

発泡スチロール減容リサイクル材を活用した地下構造物に作用する鉛直土圧の軽減効果に関する研究

九州大学工学部 学○中村 浩介

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之

九州大学大学院 正 山田 正太郎 正 中島 通夫

1. はじめに

廃棄物の大量排出とその処理が社会問題となっている中、身近な廃棄物の1つである発泡スチロール(EPS)に着目する。廃棄EPSの処理は、減容化後その殆どが中国への輸出に頼っている現状にあり、国内での用途開発が望まれている。また、高盛土下の構造物天端に圧縮性の高い材料(圧縮材)を敷設することによって天端に作用する鉛直土圧を軽減する工法が知られている。その代表的な工法として、板状のEPSを用いるものがあるが、排水施設の設置やストックヤードの確保などの問題点が指摘されている。

本研究では、廃棄EPSを熱溶融固化した後破砕した粒状材料(HCCE材)の透水性と圧縮性の良さに着目して、土槽模型実験を行い、HCCE材の圧縮性を活用した土圧軽減材料としての有効性を検討する。また、土槽模型実験での圧縮材の圧縮量の測定結果と一次元圧縮試験の結果を利用して圧縮材と盛土材の圧縮量と土圧軽減効果の関係について考察する。

2. 圧縮性がもたらす土圧軽減のメカニズム

圧縮材敷設による土圧軽減のメカニズムの直感的な理解を図-1に示す。図-1(a)のように、構造物を設置した状態で盛土を構築すると、構造物上の土よりその両側の土の方が大きく沈下する(突出型)。それに伴い構造物上の土塊にはそれ自体の自重の他に、側面に下向きのせん断応力が作用して構造物天端には土被り圧以上の力がかかることになる。一方、圧縮材を図-1(b)のように敷設すると、構造物上の土がその両側よりも沈下し(溝型)、構造物上の土塊にはその自重の他に、側面に上向きのせん断応力が作用する。そのため、天端に作用する土圧は土被り圧よりも小さくなると考えられる。

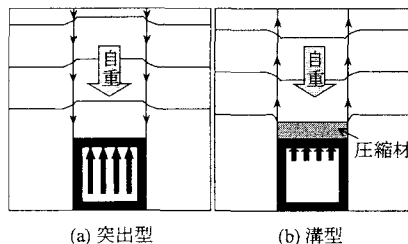


図-1 構造物上の土に作用する力のつり合い

3. 実験概要

3-1. 土槽模型実験概要

実験装置概要図を図-2に示す。鋼鉄製の模型構造物を土槽底板中央部に設置した。構造物天端に圧縮材を敷設し、乾燥状態の豊浦砂を空中落下させて、底板から90cmまで盛土を作製した後、エアシリンダーにより150kPaまで段階的に载荷して、構造物天端に作用する鉛直土圧と圧縮材の沈下量を測定した。圧縮材は粒径2mm以下のHCCE材とEPS〔密度 12kg/m^3 (D12)、 20kg/m^3 (D20)、 30kg/m^3 (D30)〕を使用し、高さ・幅10cmとした。HCCE材は周辺の豊浦砂が混入しないようラバーメンブレンで作製した袋に詰めて敷設した。

土圧測定時には図-3(a)のように土圧計を設置した模型構造物を用いた。圧縮量測定時には図-3(b)のような穴を開けた構造物を用い、EPSにも穴を開けて、その穴を通して薄い鉄板を付けた棒を模型構造物の下で変位計に接続することによって、地盤中のEPSに生じる圧縮量を連続的に測定した。

3-2. 一軸圧縮試験概要

試験は標準圧密試験機を用いて行い、土槽模型実験での载荷応力範囲の圧縮特性を詳しく把握するため、196.2kPaまで9.8kPaづつ20段階に分けて载荷した。試料は盛土材(豊浦砂)、圧縮材(粒径2mm以下のHCCE材、D12、D20、D30)を用意し、豊浦砂とHCCE材の相対密度は土槽模型実験と同じ約40%、85%とした。

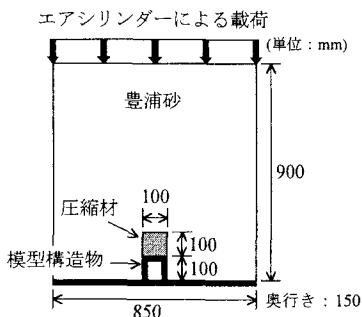


図-2 土槽模型実験装置概要図

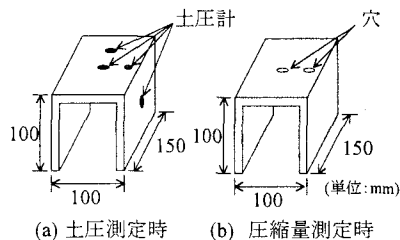


図-3 模型構造物

4. 実験結果と考察

4-1. 土圧軽減効果

図-4 に圧縮材を敷設しない場合、HCCE 材、および D20 を敷設した場合の構造物天端中央部に作用する鉛直土圧 σ_v' の変化を示す。圧縮材を敷設しない場合の土圧は理論土被り圧(1:1 ライン)を早い段階から超えるのに対し、HCCE 材、D20 を敷設した場合は最終的に 1:1 ラインを下回っており、鉛直土圧の軽減効果が確認できた。ここで D20 の場合を見ると、载荷応力が小さい時の土圧が圧縮材なしの場合より大きくなっている。一方、HCCE 材の場合は σ_v が小さい段階から 1:1 ラインより低い値をとっており、 σ_v の大きさに関係なく土圧軽減効果が表れている。

4-2. 圧縮量と土圧軽減効果について

図-6 に圧縮材の圧縮量 ΔV_1 および裏込め部の沈下量 ΔV_2 と载荷応力 σ_v の関係を示す。圧縮材を敷設しない場合の圧縮材部分にある豊浦砂と HCCE 材、および裏込め部分の沈下量は一次元圧縮試験の結果から求めた。HCCE 材の場合は σ_v が小さい時から裏込め部の沈下量を上回っており、豊浦砂の場合は裏込め部の沈下量を超えていない。EPS の圧縮量は σ_v が小さい時、裏込め部より小さく、 σ_v が増加するに従って大きくなり、ある σ_v に達すると裏込め部の沈下量を上回っている。図-7 は横軸に EPS の圧縮量と裏込め部の沈下量が同値となった時の载荷応力、縦軸に天端に作用する鉛直土圧が理論土被り圧と同値となった時の载荷応力をとっている。図からわかるように、これらの時の载荷応力はほぼ一致している。また、図-8 に各圧縮材の圧縮量 ΔV_1 を裏込め部の沈下量 ΔV_2 で除した値と鉛直土圧係数 α の関係を示す。ここで鉛直土圧係数 α は天端に作用する土圧 σ_v' を载荷応力 σ_v で除した値である。 $\Delta V_1/\Delta V_2$ が 1 より小さい時は図-1(a)と同様の「突出型」、1 より大きい時は図-1(b)と同様の「溝型」になっていると考えられる。図を見ると、 $\Delta V_1/\Delta V_2$ が 1 より小さい時(突出型時)は α が 1 より大きく、土圧は軽減されておらず、1 より大きい時(溝型時)には α は 1 より小さくなり、土圧が軽減されていることがわかる。いくつかの材料で $\Delta V_1/\Delta V_2$ が小さい時に鉛直土圧係数が相対的に小さい値をとるのは、それらが盛土初期段階のものであるために圧縮材の軽さが鉛直土圧に大きく影響したと考えられる。

5. おわりに

本研究の結論として以下の 2 点が挙げられる。

- ・ EPS を地下構造物の土圧軽減材として用いた場合、载荷応力によっては理論土被り圧を超える場合がある。これに対し、HCCE 材は载荷応力によらず理論土被り圧より低い値をとることを示した。
- ・ 圧縮材敷設による鉛直土圧軽減効果は圧縮材部分の圧縮量と裏込め部分の沈下量に密接な関係があることが確認できた。

【参考文献】 佐藤ら：高盛土下の剛性カルバートに作用する鉛直土圧の軽減工法について、土と基礎、pp.3-7、1981.12 真田ら：発泡スチロール減容リサイクル材の地盤工学的有効利用に関する研究—地下構造物の埋め戻し土としての有効性について—、平成 14 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.A-296-A-297、2003

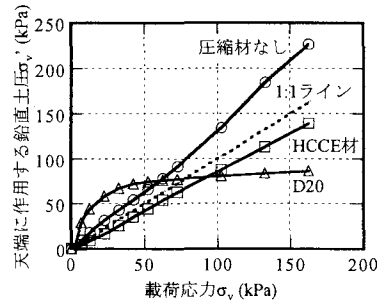


図-4 土圧軽減効果

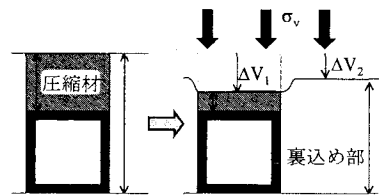


図-5 ΔV について

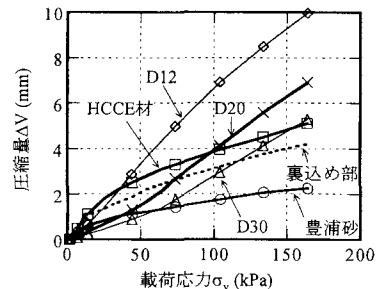


図-6 沈下量

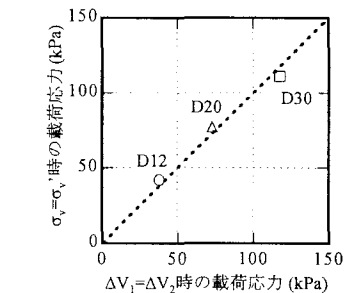


図-7 ΔV と σ_v' の関係

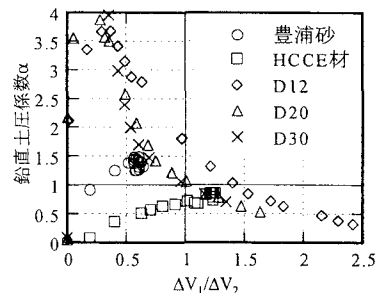


図-8 沈下量と土圧軽減効果の関係