

最新のポンプ圧送事情

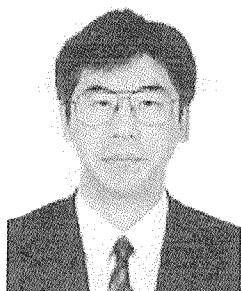
溝淵 利明*

1. はじめに

コンクリートを打込み場所まで圧送・運搬するコンクリートポンプは、現在のコンクリート構造物の施工においてなくてはならない存在となっている。コンクリートポンプは、今から約90年前にCornell Keeによって考案され、1920年代にアメリカで開発されている。わが国では、1930年代に導入され、戦後まもなく国産機の製作が始まっている。コンクリートポンプが本格的にコンクリート工事に用いられるようになったのは、1960年代の高度成長期からであり、コンクリートの運搬方法としては比較的新しいものと言える¹⁾。

コンクリートポンプの性能は、コンクリート構造物の高層化や急速大量施工等のニーズによって、また高強度コンクリートや高流動コンクリート材料などのコンクリートの多様化に伴って、ここ10年間で飛躍的に向上したと言える。最近では、最大理論吐出圧力が20MPa、時間あたりの最大吐出量が150m³を超える機種もあり、コンクリートを圧送する機械としては高い性能を有していると言える。一方、圧送される側のコンクリートは、ここ10年前後のうちで多様化してきている。とくに、場所打ち高強度コンクリートや高流動コンクリート、水中不分離性コンクリートなどの場合、材料分離抵抗性が大きいので、圧送中の閉塞自体は少ないものの、圧送負荷が通常のコンクリートの4倍程度まで達する場合があります。吐出圧力の大きいポンプを用いないと圧送できない場合や圧送能力が著しく低下する場合もある。コンクリートのポンプ圧送は、圧送する機械の性能と圧送されるコンクリートの性状がマッチングして初めて高い圧送性能が発揮されるものである。

本稿では、昨年改訂された土木学会「コンクリートポンプ施工指針」(以下、ポンプ施工指針)の改訂内容の概要を紹介するとともに、高強度コンクリートを適用した橋脚、橋梁主塔でのポンプ圧送事例について紹介する。



* Toshiaki MIZOBUCHI

法政大学
工学部 土木工学科 講師

2. 「コンクリートポンプ施工指針」の改訂概要

土木学会「コンクリートのポンプ施工指針(案)」は、コンクリートポンプによるコンクリートの施工を円滑に行うために、ポンプ圧送する際の材料・配合等の選定、圧送計画、圧送時の留意点などを取りまとめたものであり、昭和60年(1985)に第1版が制定されている。平成12年の改訂版では、60N/mm²以上の場所打ち高強度コンクリートの施工、高流動コンクリートの開発、水中不分離性コンクリートの大量施工、ダムコンクリートのポンプ圧送など、初版制定後に開発・利用拡大したコンクリートへの対応や、性能が大幅に向上したポンプに関する最新データが記載されている²⁾。さらに、ゲートバルブや分岐管工法等ポンプを利用した広範囲一括工法の新しい施工法への対応、コンクリートのポンプ圧送性を評価するための試験法(案)の提案、ポンプ圧送時の可視化実験など、最新の工法や研究成果を盛り込んだものとなっている。ここでは、新規に盛り込まれた高強度コンクリートおよび高流動コンクリート等特殊なコンクリートの圧送、変形評価試験方法(案)、可視化実験の概要について紹介する。

2.1 高強度コンクリートおよび高流動コンクリート等特殊なコンクリートの圧送

高流動コンクリートの場合、通常のコンクリートと比べ、単位セメント量や石灰石微粉末などの粉体量の増加や増粘剤の添加により粘性が高くなる。したがって、配管内の圧力損失は増大し、吐出量が低下する傾向にあると言われている。ただし、ポンプの圧送負荷は大きくなるものの、粉体量が通常のコンクリートよりも多いことや、使用する材料の系によって増粘剤が添加されていることから、材料分離が生じにくく、管内閉塞が少ないと言われている。高流動コンクリートの圧力損失に関する実験例はいくつか報告されているものの、配合や使用材料などが異なる場合が多く、ポンプ施工指針では定量的評価は困難であるとしている。ただし、図-1に示すような高流動コンクリートをポンプ圧送した場合の水平配管における吐出量と圧力損失の関係例を示している。図-1から、粉体系および併用系高流動コンクリートの圧力損失は、粉体量が大きいほど増加する傾向を示しており、ポンプ施工指針に示されたスランプ12cmの通常のコンクリートに比べ、同一吐出量において粉体系および併用系の場合に最大で4倍程度になるとしている。

配管径の違いは、図-2に示すように6Bおよび8B管を用いた場合の吐出量と圧力損失の関係例を示している。図-2から、同一管径におけるスランプ12cmの通常のコンクリートを用いた場合と比べると、高流動コンクリートの方が1.1倍~1.5倍程度圧力損失が大きくなっている。一

方、管径を6Bから8B管に大きくした場合、圧力損失は1/3程度まで減少しているのが分かる。

したがって、ポンプ施工指針では、高流動コンクリートを適用する場合、圧送性を考慮し、配管径を通常より大きくするとともに、理論吐出圧力の大きなコンクリートポンプを選定することが望ましいとしている。

高強度コンクリートは、ポンプ施工指針によれば高流動コンクリートのポンプ圧送性と類似しているとしている。図-3にポンプ施工指針に示された高強度コンクリートの吐出量と水平圧力損失との関係を示す。圧力損失は、同一吐出量でのスランプ12cmのコンクリートに比べて最大で6倍近い値を示しているのが分かる。

さらに、高強度コンクリートの場合、通常のコンクリートと比べて圧送負荷が大きいことから、スランプフローやスランプの低下を招かぬように、材料や配合選定または施

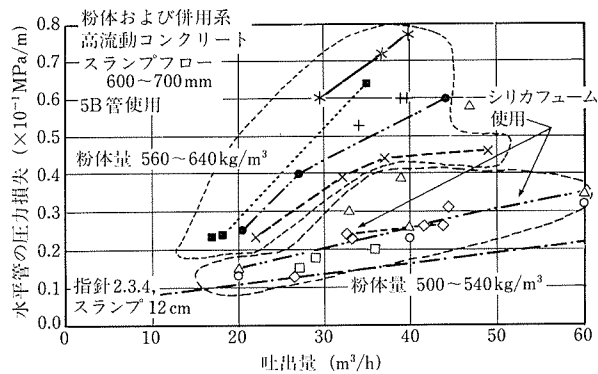


図-1 吐出量と圧力損失との関係(高流動コンクリート)²⁾

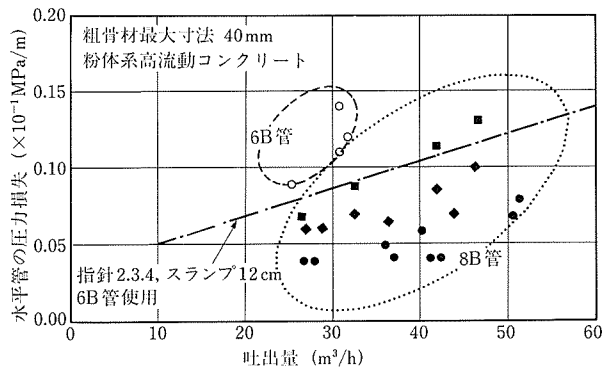


図-2 配管径の違いが圧力損失に及ぼす影響(高流動コンクリート)²⁾

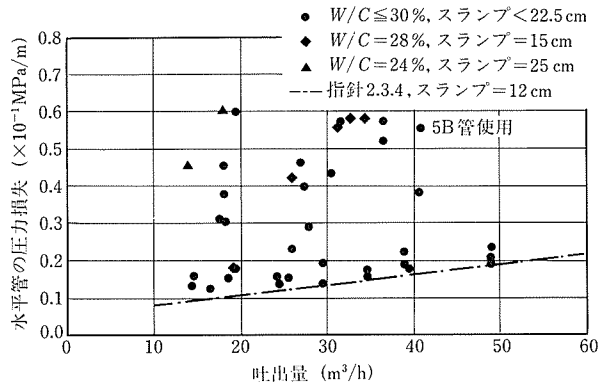


図-3 吐出量と圧力損失との関係(高強度コンクリート)²⁾

工計画に注意する必要があるとしている。

最近では、ポンプ自体の性能が向上し、吐出圧力の大きいものや高圧仕様のポンプによって、負荷が大きくなっても圧送できてしまうが、曲がり部のように大きな負荷と摩擦力が生じる部位では、写真-1に示すように破損してしまう場合もある。したがって、高強度コンクリートの圧送に関しては、圧送圧の大きいポンプを準備することも重要であるが、表-1に示す高圧仕様の配管や、図-4に示す中・高圧タイプの配管用継手を使用する必要がある。さらに、管の磨耗について、輸送管の使用限界を示すとともに、図-5に示す使

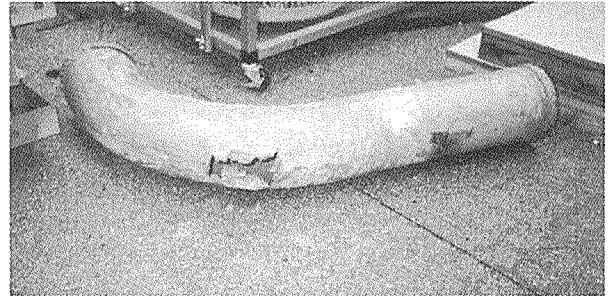


写真-1 輸送管の破損状況

種類	使用圧力	形状
低圧 ワンタッチ	2.0MPa	
標準 ワンタッチ	4.4MPa	
中高圧 ワンタッチ	6.9MPa	
高圧タイプ	11.8MPa	
超高圧 タイプ	12.7, 19.6, 24.5MPa	

図-4 配管用継手の使用圧力と形状²⁾

表-1 輸送管の種類(高圧用)

圧力区分	管径	外径 (mm)	肉厚 (mm)	管の質量 (kg/3m)
7MPa級 (厚肉管)	100A(4B)	114.3	4.5	37
	125A(5B)	139.8	4.5	45
	150A(6B)	165.2	5.0	59
	200A(8B)	216.3	5.8	90
	250A(10B)	267.4	6.6	127
12MPa級 (高圧管)	100A(4B)	114.3	6.0	48
	125A(5B)	139.8	6.6	65
	150A(6B)	165.2	7.1	83

注) 薄肉管は1.6, 1.8の肉厚もある。管質量は鋼管の製造方法によって異なる。

用圧力に対する輸送管の限界肉厚も記述している。これらを参考に、管の磨耗について十分留意していく必要があると言える。

ポンプ施工指針では、加圧ブリーディング試験で得られた脱水量がコンクリートのポンプ圧送性の可否を事前に評価する指標の一つになるとして提案している。しかしながら、高流動コンクリートの場合には、保水性が高く、加圧しても脱水量が少ないことから、図-6に示すように通常のコンクリートよりも下位に位置することが多い。とくに、増粘剤を添加している増粘剤系高流動コンクリートはこの傾向が大きい。ただし、ポンプ施工指針ではこれまでの施工実績からとくに問題ないことが明らかとなっているので、この種のコンクリートの場合には事前に圧送確認試験を行うか、同種コンクリートの実績を参考にするのがよいとしている。また、保水性の高いコンクリートは、脱水量の範囲を新規に設ける必要があると考えられる。

2.2 フレッシュコンクリートの変形性能評価試験方法

コンクリートのポンプ圧送性を室内で評価する試験方法は、これまで加圧ブリーディング試験のみであり、前項で

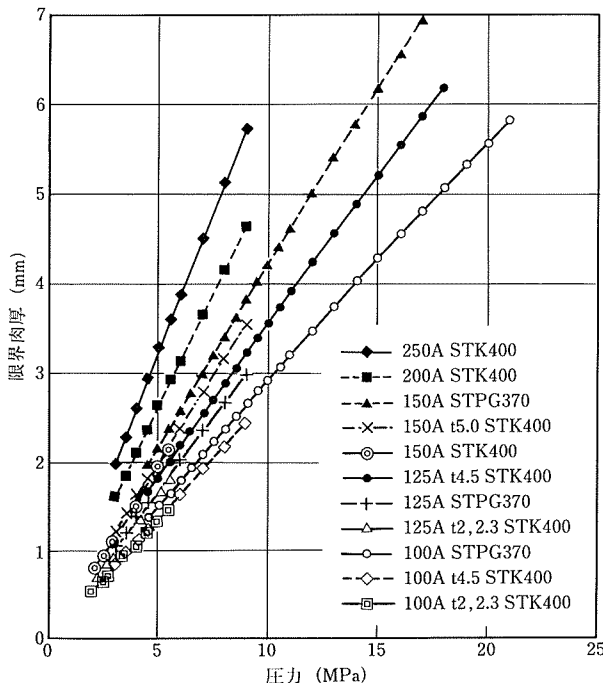


図-5 使用圧力に対する輸送管の限界肉厚²⁾

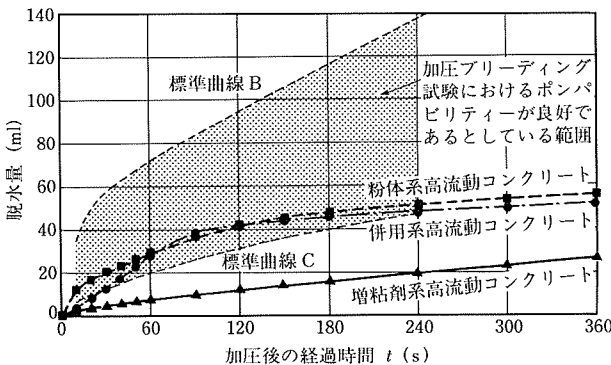


図-6 高流動コンクリートの加圧ブリーディング試験結果例²⁾

示したように、高流動コンクリートなどの材料分離抵抗性が大きいコンクリートでは、適切に評価することが難しい場合もある。したがって、ポンプ圧送が可能かどうかは、事前に実際の状況とほぼ同様の条件で配管し、コンクリートを圧送して判断する機会が多く行われてきた。このような大規模な実験を行わず、室内で比較的簡便に評価するための方法の一つとして、ポンプ施工指針では「フレッシュコンクリートの変形評価試験方法(案)」を提案している。

これは、テーパ管、ベント管および分岐管などの変形管におけるフレッシュコンクリートの変形抵抗性を事前に評価する簡易な試験方法である。試験装置は、図-7および写真-2に示すように油圧ユニット、シリンダー、テーパ管および架台から構成されている。試験方法は、図-8に示すようにピストンを最も引き込んだ状態にし、シリンダーとテーパ管を接続させ、20度の仰角を与えたその中にコンクリートを詰める。コンクリートを締め固めた後、1.25 cm/秒の速度でシリンダーを押し出し、ポンプ油圧と経過時間を測定し、平均ポンプ油圧および油圧の変動係数を求めるものである。写真-3、4に試験状況を示す。

これまでの実験結果から、図-9に示すように、平均ポンプ圧で0.2 MPa以下かつ油圧の変動係数で15%以下の範囲のコンクリートであれば、順調に圧送することが可能としている。ただし、本試験方法と実際の圧送との相関は、

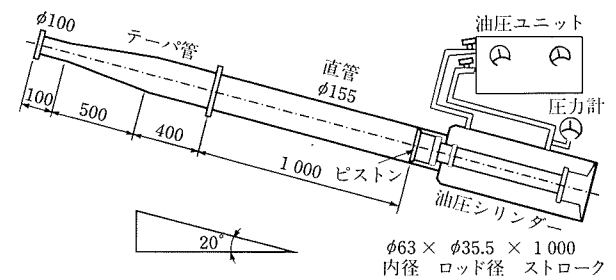


図-7 小型圧送試験装置²⁾

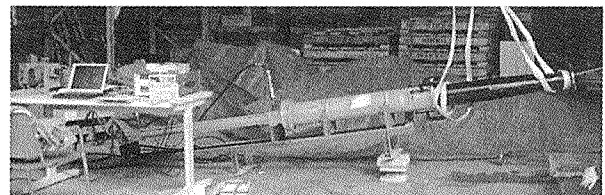


写真-2 変形性能評価試験の実施風景(図-7とは左右逆)

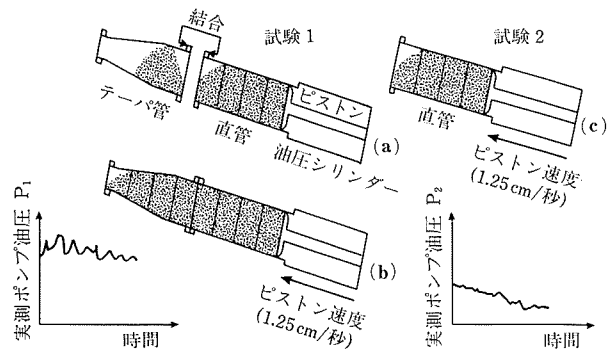


図-8 変形評価試験方法²⁾



写真-3 試験1の状態



写真-4 試験1での変形管出口付近の圧送状況

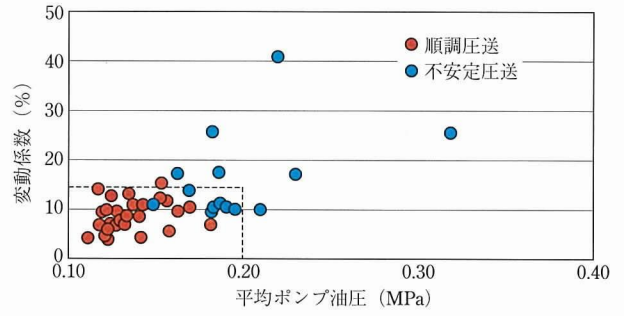


図-9 平均ポンプ油圧と変動係数との関係²⁾

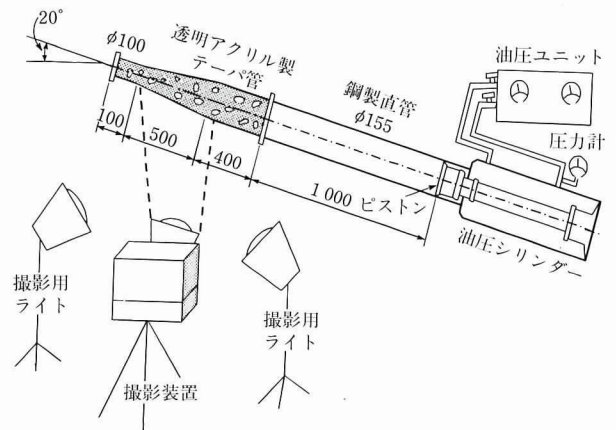


図-10 小型ポンプ圧送試験装置による可視化実験³⁾

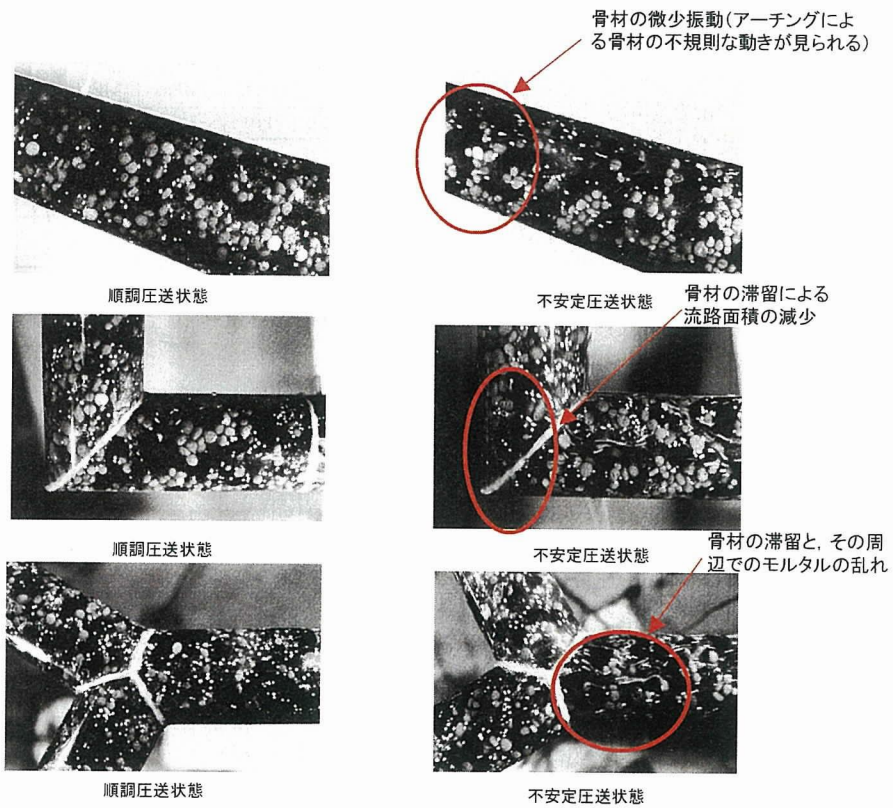


写真-5 可視化実験結果

まだ十分検討されておらず、これらのデータの蓄積と評価基準の選定が今後の課題であるとしている。

2.3 可視化実験について

ポンプの圧送性は、配管内のコンクリートの挙動であることから、これまで理論的な評価はほとんど行われていない。とくに、管内閉塞の発生は、これまでの圧送実績からの経験的な評価であり、どのような圧送条件（材料、配合、配管径、配管長、配管レイアウト、圧送圧など）のもとで生じるのか定量的な評価が十分行われていない。ポンプ施工指針改訂版では、コンクリートの可視化に関する最新の研究成果を紹介し、コンクリート圧送における閉塞現象解明のための一資料を提供している^{2)~7)}。

実験では、図-10に示すように、フレッシュコンクリートの変形性能試験装置を用いて³⁾、テーパー部を透明の管とし、圧送時の連続写真撮影を行っている。また、テーパー管のほかに、曲がり管や分岐管についても実験を実施している。使用した材料は、コンクリートと、ある相似則を有する可視化モデルを用いて⁷⁾、粗骨材の濃度を変化させ、順調圧送、不安定圧送、管内閉塞のそれぞれの現象を再現している。その結果、写真-5に示すように不安定圧送状態において、閉塞の前兆現象として粗骨材の滞留やアーチング現象によって、粗骨材集積部付近でモルタルの乱れが発生していることが確認されている⁵⁾。従来、テーパー管などの閉塞現象は脱水に伴う潤滑層の高摩擦領域の形成により生じるものとされていたが、今回紹介されている研究成果によれば、粗骨材のアーチング現象が大きく影響していることが明らかとしている。

本研究成果は、コンクリートのポンプ圧送現象を解明するための一手法であり、実際の圧送現象を解明するための第一歩を踏み出したと言える。このような研究が今後さらに増えていけば、近い将来、材料・配合を示すだけでコンクリートの圧送実験を実施しなくても圧送性を評価することが可能になると考えられる。

3. 高強度コンクリートを用いた斜張橋主塔の高所圧送事例

青森ベイブリッジは、青森港とJR青森駅を跨ぐ橋長498m、中央径間240mのPC斜張橋である。主塔は逆Y字形をしており、高さが80mある。主塔部は、自重低減および景観を考慮し、スレンダーな形状とするために設計基準強度60N/mm²の高強度コンクリートを適用している⁸⁾。主塔コンクリートの施工は、その当時、設計基準強度60N/mm²の高強度コンクリートを市中のレディーミクストコンクリート工場で製造し、80mの高さまで高所圧送した事例がなかったことから、所定の強度を確保するための材料および配合選定が行われた。とくに、主塔部は部材厚2.5m、幅4.0m~5.5mとマッシブなコンクリート部位となることから、コンクリートの高強度化に伴って単位セメント量が増大し、セメントの水和発熱による温度応力でひび割れ発生の可能性が懸念された。そこで、その当時開発された高性能AE減水剤を適用し、単位水量を極力少なくした配合を用いている。また、水セメント比および細骨材率は圧縮強度

の試験結果およびポンプ圧送性をもとに、計4回変更している。コンクリートの配合を表-2に示す。ポンプは、高強度コンクリートの高所圧送を行うため、当時国内最大の吐出圧力を有するものを用いた。ポンプの性能諸元を表-3に示す。管径は、粘性の高い高強度コンクリートを圧送することを考慮して、6B管を用いた。また、ポンプ圧送性を評価するために、図-11に示すように高さ20m~80mまで計6回ポンプ圧送に伴う管内圧力の測定を実施した。管内圧力の測定は、水平部（16m~20m、P₁~P₂）、曲がり部（半径1000mm、P₂~P₃）、鉛直部（11m、P₃~P₄）および吐出部（鉛直距離31m~80m、P₅）で行った^{8), 9)}。

管内圧力の計測結果から、圧送効率（トラックアジテータ車1台あたりの圧送時間から求めたポンプの実吐出量/設定吐出量）は、フレッシュコンクリートの性状および圧送高さにそれほど影響されず、図-12に示すように設定吐出量に影響されることが判明した。設定吐出量が40m³/h程度までは、圧送効率が90%以上であるのに対して、設定吐出量が50m³/hを超えると圧送効率が急激に低下し、50%以下となっている。これは、粘性の高い高強度コンクリート

表-2 コンクリート配合（青森ベイブリッジ主塔）

対象ロット	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
1~5	31.4	39.0	135	430	603	1105	2.2~2.5
6~8	35.0	40.3	135	386	729	1105	2.3~2.8
9~10	33.8	39.9	135	400	718	1105	2.6~2.9
11~19	33.8	42.2	135	400	760	1063	2.1~3.0

表-3 コンクリートポンプの性能諸元（青森ベイブリッジ）

形式名	最大吐出量 (m ³ /h)	最大理論吐出圧力 (MPa)	最大油圧 (MPa)	弁形式	コンクリートシリンダー (mm)	
					口径	ストローク
NCP11FB	110	7.85	34.3	揺動弁	210	1600

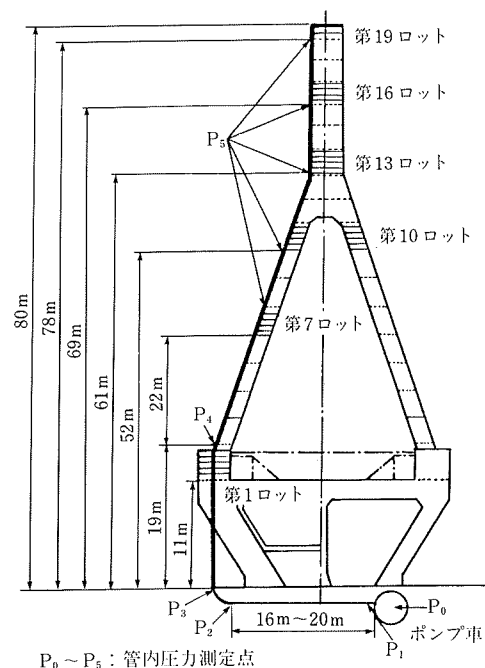


図-11 ポンプ圧送圧の計測位置の概要⁸⁾

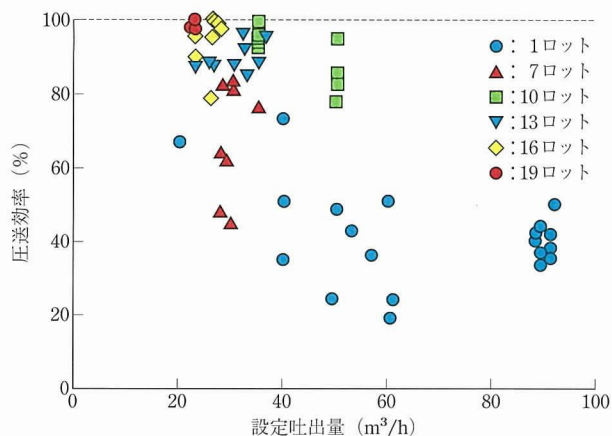


図-12 設定吐出量と圧送効率との関係⁸⁾

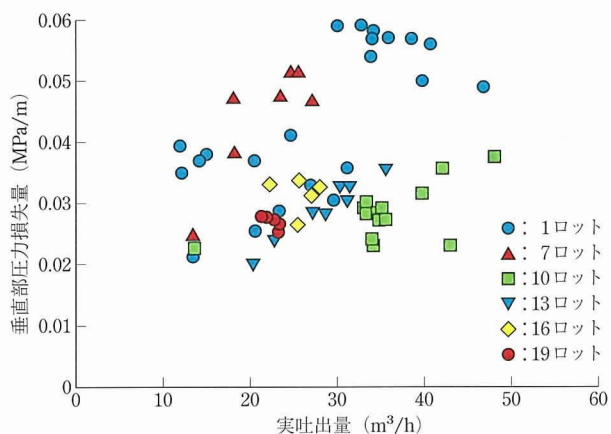


図-13 実吐出量と垂直部の圧力損失量との関係⁸⁾

では設定吐出量を増加させても（ピストンの押し引きを速くしても）シリンダー内に吸い込まれる量が粘性の影響を受け、ある一定量以上吸い込まれないためと考えられる。粘性の高い高強度コンクリートでは、設定吐出量を大きくした場合、吐出効率が低下するだけでなく、ポンプ自体の圧送負荷を増大させてトラブルの原因になるものと予想される。したがって、圧送効率を確保するためには、圧送高さの低い部位で圧送効率と設定吐出量との関係を把握し、圧送効率を十分確保できる範囲で吐出量を設定する必要がある⁸⁾。

垂直部の圧力損失は、図-13に示すように実吐出量が増加すると圧力損失も増加する傾向にあるようである。ただし、圧送高さの影響はほとんど見られず、設定吐出量 20 m³/h～40 m³/h の範囲で 0.03 MPa/m～0.04 MPa/m であり、普通コンクリートの場合と同等か若干高い程度の値となる⁸⁾。

本橋で実施したポンプ圧送の計測結果をもとにした場合、同クラスのポンプと同等の配合を用いれば、粘性の高

い高強度コンクリートであっても垂直高さで 100 m 以上の圧送も可能であると予想される。

4. 超高橋脚に用いた高強度コンクリートのポンプ圧送事例

東海北陸自動車道の鷺見川橋梁は、橋脚高さが最大 118 m の超高橋脚を有する橋梁である。この橋脚部に適用したコンクリートの設計基準強度は、50 N/mm² の高強度コンクリートであった。本橋脚の施工では、低層部（橋脚高さ 15 m まで）においてコンクリートが中実（長さ 8.5 m、幅 6.0 m、高さ 5.0 m～6.0 m）であり、マッシュな部位となることから、セメントの水和発熱による温度応力によってひび割れを生じる可能性が懸念されたため、極力単位セメント量を低減する目的でスランプ 12 cm のコンクリートを適用した。また、中空断面となる部位では、当初スランプ 18 cm のコンクリートで施工することとしていたが、管内圧力の計測を 20 m～30 m 間隔で実施した結果、橋脚高さが 70 m を超える範囲においてスランプ 18 cm で圧送することが難しくなると予想されたため、スランプフロー 50 cm のコンクリートを適用した。また、ポンプ圧送圧の計測リフトは、打込み予定のコンクリートのほかに 15 m³～20 m³ 程度使用コンクリートよりも流動性の高いコンクリートを圧送し、流動性の違いが管内圧力などに及ぼす影響について検討を行った¹⁰⁾。

表-4 コンクリートポンプの性能諸元（鷺見川橋梁）

形式名	使用対象	最大吐出量 (m ³ /h)	最大理論吐出圧力 (MPa)	最大油圧 (MPa)	弁形式	コンクリートシリンダー (mm)	
						口径	ストローク
IPF 110 B	大容量時	100	5.18	30.87	板弁	205	1 600
	高圧時	68	8.10				

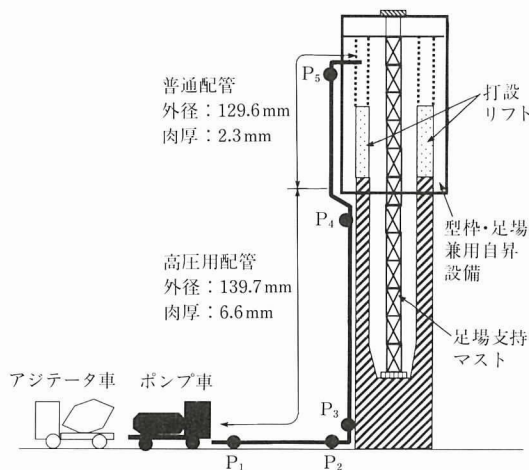


図-14 ポンプ圧送圧の測定位置の概要¹⁰⁾

表-5 コンクリート配合（鷺見川橋梁）

使用対象	スランプまたはスランプフロー (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
橋脚高 15 m 以下	12±2.5	35.8	42.0	134	374	759	1 063	5.61
橋脚高 70 m 以下	18±2.5		41.1	140	391	730	1 063	5.87
橋脚高 120 m 以下	50±5		42.0	151	422	723	1 016	7.17

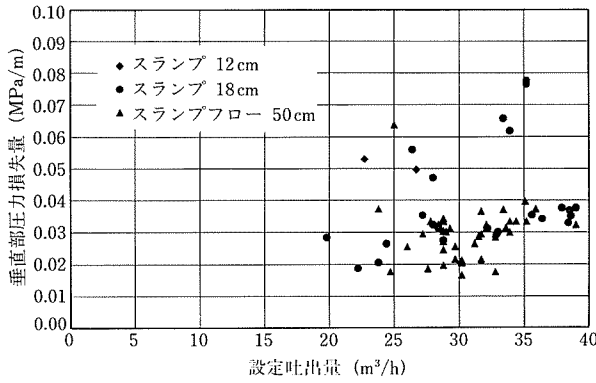


図 - 15 設定吐出量と垂直部圧力損失量との関係

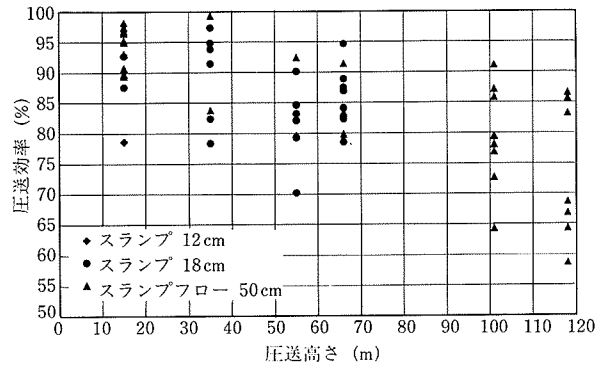


図 - 17 圧送高さとの関係

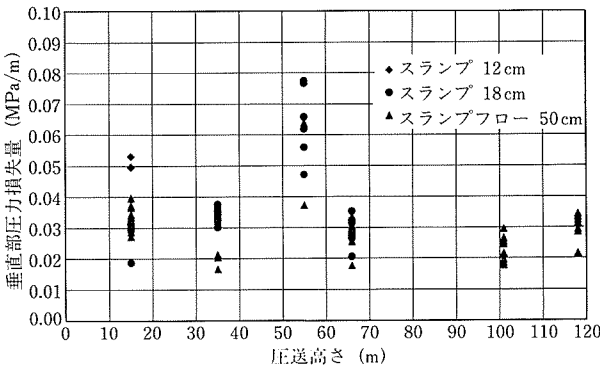


図 - 16 圧送高さとの関係

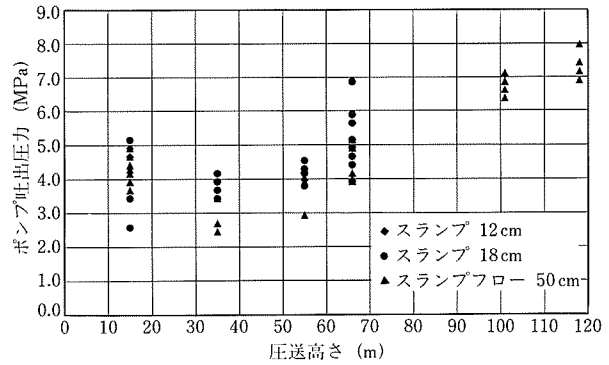


図 - 18 圧送高さとの関係

コンクリートポンプの性能諸元を表 - 4 に示す。高圧時の最大吐出圧は、青森ベイブリッジと同等である。管径は、5 B 管を適用し、図 - 14 に示すように管内圧力が大きいと思われる当該打設リフト下面高さまで、表 - 1 に示す高圧仕様の輸送管のうち、12 MPa級（外径139.7 mm，肉厚6.6 mm）を使用し、当該打設リフト部分は一般用（外径129.6 mm，肉厚2.3 mm）を使用した。

コンクリートの配合を表 - 5 に示す。コンクリートの配合は、上述したように橋脚の高さおよび要求される性能を考慮して3種類としている。水セメント比は一定とし、所定のコンシステンシーが得られるように単位水量および高性能 AE 減水剤の使用量を変化させている¹⁰⁾。

ポンプ圧送圧の計測結果から、垂直部の圧力損失量は、図 - 15 に示すようにスランプ 18 cm の場合、設定吐出量の増加に伴い増加する傾向にあったが、スランプフロー 50 cm の場合には設定吐出量の増加による影響はほとんど見られない結果となっている。一方、圧送高さとの関係では、図 - 16 に示すように、圧送高さ 55 m を除き、圧送高さの増加による影響はスランプ 18 cm およびスランプフロー 50 cm の両者ともほとんど影響を受けていないのが分かる。設定吐出量と圧送効率との関係は、青森ベイブリッジでの計測結果を参考にして設定吐出量を 40 m³/h 以下としたことから、図 - 17 に示すようにほとんどのケースで 80% 以上を確保する結果となっている。圧送効率と圧送高さとの関係では、コンクリートの種別に関係なく圧送高さが高くなるほど低下する傾向にあるようであ

る。

ポンプの吐出圧力は、圧送高さが 120 m 近い橋脚天端付近の施工において、図 - 18 に示すようにポンプの最大吐出圧力に近い値が作用していることから、これ以上高い位置での圧送については、さらに最大吐出圧の高いポンプを用いる必要があると予想される。

5. おわりに

コンクリートポンプは、現在のコンクリート工事には必要不可欠の存在となっている。コンクリートポンプは、コンクリートの性能が多様化するのに呼応し、多様化したコンクリートをより遠く、より高く、より多く圧送できるように高い性能を確保するよう常に技術革新している。しかしながら、これまではワーカビリティの低下したコンクリートをポンプ圧送すれば閉塞してしまうのに対して、最近の性能の高いポンプでは圧送できてしまうということが起こり得る。圧送性能は非常に高いものの、打ち込まれたコンクリートが所定の品質を確保しているのかという点で、必ずしも満足できる状況にないと思われる。今回紹介した超高橋脚のポンプ圧送では、その部位ごとに性能を満足できるコンクリートを選別し、圧送できるようにした。ポンプ自体も圧送負荷をできるだけ軽減できるようにし、打ち込まれたコンクリートの性能を最大限に生かすようにした。このように、圧送するポンプと圧送されるコンクリートのバランスを考えることこそが、目指すべきポンプ圧送の方向性のように思われる。

最後に、変形性評価試験の実施状況および可視化実験結果の写真を提供していただいた橋本 徳島大学教授に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 成岡：新体系土木工学 別巻 土木資料百科，技報堂，p.42，1990
- 2) 土木学会：コンクリートのポンプ施工指針（平成12年版），コンクリートライブラリー100，2000.2
- 3) 橋本，丸山，清水：フレッシュコンクリートの管内流動における閉塞過程の可視化に関する実験手法，コンクリート工学，Vol.26，No.2，pp.119～127，1988.2
- 4) 橋本，井上，丸山，清水：可視化実験手法によるポンプ圧送時のコンクリートの変形特性に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.10，No.2，pp.79～84，1988.6
- 5) 橋本，堀口，丸山，清水：テーパ管を流動する可視化モデルコンクリートの乱れ計測システム，土木学会論文集，No.402/V-10，pp.61～70，1989.2
- 6) 橋本，本間，丸山，清水：変形管を流れるフレッシュコンクリートの変形性能の評価方法，土木学会論文集，No.402/V-15，pp.91～100，1989.8
- 7) 橋本，吉田，安積，辻：フレッシュコンクリートの可視化実験手法に関する相似則の検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.13，No.1，pp.89～94，1991.6
- 8) 青森県，JR東日本：青森ベイブリッジ，鹿島出版会，1994.9
- 9) 石橋，吉田，大庭，竹内：ポンプ圧送による高強度コンクリートの施工 青森大橋主塔，コンクリート工学，Vol.28，No.5，pp.59～70，1990.5
- 10) 柳井，服部，森，溝淵：超高橋脚の施工における高強度コンクリートのポンプ圧送性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，pp.1033～1038，1998.6

【2002年1月7日受付】



刊行物案内

フレッシュマンのためのPC講座

プレストレストコンクリートの世界

頒布価格：3 000円(送料400円)

体 裁：A4判，140頁

内容紹介

＝基礎編＝

- 基礎編1 PCとは何か
- 基礎編2 PCはどんなものに利用できるか
- 基礎編3 プレストレスの与え方について考えてみよう
- 基礎編4 プレストレスは変化する
- 基礎編5 荷重と断面力について考えてみよう
- 基礎編6 部材に生じる応力度について考えてみよう
- 基礎編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう
- 基礎編8 PCに命を与えるには(プレストレスングとその管理)
- 基礎編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局
〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F
TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

＝PC橋編＝

- PC橋編1 PC橋にはどんなものがあるか
- PC橋編2 PC橋を計画してみよう
- PC橋編3 PC橋を設計してみよう
- PC橋編4 現場を見てみよう

＝PC建築編＝

- PC建築編1 PC建築とは
- PC建築編2 PC建築にはどんなものがあるか
- PC建築編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう
- PC建築編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書
索 引