

粒状体光弾性実験法による地盤内応力の可視化に関する基礎的研究

佐賀大学大学院 学生会員 ○阿南朋和
佐賀大学低平地防災研究センター F 会員 林 重徳

1. はじめに

本報告では、粒状体光弾性実験法を用いて、光透過性粒状体の普通ガラスビーズ (NGB) と、それと同じ屈折率を持つ間隙流動物質とで作製した模型地盤にフーチング载荷をすることで、地盤内の応力状態を可視化する。また、フーチング下の応力伝播について、破碎した普通ガラス (CNG) による模型地盤の実験結果と比較・検討する。

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置：図-1 に粒状体光弾性実験装置の概略図を示す。図-2 に光弾性ひずみ検査器の概略図を示す。図-2 において、光源から出た自然光は、まず偏光子を通過することによって平面偏光となり、これが第一 1/4 波長板を通過することで円偏光となる。そして応力状態にある実験材料に入射すると楕円偏光となり、第二 1/4 波長板を通過すると直交する二つの平面偏光となる。最後の検光子を通過することによって一つの平面偏光を打ち消され、最終的に模型地盤に生じる主応力差に相当する縞模様の平面偏光が得られる。

2.2 実験方法：粒状体光弾性材料は、粒径 $D \div 3.0(\text{mm})$

の普通ガラスビーズ (NGB) を使い、間隙流動物質には NGB と同じ屈折率を持つ安息香酸メチルを用いた。表-1 に粒状体光弾性材料および間隙流動物質の材料特性を示す。実験方法は、まず実験槽に間隙流動物質を入れ、気泡が入らないように注意して NGB を敷き詰め、模型地盤（初期間隙比 $e_0=0.550$ 、NGB+安息香酸メチル：地盤単位体積重量 $\gamma=15.79(\text{kN/m}^3)$ ）を作製する。実験槽をセットした後、フーチング（幅 50mm）载荷時にフーチング外側で応力が解放されることの無いように、载荷プレートと側圧バルーンを設置し、エアプレッシャーで $147(\text{kPa})$ の側圧をかけ、载荷速度 $1.0(\text{mm/min})$ で载荷した。実験中は CCD カメラで連続的に撮影し、画像モニターで観測、画像データは载荷荷重 $2.45(\text{kN})$ おきにコンピュータに収録した。なお実験中は、模型地盤内の応力伝播が明確に観測できるように、実験装置周辺の光を遮断した。

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果：写真-1 に NGB、写真-2 に CNG の光弾性写真（载荷荷重

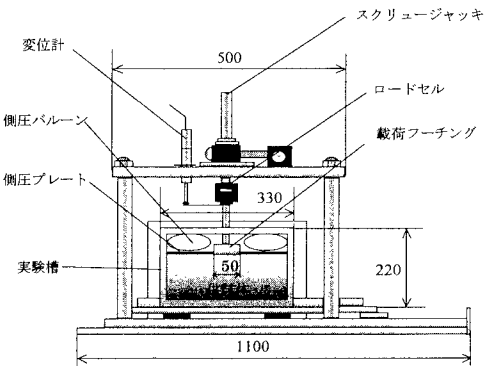


図-1 粒状体光弾性実験装置概略図

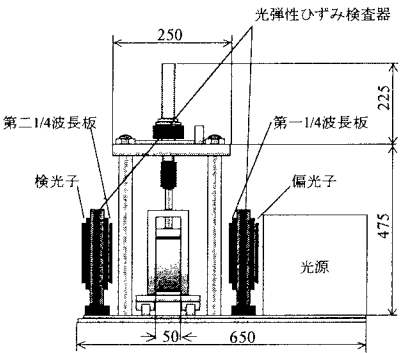
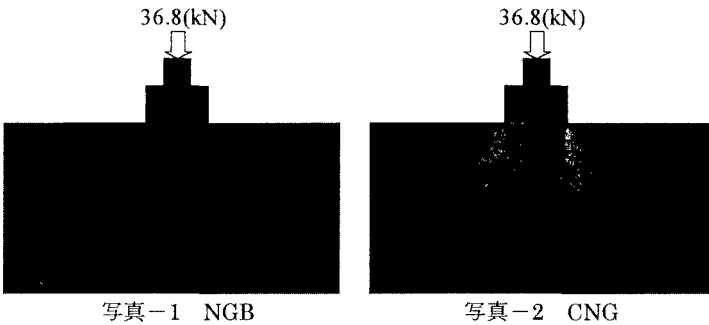


図-2 光弾性ひずみ検査器(側面図)

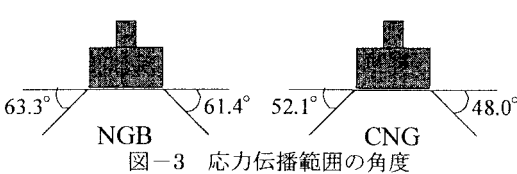
表-1 粒状体光弾性材料および間隙流動物質の材料特性

粒状体光弾性材料	普通ガラスビーズ (NGB)	破碎普通ガラス (CNG)
光弾性定数	$2.6 \times 10^{-7} (\mu\text{m} \cdot \text{cm/kg})$	
比重	2.5	
屈折率	1.52	
内部摩擦角 $\phi (^{\circ})$	32.6	42.6
間隙流動物質	安息香酸メチル	
比重	1.09	
屈折率	1.52	
供試体	普通ガラスビーズ+安息香酸メチル	破碎普通ガラス+安息香酸メチル
単位体積重量 $\gamma (\text{kN/m}^3)$	15.8	21.3
間隙比 e	0.55	0.51

36.8 (kN)) を示す。なお写真-1 および 2 は、画像処理ソフト MacScope を用いて 0 (kN) の画像を減算した。写真に映し出されている輝度は、主応力差すなわちせん断応力に相当する。写真-1 より、フーチング下において全体的に同じような輝度が観察されるのに対して、写真-2 は、フーチング



両端部において、輝度が二方向に分布している様子が観察でき、またフーチング中心部では、一様な輝度が分布している様子が観察できる。写真-1 は、写真-2 と比較すると輝度が極めて小さいが、これは粒子同士が滑り合うため、個々の粒子に主応力差が生じにくいと考えられる。NGBの実験中、荷重が 36.8 (kN) を越えた辺りから、光弾性発光現象が強く生じかけていたが、それと同時に滑りが生じ、載荷荷重 36.8 (kN) 以上の載荷は出来なかった。NGB に対して、さらに側圧を変えて実験を行ったが、同様な実験結果しか得られなかった。図-3 に応力伝播範囲の角度を示す。図-3 より、NGBの方が CNG よりも約 10° 上回っていることより、試料の内部摩擦角が大きい地盤程フーチング下方に応力集中が生じるものと考えられる。また、今回の実験は、



単一粒径 ($D \approx 3.0$) の NGB を用いており、今後さらに、粒径と粒度分布の影響も調べる予定である。図-4 に NGB と CNG の輝度分布を示す。図-4 より、NGB は 30 (pixel) および 120 (pixel)、CNG は 80 (pixel) および 110 (pixel) で、NGB、CNG とともに輝度のピークが 2 箇所検出される。図-5 に三次元抽出画像を示す。図-5 の NGB において、フーチング下右側部に応力が生じかけている様子が観察できる。

図-4 NGB と CNG の輝度分布

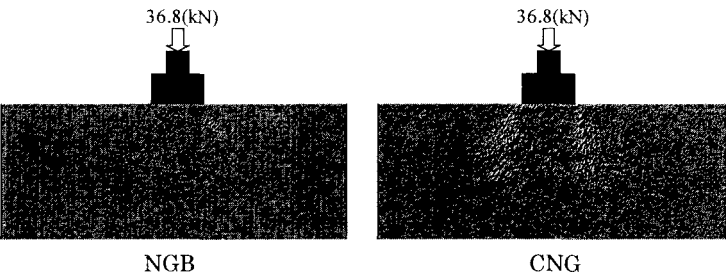


図-5 三次元抽出画像

4. まとめ

今回、NGB を用いた光弾性実験を行い、CNG との比較を行った。これより、NGB と CNG の内部摩擦角の差異が顕著に表れた結果が得られた。今後は、NGB の粒径および内部摩擦角を変えて実験を行うことで内部摩擦角の影響を明確にする予定である。

【参考文献】

- 1) 益田義治著, 馬場秋二郎監修 “入門光弾性実験” 日刊工業新聞社, 1970 年 3 月
- 2) 辻 二郎, 西田正孝, 河田幸三 共著 “光弾性実験法” 日刊工業新聞社, 1965 年 1 月