

模型砂地盤内アーチ機構解明のための土圧センサーの検討

日本大学 正会員 重村 智

○日本大学大学院 学生会員 岡嶋 礼男

1. はじめに

斜面など不均一応力場では、破壊は必ず進行的に生じる。また、すべり面上では、破壊の進行に伴い絶えず応力再配分が生ずることになる。また、種々の模型地盤の破壊実験から、すべり面上の土塊の変形に伴い、すべり面付近に圧縮力の卓越領域を形成し、安定上有利になるような応力再配分が生じることが確認されている。この圧縮力の卓越領域はアーチ作用であると考えられているが、地盤内のアーチの形成領域や定量的な効果など、アーチの実態は明らかにされていない。そこで本研究では、模型砂地盤内のアーチ形成の実態解明に先駆け、模型砂地盤内の局所的な応力変化を捉えることを目的に、小型圧力変換器を用いた手法を検討したので報告する。

2. 側方除荷実験における地盤内アーチの役割

図1のように斜面法先から破壊が進行する場合、すべり面上の土塊が下方に変位するのに対して未破壊部の土塊の変位が小さいため、すべり面先端付近に緩みを伴いながら破壊が進行する、すなわちひずみエネルギー解放破壊伝播が生じる (Tokue and Shigemura, 2006)。図2に示す模型砂地盤 (6号珪砂: $\rho_s=2.61\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=1.05$, $e_{\min}=0.63$, $Dr=89\%$, $Uc=1.66$, $Uc'=0.99$) の側方除荷実験は、模型地盤左側面の除荷板を固定した状態で右側面の載荷板により所定の荷重 P を載荷した状態から、載荷板の荷重 P を保った状態で除荷板を左に後退させ除荷することで、ひずみエネルギー解放破壊伝播を再現したものである。除荷により水平土圧が減少するにも関わらず、土要素底部の垂直応力が増加することから、供試体内部に底板を支点とするアーチの形成により外力に抵抗することが示唆された。また、さらに除荷が進むと同要素の底部垂直応力が減少し全体破壊に至ることから、アーチの形成と消滅が破壊の進行

に寄与していることが確認されている (Tokue and Shigemura, 2011)。本研究では、この模型砂地盤の側方除荷実験において、土要素内部の局所的な応力変化を捉えることを目的に土圧センサーの開発を試みた。

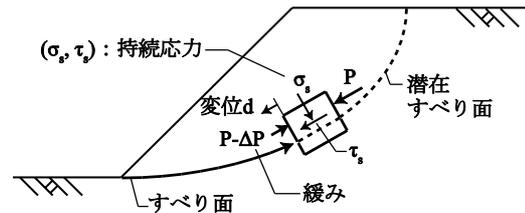


図1 ひずみエネルギー解放破壊伝播

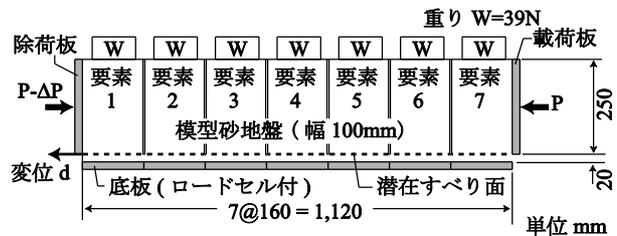


図2 側方除荷実験装置

3. 土圧センサーの検討

3.1 土圧センサーの構造の検討

側方除荷実験に用いる模型地盤は平面ひずみ状態にあるため、地盤の2次元的な変形を妨げないことを考慮し、模型地盤の幅 100mm に対して、土圧センサーは、長さ 98mm の角棒に小型圧力センサーを張り付けた構造とした (写真1)。この角棒を地盤内に等間隔で配置することで地盤の2次元変形を促す。また、載荷時の最大主応力方向は概ね水平方向となっているが、除荷時にはアーチ形成に伴い鉛直方向の応力が卓越することから、模型地盤内の



写真1 角棒型土圧センサー

キーワード：進行性破壊, アーチ作用, 応力再配分

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 tel: 03-3259-0675, E-mail: sigemura@civil.cst.nihon-u.ac.jp

水平、鉛直の2方向の局所的な土圧を同時に測定できるよう、角棒の直交2面に圧力変換器を取り付けた。角棒の材質は比重2.70のジュラルミンで、寸法は6×6×98mmである。圧力変換器の受圧板の直径は6mm、容量50kPaである。

3.2 土圧センサーの検定

土圧センサーを検定方法は以下のとおりである。幅400mm×奥行300mm×深さ300mmの土槽底中央部に乾燥砂を2cm程度堆積させた上に土圧センサーを水平に設置し、その後、0.850mmふるいを用い空中落下法により乾燥砂（側方除荷実験と同一の6号珪砂）を水平に堆積させていき、2cm堆積させる毎に圧力変換器の値を計測した。図3に土被り圧に関する検定結果を示す。

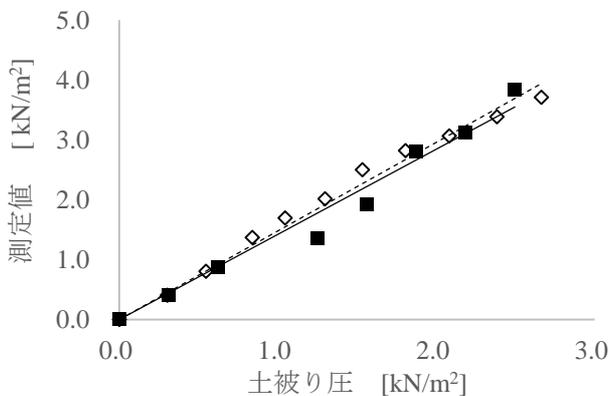


図3 圧力変換器受圧面無加工での検定結果

土圧センサーの測定値と土被り圧の関係は、土被り圧1kN/m²を超えたあたりから、ばらつきが目立つ。また、平均的な相関関係をみると、土圧センサーの測定値が、実際の土被り圧に対して概ね1.42~1.48倍程度大きく示され、砂地盤内の局所的な土圧を正確に捉えられないことが確認された。これは、図4のように圧力変換器の金属膜の受圧板に対して流体を媒体とする場合は、受圧板に一樣に圧力が作用するのに対し、土粒子が接触する場合は、受圧板に対して一樣に力が作用しないことが影響したと考えられる。そこで、土圧センサーの改良を試みた。

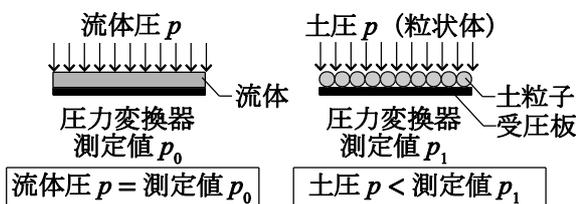


図4 圧力変換器受圧板に接する媒体の影響

3.3 土圧センサーの改良

砂地盤内における局所的な土圧を測定するため、圧力変換器の受圧面に接する媒体を流体にすることを検討した。改良の概念図を図5に示す。

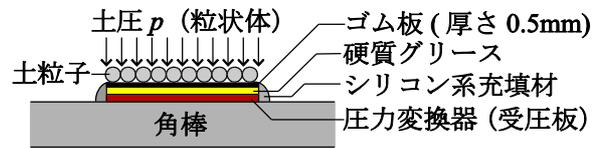


図5 圧力変換器受圧板の改良概念図

受圧板に硬質グリースを薄く塗布した後、直径6mm、厚さ0.5mmのゴム板を重ね、グリースが漏れないよう側面をシリコン系充填材で固める改良を行った。この改良により、土粒子がゴム板を押す圧力をグリースの油圧として圧力変換器に作用させることができる。図6に改良後の検定結果を示す。土圧センサーの測定値と土被り圧がほぼ1:1の線形の関係を示しており、砂地盤内でも局所的な土圧を捉えることができることが確認された。

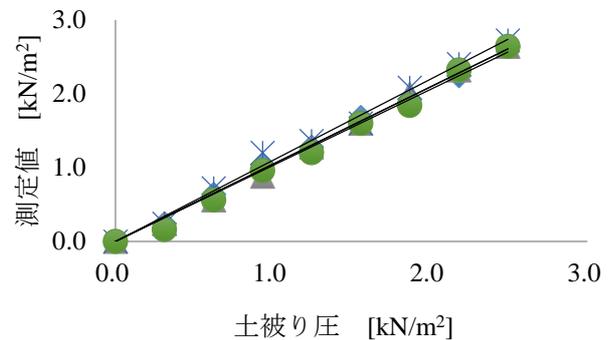


図6 圧力変換器受圧面加工後の検定結果

4. おわりに

圧力変換器の受圧面に硬質グリースを塗付する加工により、載荷過程においては、砂地盤においても局所的に土圧を捉えられる可能性が示唆された。なお、除荷過程における同センサーの有効性は引き続き検討が必要である。

<参考文献>

T.Tokue, S.Shigemura and H.Sai : Role of Arch Action in Progressive Failure of the Ground ; Proceedings of the 14th Asia Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, CD-ROM, Paper No.205, 2011.
T.Tokue and S.Shigemura : Types of progressive failures by external force condition and their failure mechanism ; Proceedings of the GeoShanghai Conference, ASCE, pp.98-104, 2006.