

# [9] 貧配合コンクリートのポンプ圧送に関する研究

坂本 全 布 (大成建設技術研究所)

鈴木 明 人 (大成建設技術研究所)

正会員 ○黒 羽 健 嗣 (大成建設技術研究所)

丸 嶋 紀 夫 (大成建設技術研究所)

## 1. はじめに

本研究はSEC工法により練り混ぜたコンクリートについて、室内実験によりポンプ圧送性の試験を行った結果と、単位セメント量  $218 \text{ kg/m}^3$  および  $180 \text{ kg/m}^3$ 、粗骨材最大寸法  $80 \text{ mm}$  のコンクリートについて約  $110 \text{ m}$  および約  $270 \text{ m}$  の水平配管 (8B) において圧送試験を行った結果について検討したものである。

## 2. 室内実験

コンクリートのポンプ圧送性を室内実験で評価する方法として、加圧ブリージング試験、減圧脱水試験、テーパ管による圧送試験をとりあげた。

### 2.1 加圧ブリージング試験

加圧ブリージング試験は加圧下でのコンクリートの水分移動を測定するもので、R D Brown 等が提案した試験方法である。<sup>1)</sup> 試験装置を図-1に示す。試験は  $1.8 \ell$  のコンクリート試料を加圧ジャッキにより  $35 \text{ kg/cm}^2$  の圧力をかけ、容器下部のコックから出てくる水量を経過時間とともに測定する。この試験では初期に急激な脱水を示すような分離の著しい場合や、総脱水量の少ない場合にはポンプ圧送性が劣ることになる。<sup>2)</sup> 図-2に貧配合コンクリートにて練り混ぜ方法が加圧脱水性状に与える影響を調べた結果を示す。使用材料は、高炉セメントB種、骨材は最大寸法  $80 \text{ mm}$  の碎石と砕砂、混和剤としてA B剤および減水剤である。配合は単位セメント量  $180 \sim 120 \text{ kg/m}^3$  にて細骨材率  $38\%$ 、目標スランプ  $6 \text{ cm}$  である。試料は  $40 \text{ mm}$  ウェットスクリーニングして用いた。この結果からSECコンクリートは初期の急激な脱水が少なく加圧分離抵抗性の大きいことがわかる。この性質はポンプ圧送に有利になるものと思われる。

### 2.2 減圧脱水試験

この試験はモルタルの保水性を調べるもので減圧状態にてモルタルを強制脱水させるものである。<sup>3)</sup> 試験装置を図-3に示す。試験方法はコンクリートから  $5 \text{ mm}$  スクリーニングしたモルタル試料をブフナーロードに一定容量入れ、真空ポンプで装置内を水銀柱  $26 \text{ cm}$  に保持して経過時間毎の脱水量を測定する。この試験によるSECおよび従来法によるモル

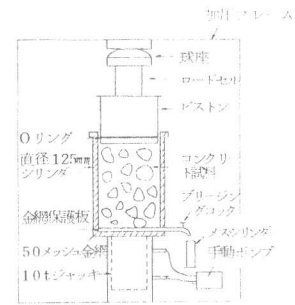


図-1 加圧ブリージング試験装置

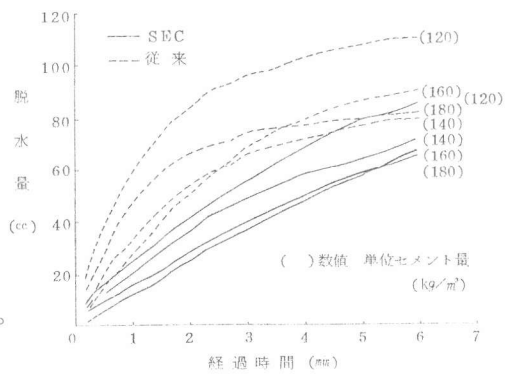


図-2 加圧ブリージング試験結果

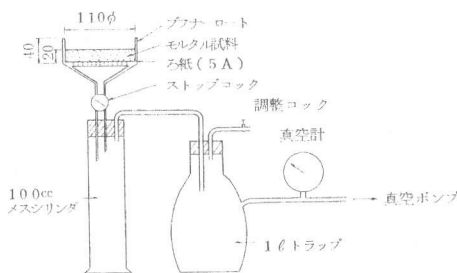


図-3 減圧脱水試験装置

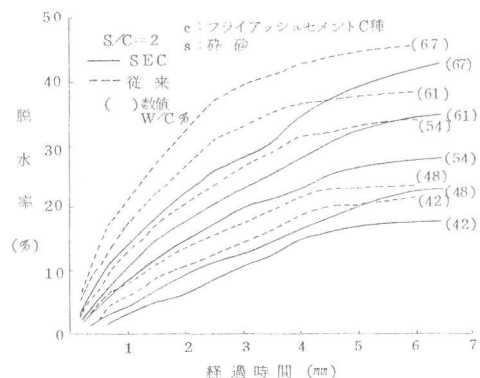


図-4 減圧脱水試験結果

タルの試験結果を図-4に示す。この結果より同一配合にてSECの方が脱水が小さく、保水性の良いことを表わしている。この脱水曲線の評価として4%を越えてから24%に至るまでの時間を減圧脱水抵抗値とすると、同一配合ではSECの方が減圧脱水抵抗値が大きくなっている。

### 2.3 テーパ管による圧送試験

加圧ブリージング試験および減圧脱水試験がコンクリートの分離性を調べるのに対し、実際のポンプ圧送に近い状態を作り出してコンクリートの挙動を検討する方法にテーパ管による圧送試験がある。図-5はJ.F.Best<sup>4)</sup>等が提案した試験器を参考に製作した装置である。試験はピストンを最も引込めた状態でコンクリートを先端まで充填し、ピストンを7cm/secで作動させテーパ部両端の管内圧力を測定する。試験の評価はコンクリートが先端から排出されるか閉塞かにより大きな圧送性が評価できる。また管内圧力の測定から摩擦抵抗が定量的に評価できる。このテーパ管によりSECおよび従来法によるコンクリートについて骨材比率と単位水量を一定として単位セメント量を変化させて圧送試験を行った。使用材料はフライアッシュセメントC種、最大寸法5mmの川砂、最大寸法80mmの砕石にて、混和剤はA E剤、流動化剤、無機質増粘剤である。コンクリート試料は40mmウェットスクリーニングをして用いた。結果を図-6に示すが、従来法のコンクリートではセメント量200kg/m<sup>3</sup>までは通過するが、SECコンクリートでは140kg/m<sup>3</sup>まで通過する。<sup>3)</sup>

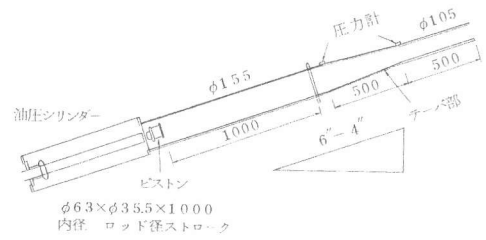


図-5 テーパ管圧送試験装置

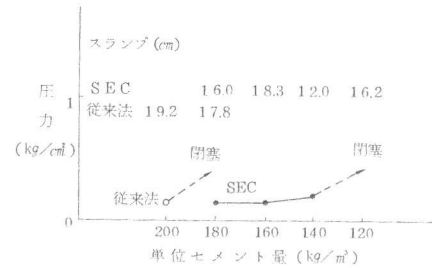


図-6 テーパ管による圧送試験結果 (セメント量と練りませ法の影響)

## 3. SEC・貧配合コンクリートの圧送実験

### 3.1 概要

SEC・貧配合コンクリートの圧送実験は、粗骨材最大寸法80mm、単位セメント量218kg/m<sup>3</sup>および180kg/m<sup>3</sup>でSEC工法により練りませたコンクリートを実長約110mおよび実長約270m(8B)において、圧送した。このコンクリートの圧送性・品質について、管内圧力・加圧ブリージング・減圧脱水・テーパ管等の試験を行い、圧送性との関係を検討したものである。

### 3.2 使用材料

セメントは秩父セメントの高炉セメントB種、細骨材は大井川産の川砂と群馬産の微細砂を混合したものであり、粗骨材は相模産の砕石を用いた。大井川産の川砂は最大寸法5mm、表乾比重2.63、粗粒率2.47であり、群馬産の微細砂は最大寸法0.25mm、

表乾比重2.71である。相模産の砕石

8040は表乾比重2.62、粗粒率8.99、砕石4020は表乾比重2.64、粗粒率7.99、砕石2005は表乾比重2.64、粗粒率6.91である。混和剤は、市販されているA E剤およびA E減水剤を用いた。

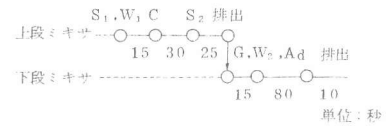


図-7 練りませ方法

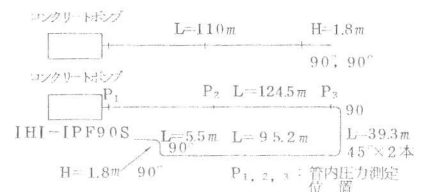


図-8 配管状況

実長 約110m 水平換算距離 約130m  
実長 約270m 水平換算距離 約330m

表-1 コンクリートの基準配合

配合	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤			
1	80	11±2	6±1.5	68.8	3.9	150	218	77.5	25.6	37.2	53.5	0.076	0.545
2	80	11±2	6±1.5	85.6	4.2	154	180	82.9	24.9	36.2	52.0	0.045	0.450

\* W<sub>1</sub>/C = 4.0% (No.2)  
\* = 3.5% (No.1)

### 3.3 実験方法

図-7に練りませ方法, 図-8に配管状況を示す。コンクリートの配合は, 表-1に示す配合を基準とした。コンクリートはプラントで練りませ, トラックアジテータ(6 m<sup>3</sup>車)に積載後コンクリートポンプで圧送した。圧送は先ずL=110 mで行い, 圧送性を検討後L=270 mで行った。コンクリートの品質・圧送性の試験方法は関連JISおよび前章の方法に準拠して行った。

### 3.4 試験結果

図-9のスランブと単位水量の関係から, SEC工法により練りませたコンクリートはスランブが小さくなると単位水量の影響が少なくなる。図-10の0.3 mm以下の微粉量とスランブの関係から, 0.3 mm以下の微粉量が多くなるとスランブが少し小さくても安定圧送が可能となる。図-11の管内圧力分布から, N<sub>2</sub>はコンクリートポンプからP<sub>1</sub>までの管内圧力(圧送量50 m<sup>3</sup>/hの場合)が急激に変化している。これは単位セメント量が少ないためにコンクリートポンプ内での圧力が大きくなったものと考えられる。図-12のスランブとコンクリートポンプ主油圧の関係から, 配管長がL=110 mの場合にはスランブの影響が小さい。一方, 配管長がL=270 mの場合にはスランブの影響が大きく, スランブが小さくなるとコンクリートポンプ主油圧が大きくなる傾向を示している。図-13の圧力損失とスランブの関係から, スランブが大きくなると圧力損失も減少する。図-14のスランブと減圧脱水抵抗の関係から, 減圧脱水抵抗が250秒以上を示すと不安定圧送となる。図-15の加圧ブリージング試験結果から, 不安定圧送は60秒の加圧ブリージング率で6.5%以下を示している。なお, テーパ管試験は全ケース圧送できたので圧送性との関係が分からなかった。図-16, 17, 18に品質試験の一例を示す。<sup>5)</sup>スランブおよび空気量は圧送後が圧送前より小さく, 圧縮強度は圧送後が圧送前より大きくなっている。

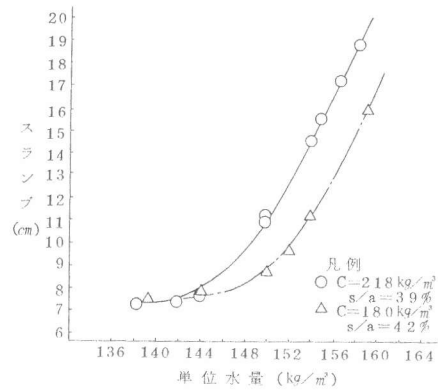


図-9 スランブと単位水量の関係

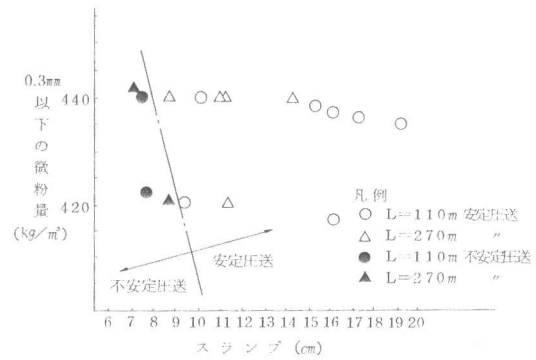


図-10 0.3 mm以下の微粉量とスランブの関係

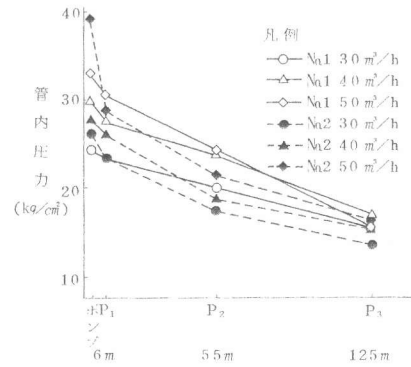


図-11 管内圧力分布

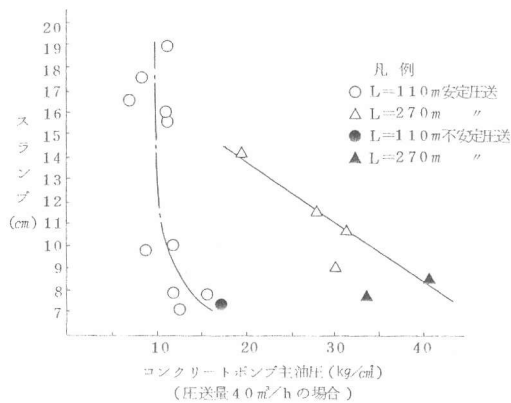


図-12 スランブとコンクリートポンプ主油圧の関係

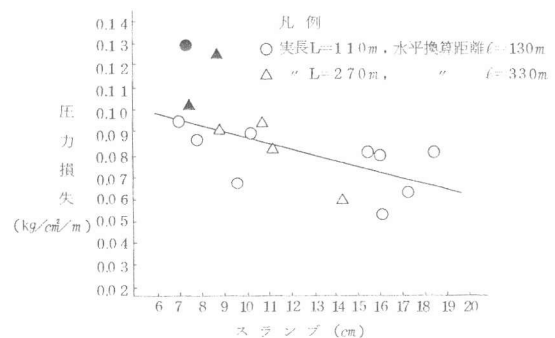


図-13 圧力損失とスランブの関係 (圧送量40 m<sup>3</sup>/hの場合)

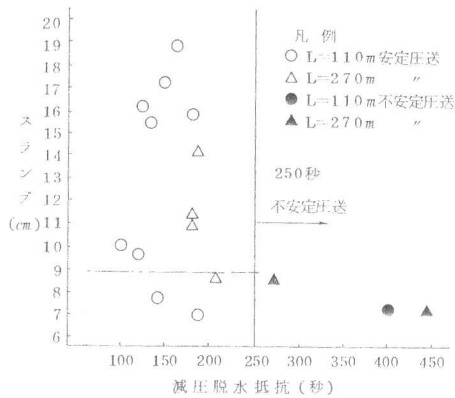


図-14 スランプと減圧脱水抵抗の関係

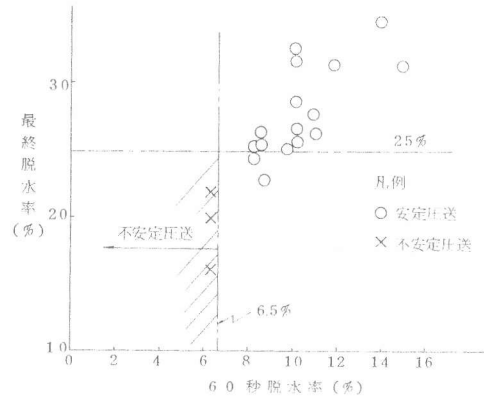


図-15 加圧ブリーディング試験結果 (最終と60秒の加圧ブリーディング率の関係)

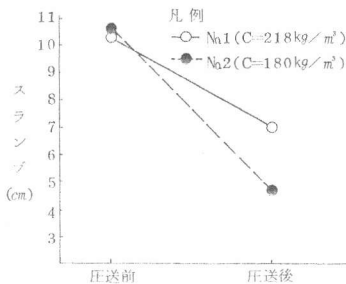


図-16 圧送前後のスランプの変化

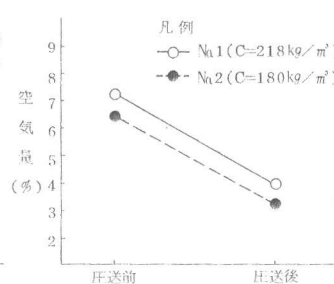


図-17 圧送前後の空気量の変化

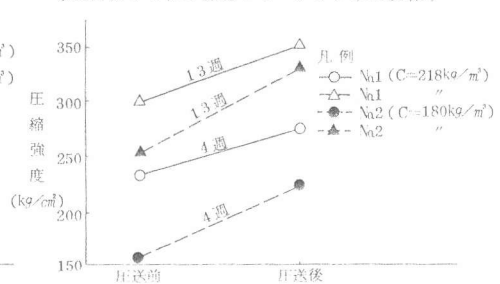


図-18 圧送前後の圧縮強度の変化

#### 4. 圧送性の評価方法の検討

貧配合コンクリートをコンクリートポンプ圧送する場合、圧送性を事前に評価することは極めて重要であり、コンクリートの配合、コンクリートポンプの機種、配管条件等の決定に大きな影響を及ぼす。

本研究の室内実験とSBC貧配合コンクリートの実験の関係から以下のことが明らかになった。

- ①加圧ブリーディング試験は経過時間と脱水量の関係および最終脱水率と60秒脱水率の関係から、コンクリートの圧送性を事前に評価できる。
- ②減圧脱水試験は同一配合での優劣を検討する場合には有効であるが、スランプが小さくなると減圧脱水抵抗も大きくなる傾向が見られるので、この点の検討が必要である。
- ③テーバ管試験は配合の目安を決定するのに有効であるが、安定圧送できるのか？ 不安定圧送（逆転運転を数回実施して行う圧送）になるのか？の評価が困難である。

#### 5. 結論

本研究の結果から、室内実験において、コンクリートの圧送性を事前に評価できることが明らかになった。圧送性の評価試験方法としては、加圧ブリーディング試験は有効であり、減圧脱水試験も一つの目安となるが、テーバ管試験はそれ程の効果が表われなかった。

最後に、本研究の実施に際し御指導を載いた東京理科大学樋口芳朗教授に謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) Browne, R.D and Banforth, P.B "Test to Establish Concrete Pumpability," ACI JOURNAL May 1977
- 2) 田沢栄一, 松岡康訓, 坂本全布 "貧配合コンクリートのポンプ圧送性について" コンクリート工学年次講演会 1980
- 3) 田沢栄一, 山本康弘, 坂本全布, 早川光敏 "SECコンクリートにおけるポンプ圧送性の評価方法" 土木学会シンポジウム 1983
- 4) Best, J.F and Lane, R.O. "Testings for Optimum Pumpability of Concrete" Concrete International 1980
- 5) 坂本全布, 鈴木明人, 堀米昇土朗 "SEC貧配合コンクリートのポンプ圧送の研究" 土木学会年次講演会 1983