

室内 CBR 試験および試験施工に基づく砂質土と混合した浄水汚泥の路床材としての評価

茨城大学 学生会員 ○磯秀幸 渡邊保貴  
 茨城大学 正会員 小峯秀雄 村上哲  
 茨城県日立市企業局 非会員 豊田和弘

1. はじめに

水道事業の水処理過程では汚泥(以下、浄水汚泥と記述する)が排出される。現在、産業廃棄物に分類されている浄水汚泥は、最終廃棄物処分場の残余容量の逼迫から有効利用が望まれ、道路の路盤・路床材への利用が期待されている<sup>1)</sup>。一方で、浄水汚泥は排出量が少量であることから、一般の土質材料との混合利用について検討することが重要である。そこで本研究では、浄水汚泥と山砂の混合土を用いて室内 CBR 試験を実施し、混合率に応じた CBR 特性を明らかにした。さらに、浄水汚泥を路床材として用いた試験施工を実施し、20ヶ月間にわたり定期的に路面沈下量を測定することにより、室内試験の結果を実規模で検証した。

2. 浄水汚泥を用いた室内 CBR 試験および試験施工の概要

図-1 に浄水汚泥と山砂の粒径加積曲線を示す。浄水汚泥は含水比の低下に伴い団粒が強固になり、粒度分布が砂質土に近づく特徴がある。山砂は平均粒径 0.850mm の砂質土である。浄水汚泥と山砂の混合土を用いて、室内 CBR 試験(JIS A 1211:2009)<sup>2)</sup>を実施した。混合土は、脱水過程における複数の含水比の浄水汚泥と、最適含水比  $9 \pm 0.2\%$  の山砂を混合して作製した。供試体は突固めによる土の締固め試験における E 法により作製した。浄水汚泥の排出時の含水比は約 180%であり、脱水過程において路床材として用いることが現実的であるため脱水過程の浄水汚泥を用いた。混合土に対する浄水汚泥の混合率は、湿潤質量で 30%、50%、70%、100%とした。

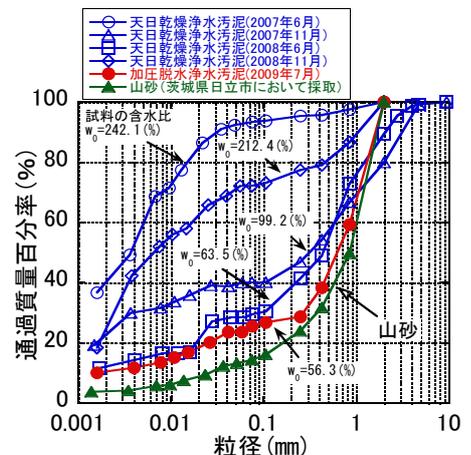


図-1 浄水汚泥と山砂の粒径加積曲線

茨城県日立市森山浄水場の敷地内の道路において、水道管理設工事を想定した試験施工を実施した。図-2 に試験施工区間の概要を、図-3 に試験施工区間 A~E の断面構造を示す。路床材として用いたのは、(A)山砂、(B)天日乾燥浄水汚泥、(C)加圧脱水浄水汚泥、(D)天日乾燥浄水汚泥と山砂の混合土、(E)加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土の 5 種類であり、

いずれも  $CBR \geq 10\%$ <sup>1)</sup>を満す。各浄水汚泥と山砂の混合土は、現場において体積比 1:1 で混合したものである。表-1 に各試験施工区間に路床材として用いた試料の地盤工学的性質を示す。上記の試験施工区間において、既往の研究<sup>3)</sup>におけるトータルステーションを用いた路面沈下量の測定を 20ヶ月間にわたり実施した。

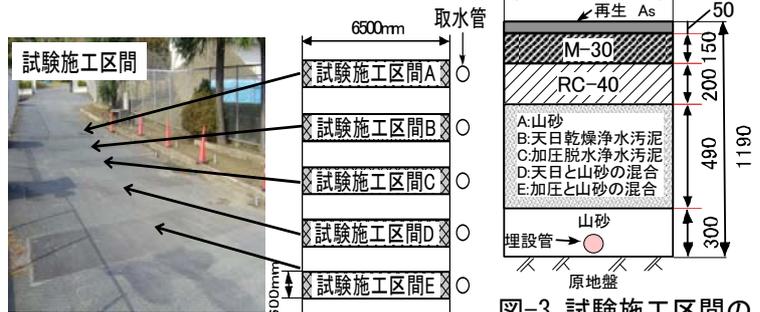


図-2 試験施工の概要

図-3 試験施工区間の断面構造

表-1 各試験施工区間に路床材として用いた試料の地盤工学的性質<sup>3)</sup>

| 試験施工区間名<br>(試料名)                     | A<br>山砂 | B<br>天日乾燥浄水汚泥 | C<br>加圧脱水浄水汚泥 | D<br>天日乾燥浄水汚泥+山砂 | E<br>加圧脱水浄水汚泥+山砂 |
|--------------------------------------|---------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| 含水比 w (%)                            | 7.6     | 34.8          | 62.9          | 24.5             | 19.0             |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.704   | 2.536         | 2.450         | 2.666            | 2.654            |
| 強熱減量 $L_i$ (%)                       | 2.4     | 18.6          | 26.1          | 7.0              | 7.2              |
| コーン指数 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )     | 5874    | 6449          | 8993          | 4787             | 7070             |
| CBR (%) 【92回/3層】                     | 35.7    | 38.1          | 55.3          | 20.6             | 45.6             |

キーワード 廃棄物 浄水汚泥 混合利用 CBR 試験施工

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

3. 砂質土と混合した浄水汚泥の CBR 特性および試験施工における路面沈下量モニタリングの結果

図-4 に加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土の締固め曲線を示す。加圧脱水浄水汚泥は含水比の低下に伴い乾燥密度が増加し、山砂と混合した場合においても同様の傾向が認められた。また、加圧脱水浄水汚泥の混合率が小さいほど乾燥密度は大きく、含水比の低下に伴う乾燥密度の変化の割合は混合率に依らず概ね等しくなった。図-5 に加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土の室内 CBR 特性を示す。山砂に加圧脱水浄水汚泥を混合した場合、加圧脱水浄水汚泥の含水比が約 110%においては CBR に大きな差異は認められず、含水比約 110%以下では、加圧脱水浄水汚泥の混合率が小さいほど乾燥に伴う CBR の増加が顕著であった。図-6 に加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土の室内 CBR 特性に関するメカニズム図を示す。加圧脱水浄水汚泥の含水比が約 110%以上の場合、浄水汚泥は間隙水を多く含むために浄水汚泥の土粒子は移動しやすく、山砂が浄水汚泥の団粒に入り込み、荷重を支えるだけの骨格を形成することができないため、浄水汚泥単体と同様の CBR を示したと推察される。一方で、加圧脱水浄水汚泥の含水比が約 110%以下の場合、含水比の低下に伴い浄水汚泥の団粒が強固になり、浄水汚泥と山砂により強固な骨格が形成されるために CBR が増加した。すなわち、浄水汚泥は含水比の低下に伴い、一般的な砂質土と同様の乾燥密度に依存した CBR 特性が得られると推察される。

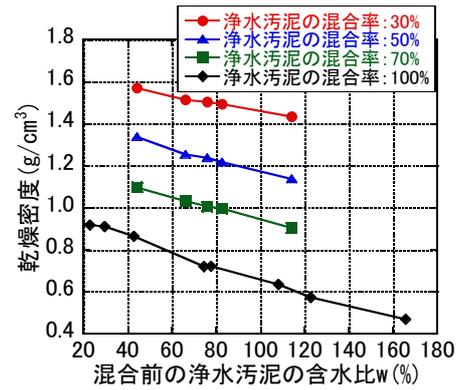


図-4 加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土の締固め曲線

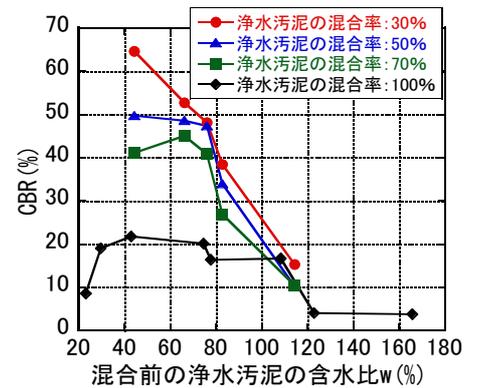


図-5 加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土の室内 CBR 特性

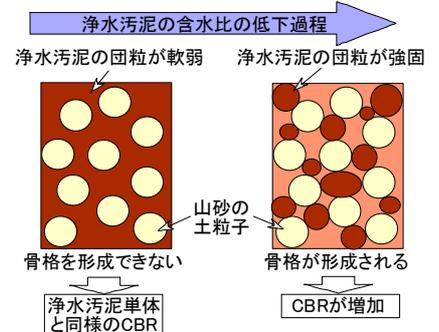


図-6 加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土の室内 CBR 特性に関するメカニズム図

図-7 に試験施工における路面沈下量の最大値を示す。各施工区間における山砂との最大沈下量の差は最大 3mm であり、各浄水汚泥および各浄水汚泥と山砂との混合土は路床材としての十分な支持力を得られることが実証された。ここで、古河ら<sup>1)</sup>は、浄水汚泥の品質基準を CBR ≥ 10% に設定している。本研究においてもこの値を基準として、表-1 より路床材に用いた各試料の含水比は、CBR ≥ 10% を満足するように調整した。したがって、浄水汚泥を単体もしくは山砂と混合して利用する場合には、室内 CBR ≥ 10% を満たすことが重要であるといえる。図-5 より路床材の基準値である CBR ≥ 10% を満足するためには、加圧脱水浄水汚泥を約 20% ~ 110% の含水比まで乾燥させる必要がある。加圧脱水浄水汚泥を山砂と混合して路床材に用いる場合においても、混合前に浄水汚泥の含水比を 110% 以下まで乾燥させることが重要である。

4. 結論

路床材の基準値である CBR ≥ 10% を満足するためには、加圧脱水浄水汚泥を約 20% ~ 110% の含水比まで乾燥させる必要がある。加圧脱水浄水汚泥を山砂と混合して路床材に用いる場合においても、混合前に加圧脱水浄水汚泥の含水比を 110% 以下まで乾燥させることが重要である。さらに、加圧脱水浄水汚泥と山砂の混合土は浄水汚泥の混合率が低下するほど CBR が大きくなることがわかった。

<参考文献>

1) 古河幸雄, 曾津大三, 藤田龍之: 浄水汚泥の地盤材料への利用に関する研究, 土木学会論文集 C Vol.46 No.1, pp.67-78, 2006. 2) 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, pp.578-591, 2004. 3) 蛭田俊明, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 渡邊保貴, 磯秀幸, 豊田和弘: 舗装試験施工の路面沈下量測定による浄水汚泥の路床材としての評価, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演集(CD-ROM), 2010.

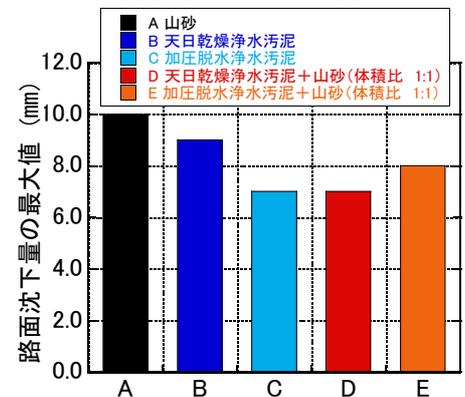


図-7 試験施工における路面沈下量の最大値