宇都宮大学	学生会員	○小島	和也
宇都宮大学	正会員	藤原	浩已
宇都宮大学	正会員	丸岡	正知
宇都宮大学	正会員	大森	祐助

## 1. はじめに

自己充填コンクリートは、良好な流動性と適度な材 料分離抵抗性を持ち、締固めなしに自重により、型枠 の隅々まで充填が可能なコンクリートである。しかし、 圧力損失により、特徴である自己充填性が損なわれる ことが問題となっている<sup>1)</sup>。

本研究では、多層配筋構造における間隙通過試験を 実際の自己充填コンクリート(以下、実コンクリート と称する)で行い、圧力損失を測定した。また、流動 が停止した状態のまま硬化させ、水平流動部分のコン クリートを切断・画像処理を行い、粗骨材体積濃度の 算出をした。さらに、同様の実験をモデル自己充填コ ンクリート(以下、モデルコンクリートと称する)を 用いて行い、流動障害周辺での粗骨材挙動を調べた。

2. 自己充填コンクリート間隙通過試験

2.1 試験概要

本章では、実コンクリートを用いて、多層配筋構造 における間隙通過試験を行い、圧力損失を算出した。 試験条件は、コンクリートの配合について、粗骨材体 積濃度Xvとスランプフロー値を一定とした。また、流 動障害条件について、鉄筋間隔幅 L と流動障害間隔 G を変化させた。

2.2 使用材料および配合

使用材料を表-1 に示す。また、配合条件、示方配 合を表-2 および表-3 に示す。高性能AE減水剤およ び消泡剤添加量は、スランプフロー値と空気量が条件 を満たすように適宜調整した。

2.3 間隙通過試験実験方法

本実験で使用した枠を図-1に示す。また障害条件 は、図-2に示すように、鉄筋間隔Lを、32、36.5、 42.5mmの3水準、流動障害間隔Gは、粗骨材最大寸法 の3、5、7、10倍に相当する60、100、140、200mmの 4水準とした。

表-1 使用材料

材料	記号	材料名	
水	W	水道水	
セメント	С	普通ポルトランドセメント(密度:3.15g/cm <sup>3</sup> )	
細骨材	S	栃木県鬼怒川産川砂(密度:2.58g/cm <sup>3</sup> )	
粗骨材	G	茨城県笠間産砕石(密度:2.65g/cm <sup>3</sup> ) 粗骨材最大寸法:20mm	
高性能AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系	
消泡剂	DF	ポリアルキレングリコール誘道休	

表-2 配合条件				
	水セメント比	粗骨材体 積濃度	目標スラン プフロー値	目標空 気量
	W/C(%)	Xv(%)	Sf(mm)	Air(%)
	31.8	30	$650\pm50$	2.5±1.0

表-3 示方配合

単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
水	セメント	細骨材	粗骨材
175	550	840	795



図-1 間隙通過試験型枠

図-2 水平部上面図

流動試験の手順を以下に示す。流動障害を配置した 型枠のA槽をコンクリートで満たした後、ゲートを開 き、コンクリートを自重のみで流動させた。流動停止 後、AおよびB槽の自由面高さの差を測定し、損失高 さを $\Delta h_1$ とした。また、コンクリートと型枠壁面間の摩 擦を排除し、間隙通過による影響のみを抽出するため、 鉄筋を配置しない場合についても同様の実験を行った。 このときの損失高さを $\Delta h_2$ とした。 $\Delta h_1 \ge \Delta h_2$ の差を間 隙通過による損失高さ $\Delta h \ge 0$ 、圧力損失 $\Delta P$ は $\Delta h$ を用い て式(1)を使って算出した。

## 2.4 実験結果

圧力損失 ΔP と鉄筋間隙幅 L の関係を図-3 に示す。 いずれのGであっても、L が小さいほど圧力損失は増 大する傾向となった。これは、流動障害により、通過 可能な断面積が減少し、粗骨材同士の衝突、間隙通過 前領域における粗骨材の濃縮現象を生じやすくなった ためと考えられる。



図-3 圧力損失ΔPと鉄筋間隙幅Lの関係

 2.5 間隙を通過したコンクリートの粗骨材分布 流動停止後のコンクリートをそのまま硬化させ、水 平部の粗骨材分布を次の方法で直接同定した。

検査領域は、図-2に示す AREA1~3 とした。

解析方法は、検査領域のコンクリートを硬化後に切断し、撮影した画像を二値化処理し、各AREAの粗骨材 面積割合を算出し、間隙通過後の粗骨材体積濃度 Xv'n(%)は式(2)により求めた。Xv'nは間隙通過試験 終了後の各AREAにおけるXvを示し、濃縮の程度が大き いほど大きな値となる。また二値化処理した画像の一 例を図-4に示す。

$$Xv'_{n} = \frac{S_{n}(A_{1}+A_{2}+A_{3})}{A_{1}S_{1}+A_{2}S_{2}+A_{3}S_{3}}Xv$$
(2)

Xv'<sub>n</sub>:間隙通過後の粗骨材体積濃度(%)
Xv:配合時の粗骨材体積濃度(%)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>: AREA1、2、3の検査領域面積(%)

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>: AREA1、2、3の粗骨材面積割合(%)とした。



各 AREA における粗骨材体積濃度算出値を図-5 に示 す。AREA2 における粗骨材体積濃度 $Xv'_2$ の値が、AREA1、 3 と比較して小さい場合がある。これは、流動してき た粗骨材が、流動障害の1層目前で停滞および閉塞が 生じ、1層目を通過しにくい状態となったためと考え られる。また、AREA2 で $Xv'_2$ が大きくなっている場合 は、流動障害の2層目で粗骨材停滞および閉塞が生じ た場合であると考えられる。



図-5 各 AREA における粗骨材体積濃度

## 3. モデル自己充填コンクリート間隙通過試験

## 3.1 試験概要

本章では、流動する自己充填コンクリート内部の様 子を詳細に把握するため、可視化可能なモデルコンク リートを用い、複数の流動障害を存する場合について、 間隙通過試験を行い、圧力損失を算出した。なお、モ デルコンクリートの配合条件は一定とする。また、障 害条件は、鉄筋間隔幅 L と流動障害間隔 G を変化させ た。また、試験中に撮影した動画から静止画像を抽出 し、画像解析を行い、粗骨材体積濃度を算出した。 3.2 使用材料および配合

使用材料を表-4 に示す。また、モデルコンクリートの配合を表-5 に示す。モデルモルタルは、増粘剤: 水=15:85 で混合した。

これは、予備試験を行い、0 打フロー値が 250±50mm 程度となるように調整し決定したものである。また、 モルタル中の気泡を取り除くために、消泡剤を増粘剤 に対して 10%添加した。

モデルコンクリートにおいては、モデル粗骨材となる人工軽量骨材の粗骨材体積濃度X<sub>v</sub>を30%と一定とした。

表-4 使用材料			
材料	材料名		
水	上水道水		
増粘剤	アルキルアリルスルフォン酸塩(密度:1.00g/cm <sup>3</sup> )		
消泡剤	シリコーン系消泡剤(密度 : 1.00g/cm <sup>3</sup> )		
人工軽量 粗骨材	最大寸法:15mm 絶乾密度:1.34 g/cm <sup>3</sup>		

表-5 モデルコン	/クリート配合(	100 あたり)
粗骨材体積濃度Xv(%)	モデルモルタル(kg)	人工軽量骨材(kg)
30	7.00	4.02

3.3 モデル自己充填コンクリート間隙通過試験

本実験で使用した二層配筋構造の型枠を図-6 に示 す。モデル型枠はすべて透明なアクリル材で作製した もので、モデル型枠内を流動するモデルコンクリート の様子を外から目視することが可能である。また、図 -7に示す、鉄筋間隔Lは、21、24、26、30mmの4水 準、流動障害間隔Gは、粗骨材最大寸法の3~10倍に 相当する、45~150mm とした。流動試験の手順は実コ ンクリートの間隙通過試験と同様とした。



3.4 実験結果

圧力損失 ΔP と鉄筋間隙幅 L の関係を図-8 に示す。 実コンクリートと同様に、L が小さいほど圧力損失は 増大する傾向となった。



図-8 圧力損失△Pと鉄筋間隙幅Lの関係

3.5 間隙を通過したコンクリートの粗骨材分布

検査領域は図-7 に示す AREA1~3 とした。解析手順 は、2.5 と同様である。二値化処理した画像の一例を 図-9 に示す。

各 AREA における粗骨材体積濃度算出値を図-10 に 示す。概ね実コンクリートと同様な傾向になった。





4. 比較・検討

4.1 圧力損失について

実コンクリートとモデルコンクリートの圧力損失測 定結果を示した、図-3および図-8を比較すると、圧 力損失の値が10倍程異なった。これは、密度、鉄筋間 隙幅、粗骨材の粒形、細骨材の有無などによるものと 考えられる。変化の傾向は概ね同様であるので、モデ ルコンクリートを用いた実験により、実コンクリート の流動挙動を推定できると考えられる。

4.2 粗骨材分布の数値的解析

実コンクリートとモデルコンクリートを比較すると、 実コンクリートはAREA 毎のXv'nの変動が大きいのに対 し、モデルコンクリートでは変動幅が小さい。これは、 粘性、粗骨材の粒形などの違いにより、実コンクリー トにおいて粗骨材濃縮現象が顕著に現れたためと考え られる。

変化の傾向は概ね同様であるので、実コンクリート の粗骨材の流動挙動を、モデルコンクリートで再現で きたと考えられる。

モデルコンクリートでの観察の結果から、流動障害 周辺において、Lが小さく、Gが大きい条件では、粗 骨材が鉄筋の後ろ側へ回り込む現象が見られた。また、 Lが小さく、Gが小さい条件では、粗骨材が流動障害 の間で停滞しているが、コンクリートが円滑に流動し ている現象が生じた。図-11に画像解析による流線の 模式図を示す。実コンクリートでも同様な流動挙動が 生じていると考えられる。これはL、Gの変動による ものだと推測されている<sup>2)、3)</sup>が、詳細な値などは解明 されていない。L、Gの違いと流動挙動の関係を詳細 に把握できれば、圧力損失の推定精度の向上につなが ると思われる。



図-11、流線の模式図(G=150mm、L=30mm)

5、まとめ

本研究では、自己充填コンクリートの間隙通過試験 を、実コンクリートを用いて行い、圧力損失を測定し た。また、流動挙動を把握するため、モデルコンクリ ートを用いて同様の実験を行った。さらに画像解析に より、粗骨材体積濃度を算出し、流動時の粗骨材挙動 を検討した。実コンクリートとモデルコンクリートの 実験結果を比較し、モデルコンクリートを用いて、実 コンクリートの挙動を推定し、今後の課題を検討した。 本研究により以下のことが明らかになった。

- (1) 圧力損失測定値は鉄筋間隙幅の変化について着目 すると、圧力損失は大きく異なったが、実コンク リートとモデルコンクリートで、概ね同様な変化 の傾向を示し、実コンクリートの現象把握におい てモデルコンクリートの実験は有効であると推定 される。
- (2) 画像解析により粗骨材分布を調べた結果、濃縮現象が障害の周辺で生じていることが、把握できた。 実コンクリートとモデルコンクリートの間には大きな差はないものの、濃縮の程度は、実コンクリートのほうが大きいと考えられる。またモデルコンクリートにおいて、流動挙動に違いがあることが見えた。この現象は実コンクリートにおいても、同様に観察されると考えられる。L、Gの違いと流動挙動の関係を詳細に把握できれば、圧力損失の推定精度の向上つながると思われる。

参考文献

- 藤原浩已:自己充填性を有する高流動コンクリートの特性に関する研究,東京工業大学位論文、 1996.3
- 大森祐助ほか:自己充填コンクリートの多層配筋 状態における粗骨材閉塞現象に関する研究、コン クリート工学年次論文集、Vol.31、No.1、2009