築学会技術報告集 第12号，pp.7~12，2001.1
- 4) 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
- 5) 日本コンクリート工学協会：コンクリートポンプ施工技术調査委員会報告書，2007.9