

産業廃棄物で構成された地盤構造物の地震時安定検討

九州工業大学大学院 学生会員 ○中村 祥平

九州工業大学大学院 正会員 永瀬 英生 廣岡 明彦

九州工業大学工学部 学生会員 太田 勇希

1. はじめに

我が国の産業廃棄物排出量は、高度経済成長期以降の近代産業の飛躍的な発展と共に増大している。また、発生した産業廃棄物は、その多くが最終処分場での埋立て処分となるため、その受け口となる最終処分場の残余容量および残余年数の延命化は、極めて重要な課題である。各処分場でも残余容量の増加を目的とした対策技術を提案・実施し、延命化を図っている。延命化の方法としては、廃棄物による盛土造成を行う「嵩上げ」などが挙げられる。

そこで本研究では、廃棄物処分場において計画される容量増加を目的とした盛土構造物とその下部に広がる埋立地盤の安定検討を行うことを目的とし、昨年度求められた産業廃棄物の液状化強度と液状化後の変形特性の試験結果¹⁾を用いて盛土構造物および埋立地盤の地震時残留変形解析を行った。

2. 試料および実験方法

本研究では、福岡県内の廃棄物処分場にて埋立処理される酸洗い中和汚泥（以下、汚泥とする）と、転炉鉍滓（以下、鉍滓とする）を試料として用いた。また、それぞれの試料を細粒分含有率 F_c が 30%, 60% になるように混合した試料、現地でのボーリングによって採取された浚渫埋立土の不攪乱試料を用いた。各試料の物理的性質を表-1 に、粒径加積曲線を図-1 にそれぞれ示す。また、試験は繰返し中空ねじりせん断試験装置を用いて行った。繰返し载荷は、非排水状態で 0.1Hz の正弦波荷重を用い、一定の繰返し応力比にて行った。また、繰返し回数が 20 回で、 $DA=7.5\%$ のときのせん断応力比を R_{20} ($F_L=1.0$) とし、それより大きい応力比 ($F_L \leq 1.0$)、小さい応力比 ($F_L > 1.0$) でそれぞれ 20 回载荷し、その後非排水状態を保ったまま静的単調载荷を行うことで、 F_L の値に応じたせん断剛性の低下の度合いを求めた。静的単調载荷は必ずみ制御で行い、载荷速度は $\dot{\gamma}=10\%/min$ とした。

3. 液状化後の変形特性

静的単調载荷のみを行ったときの $\dot{\gamma}=0.1\%$ の割線勾配を初期せん断剛性 G_0 、繰返し载荷後の剛性が回復する点

表-1 物理的性質

試料名	液性 限界 $w_L(\%)$	塑性 限界 $w_p(\%)$	塑性 指数 I_p	土粒子 密度 $\gamma_s(g/cm^3)$	細粒分 含有率 $F_c(\%)$
汚泥	209.0	109.1	99.9	3.525	83.7
$F_c=60\%$ 調整試料	80.6	62.8	17.8	3.120	60.0
$F_c=30\%$ 調整試料	61.0	53.5	7.5	3.091	30.0
鉍滓				2.913	9.7
浚渫埋立土				2.709	9.8

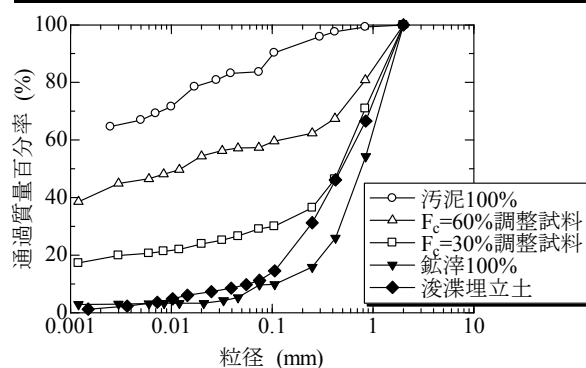
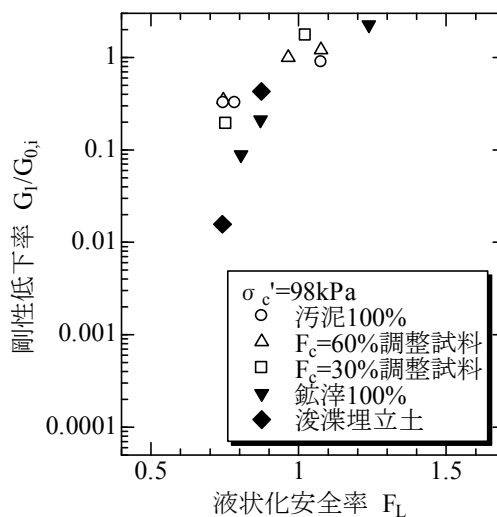


図-1 粒径加積曲線

図-2 $G_1/G_{0,i} \sim F_L$ 関係

までの勾配をせん断剛性 G_1 と定義する²⁾と、図-2 に示すように、汚泥、汚泥と鉍滓の混合試料および鉍滓の場合のせん断剛性低下率 G_1/G_0 は $1/2 \sim 1/10$ 程度であり、浚渫埋立土では $1/2 \sim 1/100$ 程度まで剛性が低下していることが見て取れる。

4. レベル 2 地震動による遮水壁への影響

上記した最終処分場において、埋立地盤上に高さ 30m の盛土を造成した場合を想定し、地震によって護岸の腹付け土砂部（浚渫埋立土）が剛性低下した場合の遮水壁

に与える影響を検討した。検討対象は、処分場西側護岸付近にある遮水壁とした。

本解析では、地震前・後における2回の静的有限要素解析の間に剛性低下を求めるための動的解析を行い、液状化に伴う地盤の流動量を算出している。

4.1. 解析条件

「港湾の施設の技術上の規準」によると、廃棄物埋立護岸では、「変動作用及び永続作用に対して、廃棄物が海域に流出しない必要があるのに加えて、レベル2地震動の作用により、廃棄物が海域に流出しないような構造を有することが望ましい。」とされている。技術基準対象施設を設置する地点において発生するものと想定される地震動のうち、最大規模の強さを有するものとして、地震波は、北九州モデル（小倉東断層帯を震源）を想定して北九州港に及ぼす影響が最も大きくなる条件に設定した。基盤における最大加速度は300.29galであり、波形を図-3に、使用した地盤モデル図を図-4に示す。

4.2. 解析結果

図-5に解析により得られた F_L 分布を示す。これは、図-4に示す赤線で囲んだ拡大図となっている。これより、液状化層のほとんどで $F_L \leq 1.0$ となっており、検討対象とした処分場西側護岸付近にある遮水壁周辺の浚渫土全体で液状化が起これと考えられる。また、盛土の法尻部では、 $F_L \leq 0.2$ 程度と液状化の程度が激しくなっている。遮水壁周辺で $F_L \geq 2.0$ となっているのは、遮水壁の剛性が極めて高く、その剛性に支配されるように浚渫土の変形が抑えられたためと考えられる。

また、図-6に解析により得られた変形図を示す。図-6を見ると、剛性が低下したことによって盛土側の地盤が遮水壁のほうに流れている様子が見られ、地表面に地盤が盛り上がっている様子も確認できた。また、遮水壁の水平変位は地表面で13.90cm変位しており、これは遮水壁の高さの約0.8%水平に変位したことになる。

今回の解析では、検討対象は処分場西側護岸付近にある遮水壁としているが、これは破壊に至っておらず、遮水壁の水平変位は大きな値にはなっていない。しかし、地震動によって液状化した地盤内に設置されている遮水壁が破壊することも考えられる。遮水壁が破壊し、その周辺地盤が剛性低下した場合、遮水壁の水平変位はさらに大きくなると考えられるので、遮水能力が低下する恐れがあると推察される。同様に、液状化対象層を浚渫土部分のみではなく、地下水位以下の全てに拡大すると、

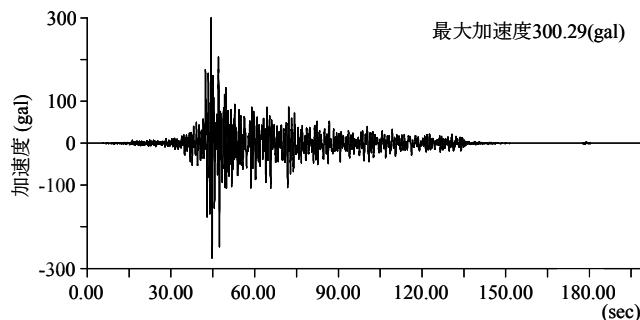


図-3 入力地震波

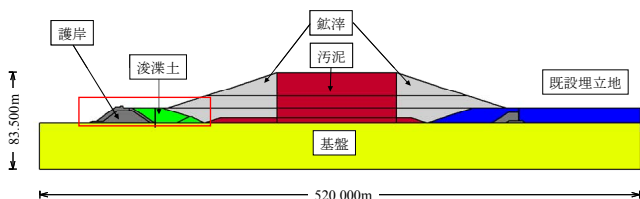


図-4 地盤モデル図（全体図）

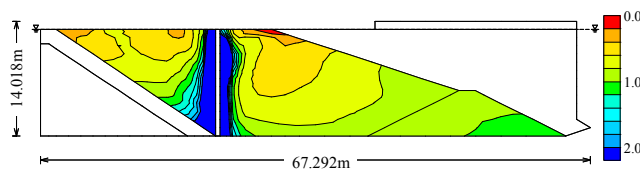


図-5 F_L 分布（拡大図）

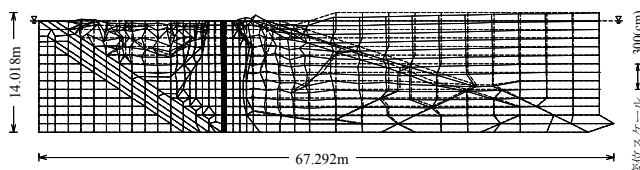


図-6 変形図（拡大図）

遮水壁に更なる変形が生じると考えられる。

5. まとめ

本研究では、産業廃棄物で構成された盛土および埋立地盤の地震時安定性を検討するため、有限要素法を用いて残留変形解析を行った。その結果、地震による剛性低下によって浚渫土の F_L 値が1.0を下回ると、遮水壁に14cm程度の変形が生じると予測された。

ただし、震動中に遮水壁が破壊し、その周辺地盤が剛性低下した場合、遮水壁に更なる変形が生じ、遮水能力が低下する恐れがあると推察される。

<参考文献>

- 1) 門前亨・永瀬英生・廣岡明彦・赤瀬大志：産業廃棄物同士を混合した試料の液状化強度および液状化後の変形特性，土木学会西部支部研究発表会講演概要集Ⅲ-39，p409-410，2008
- 2) 安田進・吉田望・安達健司・規矩大義・五瀬伸吾・増田民夫：液状化に伴う流動の簡易評価法，土木学会論文 No.638/3-49，p71-89，1999