

[7] 模型実験による高強度コンクリートのポンプ圧送性の検討

正会員 ○ 高山 俊一 (九州工業大学工学部)
 松尾 幸久 (黒崎窯業株式会社)
 南崎 俊哉 (九州工業大学大学院)
 辻 裕治 (九州工業大学大学院)

1. まえがき

現在、大多数のコンクリート打設現場では施工の迅速化・省力化のため、コンクリート圧送機械が使用されている。既往の研究の成果、施工速度の進ちょくを目的とした大型コンクリートポンプの使用により、コンクリート圧送管の閉塞の事故は少なくなっているようである。最近、流動化コンクリート、繊維補強コンクリートおよび高所圧送など特殊なコンクリートや現場が増加しているが、多くの場合、ポンパビリチーの判定は経験に頼っている。これは、ポンパビリチーに関する研究は試験設備が大きくなるので手軽に実験ができなためと考えられる。そこで、試験室で実験可能な油圧サーボ型疲労試験機を用いた模型ポンプ圧送試験を試みた。

2. 試験概要

簡易コンクリート圧送装置の概略を図-1、概要を表-1に示す。コンクリートの圧送は図示のように「押し上げ」および「引き上げ」の両方式とし、管はテーパ管と直管を用いた。圧送機械は油圧サーボ式疲労試験機(変位量約50mm)を利用し、圧送速度は0.15~1.6cm/sとした。圧送鋼板の上にスポンジを敷き、コンクリートが圧送板と管との間に入らないように注意した。圧送時の荷重が小さく疲労試験機の荷重計が使用できないため、図-2の試作した荷重計によって測定した。押し上げ式で使用した荷重計は、載荷位置が極めて大切であるため、同一位置に載荷されるように図示のようなリングを取りつけた。ゲージは通常の鉄筋ゲージ(ゲージ長2mm)を使用し、防水処理を行なった。変位計を図-1のように荷重作用箇所およびコンクリートの頂部に取り付け、変位はX-Yレコーダ、データレコーダによって測定した。

コンクリートは表-2に示す高強度コンクリート(W_c 28%、高性能減水剤の主成分: β -ナフタリ

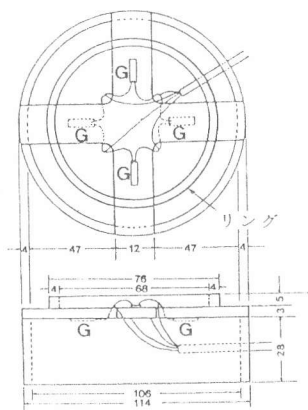


図-2 荷重計

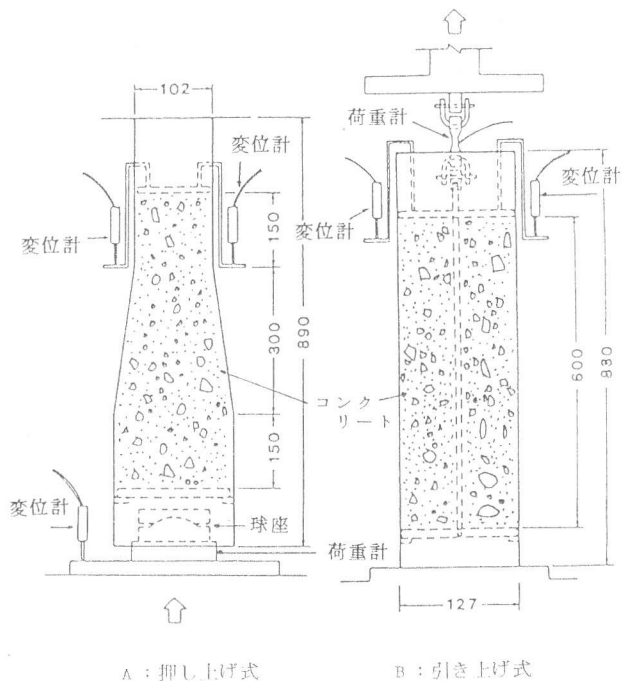


図-1 簡易コンクリート圧送装置

ンスルホン酸ホルマリン縮合物)と普通コンクリート(W/C 55%)の2種類とした。使用材料として、セメントは普通ポルトランドセメント(比重 3.16)、細骨材は海砂(比重 2.54、粗粒率 3.02)および粗骨材は碎石(最大寸法 20 mm、比重 2.68、粗粒率 6.64、実積率 55.2%)を用いた。スランブは高強度コンクリートが17~21 cm、普通コンクリートが約10 cmと約16 cmを目標とした。コンクリートのコンシステンシーは、スランブ、フロー値、DIN 1048によるスランブ用平板上のフロー(以下、スランブフローと称す)および筆者らの考案した羽根貫入量、コンクリート通過時間を測定した。

3. 結果および考察

図-3はデータレコーダで記録した後、変換して求めた荷重-変位曲線である。図中の L_{max} はコンクリート圧送時の最大荷重を示し、荷重-変位曲線とX軸で囲まれた箇所は、荷重とコンクリート圧送された距離を掛けた値であり、これを圧送エネルギーと呼ぶことにする。圧送距離2.0 cmを5分割して2.0 cmまでの全圧送エネルギーを($\frac{5}{5}$)、0.4 cmまでの圧送エネルギーを($\frac{1}{5}$)とする。

図-4には本実験から得られた荷重-変位曲線から代表的な3種類の曲線を示す。

A、A': テーバ管での普通コンクリートの場合に多くみられた。テーバ部でのコンクリートが閉塞に近い状態となっているため荷重が漸増しているものと考えられる。

B: テーバ管での高強度コンクリートの場合に多くみられ、最大荷重は0.4 cmから0.8 cmの箇所で発生している。

C: 直管(引き上げ式)の結果に多くみられた。直管では荷重がコンクリートのせん断力を越える

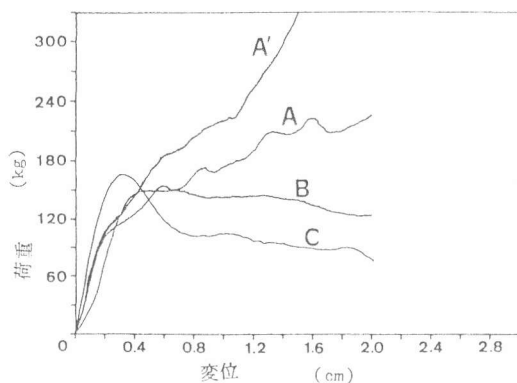


図-4 荷重-変位曲線の種類

表-1 試験の概要

	コンクリートの 圧送方式	管の種類	圧送速度 ($\frac{cm}{s}$)
A	押し上げ式	テーバ管, 5B管から4B管	0.15, 0.5
B	引き上げ式	直管, 5B管($\phi 127$)	0.4, 1.6

表-2 示方配合

種類	W/C (%)	S/a (%)	単位 セメント量	減水剤 (%)
高強度コンクリート	25~35	36~40	450~570	高性能減水剤 1.5~2.2
普通コンクリート	55	46	334, 384	—

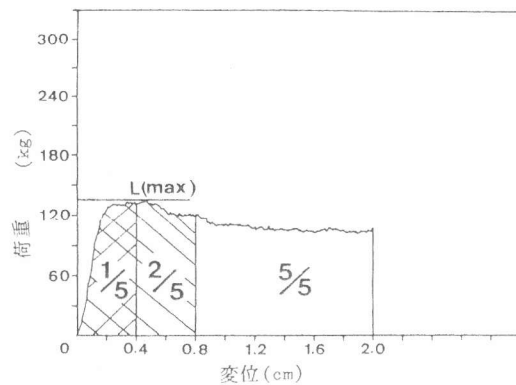


図-3 最大荷重と圧送エネルギー

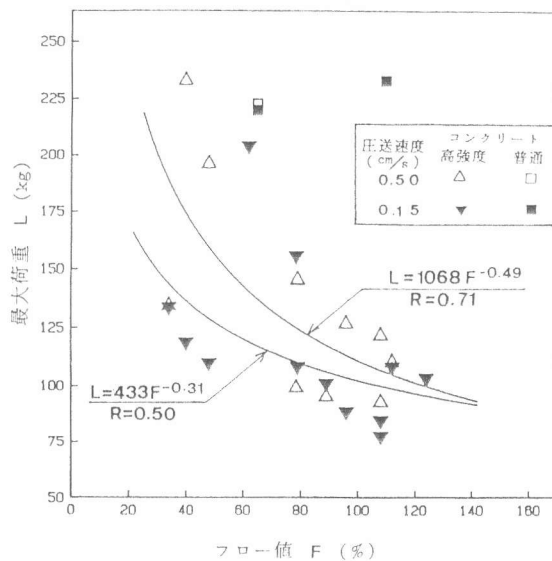


図-5 最大荷重とフロー値の関係

と滑動をはじめ、せん断応力が小さくなるので凸の曲線となる。

(A) 押し上げ式

図-5にはテーパ管による最大荷重とフロー値の関係を示す。回帰曲線は高強度コンクリートについて求めたものである。最大荷重は変位初期の0.4 cmから0.8 cmの区間で多くみられた。圧送されると上縁コンクリートはテーパ部で応力を受け、荷重が大きくなるものと考えられる。最大荷重はフロー値が大きくなるにしたがって小さくなっている。フロー値の大きなコンクリートは、一般に軟練りコンクリートであるので圧送時の荷重が小さくなったものとする。また、圧送速度の大きな0.5 cm/sの方が0.15 cm/sに比べて最大荷重は大きくなっている。

圧送エネルギー ($1/5$) とスランブフローの関係を図-6に示す。コンクリートが軟練りであればスランブフローは拡がって大きな測定値となる。同図によると圧送速度に関係なく、スランブフローが大きくなるにつれ、圧送エネルギーは小さくなって圧送しやすくなっている。相関係数は0.82、0.85を示し、圧送エネルギー ($1/5$) とスランブフローの関係が強いことがわかる。

図-7は圧送エネルギー ($2/5$) とスランブフローの関係を示す。図-5と同様な傾向を示しているが、圧送速度の違いが若干みられる。圧送速度が大きいほど圧送エネルギーは大きくなっている。図-4～図-6において、普通コンクリートの最大荷重、圧送エネルギーは高強度コンクリートのそれに比べて大きな測定値を示している。現在までの筆者らの研究において、普通コンクリートのワーカビリティは高強度コンクリートのそれに比べて優れているために、最大荷重、圧送エネルギーは小さくなるものと考えていたが、結果は図示のごとく逆の様子を示した。高強度コンクリート²⁾では粘性が非常に大きい、降伏値は小さい。他方、普通コンクリートでは降伏値、³⁾内部摩擦角がかなり大きい。したがって、普通コンクリートでは大きな降伏値、内部摩擦角の影響によってテーパ部でコンクリートがスムーズに流れず、大きな圧送エネルギーを要する結果となったものとする。

(B) 引き上げ式

図-8には直管を用いた最大荷重とコンクリート通

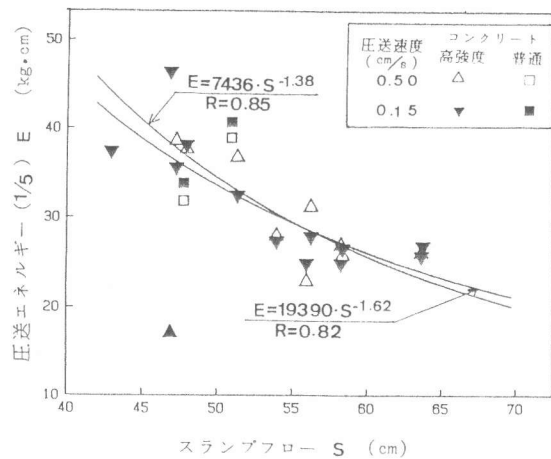


図-6 圧送エネルギーとスランブフローの関係

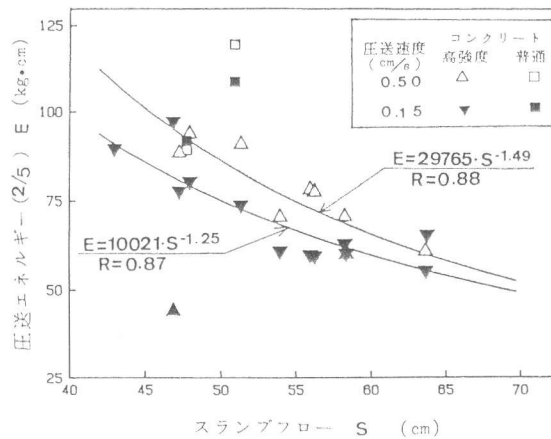


図-7 圧送エネルギーとスランブフローの関係

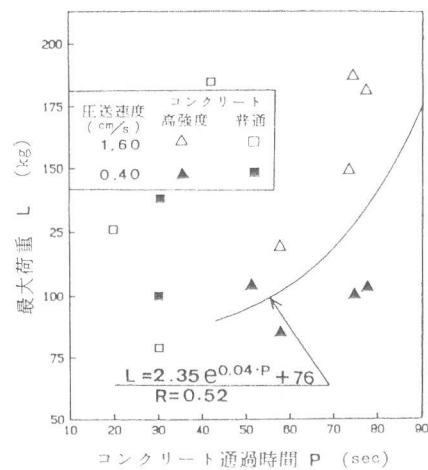


図-8 最大荷重とコンクリート通過時間の関係

過時間の関係を示す。直管による荷重-変位曲線（図-4の曲線C）はテーバ管の曲線と異なって上に凸の曲線が多くみられた。同図曲線は高強度コンクリートの結果を示している。コンクリート通過時間は高強度コンクリートの粘性が大きいほど大きくなっている。同図によると、コンクリート通過時間が大きくなるほど最大荷重は大きくなり、テーバ管の場合と同様な傾向を示した。

圧送エネルギー（ $\frac{2}{5}$ ）とコンクリート通過時間の関係を図-9に示す。図-8と同様に、コンクリート通過時間が大きくなるにしたがって圧送エネルギーは大きくなっている。圧送速度が大きいほど最大荷重、圧送エネルギーは大きくなっている。普通コンクリートは測定数が少なく、ばらつきが大きい傾向は明らかではない。しかしながら、高強度コンクリートに比べて大きな最大荷重、圧送エネルギーを示しており、実際の場合と異なるため試験方法も含めた検討が必要と考える。

4. 結 論

(1) テーバ管を用いた高強度コンクリートでの最大荷重、圧送エネルギーはコンシステンシーとかなり高い相関性を有していた。しかしながら、普通コンクリートでは荷重が漸増して良好な結果は得られなかった。本試験のようにテーバ部が短く傾斜がかなり大きい場合、普通コンクリートでは降伏値、内部摩擦角が大きいために圧送性を検討することは困難であろうと考える。

(2) 直管を用いた高強度コンクリートでの最大荷重、圧送エネルギーはテーバ管の場合と同様にコンシステンシーに関係するものと考えられる。

(3) 圧送速度と最大荷重、圧送エネルギーとは高い相関性があるものと考えられる。本試験での圧送性は、実際のコンクリート圧送ポンプ車のピストンの速度に比べて遅かったので、今後速度を大きくして実施したいと考えている。

本研究は室内で簡単に実施できるポンパビリチーの一試験方法を提案するものであり、今後ポンパビリチーに関する研究が盛んになる事を願っている。

終りに、本研究に対し適切な御助言を賜った出光隆助教授に深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田沢、山木、坂本、早川；SECコンクリートにおけるポンプ圧送性の評価方法、フレッシュコンクリートの物性値の測定ならびに挙動に関するシンポジウム論文集、土木学会、昭和58年3月
- 2) 高山、小椋、下田；高性能減水剤を用いたフレッシュコンクリートの諸性質に関する研究、九州工業大学研究報告（工学）、第42号、昭和56年
- 3) 村田、岡田；フレッシュコンクリートのレオロジー・コンクリートの弾性とクリープ（最近コンクリート技術選書1巻） 山海堂、昭和56年5月

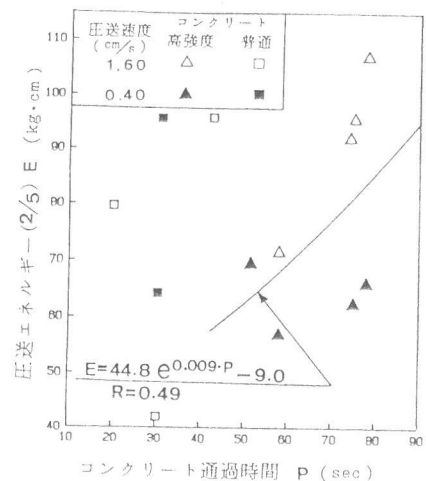


図-9 圧送エネルギー（ $\frac{2}{5}$ ）とコンクリート通過時間の関係