

建物解体時に発生するコンクリート塊の搬出効率に関する研究

中央大学 学生会員 ○合田 明弘
 中央大学 正会員 前川 亮太
 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

近年、高度経済成長期に建設された建物を中心に、老朽化した建物の解体の需要が高まっている。建物を解体する工法の1つに階上解体という工法がある。階上解体は敷地周囲に解体重機を配置することができない際に採用される工法である。この解体工法では、建物上層から大量のコンクリート塊を地上まで卸す必要がある。解体物をクレーンで荷卸しする場合もあるが、この工法はクレーンを設置する場所が確保できる場合に限定され、コストの増加にも繋がる。そこで本研究ではクレーンを使わず、シャフトに充填させたコンクリート塊を流出する工法に着眼した。この工法では、シャフトやコンクリート塊の寸法がコンクリート塊の流出に影響を与えるため、①シャフトやコンクリート塊の寸法がコンクリート塊の流出に与える影響を模型実験と数値解析で明らかにすること②模型実験を通じて、数値解析の妥当性を検証することを本研究の目的とする。

2. 模型実験と数値解析の概要

(1) 模型実験概要

実験装置(写真-1)を用いて、模型実験を行った。実験装置は下部側方に流出口を設けており、粒子を充填させた後、流出口を開けることで粒子が流出する。写真-1に座標系を示しており、ある粒子の中心座標(x_p, y_p)として、 $x_p > w$ となるときの、流出したと考え、粒子が流出した個数を流出個数と定義する。

表-1は実験ケースである。実験装置のシャフト幅を10 cm、流出口の内径を2ケース(5 cm, 10 cm)とした。粒子は2種類の粒子(実験番号1,2: ビー玉, 実験番号3,4: パチンコ玉)を用いた。総粒子数は400個である。

実際の解体工事では、コンクリート塊を流出させた後、流出口付近で停留したものを取り除いて搬出を進める。事前に模型実験と数値解析を行った結果、流出開始直後に、流出個数が停留している粒子の影響を受けていることがわかった。そのため本研究では、流出開始1秒後の流出個数(以下、流出個数)に着目した。

(2) 数値解析概要

本研究の数値解析では、複雑な粒子挙動の根底にある粒子レベルのメカニズムを観察することができる個別要素法を用いた。シャフトを模擬した解析モデル(図-1)を用いて、模型実験と同様の条件で解析を行った。

(3) 数値解析条件

表-2は本解析で用いる諸物理量である。また粒径、密度、シャフト幅、および流出口の内径は表-1の値を用いた。また総粒子数は400個、計算時間は10秒、計

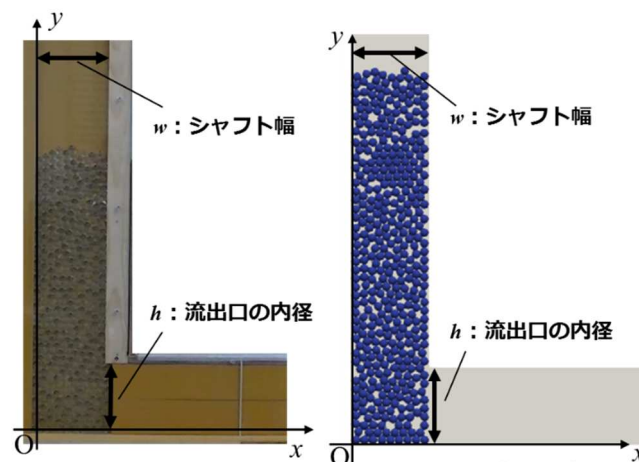


写真-1 実験装置

図-1 解析モデル

表-1 実験・解析ケース(全4ケース)

実験番号	粒子		実験装置	
	粒径D	密度 ρ	シャフト幅w	流出口の内径h
1	1.05 cm	$2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$	10 cm	5 cm
2			10 cm	10 cm
3	1.10 cm	$8.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$	10 cm	5 cm
4			10 cm	10 cm

表-2 解析で用いる諸物理量

物性値	値	単位
ヤング率(粒子)	4.9×10^9	[Pa]
ヤング率(壁)	3.9×10^9	[Pa]
ポアソン比(粒子)	0.23	[-]
ポアソン比(壁)	0.25	[-]
摩擦係数(粒子間)	0.6	[-]
摩擦係数(粒子-壁間)	0.17	[-]

算時間間隔は 10^{-6} 秒である。各ケース5回ずつ計算を行い、流出個数として5回の平均個数を採用する。

3. 模型実験と数値解析の結果

図-2は模型実験と数値解析それぞれの流出開始1秒後の流出個数を比較した結果である。

(1) 流出口の内径が流出個数に与える影響

模型実験と数値解析の両方で、流出口の内径が大きいかいほど流出個数が多くなった。流出口の内径が10 cmのとき、数値解析は模型実験の流出個数の傾向を概ね捉えているといえる。流出口の内径が5 cmのとき、模型実験の流出個数に比べて数値解析の流出個数は半分より少ないことがわかった。模型実験に比べて数値解析は、粒子が流れにくいことがわかった。

(2) 密度が流出個数に与える影響

ビー玉とパチンコ玉を比較する。2つの粒子では特に密度が大きく違う。模型実験では流出口の内径が10 cm

のときにパチンコ玉の流出個数が多くなる。流出口の内径が5 cm のときには、流出個数に顕著な違いが見られない。数値解析では、流出口の内径に依らず、流出個数に顕著な違いは見られない。

4. 流出口の内径の違いによる流出個数の分布

流出個数の分布の度合いは、粒径に対する流出口の内径の大きさによって変化すると考えられる。そこで本研究では、数値解析を用いて流出口の内径の大小が流出個数の分布に与える影響を明らかにする。

(1) 解析条件

表-2 は本解析で用いる諸物理量である。先程の解析条件に近くなるように、粒径は1 cm, 密度は2.5 kg/m³とした。解析モデル(図-1)はシャフト幅10 cm, 流出口の内径は4 ケース(2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm, 10 cm)とする。また先程よりも計算時間を短くするために、総粒子数は200 個, 計算時間は5.5 秒とした。計算時間間隔は10⁻⁶秒である。粒子の初期位置は、空隙率が20%程度になるようにランダムに決め、各ケース1000 回ずつ計算を行った。

(2) 結果および考察

図-3 は流出口の内径が5 cm のときの粒子の初期位置の違いによる流出個数の分布を示した図である。この図から計算条件が同じでも、粒子の初期位置が違うだけで流出個数が分布していることがわかる。

図-4 は流出口の内径を変化させたときの各ケースの流出開始1秒後の流出個数の変動係数(以下、変動係数)を示した図である。流出口の内径が小さくなるほど、変動係数は大きくなることがわかった。このデータを当てはめた指数曲線を書くと、図-4 の青破線になる。この曲線の決定係数は0.97 であり、流出口の内径が小さくなるほど、変動係数は指数関数的に大きくなり、粒子を流出させる際は、流出個数の分布を考慮する必要があるといえる。

5. 結論

本研究では、シャフトに充填させたコンクリート塊を流出する工法において、シャフトやコンクリート塊の寸法がコンクリート塊の流出にどのような影響を与えるかを明らかにするために、模型実験と数値解析を行った。得られた主な知見は以下のとおりである。

- (1) 模型実験と数値解析により、流出個数が増える条件は、流出口の内径が大きいときであることがわかった。
- (2) 流出口の内径が10 cm とき、数値解析は模型実験の流出個数の傾向を概ね捉えているといえる。流出口の内径が5 cm のとき、模型実験に比べて、数値解析は粒子が流れにくいことがわかった。
- (3) 流出口の内径が小さくなるほど、流出個数の変動係数が指数関数的に大きくなり、粒子を流出させる際は、流出個数の分布を考慮する必要があることを示した。

以上の知見から、シャフトに充填させたコンクリート塊を流出する工法で搬出効率を上げるためには、流出口の内径を大きくすることが必要である。しかし、階上解体は都心の高層ビル等、敷地が限られてしまうこ

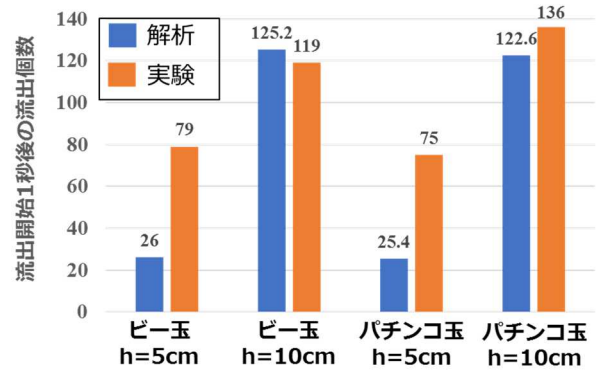


図-2 模型実験と数値解析の流出開始1秒の流出個数
※h は流出口の内径を表す。

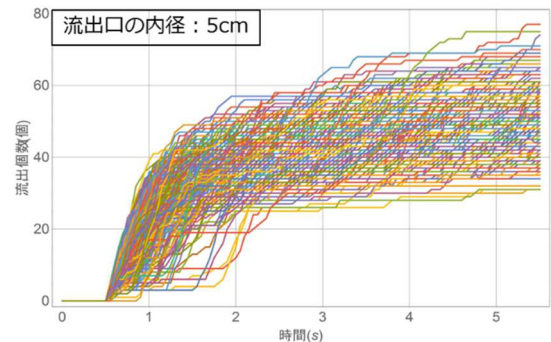


図-3 粒子の初期位置の違いによる流出個数の分布

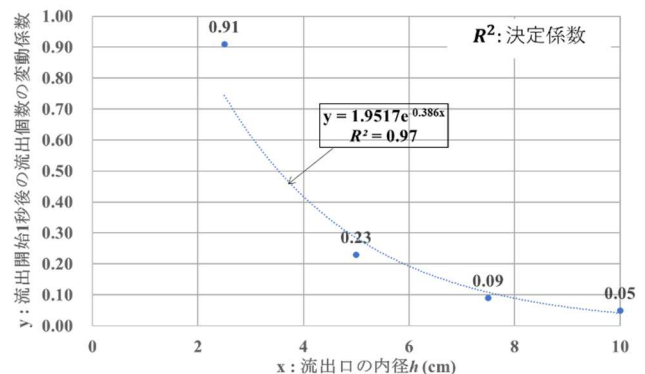


図-4 流出口の内径の違いによる流出開始1秒後の流出個数の変動係数の変化

とが多いため、コンクリート塊の流出個数を増やして搬出することができない。そのため、解体で使用できる敷地に応じた流出口の内径を設定し、コンクリート塊を搬出する必要がある。その際、粒径に対して流出口の内径が小さくなるほど流出個数が分布することを考慮に入れる必要がある。

参考文献

- 1) Cundall, P. A. and Strack, O. D. L. : A discrete numerical model for granular assemblies, Geotechnique 29, No.1, pp.47-65, 1979.
- 2) Catherine O'Sullivan 著 鈴木輝一 訳: 粒子個別要素法 particulate Discrete Element Modelling : A Geomechanics Perspective, 森北出版株式会社, 2014.
- 3) 粉体工学会 編: 粉体シミュレーション入門 コンピュータで粉体技術を創造する, 産業図書, 1998.
- 4) 酒井幹夫: 粉体の数値シミュレーション, 丸善出版, 2012.