

コンクリートポンプ指針は ここが変わった

《日本建築学会・コンクリートポンプ工法施工指針改定2009》

和美 廣喜^{*1}

中田 善久^{*2}

1. コンクリート工事の多様化

さまざまな建築構造物が建設されるのに伴い、コンクリート工事も多様化している。建築はその用途によって固有の性能が要求され、それによって建築の構成部材も種々の性能が要求されるようになってきた。高層化や大スパン化などの大規模化はその典型で、高所圧送、軽量コンクリート、高強度・高流動コンクリート、プレストレストコンクリート、鋼管充填コンクリート、逆打ち工法、マスコンクリート、大面積極厚スラブ(床、壁)、スリップフォーム工法などコンクリート工事の多様化も著しい。また、構成部材の性能を確保するためにコンクリートを構成する使用材料の多様化も著しい。セメント、混和材料のほか骨材も種々のものが使用されている。

このような状況下にあって、コンクリートポンプ工法は、コンクリート運搬と打込みの主体的な役割を担っているが、近年躯体の品質に影響を及ぼすようなトラブルの発生が多くなっている。このような背景から、コンクリート工事の多様化への対応が日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」の改定の大きなポイントの一つとなった。

*1 島根大学名誉教授 工博

*2 日本大学理工学部 准教授 工博

ARCHITECTURAL INSTITUTE OF JAPAN: RECOMMENDATION FOR PRACTICE OF PLACING BY PUMPING METHODS (by Hiroki WAMI, et al.)

2. 安全の確保と環境保全対策

本指針のもう一つの改定ポイントは安全の確保と環境保全対策である。安全が確保されなければ構造体コンクリートの品質を確保することは不可能である。これまでの学会の施工指針では、コンクリートの品質に関する規定が主であり、安全対策については専門工事会社に依存していた。しかし、今回の改定作業に当たって詳細に分析したところ、コンクリートポンプのトラブルはコンクリートの材料・調合および施工計画に直接関係していることが明らかになった。また、先送りモルタルや残コンクリートの処理なども、専門工事業者に依存していることもわかった。本指針では、これらの問題を積極的に取り入れたところに特徴がある。

3. 指針の構成

日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」は、1972年に出版され、以後1979年と1994年の2度の改定が行われてきた。今回の改定は、二次の改定後15年を経ている。

図1に前回の改定と今回の改定の構成を示す。本指針では、圧送を通じてコンクリートの品質向上を図ることを基本としている。これまでの指針では、標準的な事項を規定しているが、全国コンクリート

1994年度版	2009年度版
1章 総則	1章 総則
2章 施工計画	2章 コンクリートの材料および品質
3章 材料および調合	3章 施工計画
4章 発注および製造	4章 圧送作業
5章 圧送および打込み	5章 コンクリートの工場の選定
6章 コンクリートの品質管理および検査	6章 施工管理
付録	付録

図1 コンクリートポンプ指針の構成

圧送事業団体連合会の「コンクリートポンプ圧送マニュアル」¹⁾が整備されたこと、日本コンクリート工学協会から土木・建築共通の「コンクリート圧送工法ガイドライン2009および解説」²⁾が発刊されたことから、本指針では特に建築工事に特化した最新の情報を積極的に取り入れている。2章では、コンクリート圧送を対象としたコンクリートの品質を明確にしたこと、3章では、高度な技術を有する高強度・高流動コンクリート、鋼管充填コンクリート、長距離圧送などを扱っている。また、5章では、「生コン工場の選定」をあげコンクリートポンプ工法における留意点を明記した。

4. 留意しなければいけないこと

4-1. 先送りモルタルの型枠内への打込み禁止

これまでの指針では、先送りモルタルはコンクリートよりも強度が高いものに限って型枠内に打込んでも良いことになっていた。しかし、本指針では型枠内への打込みを全面的に禁止した。この理由は、先送りモルタルにはコンクリートピストン、ホッパーの機械油や先行水が混入すること、単位水量がコンクリートに比較して2倍程度と多いことなどから、このような先送りモルタルを型枠内に打ち込むと後で打ち込むコンクリートに悪影響を及ぼすからである。また、先送りモルタルはJIS製品ではないので、建築基準法に適合しないことも理由である。特に鋼管充填コンクリートの施工では、鋼管内に先送りモルタルを打ち込むと過度のブリーディング現象が生

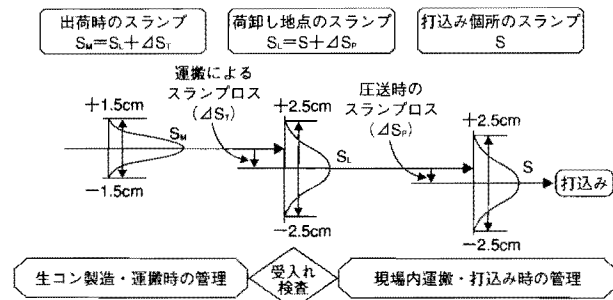


図2 出荷時から打込みまでのスランブの設定とその管理フロー

じ、ダイアフラム下部に空隙ができることや著しい強度低下を引き起こすので、先送りモルタルは打ち込まず廃棄する必要がある。

4-2. 先送りモルタル・残コンクリートの適正処理

本指針では環境保全の面から建設廃棄物をできるだけ少なくし、建設副産物は再資源化することを推奨している。これについては、再資源化のための設備の整っている生コン工場などで処理することが必要である。処理に当たっては、運搬方法、中間処理方法、最終処理方法などについて、施工者の責任において施工計画段階で定めておく必要がある。

4-3. 打込み時の所要のスランブの確保

コンクリートの打込み時のスランブは、健全なコンクリート躯体を確保するために、部材の種類、配筋、打込み・締固め方法に応じて定める必要がある。図2は、出荷時から打込み個所までのスランブ設定とその管理フローを示したものである。JASS 5では、荷卸し地点のスランブ(S_l)と打込み個所のスランブ(S)が同じ値となっているが、コンクリートポンプ工法を採用する場合には圧送によるスランブロス(ΔS_p)を見込んで荷卸し地点のスランブを定める必要がある。また、出荷時のスランブ(S_u)は、生コン工場から現場までの運搬中におけるスランブロスを見込んで定める必要がある。この場合のスランブロスは、運搬距離、気象条件、コンクリート温度、使用材料と調合によって日内・日間を通じて複雑に変化するので、標準配合の修正方法をあらかじめ定めておく必要がある。特に高性能AE減水剤を使用

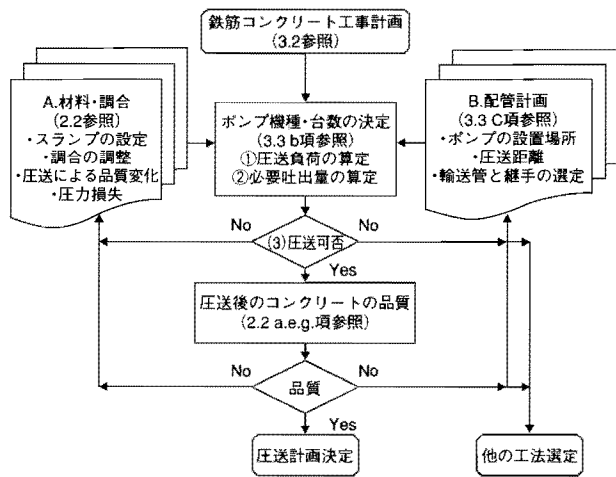


図3 圧送計画の検討フロー

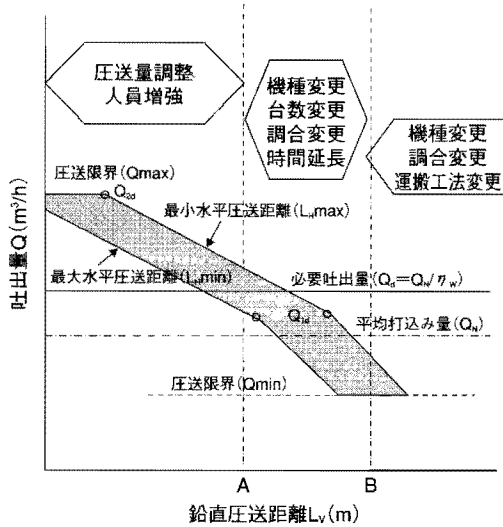


図4 鉛直圧送距離と吐出量の関係

する場合には、少量の単位水量の変化でスランプの変動が大きくなるので骨材表面水の管理が重要となる。

4-4. 安全・品質を考慮した圧送計画

コンクリートポンプ工法の採用に当たっては、安全第一を基本とし、十分な圧送能力を有するポンプと輸送管を選定し、コンクリートが所要の品質を満足するように計画する必要がある。図3にコンクリートポンプ工法における圧送計画の検討フローを示す。この場合、まず材料・調合(A)と配管条件(B)から圧送負荷を算定し、コンクリートポンプ機種と台数を決定する。次いで圧送後に所要のコンクリートの品質が得られるかどうかを確認して圧送計画を決定する。本指針ではこのような手順で、通常の普

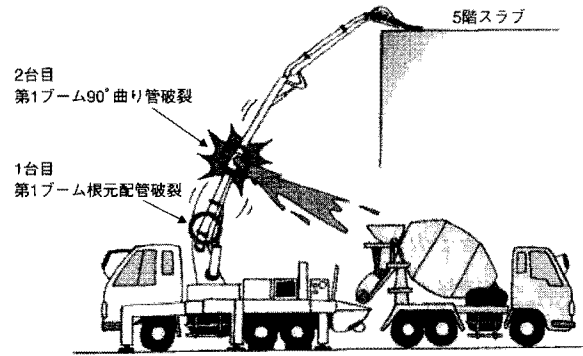


図5 ブームの折損事故

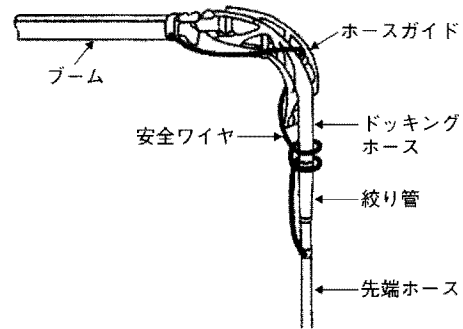


図6 先端ホースの落下防止装置

通コンクリートをはじめ、高強度コンクリート、高流動コンクリート、軽量コンクリートおよび鋼管充填コンクリートなどの圧送計画を行うことが可能となっている。図4は、高所圧送を対象とした鉛直圧送距離と吐出量の関係を示したものである。超高層建築の場合には水平圧送距離がどの施工階においてもほぼ同じになるので、このような関係で示すと施工階(圧送高さ)ごとに具体的な対策をとりやすくなる。

なお、ブーム付コンクリートポンプ車を採用する場合には、安全上の面から以下に示すような制約がある。

- ① 4N/mm²を超える吐出圧力(理論吐出圧で5N/mm²程度に相当)が予想される場合にはブームを使用することができない。これは、道路法および道路運送車両法によって車両の総重量が制限されているためブーム(輸送管も含む)の軽量化を図っており、ブームの許容応力度も制限されるためである。
- ② ブーム先端ホースは、図6に示すように落下

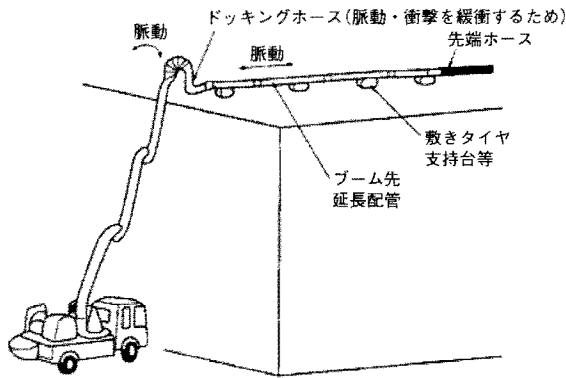





図7 ブーム先端からの延長配管の例

表1 輸送管と継手の選定基準

名称	許容圧力区分 (N/mm ²)	輸送管の肉厚 (mm)	継手
標準	4.0以下	2.0~3.0(1.0)	ワンタッチ式 
中圧	4.0超8.0以下	3.5~4.5(2.0)	ワンタッチ式 
高圧	8.0超	6.0以上(3.0)	両ボルト式 

()は摩耗限界肉厚
注記：管継手の形式やパイプの端部構造によって使用圧力が制限される場合がある。

防止装置を取り付け、125A管の場合5m以下、100A管の場合7m以下の長さとしなければならない。

- ③ ブーム先端には原則として延長配管を用いてはならない。ただし、図7に示すようにドッキングホースなどでブームに過負荷がかからないようにした場合には水平配管に限り延長配管を接続することができる。
- ④ ピストンの切替によるブームの振幅ができるだけ小さくなるように圧送速度を調整して圧送する。

表1に共通仕様として輸送管と継手の選定基準を定めた。ブームに付属している輸送管は、一般的に標準圧(許容圧力区分：4.0以下)のものが用いられている。また、ここに摩耗限界肉厚を定めているが、超音波肉厚計などを用いて摩耗限界肉厚を超えない

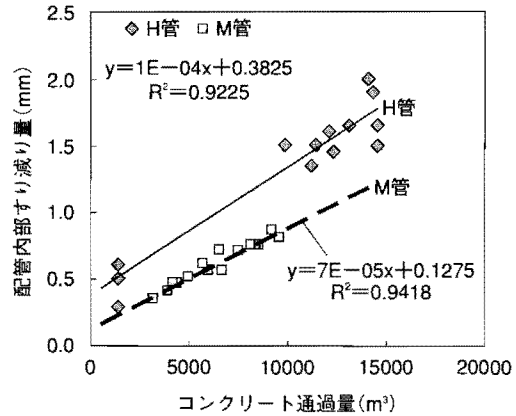


図8 コンクリート通過量と配管内部すり減り量の関係

ように管理する必要がある。輸送管の磨耗量は、図8に示すようにコンクリート通過量(圧送量)に比例して大きくなり、輸送管の種類によって異なるが圧送量が10000m³で約1~1.5mm程度である。特に高所圧送の鉛直配管は、固定された状態で繰り返し使用されるので、適宜点検を行うことが重要である。

4-5. 1日の打込み量は250m³以下

コンクリートの1日の打込みは、ポンプの能力である吐出量で決められることがあるが、これは全くの間違いである。吐出量は、図4に示したように圧送距離が短いときにはポンプの最大吐出量に近い値を得ることが可能であるが、圧送距離が長くなると吐出量が低下する。したがって、1日の打込み量は打込みや締固め作業を考慮して定める必要がある。一般的な鉄筋コンクリート造建築でのコンクリート打込み量は時間当たり30~40m³程度であることを考慮して、本指針ではポンプ車1台当たり1日の打込み量の目安を250m³以下とした。

4-6. 生コンの運搬時間は60分以内

生コンは、工場から現場までの運搬中にスランプや空気量の変動する。品質変動を小さくするためには、生コンの運搬時間をできるだけ短くすることが有効である。また、運搬時間のほかにも材料の貯蔵・計量、骨材の表面水の調整および調合の修正方法などを定め、日内、日間において製造工程中に調合の管理を的確に実施しなければならない。調合の管理

表2 構造物の種類や部位・工法の種類とコンクリートの要求性能

構造物の種類 部位・工法の種類	コンクリートの要求性能	調合・施工上の要点
マスコンクリート	ひび割れ抵抗性 水和熱低減	セメント量の低減(低スランプ、強度保証材齢延長) 低発熱セメント、遅延型混和剤 コンクリート温度の低減
高層RC建築	高強度 ポンパビリティー 充填性	粘性低減(セメント、混和材料、骨材粒度) 高ビーライトセメント 高性能AE減水剤
超高層床コンクリート	軽量 ポンパビリティー フィニシャビリティー ひび割れ抵抗性	圧送によるスランプロス低減 人工軽量骨材のプレソーキング・プレウエッチング 生コンの単位容積重量 ポンプ輸送管の洗浄方法・残コン処理
RC壁式構造	ひび割れ抵抗性 コールドジョイント防止 充填性	乾燥収縮低減 遅延型混和剤 運搬時間・打重ね許容時間
鋼管充填コンクリート	流動性 充填性	最小微粉末量 高流動コンクリート ブリーディング・沈降低減
工場・倉庫床	ひび割れ抵抗性 耐摩耗性 フィニシャビリティー	硬練りコンクリート 動荷重に応じたコンクリート強度 乾燥収縮低減・ひび割れ誘発目地
逆打ち工法	高流動 充填性 構真柱の施工性	ブリーディング・沈降低減 場所打ち杭コンクリートに対する構真柱の挿入抵抗
スリップフォーム工法	初期強度 凍害耐力	脱型時の初期強度 凍害耐力を得る初期養生 硬練りコンクリート

は、生コンの単位容積質量を適宜測定して、標準調合通りになっているかどうかを点検することも有効である。

5. コンクリートの多様化に配慮

本指針では、第5章で「コンクリート工場の選定」を設けた。現在の生コン工場では、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」や「全国生コンクリート品質監査会議」の規定に適合する製品を製造している。しかし、日本コンクリート工学協会のコンクリートポンプ施工技術調査委員会による実態調査³⁾によると、材料・調合面でコンクリート圧送に対する配慮が必ずしも十分でないことが報告されている。最近の建築工事で多様なコンクリートが採用されている現状を鑑み、それに生コン工場と施工者が的確に対応する必要性から生コン工場の選定について規定した。

表2に構造物の種類や部位・工法の種類とコンクリートの要求性能を示す。これらは、コンクリートの圧送性に対しても種々の影響を及ぼすので、事前に施工者と十分協議して材料・調合を設定して要求

事項を満足する必要がある。

6. 安全・環境・工程・品質管理

第6章「施工管理」として、コンクリート工事における安全・環境・工程・品質の4つの管理項目を詳細に定めた。これまでの指針では主にコンクリートの品質管理に重点がおかれていたが、コンクリート圧送で配管の閉塞・損傷・ポンプの損傷および人身事故が多発していることを考慮して安全・工程(プロセス)の管理項目を新設した。一旦事故が発生すると構造物コンクリートの品質に致命的な欠陥を生じることになるので、それを未然に防ぐためである。また、建設廃棄物の削減・再資源化を目的として環境管理についても詳細に示した。

表3にコンクリートポンプ工法における安全・環境管理項目と確認・点検事項を示す。

7. 日米の指針

付録に日米のコンクリートポンプ工法指針の比較を示した。米国では、ACI 304.2R-96の「Placing Concrete by Pumping Methods」とACPA(アメリ

表3 コンクリートポンプ工法における安全・環境管理項目と確認・点検事項

工程	管理項目	確認・点検事項	
安全管理	打込み前	圧送作業従事者の資格	特別教育修了者で、圧送施工技能士の資格を有すること
		圧送機器の点検	定期点検や日常点検の実施記録、始業前点検、輸送管の肉厚、ジョイント、ホース
		輸送管の固定方法	輸送管の固定・支持状況
		コンクリートポンプおよびアジテータ車の移動経路	工事車両・重機との干渉、誘導員の配置
		コンクリートポンプの転倒防止	アウトリガの張出し、コンクリートポンプを設置する地盤に対する養生
		ブームの電線への接触による感電事故・停電事故の防止	コンクリートポンプの設置位置、ブームの作業範囲
		安全作業のための仮設設備	安全通路・足場・手摺り・養生ネットの設置状況、仮設設備と輸送管との干渉
		ブームの荷重負荷状態	先端ホースなどの長さ
	打込み中	接触事故の防止	車両誘導、車止めの設置
		ブーム直下への立入り禁止	ブーム直下の養生、作業員の誘導・指示
		ホッパ上での作業禁止	圧送作業従事者の作業状況
		先端ホース前への立入り禁止	各作業従事者の作業状況
		ブームの姿勢	ブームを用いた作業状況
		転落・感電防止	安全通路、仮設設備、養生状況、安全帯使用
	打込み後	トラブルに伴う事故防止	輸送管の閉塞、ブームの動き・異常音の有無
環境管理	全工程	コンクリートポンプおよび機材の洗浄	洗浄作業(水洗浄の実施、空気洗浄の禁止)、洗浄水・残渣の適正処理
		先送りモルタルの処理	適正処理(型枠内に打ち込んでいないこと)
		騒音・振動・排気ガス	低騒音・低排気ガス型のコンクリートポンプの推奨、養生状況
		残コンクリート対策	適正処理、廃棄物マニフェスト管理票

カコンクリートポンプ協会)の2つの指針がある。ACI指針では、主にコンクリートポンプ工法の材料・調合について詳細に規定し、圧送作業、安全・施工管理はACPA指針に委ねられている。

小島正明, 清水正樹, 白石篤雄, 鈴木澄江, 早川光敬, 森永 繁, 柳田克巳, 山崎順二, 吉見 正 (協力委員)毛見虎雄, 藤井和俊, 岩清水 隆, 木村芳幹

むすび～良いコンクリートは圧送性も良い

コンクリート調合の良し悪しは、輸送管にコンクリートを通すことによって判定できるといっても過言ではない。分離や単位水量の多いコンクリートは、閉塞を生じるばかりでなく構造体コンクリートの品質に悪影響を与える。これまではコンクリートポンプ工法がコンクリートの品質を悪くすると言われてきたが、「品質の良いコンクリートは圧送性も良い」ということを、この指針を通じて認識を新たにしていただきたいものである。

[参考文献]

- 1) (社)全国コンクリート圧送事業団体連合会/コンクリートポンプ圧送マニュアル, 2006年8月
- 2) (社)日本コンクリート工学協会/コンクリート圧送工法ガイドライン2009および解説, 2009年6月
- 3) (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年9月

*

【謝辞】本指針は、日本建築学会「コンクリートポンプ工法研究小委員会」の下記委員によって改定されたものである。名を記して謝辞を申し上げる。
(委員)石川雄康, 大田達見, 大塚秀三, 鬼塚雅嗣,

*

*