

±(2-4)%以内であったことから、土の V_{wet} と θ_w の関係は、センサーの器差や個人誤差等の影響は無視でき、当該三次回帰式で表されることがわかる。また、透水性の良い砂質土である山砂と保水性の良い火山灰質粘性土である関東ロームを同一出力電圧で比較すると、関東ロームは山砂よりも θ_w が高くなっていることがわかる。以上より、この図から V_{wet} のみで対象土の θ_w を簡便に精度よく求めることが可能であり、ADR 法の信頼性はかなり高いといえる。

(2) 模型土槽による浸透漏水試験

Figure 3 に、山砂を用いた模型土槽表面の陥没過程における浸透漏水試験の経過時間 t と θ_w^* の関係を示し、Figure 4 に、経過時間 t と土槽表面の陥没状況の関係を示す。なお、陥没状況は土中ひずみで表した。ここでは、各センサーに大きな変動が見られた経過時間 2500 分以降のデータを表示する。また、経過時間 2650 分付近で給水速度が急激に上がった（急速給水）が、これは、模型土槽への給水ホース内に溜まっていた気泡が一気に抜けたためと思われる。

Figure 3 より、 θ_w^* の変化を比較すると、センサー No. 1, 2 が本来ならばありえないほど大きな値を検出している。これは、2つのセンサーのロッド周辺に局所的に空洞が発生し、そこに水のみが存在していたためと考えられる。また、排水を開始して、この2つのセンサーの θ_w^* が大きく低下した後に地表面に陥没が発生していることから、センサー付近の空洞を支えていた水が排水されたことにより、空洞を支えきれなくなった結果、地盤土が沈下し、陥没が発生したと考えられる。

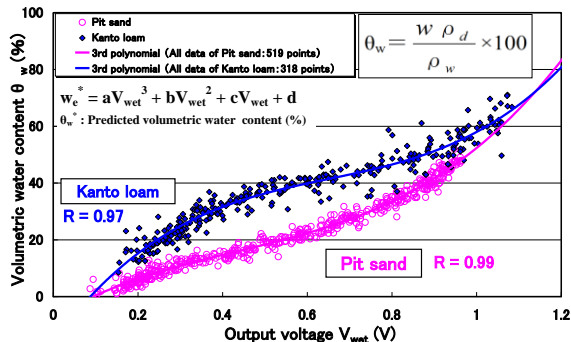


Figure 2. Relationship between output voltage and volumetric water content (Pit sand and Kanto loam)

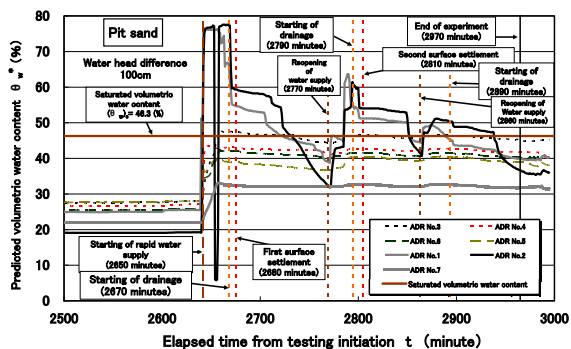


Figure 3. Relationship between elapsed time and predicted volumetric water content in soil box test (Pit sand)

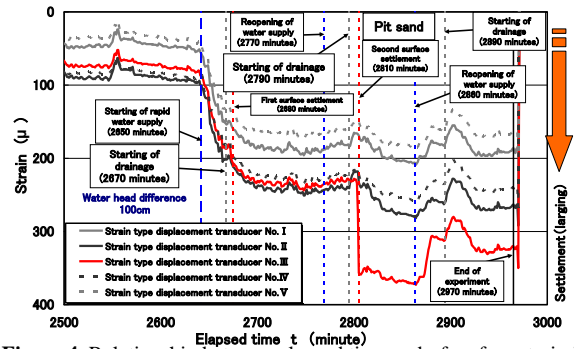


Figure 4. Relationship between elapsed time and of surface strain in soil box (Pit sand)

Figure 4 より、各ひずみ式変位計の値をみると、土槽内の地盤は水が浸透していくにつれて、全体的に沈下が発生していることがわかる。これは、水が浸透したことにより地盤が水締めされたためと思われる。経過時間 2680 分で1回目の表面陥没を確認したが、ひずみ式変位計に大きな反応は見られない。その原因は、当該表面陥没がひずみ式変位計の設置範囲外であったためである。さらに、模型土槽表面中央に設置したひずみ式変位計 No. III が大きな値を示し、その中央から外側へ離れるにつれ、その値が小さくなっていることが確認され、漏水箇所に近い地点ほど陥没の変化が大きいことがわかる。漏水した水の浸透が地表面まで達した時には水が噴出したこと、それと共に噴出口周辺が盛り上がったことが試験中観測された（経過時間 2810 分に、2 回目の表面陥没）。これは、給水を止め排水したことにより管開口部からの水圧が無くなり、発生した空洞が地盤の自重を支えきれなくなった結果、地盤が崩落し、地表面に陥没が発生したと考えられる。

4. 結論

- ① 表面陥没の要因は、既往の研究で判明している管内への土砂流出だけでなく、本研究のように埋設管内の水が漏水した結果、地盤が水締めされ全体的に沈下すること、ならびに、漏水圧力と浸透水圧により土中に発生した空洞が拡大・進展すること、そして給水・排水サイクルによって発生すると考えられる。
- ② 模型土槽での浸透漏水試験から、著者らの提案する ADR-MT 法によって水が浸透していく過程をリアルタイムでモニタリングできることがわかった。また、ひずみ式変位計を用いることで土槽内の地盤の含水量一サクション挙動に対する当該レスポンスの裏付けがプロファイリングされた。

引用・参考文献

- [1] 下辺悟・金子翔：ADR-MT 法を用いた降雨によるモデル斜面崩壊実験および実斜面における水分移動のプロファイリング，平成 24 年度第 57 回地盤工学シンポジウム論文集，pp.117-120，2012。
- [2] 桑野怜子・堀井俊孝・山内慶太・小橋秀俊：老朽下水管損傷部からの土砂流出に伴う地盤内空洞・ゆるみ形成過程に関する検討，地盤工学ジャーナル，Vol. 5，No. 2，pp.349-361，2010。