

持続的にせん断応力を加えたフレッシュコンクリートの品質変化

日本コンクリート工業（株） 正会員 ○谷内 秀省
 摂南大学工学部 正会員 熊野 知司
 住友大阪セメント（株） 正会員 川島 恭志
 清水建設（株） 正会員 浦野 真次

1. はじめに フレッシュコンクリートの施工性能照査を行う上では、運搬やポンプ圧送による品質の変化を適切に評価する必要がある。特にポンプ圧送による品質変化の評価は、室内実験によって圧力を作用させる方法やミキサーによりかくはんを加える方法が検討されてきたが、これらの方法がポンプ配管内を移動するコンクリートの力学的な状態をかならずしも再現しているとはいえない。そこで本研究は、実際の配管内のコンクリートが受ける物理的な影響を実験室でできる限り再現する手法として、二重円筒式回転粘度計をとり上げ、ポンプ管壁においてコンクリートに作用すると想定されるすべり面のせん断応力をローターの回転によって加えることにより、フレッシュコンクリートの品質変化の評価を試みた。

2. 実験概要 表-1 に示方配

合を示す。配合は、高流動コンクリート（以下、HLC）と普通コンクリート（以下、NNC）の2種類とした。セメ

表-1 示方配合

	スランプ(フロー)	W/C	Air	s/a	G _{max}	W	C	S1	S2	G	高性能AE減水剤	助剤
	(cm)		(%)		(mm)	(kg/m ³)						
HLC	65.0	30.0	2.0	54.0	20	170	567	621	274	768	C×2.1%	-
NNC	21.0	45.0	4.5	44.0	20	175	389	525	231	968	C×0.9%	0.5A

ントは、HLC には低熱ポルトランドセメント ($\rho_c=3.22\text{g/cm}^3$)、NNC には普通ポルトランドセメント ($\rho_c=3.15\text{g/cm}^3$) を使用した。粗骨材には京都府西山産の砕石 ($\rho_g=2.61\text{g/cm}^3$)、細骨材には野洲川産川砂 S1 ($\rho_s=2.60\text{g/cm}^3$, F.M.2.57) と長尾山産砕砂 S2 ($\rho_s=2.66\text{g/cm}^3$, F.M.2.98) を使用した。混和剤にはポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用い、HLC の場合、スランプフローが $650\pm 50\text{mm}$ 、NNC の場合、スランプが $21\pm 1\text{cm}$ となるように予備実験により添加率を決定した。

図-1 に管内流動の概念図を示す。いま、半径 r の配管内の管壁に発生するせん断応力を τ とし、ある区間 l における圧力損失 Δp ($=P_1-P_2$) による力とのつり合いをとることにより、式 (1) で示される。

$$\tau = \frac{r\Delta p}{2l} \quad (1)$$

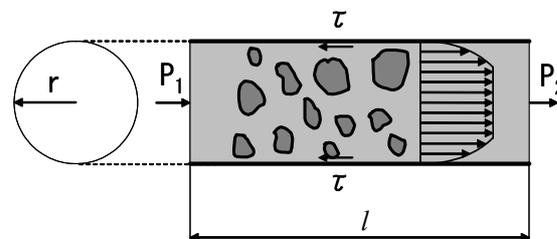


図-1 管内流動の概念図

ポンプ施工における圧力損失の情報があれば管壁に発生するせん断応力を推定できることになる。推定したせん断応力を二重円筒式回転粘度計を用いて作用させることによって管内のコンクリートが受ける力学的な影響に近い状態にできると考えた。本実験では管内圧力損失としてコンクリートのポンプ施工指針¹⁾を参考に 0.01MPa、0.02MPa、0.03MPa の 3 水準 ($\tau=313, 625, 938\text{Pa}$ の 3 水準) を採用し、作用時間は 10 分、20 分、30 分とした。実験は、同一バッチのコンクリートをせん断応力を加える試料と静置試料に分け、せん断応力作用後、同時にスランプまたはスランプフロー、50cm フロータイム、空気量、コンクリート温度の測定を行い、比較した。

3. 実験結果

3.1 HLC の変化 HLC にせん断応力を加えた場合、ローターとコンクリートの間に若干のすべりが発生し、さらに周辺のコンクリートも流動するせん断層流に近い状態になった。図-2 に HLC のスランプフローの比

キーワード ポンプ圧送、品質変化、せん断応力

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 TEL 072-839-9123 FAX 072-838-6599

較を示す。図より、プロット点は45°線をはさんで上下にばらついており、スランブフローについては明確な傾向はなかった。図-3に50cmフロータイムの比較を示す。図より、50cmフロータイムはせん断応力を作用させた場合のほうが小さくなるのがわかる。

図-4に実施工における高流動コンクリートのスランブフローのポンプ圧送前後の比較を、図-5に50cmフロータイムの比較を示す²⁾。図より、配合を含めて本研究の実験条件とは異なるが、定性的な傾向としては本研究と同様にスランブフローに関しては増加、減少の両方の結果となり、50cmフロータイムはポンプ圧送後の場合のほうが小さくなるという傾向を示している。

3.2 NNCの変化 NNCにせん断応力を加えた場合、高速で回転するローターの周面にすべりが発生し、その周囲のコンクリートにはほとんど流動が生じていなかった。また、すべり面にはモルタル層が形成され粗骨材とモルタルの分離が発生した。図-6にNNCのスランブの比較を示す。図より、静置試料にはスランブの経時変化が発生しているが、せん断応力を加えた試料はさらに5~10cm低下している。ポンプ圧送によりスランブが低下することはこれまでも報告されている¹⁾が、多くても2~3cmであり、本実験における5~10cmの低下は実施工と比較してかなり大きな低下であると考えられる。

4. 実験方法の改良点 せん断応力の作用時間とローターの回転数から求めた回転距離は、ポンプ圧送で管壁のせん断を受けた距離、すなわち、圧送距離と考えることができる。図-7にせん断応力の作用時間と圧送距離との関係を示す。図中の実線は5B管を用いた吐出量15m³/hの圧送距離の計算値を示しているが、HLCの場合は、この実線に近くなっている。コンクリートのポンプ施工指針¹⁾の粉体系高流動コンクリートで管内圧力損失0.02MPaの場合の吐出量は15~20m³/h程度であり、本実験は実施工に近い状態にあるといえる。一方、NNCは破線で示す60m³/hの計算値に近くなっているが、ポンプ施工指針ではバラツキはあるが、W/C=30~45%、スランブ19.5~25cmの場合、20~40m³/h程度である。すなわち、本実験のローターの周面で生じるせん断速度は、実際のポンプ施工の管壁で生じるせん断速度よりもかなり大きなものとなっているといえる。本実験方法によりポンプ圧送に伴う品質変化を評価するためには、この点を改良する必要がある。

図-2 スランブフローの比較

図-3 50cmフロータイムの比較

図-4 現場計測のポンプ圧送前後のスランブフローの比較

図-5 現場計測のポンプ圧送前後の50cmフロータイムの比較

図-6 スランブの比較

図-7 圧送距離の比較

<参考文献>

- 1) 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) 小平伸彦，熊野知司，大西隆雄，西岡真帆：高流動コンクリートのポンプ圧送による品質変化に関する現場計測，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1157~1162，2006。