

# 高性能AE減水剤コンクリートのポンプ圧送性に関する文献的検討

ものづくり大(学部) 染谷直己  
ものづくり大 中田善久  
日大理工(院) 大塚秀三  
前足利工業大学 毛見虎雄

## 1. はじめに

コンクリートポンプ工法は、現状のコンクリート工事において必要不可欠なものであることは論を待たない。コンクリートポンプ工法が普及した背景には、一義に急速合理化施工を目指した施工性の向上にある。これまでに、本工法を適用した場合の構造体コンクリートの品質を向上させるために、多数の研究が行われ、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、ポンプ指針と称す)が発刊されるに至った。その後、コンクリートポンプの性能・機能の向上や、新しいコンクリート材料の開発などにより、1972年および1994年に改訂された。しかし、1995年の高性能AE減水剤のJIS化や新規混和材の普及に伴ったコンクリートの高強度・高流動化が進み、圧送負荷が以前に比べ増大する傾向にある。しかし、これらの高強度・高流動コンクリートに関する研究は多数行われているものの、現状のポンプ指針へ十分に反映されてるとは言い難い。

そこで本研究は、現状におけるコンクリートのポンプ圧送性の動向を把握するために、コンクリートポンプ工法に関する国内の主要学協会において発表されたコンクリートポンプ工法に関する文献を対象としてデータベース化し、整理・統合するために行ったものである。

ここでは、建築分野に限定して高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後の品質変化について、フレッシュ性状ならびに強度性状について検討したものである。

## 2. 文献調査の全体概要

### 2.1 全体の対象文献

全体の対象文献は、1990年から2006年までの17年間に日本建築学会(構造系論文集、技術報告集、学術講演梗概集)、土木学会(論文集、年次学術講演会講演概要集)および日本コンクリート工学協会(コンクリート工学年次論文集)において発表されたコンクリートのポンプ圧送性を検討しているものとした。その結果、対象となる文献数は、日本建築学会379編(構造系論文集2編、技術報告集10編、学術講演梗概集367編)、土木学会92編(論文集3編、年次学術講演会講演概要集89編)、日本コンクリート工学協会59編、合計530編であった。なお、連番で発表されている場合には、それぞれを1編とカウントした。

年度ごとの文献数の推移を、図1に示す。文献数は1996年前後のNew Rc総プロの研究開発に伴ってピークを迎え、その後、徐々に減少する傾向を示している。

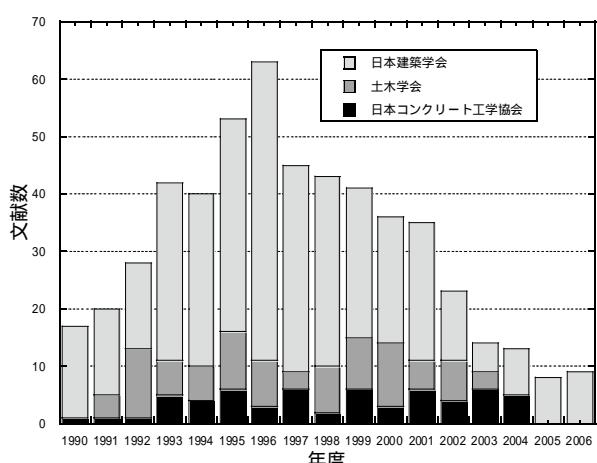


図1 文献数の推移

表1 調査項目

項目 セメント 種類	使用材料								調合			フレッシュ・硬化性状			ポンプ性能		圧送条件				圧送圧力								
	細骨材		粗骨材		最大寸法	混和剤	混合材比	水結合材率	単位水量	混合剤量	混合材量	スランプ	空気量	温度	単位容積質量	圧縮強度	機種名	ポンプ形式	最大吐出量	圧送種類	配管径	水平距離	圧送高さ	水平換算距離	設定吐出量	理論吐出量	実吐出量	管内圧力	圧力損失
	比重	吸水率	粗粒率	種類								目標値	直後	圧送入	圧送前	圧送後	圧送後	機種名	ポンプ形式	最大吐出量	圧送種類	配管径	水平距離	圧送高さ	水平換算距離	設定吐出量	理論吐出量	実吐出量	管内圧力

表2 水平換算長さ

項目	単位	呼び寸法	水平換算長さ(m)
上向き垂直管	1m当たり	125A(5B)	4
テーパ管	1本当たり	175A 150A	4
		150A 125A	8
		125A 100A	16
ベント管	1本当たり	90° r = 0.5m r = 1.0m	6
フルキシブルース	5 ~ 8mものの1本		20

## 2.2 データベース化の概要

データベースは、使用材料、調合、フレッシュ性状、硬化性状、ポンプ性能、圧送条件および圧送圧力に大別し、表1に示す項目を調査した。圧送条件のうち、水平換算距離については、文献上に表記されていないものが多数あったため、配管状況から算出できるものについては、表2に示すように土木学会「コンクリートのポンプ施工指針」<sup>1)</sup>を根拠とし、算出した。なお、文献中に水平換算距離が表記されているものについてはその値を用いた。

## 3. 本報告で取り扱うデータ

本報告では、前項2.1で述べた対象文献のうち、コンクリートの材料に高性能AE減水剤を使用している調合に限定した。また、強度レベルにより当然水セメント比が異なるとともに使用される材料も異なるため、表3に示すように1区分( $30 < W/C < 64$ )および2区分( $W/C = 30$ )に分けて検討した。さらに、コンクリートの圧送前後の品質に及ぼす要因が多数考えられることから、表4に示す条件に該当する文献に限定した。その結果、本報告において取り扱うデータの総数は、201件で

表3 取り扱うデータの区分

強度レベル	通常	高強度(1区分)	超高強度(2区分)
水セメント比	$W/C > 45$	$30 < W/C < 64$	$W/C = 30$
混和剤の種類	AE減水剤	高性能AE減水剤	高性能AE減水剤+分離低減剤(増粘材)等
骨材	普通骨材		
混和材	x	x	x

本報告で取り扱うデータ

表4 項目と条件

項目	条件
骨材の種類	普通骨材
混和剤	高性能AE減水剤を使用
ポンプ形式	ピストン式ポンプ車
圧送種類	配管による圧送
配管径	125A(5B)
圧送高さ	40m以下

あり、混和材の使用状況、水セメント比および水平換算距離の内訳は図2に示すとおりであった。混和材は添加していないものがほとんどであり、水セメント比は20~65%の間に広く分布しており、1区分(102編)および2区分(99編)におけるデータの母数としては、適当なものであると考えられる。また、水平換算距離は200m前後が最も多く、最高は316mであった。

以上の条件により、収集したデータに基づいて高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプ、スランプフロー、空気量および材齢28日の圧縮強度の品質変化として水平換算距離と圧送後/圧送前(以下、圧送前後比と称す)との関係について比較検討を行った。なお、ここではセメントの種類を不問とするとともに、圧送高さによる影響を水平換算距離を用いることで除外した。

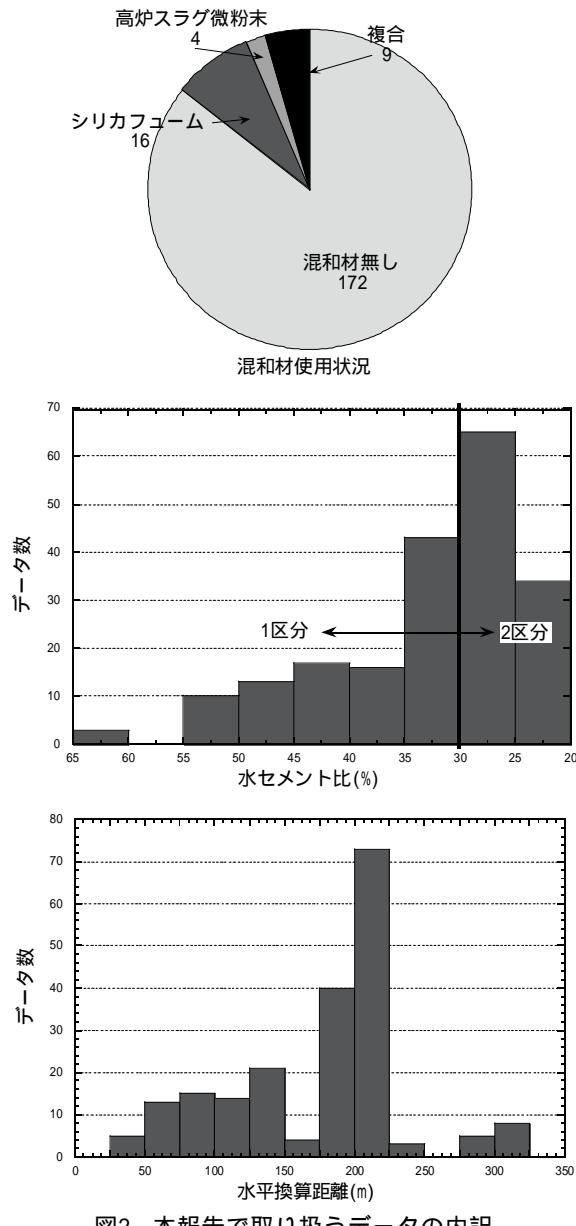


図2 本報告で取り扱うデータの内訳

#### 4. 調査結果および考察

##### 4.1 スランプ

圧送前後におけるスランプの品質変化を図3に示す。1および2区分のいずれにおいても圧送前後比は、ポンプ指針に示される値より概ね小さくなり、水平換算距離が長くなるにつれて若干低下する傾向を示した。また、1区分の方が2区分に比べばらつきが大きくなる傾向であり、特に水平換算距離に対してのデータ数が多くなるにしたがって、ばらつきは過大となり、圧送後においてスランプが半分程度までに低下するものもみられた。

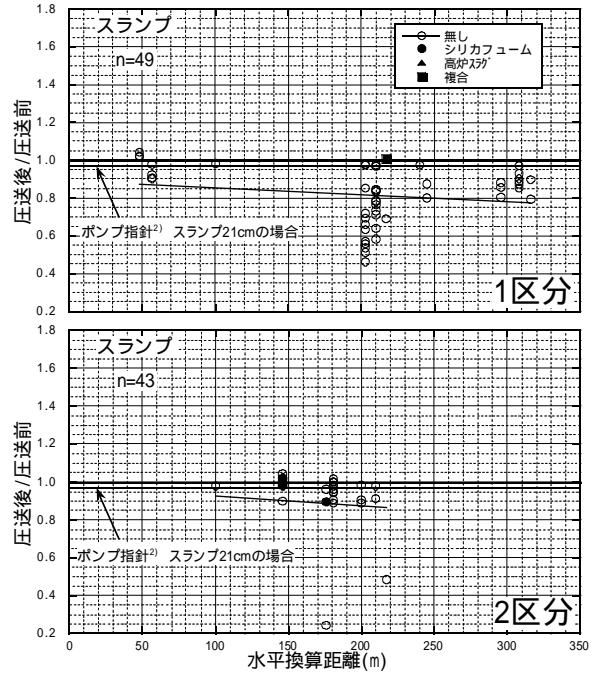


図3 圧送前後におけるスランプの品質変化

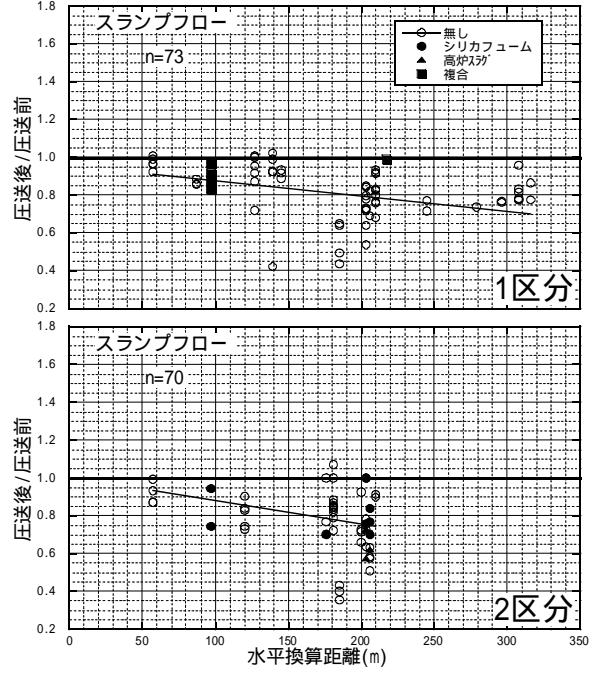


図4 圧送前後におけるスランプフローの品質変化

##### 4.2 スランプフロー

圧送前後におけるスランプフローの品質変化を図4に示す。1および2区分のいずれにおいても圧送前後比は小さくなる傾向であり、水平換算距離が長くなるのに比例してスランプの品質変化よりも大きく低下する傾向を示した。スランプと同様に水平換算距離に対してのデータ数が大きくなるに従ってばら

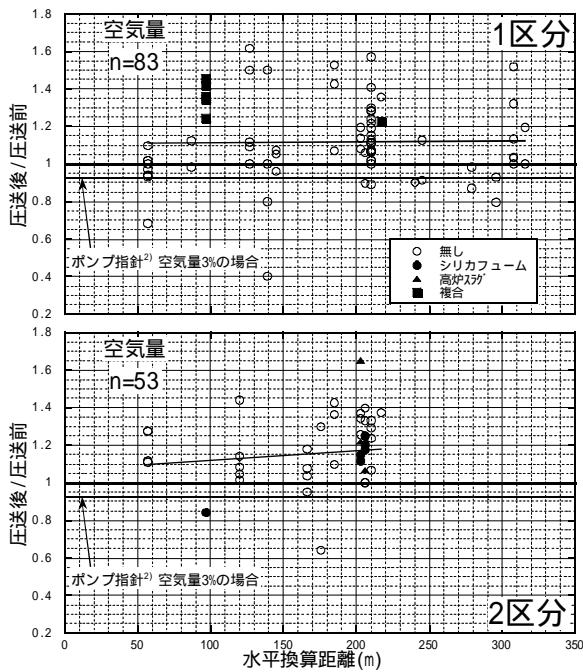


図5 圧送前後における空気量の品質変化

つきは大きくなるが、概ね水平換算距離に依存する傾向があるといえる。特に2区分においては、スランプ管理のコンクリートと同程度のフローとなり、大きく品質の変化する場合があった。

#### 4.3 空気量

圧送前後における空気量の品質変化を図5に示す。1および2区分とも文献により大きくばらつくが、概ね圧送後において増加する傾向を示した。これは高性能AE減水剤コンクリートの粘性が影響していると推測できる<sup>3)</sup>。また、普通コンクリートを対象としたポンプ指針に示される値とは、相反する傾向となっている。これにより、高性能AE減水剤コンクリートを用いた圧送前後の品質は、以前のコンクリートに比べ大きく異なる可能性が考えられる。

#### 4.4 材齢28日の圧縮強度

圧送前後における材齢28日の圧縮強度の品質変化を図6に示す。材齢28日の圧縮強度は、1および2区分とも文献によって大きくばらつき、圧送の状態によって大きく変化する傾向がみられた。また、水平換算距離が長くなるにつれて若干ではあるが低下する傾

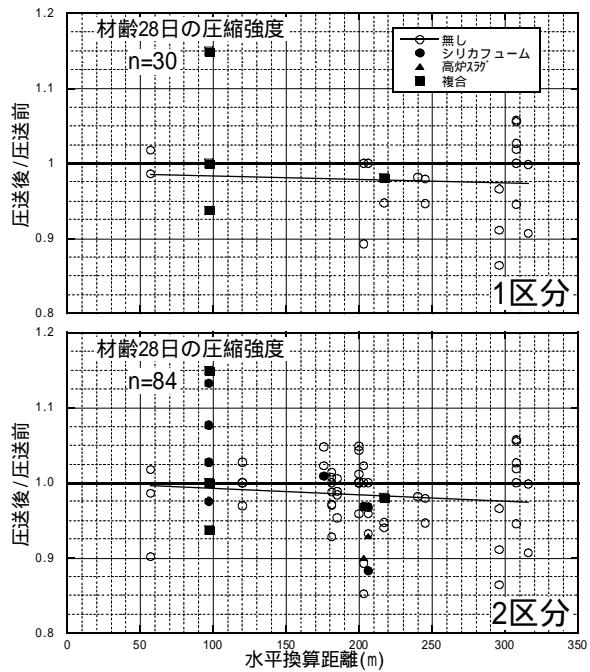


図6 圧送前後における材齢28日の圧縮強度の品質変化

向を示した。これは、前述した圧送後の空気量の増加傾向が関係していると思われる。

#### 5.まとめ

本報告では建築分野における高性能AE減水剤コンクリートの品質変化について検討した。その結果、圧送後においてスランプおよびスランプフローは低下する傾向であるが、空気量は逆に増加する傾向となった。また、材齢28日の圧縮強度は強度レベルが大きくなるにつれて低下する可能性がある。

今後、土木分野、特殊圧送、骨材の種類およびCFTの圧入工法についてもさらに検討していく予定である。

#### 【謝辞】

参考文献が多数になっているため、文献名を割愛させて頂きました。ここに各研究者の方々に敬意を表するとともに、多数の貴重な研究が公表されていることに感謝いたします。また、データの整理に当たってものつくり大学中田研究室の学生から協力を得ました。ここに付記して深謝いたします。

#### 【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリートのポンプ施工指針，pp.13-45, 2000.1
- 2) 日本建築学会：コンクリートポンプ工法施工指針・同解説, p.58, 1994.1
- 3) 中田善久, 毛見虎雄：高性能AE減水剤を用いたコンクリートのポンプ圧送における現状と今後の課題, セメント新聞社コンクリートテクノ, pp.36-41, 2004.4