

繰返し載荷模型土槽試験による加圧脱水浄水汚泥の埋戻し材としての沈下量と土圧の評価

茨城大学大学院 学生会員 ○磯秀幸

茨城大学 正会員 小峯秀雄 村上哲

電力中央研究所 正会員 渡邊保貴

1. はじめに

水道事業の水処理過程で排出される浄水汚泥は、水道事業内における水道管埋設工事の埋戻し材としての有効利用が検討されている¹⁾。本研究では、加圧脱水処理された浄水汚泥（以後、加圧脱水浄水汚泥と記述）を用いて交通荷重を模擬した繰返し載荷模型土槽試験を実施し、以下の2点を検討した。第一に、交通荷重による沈下特性から既往の研究の室内CBR試験による品質管理の妥当性を評価した。第二に、埋戻し材として埋設管に作用する外力、すなわち交通荷重および埋戻し材による土圧を調査し、加圧脱水浄水汚泥の土圧軽減効果を評価した。

2. 使用した試料

本研究で使用した加圧脱水浄水汚泥は茨城県日立市森山浄水場から排出されたものであり、原水は久慈川からの取水である。比較対象として、茨城県日立市で一般的に管路の埋戻しに使用される山砂を用いた。表-1にそれぞれの物理的・化学的性質を示す。加圧脱水浄水汚泥の土粒子の密度は 2.445g/cm^3 であり、山砂($\rho_s=2.704\text{g/cm}^3$)と比較して小さく、比較的軽量な材料である。

3. 交通荷重を模擬した繰返し載荷模型土槽試験の概要

図-1に交通荷重を模擬した繰返し載荷模型土槽試験装置の概要を示す。繰返し載荷圧は1t程度の普通自動車によるタイヤの接地圧を想定²⁾として98kPa、載荷周波数は0.1Hzとし、繰返し載荷は沈下量が一定値に収束するまで行った。路盤・路床の締固めはハンドバイブレータを用い、一層あたり30mm、計13層とした。一層ごとに水準器により水平を確認した後、端面をドライバーで乱し、引き続き試料を投入し締固め、これを13回繰り返して土槽の作製を行った。上記を繰り返す過程で、路盤からそれぞれ60mm、120mm、260mmの深さに土圧計を敷設し、段階的に供試体を作製した。路盤材料には碎石7号を用い、表層・基層として荷重板を設置した。荷重板の重さおよび接地面積は、室内CBR試験に用いられる荷重板と同様に 0.33g/cm^2 の応力が加わるよう決定した。載荷装置は制御盤と連結しており、荷重計の計測値から応力を制御することにより繰返し載荷を加えた。そして、変位計により沈下量を測定した。なお、荷重計の最大容量は20kN、最小出力は0.003kNである。土圧計の最大容量は上部から500kPa、200kPa、100kPa、最小出力はそれぞれ0.7711kPa、0.2837kPa、0.08170kPaである。表-2に供試体の初期条件を示す。浄水汚泥は排出時に高含水比を呈し、脱水過程と加水過程で締固めおよびCBR特性が異なることが報告されている¹⁾。本研究では、乾燥過程の使用が現実的であると判断し、加圧脱水浄水汚泥を自然含水比から徐々に空気乾燥させながら含水比を調整した。山砂は、最適含水比8.8%を目標に含水比調整を行った。加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土は、質量比1:1とした。

表-1 加圧脱水浄水汚泥と山砂の物理的・化学的性質

試料	加圧脱水 浄水汚泥	山砂
排出時期	2010年10月	—
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.445	2.704
強熱減量 $L_t(\%)$	19.3	2.4

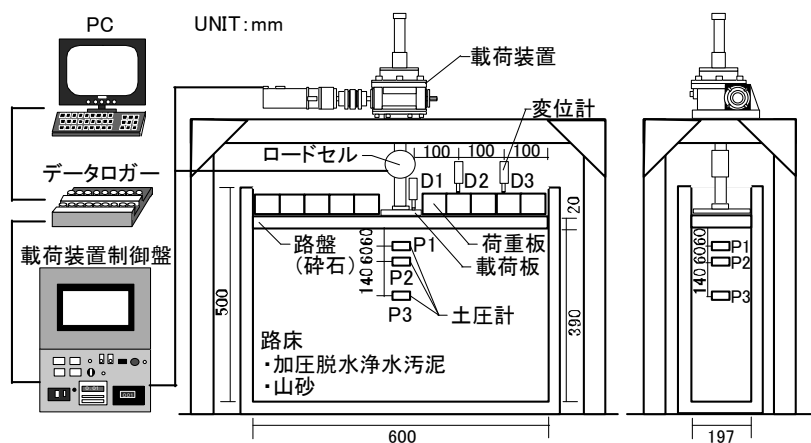


図-1 交通荷重を模擬した繰返し載荷模型土槽試験装置の概要

キーワード 廃棄物 浄水汚泥 模型試験 土圧

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL 0294-38-5163

4. 加圧脱水浄水汚泥の沈下量と土圧の評価

図-2 に繰返し载荷による沈下量と载荷回数
の関係を示す。図中に示した CBR は、文献³⁾
の室内 CBR 試験の結果より求めた各含水比に
対応するものである。加圧脱水浄水汚泥の含水
比が低く、砂質土と混合するほど、繰返し载荷
による沈下量は小さくなっている。CBR が大き
いほど繰返し载荷による沈下量は小さく、CBR
と繰返し载荷による沈下量には相関性がみられ

た。したがって、沈下量の絶対値が実際に生じるものではない
が、室内 CBR 試験による加圧脱水浄水汚泥の品質管理が繰返し
荷重に対する沈下傾向の評価としても有用といえる。図-3 に
98kPa 载荷時における鉛直土圧と载荷回数の関係を示す。加圧脱
水浄水汚泥、山砂および両者の混合土の鉛直土圧は、载荷回数
により顕著な変動はみられない。さらに、深度が大きいほど各
試料における鉛直土圧の差異は小さくなる。図-4 に路床締固め
後における深さと鉛直土圧の関係を示す。加圧脱水浄水汚泥お
よび山砂との混合土は山砂と比較し、各含水比において鉛直土
圧が小さくなった。これは、表-1 より加圧脱水浄水汚泥は山砂
と比較して土粒子の密度が小さいことに起因すると考えられる。
管路の埋設深さは 0.6m 以上である⁴⁾ことから、上記の結果より、
加圧脱水浄水汚泥は山砂と比較し、交通荷重により埋設管に加
わる鉛直土圧は同等である。しかしながら、加圧脱水浄水汚泥
は埋戻し材として管路に作用する静止土圧が軽減され、含水比
が高いほど土圧軽減効果は大きくなるといえる。

5. 結論

加圧脱水浄水汚泥を用いて模型土槽試験を実施した結果、以下
の知見が得られた。

- ① 室内CBR試験による加圧脱水浄水汚泥の品質管理は繰返し荷
重に対する沈下傾向の評価としても有用である。
- ② 埋戻し材として加圧脱水浄水汚泥を用いた場合、管路に作用
する土圧は、山砂と比較し、交通荷重による土圧は同等であ
るが、埋戻し材による静止土圧が軽減される。

【参考文献】

- 1) 渡邊保貴，小峯秀雄，安原一哉，村上哲，豊田和弘：環境経
済効果に着目した浄水汚泥と砂質土の混合利用，土木学会論文
集 C，Vol. 66，No. 4，pp. 788-799，2010. 2) 秋山政敬：輪荷重
と接地圧，接地半径の関係，土木学会論文報告集第 243 号，
pp.81-90，1975. 3) 磯秀幸，小峯秀雄，村上哲，渡邊保貴：加圧
脱水浄水汚泥の排出時期を考慮した路床材としての品質管理方
法の提案，第 47 回地盤工学研究発表会講演集(CD-ROM)，2012.
- 4) 建設省道政発第 32 号-4 資料編，pp.70-75，1999.

表-2 供試体の初期条件

Case	試料	含水比 w(%)	混合土の 含水比 w(%)	締固め度 Dr(%)	乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$
Case1	加圧脱水 浄水汚泥	43.1	—	90	0.752
Case2		109.5	—	90	0.533
Case3	加圧脱水浄水 汚泥+山砂 (質量比 1:1)	42.4	26.4	90	1.211
Case4		109.5	46.1	90	1.137
Case5	山砂	8.9	—	90	1.804

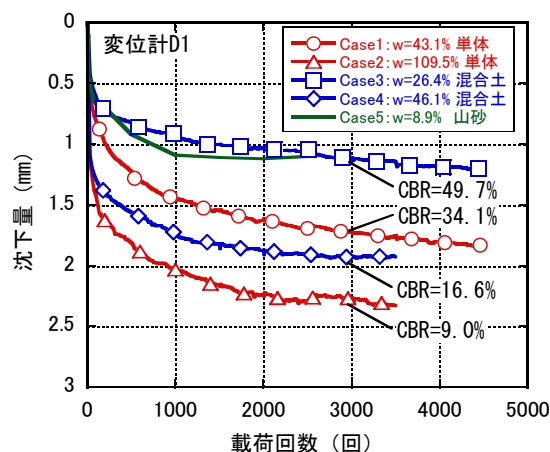


図-2 繰返し载荷による沈下量と载荷回数

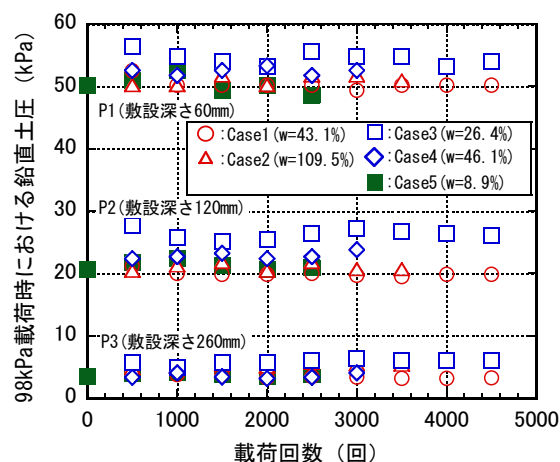


図-3 98kPa 载荷時における鉛直土圧と载荷回数

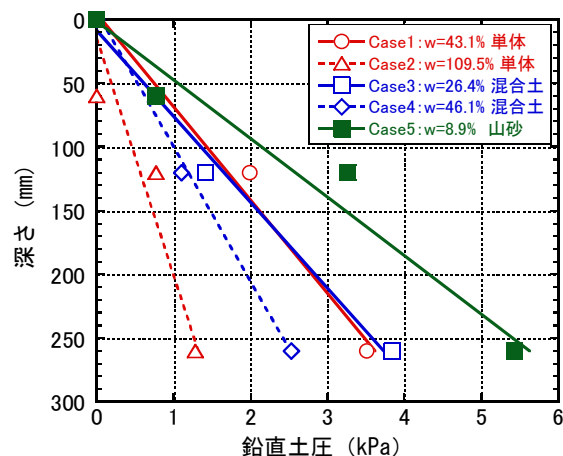


図-4 路床締固め後における深さと鉛直土圧