

五洋建設(株) 正会員 ○ 高 木 兼 士
同 上 正会員 佐 藤 善 高

1. まえがき

一般に、砂をスラリー輸送する場合、砂の量はできるだけ多くする方が能率的であるが、多量の砂を一時に輸送すると脱水現象を生じ、管路が砂で閉塞され、輸送が不可能になる。ところが、砂に適量の水を加え、さらに高分子(セルロース系)を添加し、攪拌すると、高分子の粘稠性により、多量の砂をスラリー状にすることができ、本報告は、① 室内実験によって、スラリー状にするための適切な調合及び添加する高分子の最適量を求め、② 野外実験で、コンクリートポンプによる輸送の可否を確認し、その輸送抵抗について、とりまとめたものである。

2. 実験概要

2.1 要因と水準

高分子を添加した砂をスラリー状にするためには、砂(S)、水(W)及び高分子の添加量(P)を、ある一定の割合に調合する必要がある。室内実験における要因と水準を表-1に示す。

表-1 要因と水準

要 因	水 準
砂・水体积比 S/W	0.67, 1.0, 1.5
高分子濃度 P/W(%)	0.1~0.6
高分子の添加方法	液添加, 粉末添加

2.2 材料の調合

上記の要因に基づいた調合の一例を表-2に示す。なお、実験に使用した砂は、茨城県浮島産、比重2.73、均等係数3.4である。

表-2 材料の調合の一例

S/W	P/W(%)	材 料 構 成 (kg/m ³)		
		S	W	P
0.67	0.5	1092	600	3.0
1.0	0.5	1365	500	2.5
1.5	0.5	1638	400	2.0

2.3 製造方法

砂をスラリー状にするための製造方法を図-1に示す。高分子の添加方法には、液添加と粉末添加の2通りがあるが、図は粉末添加の場合を示している。なお、粉末添加では、高分子の粘性発現を促進させるため、炭酸ナトリウムを補助剤として用いている。

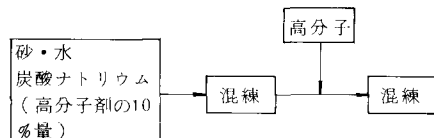


図-1 製造方法（粉末添加の場合）

2.4 室内実験

輸送に適した材料の調合を求めるために、図-2に示す簡単な装置を用い、シリンダー内に充填した試料をゆっくりとしたスピード($v=1\text{mm/s}$)で押し出し、そのときの押し出す力(F)を測定した。

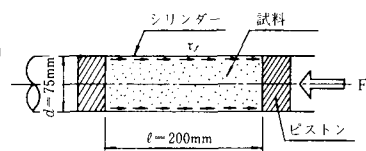


図-2 実験装置概略図

2.5 野外実験

通常のコンクリート圧送と同様の方法を用い、実スケールでの輸送実験を行った。圧送時の圧力測定間距離(水平)は、 $L=53.1\text{m}$ であり、測定点は、ポンプ側及び排出側に各1点、中間に2点の計4点である(図-4参照)。なお、比較のため、生コンクリートの圧送時の圧力も測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 最適な調合と高分子の添加方法

室内実験の結果、 $S/W=0.67$ のものは、水の量が多過ぎるため、砂と溶液が分離し、スラリー状にならなかった。また、 $S/W=1.5$ の場合、スラリー中に多量の空気を連行し砂の割合が極端に低下するため、輸送上、

好ましくないと判断された。 $S/W=1.0$ の場合のみ良好なスラリー状を示した。 $S/W=1.0$ の場合の摩擦応力度と高分子濃度の関係を図-3に示す。摩擦応力度の算定は、式(1)によった。

$$\tau_f = \frac{F}{\pi d l} \quad (1)$$

ここに、 τ_f : 管壁との摩擦応力度 (gf/cm^2)

d : シリンダー内径 (cm)

l : 試料長 (cm)

この図から、いずれの高分子濃度においても、液添加よりも粉末添加の方が、摩擦応力度が小さいことがわかる。これは、粉末添加の場合、高分子が砂粒子に吸着または付着するため、水に溶解する量が減少し、その結果、高分子の粘稠性が液添加に比べて低下するためと考えられる。また、液添加の場合、 $P/W=0.2\%$ で最小となるのに対し、粉末添加では高分子濃度による影響は小さくほぼ一定の値を示す。しかし、粉末添加の場合、 $P/W=0.4\%$ 以下ではスラリー中の砂が溶液と分離する傾向を示し、輸送中に脱水現象を起こす可能性がある。以上のことから、輸送に適した調合は、スラリー製造の容易さを考慮すると、粉末添加で、 $S/W=1.0$, $P/W=0.5\%$ が望ましい。

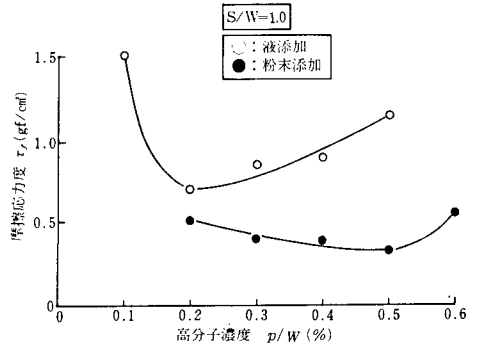


図-3 $\tau_f \sim P/W$

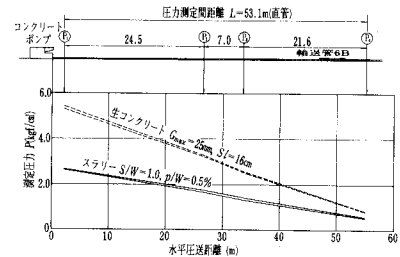


図-4 圧力測定結果例 ($Q=30 \text{ m}^3/\text{hr}$)

3.2 輸送抵抗

$S/W=1.0$, $P/W=0.5\%$ に調合したスラリー及び生コンクリートの圧送時における圧力測定の一例を図-4に示す。スラリー状にした砂の圧力は生コンクリートのそれよりも小さく、圧力変化は、両者共ほぼ直線を示している。また、水平バンド管 ($R=1.0\text{m}$, $\theta=90^\circ$) を組込んだ実験においてもバンド管が圧力に与える影響は見られなかった。次に、圧送時における流速と管壁との摩擦応力度の関係を式(2)に示す。

$$f = k_1 + k_2 v \quad (2) \quad \text{ここに、} f: \text{管壁との摩擦応力度} (\text{gf}/\text{cm}^2)$$

v : 流速 (m/s), k_1 : 粘着係数 (gf/cm^2), k_2 : 速度係数 ($\text{gf} \cdot \text{s}/\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) である。式(2)を用いて、摩擦応力度と流速の関係を表わすと、図-5のようになる。この図から、 k_1 値はさほど変わらず、むしろ生コンクリートの方が低い値を示しているが、 k_2 値は、スラリー状の砂が生コンクリートのおよそ $1/4$ になっていることがわかる。このことから、スラリー状の砂の摩擦応力度は、生コンクリートに比べて流速の増加に伴う影響は小さく、従って、圧送時の圧力も大きくはならないと言える。

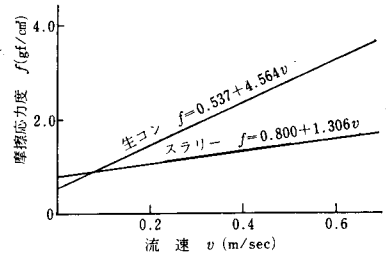


図-5 $f \sim v$

4. まとめ

高分子を添加した砂の調合及び輸送抵抗について、次の事項が判明した。

- (1) 高分子を添加した砂を、コンクリートポンプで輸送することができ、その最適の調合は、 $S/W=1.0$, $P/W=0.5\%$ であり、製造方法は、高分子の扱い易さを考慮すると粉末添加が好ましい。
- (2) 輸送抵抗は、生コンクリートに比べて小さく、しかも流速の影響も少ない。
- (3) 従って、図-2に示すような簡易な装置で摩擦力を測定しておけば、輸送の可否が判断できる。

参考文献1) 森永 繁; コンクリートポンプ工法, セメント協会