

III-17 荷重増加による地盤内応力の変化について

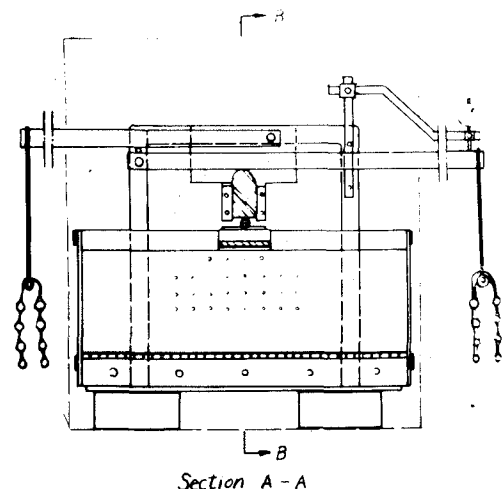
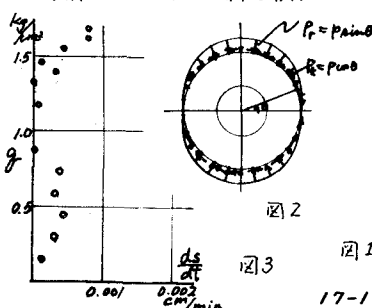
京都大学工学部 正員 松尾 稔
運輸省 正員 〇染谷昭夫

地盤に増加する荷重を与えると、一般に地盤は弾性に近い状態から次第に弾塑性的な状態に移行してゆくものと考えられる。このとき弾塑性状態の進行とともに、地盤内の応力状態は何らかの変化をうけることが予想される。筆者らはこれを実験的に調べることに由り、地盤内の応力分布や地盤支持力に関する弾塑性論的な課題に何らかの寄与をなそうと考へた。

実験装置は図1に示すように砂槽、二軸型光弾性ヒズミ計および載荷装置からなる。砂槽は長さ約15cm高さ15cm、幅7cmの頑丈な亜鉛引鋼槽である。土試料としては豊浦標準砂を使用し、ヒズミ計を特定の位置に埋設しながら試料を充填した後間ゲキ比が0.80になるよう水締めしてこれを供試体とした。つぎにこの供試体を高温炉に設置し、18時間放置して砂槽内が炉の温度130℃に達した後炉外にアーチを用いて砂層表面中央部に配置した幅6cmの載荷板に載荷した。その後炉温度を130℃に3時間保ち応力凍結を行なった。載荷板は下から順にシリコンゴム板、光弾性板および剛性板をつみ重ねたものである。シリコンゴム板は高温時にもその弾性を失わないから近似的に等分布の接地圧を生ぜしめるのに有効であり、光弾性板は接地圧分布の検定に役立つ。

二軸型光弾性ヒズミ計は外径55mm、内径22mm、厚さ6.0mmの内筒形の薄片である。このヒズミ計を砂中に埋設し、与えられた荷重による砂層内に生ずる応力を凍結法によってヒズミ計内に凍結し、その凍結応力を解析することにより砂中の応力状態を求めた。二軸型光弾性ヒズミ計によれば、これに作用する応力の主応力方向はヒズミ計内の縞模様の特称軸をもって表わされ、主応力の比および大きさを適当な計算により求めることができる。筆者らは、実験で得られた縞模様が、図2のようなヒズミ計外用応力の仮定にもとづく理論的縞模様によく類似することから、この理論的縞模様を考慮させて主応力比および大きさを解析した。なお荷重は増進荷重に対して連続的に応力凍結を行うが、応力凍結法を用いた関係上、実験毎に新しい供試体（初期密度、初期間ゲキ比、荷重履歴）を準備し、その曲線から検討して個々の実験を通じて同一としてよいと判断した）に荷重制御方式で載荷し、ヒズミ計に凍結される応力が異なるよう最終荷重強度を変化させた。

図3は各荷重段階における荷重～載荷板の沈下量関係にもとずき、載荷後2~3分間の傾斜を横軸に、そのときの荷重強度を縦軸にとりて描いたものである。各英は示す通り異なるが、



$\theta = 1$ 前後のところで沈下速度が急に増大し、平均的な見地からみて、地盤内の応力または変形状態にある特徴ある変化が生じていることを示唆している。

図4は荷重強度 q と地盤内各英の最大主応力方向が鉛直となす角 θ との関係を表わす図で、例として図5左上に示す3点について描いてある。同時に参考のために砂層を完全弾性体とした場合のその英の θ の大きさを併記してある。この図によると、荷重板直下の点①においては弾性論あるいはPrandtl-Terzaghi系の理論から予想されるように q に比例なく θ はほぼゼロであるのに対し、点⑥、⑩においては弾性論による方向とは異なり、 $q = 1$ 前後でかなりの変動をみせ、粒子相互間の応力状態が変化して局部的なすべりが生じていることが想像される。

つぎに図5、図6はこれらの点の最大および最小主応力を q に対してプロットしたものである。等分布帯状荷重に対する弾性解によると σ_1 、 σ_3 は q に比例して増加する。これらの図においても全般的に q に対して増加の傾向を示しているが、やはり $q = 1$ 付近でかなり不規則な変動をみせている。これらの関係を見易くするために、例えば点⑥について、各荷重強度に対してMohrの円を描き、これに原点からの接線を引くと図7のようになる。この図をみれば明らかのように、 q が小さい間はこの傾斜角が $20^\circ \sim 30^\circ$ 程度であるのが、 $q = 1$ 程度になると $35^\circ \sim 40^\circ$ 程度を示し、粒子間の摩擦角がほぼ完全にmobilizeされていることが予想される。図8は以上の図をもとにして傾斜角 α を q に対して描いたもので、図7において説明したと同様の内容を示している。この図で点⑩における最大の点が点⑥と比較してやや左に、また点①におけるそれがやや右にずれ、しかもその大きさが点⑩は⑥にほぼ等しく、点①では、主応力および主応力差がかなり大きいにもかかわらず、点⑥と比較して小さい。このことはこれらの点の砂層内の位置に注目すればなるすべることである。

本図は省略してあるが、その他の点についても種々の面白い傾向が認められ、例えば載荷板の端近くの各点では主応力および主応力差は小さくとも、小さな荷重強度に対してすでに限界に近い傾斜角を示し、この付近では塑性領域への移行がきわめて早いという従来のFröhlich系の考えを裏付けている。

以上図4~8はmacroなとらえ方ともいうべき図3の結果を全般的に支持しており、砂層内の応力分布や破壊に関して興味ある結果を示しているものと考ええる。

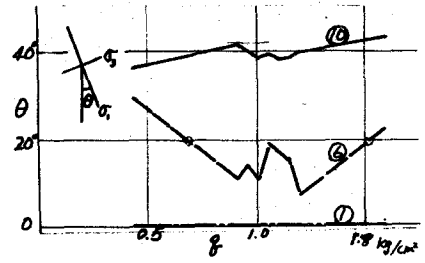


図4

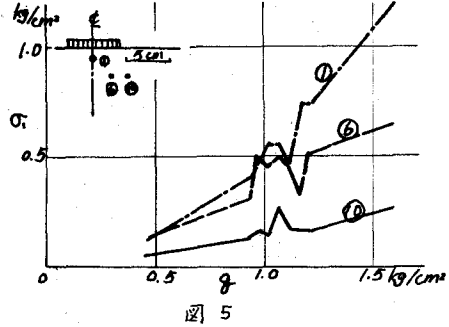


図5

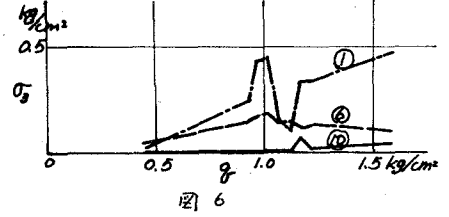


図6

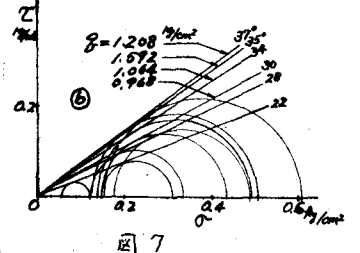


図7

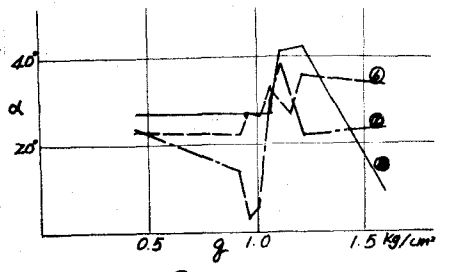


図8