

浄水汚泥の道路構成材料への利用における力学的特性

茨城大学 学生会員 ○ベジェヒョン

茨城大学 正会員 小峯秀雄 安原一哉 村上哲

日立市 非会員 鹿志村清勝 豊田和弘

1 はじめに

現在、水道事業の水処理過程で発生する浄水汚泥は、事業活動に伴って生じた廃棄物であるため『廃棄物の処理及び清掃に関する法律』に規定する産業廃棄物に該当する。したがって、法律に沿った処分が必要となり、埋め立て処分や有効利用などにより対応することになる。最近の産業廃棄物最終処分場の確保が困難になってきている現状を考慮し、また、環境保全の重要性が指摘されていることから、環境対策として産業廃棄物の発生抑制と減量化・再資源化に向けた積極的な取り組みが求められている¹⁾。浄水汚泥は埋め立て処分よりも、有効利用を図ることはますます重要になってくる。現時点における有効利用法が農地利用、栽培土としての利用が中心であり、これら以外の利用、たとえば土木材料としての利用の促進が今後の課題といえる²⁾。



写真－1 2006年10月の森山浄水汚泥(日立市)

2 研究の目的

日立市の森山浄水場で現在搬出された汚泥は、セメントの原料として利用しているが、外部に委託しているため、処分費用がかかる。よって、経済的に負担が少ない有効利用方法が必要とされている。本研究の目的は浄水場で発生する浄水汚泥を道路の路盤、路床材場合の土木材料として利用するために浄水汚泥の工学的性質を調べ、有効利用の可能性を実験により検討をすることである。2006年10月に採取した森山浄水場の汚泥を写真－1に示す。

表－1 季節による含水比と密度の変化

	6月	10月
初期含水比(%)	257.4	293.1
土粒子の密度(g/cm ³)	2.54	2.36

※年度：2006年

3 季節による含水比と土粒子の密度の変化

2006年6月に浄水場で採取した浄水汚泥と2006年10月に採取した浄水汚泥は含水比と土粒子の密度が異なっている。結果は表－1に示す。まず、2006年10月に浄水汚泥を採取する直前に雨が降り、あるいは季節的な変化が原因がなったと予想される。

4 試験方法の違いによる締固め特性の差異について

2006年6月に採取した浄水汚泥のE-b法(乾燥法・非繰り返し法)による締固め試験結果を図－1に示している。本締固め試験は自動締固め機で直径15cm、高さ12.5cmのモールドを用いて1層92回・ランマー4.5kgを用いて1個の供試体に総3層

THERE IS TO USE AS THE MAIN ROAD COMPOSITION MATERIAL MACHANICS QUALITY OF DRINKING WATER SLUDGE

JaeHyoungh, Bae.(Ibaraki University), Komine, H.(Ibaraki University), Yasuhara, K.(Ibaraki University)
Murakami, S.(Ibaraki University), Kashimura, K.(Hitachi City), Toyoda, K.(Hitachi City)

で各々22%，28%，34%，41%，47%，55%の含水比を調整して総6個の供試体を作製して試験を行った³⁾。その結果で，最大乾燥密度 1.142 g/cm^3 ，最適含水比34%を求めた。

今回，一軸圧縮試験をするための締固め試験を行った。

2006年6月の試料を用いた試験と同じ含水比で総5個の供試体を作製して試験を行った。試験試料は，2006年10月に採取した浄水汚泥を用いた。試験方法は，自動締固め機を利用せず，直径5cm，高さ10cmのモールドを用いて透水試験用突き棒を用いて手で直接突固め作業を行った。突固め回数は2006年6月と同じ92回をした。試験結果は図-2に示している。2006年6月と違って最大乾燥密度 1.156 g/cm^3 ，最適含水比は41%を求めた。しかし，2006年6月に求めた34%の含水比状態の乾燥密度 1.142 g/cm^3 と今回求めた34%の含水比状態の乾燥密度は 1.140 g/cm^3 で結果の差は小さい。全体的で乾燥密度は $1.000\sim 1.156\text{ g/cm}^3$ の間に入っている。結果の比較は表-2に示す。

5 一軸圧縮試験

本試験は，自立する供試体に対して拘束圧が作用しない状態で圧縮する試験であり，その最大圧縮応力を一軸圧縮強さという⁴⁾。

5.1 一軸圧縮試験の供試体作製方法

2006年6月に採取した浄水汚泥の締固め試験で出た最適含水比を中心に関東ロームも含まれて総4個の供試体を作製して2006年10月に成形作業を行った。浄水汚泥を成形するとき，地盤工学会基準『安定処理土の静的締固めによる供試体作成方法』に準じて直径5cm，高さ10cmの供試体作製した。しかし，供試体中に小さな固まりがあるので供試体の側面と上部・下部の断面をきれいに成形するのが関東ロームと違って難しい。

成形作業を行った浄水汚泥の供試体に生じた上部と下部の穴は石膏で塗って平面になるように作業をして，側面の穴は成形が行ってから残った浄水汚泥で満たした。

しかし，2006年10月に上の方法を用いて試験を行ったが，浄水汚泥の供試体に穴とか上部・下部が平面不一致などが供試体の強度低下に影響を及ぼすと予想され，2006年11月に行った供試体作製は違う方法を用いた。

まず，2006年11月には上のように供試体を成形したこ

表-2 締固め試験の結果比較

含水比	自動締固め機 (乾燥密度)	突き棒 (乾燥密度)
22%	1.121	1.002
28%	1.132	1.035
34%	1.142	1.140
41%	1.098	1.156
47%	1.065	1.109
55%	1.022	—

※ 乾燥密度単位： g/cm^3

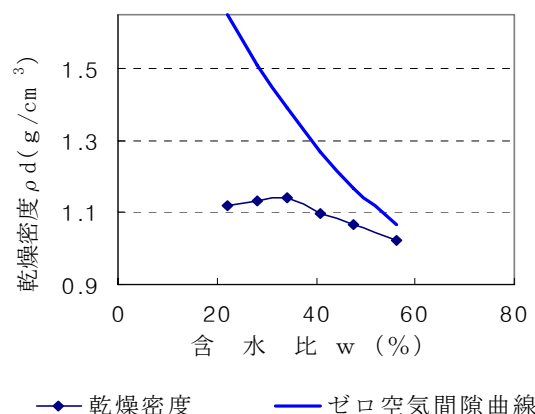


図-1 E-b法による乾燥密度-含水比曲線
(2006年6月に採取した汚泥を自動締固め機で用いる)

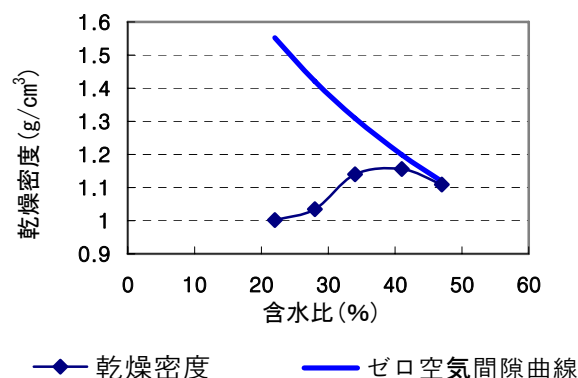


図-2 E-b法による乾燥密度-含水比曲線
(2006年10月に採取した汚泥を直接手で突固め作業を行う)

と違って成形作業をしないで，モールドの直径5cm・高さ10cmを用いて締固め試験と同じ方法で突固め作業を行った。突固め作業が終わってからモールドの中にある供試体を押し出して一軸圧縮試験を行った。2006年10月に作製した供試体と違って穴・上部・下部の平面不一致などが発見されなかった。



<10月に作製した供試体><11月に作製した供試体>

＊年度：2006年

写真－2 一軸圧縮試験の供試体比較

5.2 一軸圧縮試験結果の比較

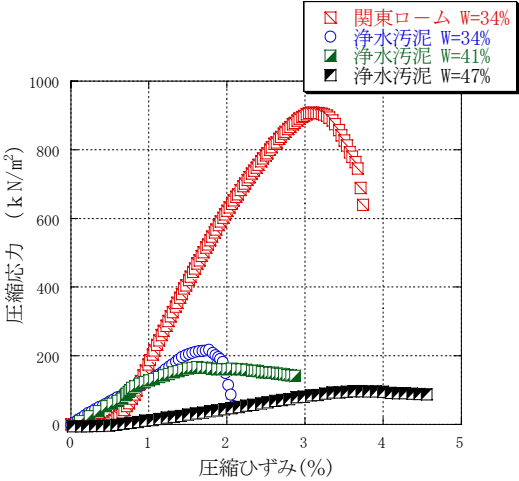
一軸圧縮試験方法では、まずひずみ速度を0.1mm/min設定して供試体一軸圧縮試験機の下部加圧板中央に置き、供試体に圧縮力が加わらないように上部加圧板を密着させて供試体の圧縮量と圧縮力を測定した。

2006年10月に予備試験で行った一軸圧縮試験は2006年6月に締固め試験で出た浄水汚泥の最適含水比34%と他の含水比41%、47%の状態の浄水汚泥を用いて供試体を作製した。また、浄水汚泥の最適含水比と比較するために、含水比34%の関東ロームを準備して1個の供試体を作製した。

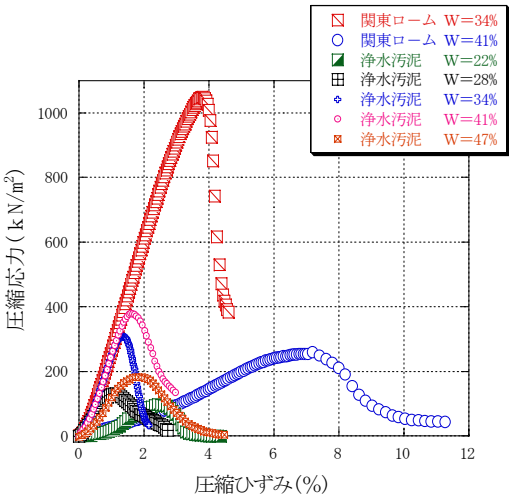
予備試験の結果は表－3と図－3に示したように締固め試験で出た最適含水比34%の浄水汚泥と比較するために作製した関東ローム34%の最大圧縮応力の差が大きい。

このような結果は、関東ロームの供試体中は固まりがなく土の間隙が浄水汚泥より小さいが、逆に浄水汚泥の供試体中は固まりが多くて土の間隙が大きいことが原因と予想される。なお、圧縮初期に図－3のような下に凸になる原因は供試体上端面と上加圧板との密着が不十分である、あるいは供試体端面に凸凹があることが原因である予想される。圧縮初期に変曲点が生じたので変曲点以降の直線部分を延長し、横軸との交点をひずみの修正原点として破壊ひずみを調整した。

2006年11月に本試験で行った一軸圧縮試験は、上で説明したとおりに2006年10月の供試体作製方法と違う法で行った。一軸圧縮試験の試料は2006年6月に自動締固機を用いて求めた浄水汚泥の最適含水比34%、他の含水比22%、28%、41%、47%の5個と浄水汚泥の最適含水比に対応する関東ローム34%と図－1と違う最適含水比の結果が出た図－2の最適含水比41%の関東ロームを準備して試



図－3 圧縮応力－圧縮ひずみ曲線(2006年10月予備試験)



図－4 圧縮応力－圧縮ひずみ曲線(2006年11月本試験)

表－3 2006年10月の予備一軸圧縮試験結果

含水比(w)	最大圧縮応力	破壊ひずみ	変形係数
関東ローム34%	911.7	2.52*	28.57
浄水汚泥 34%	223.4	1.77*	13.70
浄水汚泥 41%	172.7	1.48*	12.20
浄水汚泥 47%	104.7	3.65*	2.58

□単位：最大圧縮応力(KN/m²), 破壊ひずみ (%), 変形係数 (MN/m²)
＊：原点補正後の破壊ひずみ

表－4 2006年11月の一軸圧縮試験結果

含水比(w)	最大圧縮応力	破壊ひずみ	変形係数
関東ローム34%	1050.3	3.54*	29.52
関東ローム41%	269.8	7.15	3.54
浄水汚泥 22%	98.1	2.45	3.32
浄水汚泥 28%	133.9	1.12*	13.47
浄水汚泥 34%	311.3	1.18*	21.80
浄水汚泥 41%	382.1	1.42*	22.66
浄水汚泥 47%	186.7	1.58*	10.68

□単位：最大圧縮応力(KN/m²), 破壊ひずみ (%), 変形係数 (MN/m²)
＊：原点補正後の破壊ひずみ

験を行った。

本試験の結果は、表－4と図－4に示している。2006年10月の予備試験と比較して浄水汚泥と関東ロームの一軸圧縮強度がもっと上がるのをわかることになった。しかし、2006年10月の予備試験と同じで浄水汚泥は関東ロームより一軸圧縮強度が低いことを確認することになった。

一軸圧縮試験が終わってからの供試体の破壊状況を写真－3に示す。各々含水比によって破壊の現状が違っている。

浄水汚泥は、一軸圧縮強度が低い現状を示しているが、道路の路盤・路床材として判断するのはまだ難しい。これからCBR試験を行ってからの結果で道路の路盤・路床材として評価するのが望ましい。

<参考・引用文献>

- 1) 古河辛雄，曾律大三，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.62，No.1，pp. 67～78，2006.
- 2) 富田平四郎：改良した浄水汚泥の力学的特性，土と基礎（ISSN 00413798），pp.29～32，2001.3.
- 3) 地盤工学会：土質試験の方法と解説『突固めによる締固め試験』，pp.201～214,1990.
- 4) 地盤工学会：土質試験の方法と解説『どの一軸圧縮試験』，pp.320～330,1990.



＜浄水汚泥22%＞

＜浄水汚泥28%＞



＜浄水汚泥34%＞

＜浄水汚泥41%＞



＜浄水汚泥47%＞



＜関東ローム34%＞

＜関東ローム41%＞

＜※ %は含水比を示す＞

写真－3 供試体破壊状況