自己充填コンクリートの粘性が多層配筋を通過する時の圧力損失現象に及ぼす影響

宇都宮大学	学生員	○瀬谷	寿英
宇都宮大学大学院	正会員	藤原	浩巳
宇都宮大学大学院	正会員	丸岡	正知
宇都宮大学大学院	学生員	大森	祐助

(2) 試験方法

図-1に示すモデル型枠の A 槽にモデルコンクリート を満たし、ゲートを開き、モデルコンクリートの自重の 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 \angle h₁とした。障害以外の損失 を排除するため、鉄筋を配置しない場合においても同様 の実験を行い、損失高さ \angle h₂を計測した。 \angle h₁からこの \angle h₂を減じることとし、これを \angle h とした。圧力損失 \angle P(Pa)は式(1)より算出した。

$$\Delta \mathbf{P} = \boldsymbol{\rho} \cdot \mathbf{g} \cdot \Delta \mathbf{h} \tag{1}$$

ここで、 ρ :モデルコンクリートの密度 (g/cm³)、 g:重力加速度 (m/s²)、/h:求めた損失高さ(mm)

また実験中, 図-2 に示す水平流動部の様子を図-1の 様に,上方よりビデオカメラで撮影し,画像データを各 種解析に用いた。

(3) 試験条件

モデルコンクリートの配合条件は、モデルコンクリートの増粘剤添加率 V を 10, 15, 20%の 3 水準, 粗骨材体 積濃度 Xv を 30% とした。また、モデル型枠の条件とし て、図-2 に示す間隙幅 L が 21, 24, 26, 30mm の 4 水 準, 流動障害間隔 G が 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150mm の 8 水準とした。



キーワード:自己充填コンクリート,多層配筋条件,閉塞現象,可視化モデル 連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科材料研究室 面028-689-6211

1. はじめに

自己充填性を有する高流動コンクリート(以下,自己 充填コンクリート)は締固めなしに自己充填可能なコン クリートである。しかし,実際には型枠内の流動途中で 圧力損失により充填不良が生じる可能性があることが指 摘されており¹⁾,圧力損失メカニズムの解明が必要とさ れている。

これまでの研究で、流動障害となる鉄筋が一段と二段 の二つの条件について、モデル自己充填コンクリートを 用いた可視化実験²⁾を行い、仮想細管モデルを用いた解 析や混相流体力学の概念を用いた圧力損失メカニズムの 解析³⁾を進め、理論的な検討を行ってきた。その結果、 単層配筋時と二層配筋時の圧力損失メカニズムを概ね満 足する推定式を構築²⁾することができた。しかし、この 圧力損失の推定式はコンクリートの粘性を考慮していな い。そこで本研究では、二層配筋におけるコンクリート の粘性と流動障害間隔を変化させた場合の、自己充填コ ンクリートの流動挙動の変化の把握を目的として、モデ ル自己充填コンクリートの可視化実験を行った。

2. 可視化技術を用いた間隙通過試験

2.1 実験概要

可視化可能なモデル自己充填コンクリート(以下,モ デルコンクリート)を用い,粘性と粗骨材体積濃度を変 化させ,二層配筋の条件で,間隙通過試験を行った。

2.2 間隙通過試験

(1) 使用材料

本研究では、自己充填コンクリートをモルタルと粗骨 材の固液二相系流体と捉えた。コンクリート中の粗骨材 を外部より容易に観察可能とするため、モデルモルタル として、水道水に増粘剤(密度:1.00g/cm³)と消泡剤(密 度:1.00g/cm³)を添加したものを、粗骨材はカラーリン グを施した人工軽量骨材(最大寸法:15mm,絶乾密度: 1.34g/cm³)を用いた。



図-2 水平流動部上面図

(4) 間隙通過試験結果と考察

圧力損失∠Pと間隙幅Lの関係について、増粘剤添加 率 V ごとに比較した。G=75mm の場合を図-3 に、 G=105mm の場合を図-4 にそれぞれ示す。粘性が小さ い V=10%において、間隙幅L=24mmを境に粗骨材が間隙 に閉塞しやすく、圧力損失が局所的に大きくなっている。 これは、低粘性のため粗骨材の表面に付着するモルタル 量が少なく、間隙を通過する際に、障害と付着したモル タルがクッションとして働かないため、圧力損失が大き きくなってしまったと思われる。

間隙幅 L=30mm は, 間隙幅が大きいため, 粗骨材は閉 塞をせず, 流動障害の影響をほとんど受けないと思われ る。障害の影響を受けないとしたとき, 純粋な粘性のみ による圧力損失の変化は, 粘性が 5%増加すると, 圧力損 失はおよそ 200Pa 大きくなった。次に, 間隙幅が狭く障 害の影響を受けやすいときに着目する。低粘性において は粗骨材が間隙で閉塞するため, 圧力損失が大きくなっ た。また, 十分な粘性を有する場合は, 粗骨材の閉塞で 圧力損失が大きくなったのではなく, モルタルの流速が 粘性の影響により遅くなることで, 見掛けの圧力損失/P が大きくなったと思われる。

各増粘剤添加率 V について粗骨材体積濃度 X_v ごとに 比較したものを、 $\square -5$ から $\square -7$ に示す。なお、V=10% については間隙幅 L=21、24mm のとき、閉塞が非常に起 こりやすいため割愛した。間隙が V=10%および V=15% においては、 X_v が増加すると粗骨材が詰まりやすく、 L=24mm 以下で圧力損失が大きくなる傾向がある。しか し、V=20%においては X_v を変化させても、圧力損失に 大きな変化は見られなかった。つまり、V=20%において は、粗骨材体積濃度の増加により圧力損失が大きくなる のではなく、粘性の要因が強いためであると言える。

Xv=30%において、V=15%と V=20%を比較したとき、ど

の間隙幅においても圧力損失が約 200Pa ずつ増加してい る。流動障害の影響がないときの、粘性による圧力損失 の増加量も約 200Pa であることから、このとき、流動障 害による圧力損失はほとんど無いといえる。



図-3 圧力損失 ZP と間隙幅 Lの関係 (X_v=30%, G=75mm)



図-4 圧力損失∠Pと間隙幅Lの関係(X_v=30%, G=105mm)



図-5 圧力損失 ZP と間隙幅 Lの関係 (V=10%, G=150mm)



図-6 圧力損失∠Pと間隙幅Lの関係(V=15%, G=150mm)



図-7 圧力損失∠Pと間隙幅Lの関係(V=20%, G=150mm)

3. 可視化実験結果の数値的解析

3.1 実験概要

流動挙動を数値的に捉えるため、撮影した映像を元に 画像処理し、粗骨材体積濃度 Xv の変化について調べた。 3.2 解析方法

(1) 時間経過に伴う粗骨材体積濃度 Xv の変化の算定

粗骨材量は、障害を通過する際、粗骨材が停滞・濃縮 するため、粗骨材体積濃度は流動の時間経過に伴い変化 する。障害通過後の粗骨材体積濃度 Xv'nは、間隙通過試 験後の図-2 に示す各 AREA における Xv を示すもので、 濃縮の程度が大きいほど Xv'n は大きくなると考えられる。

解析方法は、まず各 AREA における静止画像に二値化 処理を行い、白色を粗骨材、黒色をモルタル部分とした。 AREA 毎に白色面積割合を測定し、これを粗骨材面積割 合とした。ここで、各 AREA における粗骨材面積割合を それぞれ S_1 , S_2 および S_3 とした。障害通過後の粗骨材体 積濃度 Xv'は式(2)より、

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

ここで n=1, 2, 3 とする。

Xv'_n:障害通過後の粗骨材体積濃度(%)

Xv:配合時の粗骨材体積濃度(%)

A₁, A₂, A₃: AREA1, 2, 3の検査領域面積 (mm²)

S₁, S₂, S₃: AREA1, 2, 3の粗骨材面積割合(%)

また,間隙部前の領域(AREA1,2)と通過後の領域 (AREA3)の差をそれぞれ∠Xv1, ∠Xv2 とし,各間隙部前 の粗骨材体積濃度増分を式(3)および式(4)より求め た。

$$\Delta X_{V} = X_{V_{1}} - X_{V_{3}}$$
 (3)

 $\Delta X_{V} 2 = X_{V'2} - X_{V'3}$ (4)

(2) 解析結果および考察

 $X_{v}=30\%$ において、増粘剤添加率 V を変化させたとき の各 AREA の X_{v} 'の変化について、L=30mm の場合を図 -8に、L=24mm の場合を図-9にそれぞれ示す。間隙幅 L=30mm のとき、いずれの粘性においても各 AREA で X_{v} ' は基準となる $X_{v}=30\%$ から 3%前後で推移し、粗骨材の濃 縮がほとんど起きていないことが分かった。また、 L=24mm のとき、 X_{v} 'は V=10%において AREA1 で基準 の 30%を大きく上回っているのが読み取れ、間隙で粗骨 材が閉塞しているのがわかる。V=15%、V=20%について は、V=10%と比較すると、各 AREA での粗骨材の濃縮は 少ないと言える。





AREA1 で粗骨材の濃縮が起きやすいことを踏まえ, AREA1 と AREA3 での粗骨材体積濃度増分 $\angle X_V1$ に着目 し, 圧力損失と比較した。その結果の一例を図-10 およ び図-11 に示す。 $\angle X_V1$ が大きいということは, AREA1 で粗骨材の割合が多くなるということである。つまり粗 骨材量が増えたことで閉塞しやすく, 圧力損失は大きく なると思われる。V=10%においては圧力損失が大きいと き, $\angle X_V1$ も大きくなっている。粘性が増加し, V=15% になると $\angle X_V1$ は小さくなり, 圧力損失も小さくなった。 しかし, V=20%においては V=15%のときよりも $\angle X_V1$ が 小さくなっているにも関わらず, 圧力損失は増大した。 このことから, 粘性が大きいときは, 粗骨材が分散して いても粘性によるところの圧力損失が大きいとのではな いかといえる。





△X_v1の変化(X_v=30%, L=24mm, G=150mm)

図-10

図-11 ⊿X_v1の変化(X_v=30%, L=21mm, G=75mm)

4. まとめ

間隙通過試験結果と障害通過後の粗骨材体積濃度 X_v、を併せて考える。

① 間隙幅 L=30mm のとき,粗骨材は流動障害の影響を ほとんど受けないと仮定したが,図-8 から分かるよう に, X_V 'は各 AREA で大きく変化しておらず,予想の通 り流動障害の影響を受けていないと言える。

② 間隙幅が L=24mm 以下と狭い場合, 圧力損失が大き くなることについて, 粘性ごとに圧力損失が大きくなる 原因が異なる。

③ 低粘性(V=10%)においては、粗骨材表面に付着するモ ルタル量が少ない、また、粗骨材体積濃度が大きくなっ たことにより、粗骨材が間隙に閉塞しやすく圧力損失が 大きくなってしまった。

④ 高粘性(V=20%)においては、各 AREA での X_v'の変化
 が L=30mm のときとほぼ変わらないため、 圧力損失は
 粘性によるところの影響が大きいことが分かった。

⑤ 粗骨材体積濃度 X_v が増加すると、モルタルの変形抵 抗性が大きくなり、圧力損失が大きくなると思われた。 しかし、V=20%においては、粘性による圧力損失が X_v による圧力損失を上回ったため、 X_v の影響を受けなかっ たと思われる(図-7)。

今後は圧力損失と流動障害間隔の関係を明らかにし、 粘性と併せて検討を図る予定である。

- 1) 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
- 2) 大森祐助ほか:多層配筋構造における自己充填コン クリートの圧力損失現象に関する研究
- 谷川恭雄ほか:超流動コンクリートにおける粗骨材 連行性に関するレオロジー的考察,超流動コンクリ ートに関するシンポジウム論文報告集
- 4) 渡辺有寿ほか:高流動コンクリートの鉄筋間隙通過時における圧力損失メカニズムに関する研究,コンクリート工学年次論文報告集
- 5) 渡邊暢ほか:多層流動障害通過時の自己充填コンク リートの圧力損失メカニズムに関する実験的検討, コンクリート工学年次論文報告集