

剛体と粘土地盤の衝突に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 榎 明潔
鳥取大学大学院 学生会員 鈴木 誠也

1. はじめに

本研究では、剛体と地盤の衝突、特に地盤の塑性破壊に着目した研究を行った。なお、過去の研究¹⁾から、砂地盤では塑性破壊が発生しにくいことが確認されている。よって本研究では粘土地盤を用い、その地盤に剛体を自由落下させる実験を行い、衝突による剛体と地盤の挙動を調べた。

また、衝突後の剛体と地盤の関係を、基礎の支持力問題に置き換えることでモデル化を行い、衝突貫入現象の理論的体系化を目指した。よって、本研究の目的は、剛体の衝突による地盤の塑性破壊発生メカニズムを明らかにし、剛体と地盤の衝突貫入現象を説明する事である。実験装置の概略図を図1に示す。

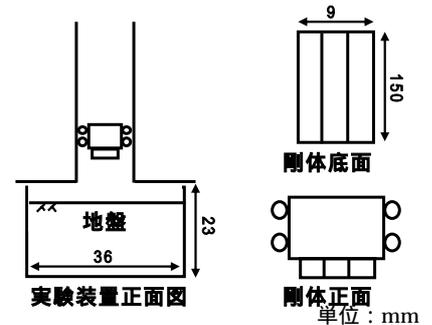


図1 実験装置概略図

2. 剛体と地盤の運動

剛体と地盤の運動は、剛体の自由落下後、地盤と衝突貫入し停止するまでに、次の3つのモードに分類することが出来る。

剛体の自由落下・・・剛体は重力加速度 9.8m/sec^2 で自由落下している。地盤は静止している為、加速度は 0m/sec^2 である。

剛体と地盤の衝突・・・剛体は上向き、地盤は下向きに大きな加速度を得る。

剛体と地盤の一体運動・・・地盤は特定の加速度（本研究ではこれを塑性加速度と呼ぶ）で塑性破壊し、その加速度を保ったまま剛体と一定時間一体運動をし、やがて停止する。

3. 剛体の地盤への貫入モデル

地盤に貫入中の剛体底面に作用する地盤反力を Q 、剛体の加速度を α 、剛体質量を M 、重力加速度を g とすると、剛体の地盤貫入中におけるモデルは図3のようになる。なお、このとき剛体と地盤の加速度は等しいと仮定している。この加速度はダランベールの原理より、慣性力として働く為、図3の力の釣り合いより、地盤貫入中の剛体の運動方程式は、以下の式で表せる。

$$Q = M(g + \alpha) \dots (1)$$

また、粘土地盤のような塑性地盤の極限支持力 Q_{limit} は、

$$Q_{limit} = 5.14cA \dots (2)$$

であることが知られている²⁾。

この式は、粘土地盤の極限支持力を概算する上で非常に役立つ。

4. 塑性破壊の発生条件

地盤に貫入中の剛体の運動は、式(1)上の点を推移する。しかし、 Q が Q_{limit} に達したときに、地盤は破壊する。つまり、図4に示すように、「剛体底面に作用する地盤反力線と地盤の極限支持力線とが交わった時点で塑性破壊が発生する」。よって、塑性破壊の発生は、地盤反力線の傾きと地

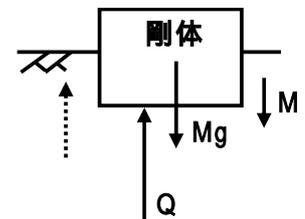


図3 貫入中の運動モデル

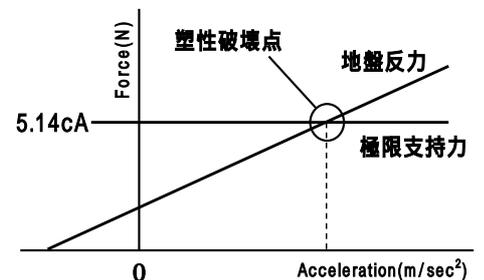


図4 塑性破壊の発生条件

キーワード 塑性、衝突、破壊

連絡先 〒680-0945 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学工学部土木工学科 0857-31-5296

盤の極限支持力の大きさに左右されると考えられる。本研究では、式(1)と式(2)に基づき、剛体の質量、剛体の底面積、剛体の落下高さを変化させた衝突実験を行うことにより、その結果から塑性破壊についての理論的体系化を図った。実験条件を図5に示す。

	落下高さ変化実験		質量変化実験		底面積変化実験	
	H1	H2	M1	M2	A1	A2
地盤の単位体積質量(kg/m ³)	1684		1693		1692	
地盤の粘着力(kN/m ²)	4.96					
地盤の内部摩擦角(°)	0					
地盤の含水比(%)	48.5		47.6		48.8	
剛体の落下高さ(cm)	2	8	4	2		
剛体の質量(kg)	9.89		9.89	14.78	11.6	
剛体の底面積(cm ²)	135		135		72	135

図5 実験条件

5. 実験結果

ここでは、剛体の質量変化実験の解析結果と実験結果のみを記載する。なお、解析は実際の実験条件を用いて行っている。解析結果を図6、実験結果を図7に示す。

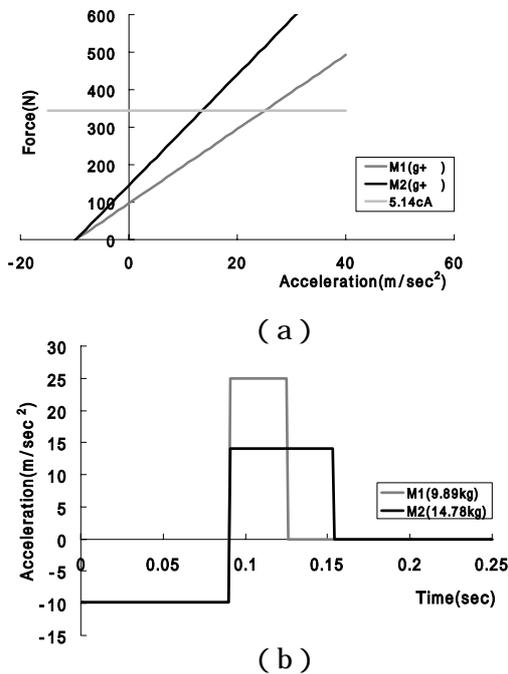


図6 解析結果

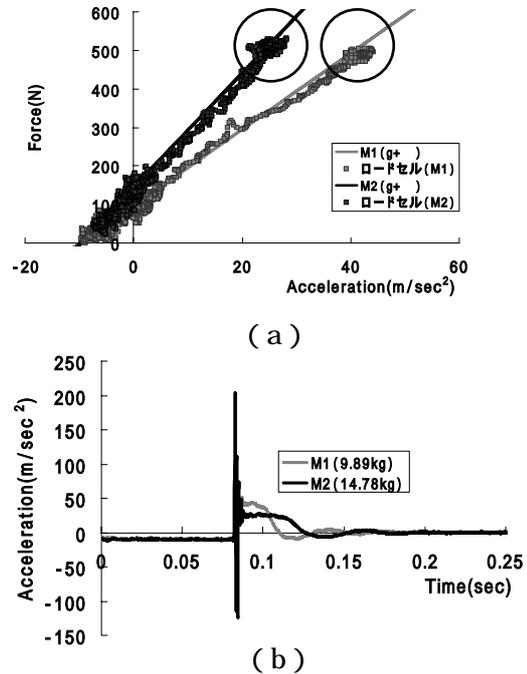


図7 実験結果

図7(b)より、衝突後加速度が一定で推移していることから、質量が重い場合も、軽い場合も塑性破壊が発生した。塑性加速度は、質量が重い場合の方が軽い場合に比べて小さくなった。逆に、塑性加速度での一体運動時間は、質量が重い場合の方が軽い場合に比べて長くなった。これは、図6の解析結果の傾向と同じである。

また、図7(a)のロードセル測定値のプロット点は、記載した円形内に集中していることから、この点付近で塑性破壊が発生したと考えられる。地盤反力は概算していた極限支持力よりも大きな値となったが、解析結果と定性的には等しく、理論的な傾向を確認することができた。

6. 結論

- 本研究により、粘土地盤で塑性破壊が発生することが確認できた。
- 塑性破壊の発生に対して、剛体の落下高さは影響を及ぼさないことが確認できた。
- 剛体の質量、底面積は、塑性加速度の大きさを決定する素因となることが分かった。

7. 参考文献

- 1) 榎 明潔・中村 雅博：剛体と地盤の塑性衝突に関する研究，土木学会中国支部第 58 回研究発表会，pp265-266/2006
- 2) 河野 伊一郎，八木 則男，吉国 洋：土の力学，東京，技報堂出版，pp.162-164，2005.