

Ⅲ-A261 粒状体光弾性実験法を用いたフーチング下の地盤内応力の可視化

佐賀大学 大学院

学生会員

○ 林 真也

佐賀大学 低平地防災研究センター フェロー

林 重徳

1. はじめに

粒状体内における応力伝播機構は、連続体内におけるものとは基本的に異なる。地盤内応力は、地盤の変形解析や構造物に対する上載荷重の影響などを考慮する際に必要不可欠な因子であり、応力伝播を高い精度で予測することは、より正確な変形解析や、より適切な構造物の設計を可能とする。本研究では、地盤内応力の伝播機構を解明するため、従来連続体に用いられてきた光弾性実験法を粒状体に適用し、模型地盤にフーチング載荷した場合の粒状体地盤内の応力状態を可視化する。また地盤を半無限弾性体と仮定した場合の応力分布および実験領域のFEM解析によって得られた応力分布と比較し、フーチング下の応力伝播について検討を行った。

2. 実験装置および実験方法¹⁾²⁾

粒状体光弾性実験は、偏光および複屈折の性質を利用して、光透過性粒状体の破碎ガラスと、それと同じ屈折率を持つ間隙流動物質として作製した模型地盤に外力を作用させて地盤内部の応力状態を調べる実験法である。図-1に粒状体光弾性実験装置の構成を示す。

粒状体光弾性材料はパイレックスガラス粒子を用い、間隙流動物質には流動パラフィンを用いた。パイレックスガラスは、コンクリートミキサーを用いて破碎した後、ポットミル(高さ185mm、直径150mm)に入れ、ミル回転架台(120rpm)で回転させることにより、粒子の角を取り、内部摩擦角の異なる2種類の試料を作製した。なお試料は最大粒径4.75mm、最小粒径0.25mmで粒度調整したものを用いた。表-1に破碎ガラスおよび間隙流動物質の材料特性を示す。なお表-1における破碎ガラスの内部摩擦角は三軸CD試験より求めた。載荷実験は側圧プレートと側圧バルーンをセットした後、1.5kgf/cm²の拘束圧をかけ、フーチング載荷速度は1.0mm/minとした。

3. 実験結果

写真-1に載荷強度12.0kgf/cm²における光弾性写真(円礫試料)を示す。光弾性実験において観測される光量は、(1)、(2)式に示すように、主応力差すなわちせん断応力の関数であり、また得られた画像の光の分布および光量はせん断応力の伝播範囲と大きさを表している³⁾。

$$I = A^2 \sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right) \cdots (1), \quad \delta = \frac{2\pi}{\lambda} C \cdot t \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) \cdots (2)$$

ここでA:偏光子を通過した光の振幅、t:試験片の厚さ、I:光量、

λ :使用光波長、C:光弾性定数、 δ :軸差応力によって生じる相対的位相差

次に図-2、3に角礫、円礫試料の載荷強度12.0kgf/cm²における光弾性写真の抽出画像、図-4、5に各載荷強度における伝播面積を示す。図-2、3は一定の光の強さにおいて抽出したもので、円礫試料の方では角礫試料と比べて応力伝播面積が広がっている。また図-4、5のグラフからも分かるように、角礫試料に比べて円礫試料の方が伝

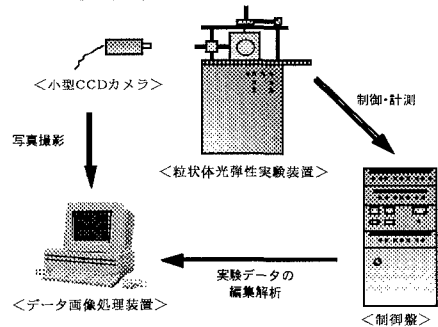
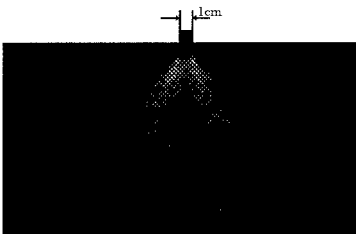
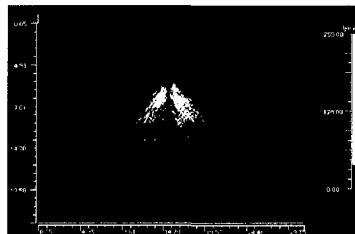
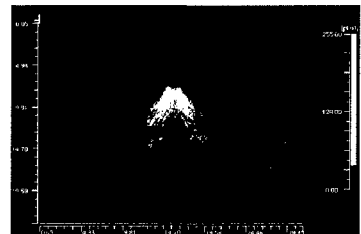


図-1 粒状体光弾性実験装置の構成

表-1 破碎ガラス、間隙流動物質の材料特性

	パイレックスガラス	
	角礫	円礫
ガラス粒子密度(g/cm ³)	2.23	
屈折率	1.46	
光弾性定数($\mu \cdot m^3/cm/kg$)	3.8×10^{-7}	
内部摩擦角($^\circ$)	39.7	37.1
流動パラフィン		
液体密度(g/cm ³)	0.86	
屈折率	1.46	

写真-1 載荷強度12.0kgf/cm²(円礫試料)図-2 抽出画像(角礫試料:12.0kgf/cm²)図-3 抽出画像(円礫試料:12.0kgf/cm²)

キーワード: 粒状体、光弾性実験、応力分布、内部摩擦角

連絡先: 〒840-0033 佐賀市光1丁目3-4-108号、TEL 0952-25-1383(108)

播面積が広くっており、内部摩擦角の違いによって応力の伝播範囲が影響していることがわかる。

4. 解析結果および考察

表-2 に解析に用いた入力値を示す。FEM 解析は、弾性モデルとして行い、破壊接近基準は Mohr-Coulomb を採用した。実験槽の境界における拘束条件は、側壁に対しては水平方向を拘束、底面に対しては水平、垂直方向を拘束とした。図-6、7 にフーチング幅 1cm と 5cm に対する載荷強度 12.0kgf/cm² の時の FEM 解析におけるせん断応力の分布図を示す。1cm、5cm 幅の両フーチングにおいて、せん断応力の分布が

二方向に分かれており、さらにその分布域においてせん断応力はフーチング下の部分に集中して発生している。また載荷幅 5cm の解析結果においては、せん断応力の分布域が底面に達しており、地盤の層厚の影響が出ていることがいえる。また 1cm、5cm 幅フーチング共に角礫と円礫試料の違いはほとんど見られなかった。次に図-8、9 に地盤を半無限弾性体と考えたときに帯状荷重が作用する場合の主応力差のコンター図を示す。1cm、5cm 幅の両フーチングとも応力が二方向に分布している様子がわかる。また帯状荷重の応力分布式には内部摩擦角 ϕ は考慮されておらず、この場合も FEM 解析結果と同様に内部摩擦角の違いに対する影響は見られない。

図-10 にフーチング 5cm の場合の円礫試料の載荷強度 12.0kgf/cm² における光

弾性写真の応力抽出画像を 図-8 主応力差コンター図(フーチング幅 1cm) 図-9 主応力差コンター図(フーチング幅 5cm) 図-10 光弾性抽出画像(フーチング幅 5cm) 図-3 に示した 1cm 幅フーチングの場合、応力分布は FEM 解析結果、半無限弾性体地盤と同様に二方向に分布しているのが観察できる。一方、載荷幅 5cm の場合、実験槽底部より主応力の発生が確認され、実験においては載荷幅と実験槽の深さが深く影響していることがわかる。

5. まとめ

内部摩擦角の影響は、半無限弾性体地盤におけるフーチング載荷では考慮されず、また FEM 解析においてもほとんど見受けられなかったが、粒状体光弾性実験では、内部摩擦角の違う地盤にフーチングが載荷された場合、応力の伝播範囲が異なることがわかった。

応力の伝播方向では、FEM 解析では 5cm 幅フーチングの場合において地盤層厚が影響しているのが確認された。当然ながら、半無限弾性体地盤にフーチング載荷した場合には、層厚の影響を考慮できない。また光弾性実験では、5cm 幅フーチング載荷において、実験槽底部より主応力が発生しているのが確認された。

【参考文献】

- 1) 末次大輔、林重徳：粒状体光弾性実験法を用いた地盤内応力可視化装置の開発、pp.580-581、平成 8 年度土木学会西部支部研究発表会
- 2) 内野隆文、林重徳、林真也：粒状体光弾性による地盤内応力可視化実験装置を用いた実験と考察、PP.470-471、平成 9 年度土木学会西部支部研究発表会
- 3) 益田義治著：馬場秋次郎監修 入門光弾性実験、日刊工業新聞社、1970 年

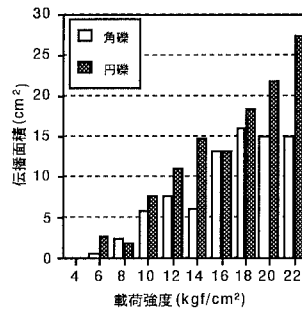


図-4 伝播面積(フーチング幅 1cm)

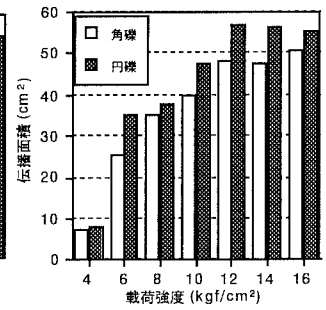


図-5 伝播面積(フーチング幅 5cm)

表-2 解析入力値

変形係数 E_{50} (kgf/cm ²)	85.8
ポアソン比 ν	0.35
内部摩擦角 ϕ (°)	39.7

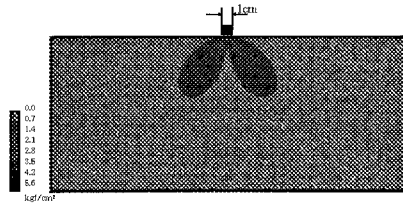


図-6 FEM 解析結果(せん断応力分布:円礫)

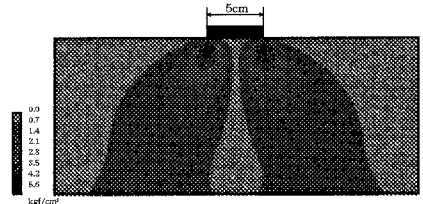


図-7 FEM 解析結果(せん断応力分布:円礫)

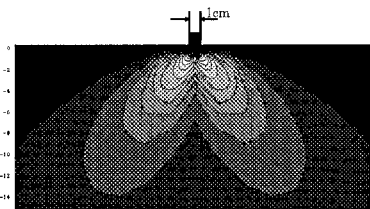


図-8 主応力差コンター図(フーチング幅 1cm)

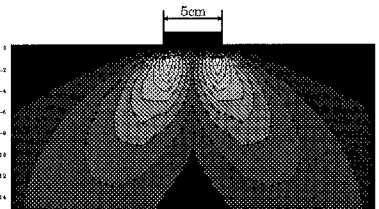


図-9 主応力差コンター図(フーチング幅 5cm)

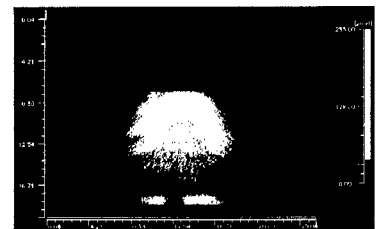


図-10 光弾性抽出画像(フーチング幅 5cm)