

立命館大学理工学部 学生員○塩谷 壮史 立命館大学理工学部 正会員 深川 良一
立命館大学大学院 学生員 寺尾 庸孝 立命館大学大学院 学生員 山口 直也
京都大学地球環境学大学院 正会員 勝見 武

1. はじめに

わが国では高度に開発が進んでおり、道路、鉄道、空港、宅地などが軟弱地盤あるいは急傾斜地などに造成されることが避けられなくなっている。このような地盤上に構造物を安全に築造する方法としては、従来は地盤改良による強度改善が中心であったが、近年、地盤材料を軽量化することにより軟弱地盤上の載荷重を軽減する“軽量盛土工法”が様々な機関で研究され広く利用されるようになってきた¹⁾。また、人間の社会活動や産業活動の結果として排出される廃棄物や発生土の処理は深刻で、基礎地盤や土構造物などの地盤材料として再利用されることが強く要請されている。以上のような背景から、本研究では、廃棄物のリサイクルかつ軽量盛土への適用という 2 つの利点より軽量化材料に廃棄硬質ポリウレタンフォーム（Polyurethane Foam、以下 PUF と称する）を使用し、一軸圧縮試験、フロー試験を行い、PUF の軽量混合処理土への適用性を検討した。なお PUF は主に断熱材として使用され、あるメーカーでは年間 1000 t 以上も廃棄物として排出されている。

表-1 カオリンの物理特性

2. 試験概要

2.1 試料 本試験では、原料土としてカオリン、固化材として早強ポルトランドセメント

密度 (t/m^3)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)	塑性指数 I_p (%)
2.56	31.4	16.5	14.9

（比重 3.16）、軽量化材として PUF、EPS ビーズを用いた。PUF の密度は 0.026、0.030、0.045、0.094 t/m^3 の 4 種類、形状は 10mm 角の立方体、5mm 角の立方体にカットしたもの、熊手などで適当に破碎したもの（以下それぞれ PUF10、PUF5、破碎 PUF と称する）の 3 種類を用い、EPS ビーズには、密度 0.040 t/m^3 で球体のものを用いた。また、カオリンの物理特性を表-1 に示す。

2.2 供試体作製方法 まず、目標湿潤密度を 1.1 t/m^3 と定め、水セメント比、原料土含水比を変化させ、配合表を作成する。次に、カオリンの含水比の調整を行い、配合表をもとに、カオリン、水、固化材、軽量化材の質量を計量する。計量したカオリンと水をミキサーで 10 分間混練した後、固化材を投入し更に 5 分間混練し、その中に軽量化材を入れ材料が均一になるまで混ぜる。（フロー試験を行う場合にはここまでで得られた混合土を用いる）出来た混合土を直径 5 cm、高さ 10 cm のモールドに打設する。最後に、供試体の入ったモールドをラップで被覆して温度 20 $\pm$ 3 $^{\circ}\text{C}$ の恒温室内で 7 日間養生し、一軸圧縮試験の供試体とした。

2.3 フロー試験 今回、JHS -A313 のシリンダー法に準じて次のような手順で実験を行った。水平な 40cm 四方の亚克力板の上に置いた内径 8cm、高さ 8cm の鋼製のシリンダーに配合表をもとに作られた混合土（作成方法は 2.2 に従う）を流し込み、円筒表面をならした後、静かにシリンダーを引き上げ、1 分間放置した後、広がった混合土の最大と認められる径と、その直角方向の径を測定し、その平均値をフロー値とし、流動性を評価する。

3. 結果と考察

3.1 一軸圧縮強度 軽量化材の形状、密度、粒径と一軸圧縮強度との関係を図-1、図-2、図-3 に示す。図-1 より、すべての水セメント比において PUF10 の一軸圧縮強度が高くなっていることが確認できる。この要因として、軽量化材の表面性状および形状が関係していると考えられる。いびつで不規則な形状の破碎 PUF を含む供試体は、立方体として整形された PUF10 で構成された供試体に比べて弱面が形成されやすく、また PUF 粒子と基材部の境界面が不規則な分、構造的にも弱かったものと判断される。また、図-2 より球体の EPS

ビーズは立方体の PUF10 よりもやや高い強度を発揮している。このことも上記の判断を支持しているものと考えられる。次に、図-2 より、密度の増加に従い一軸圧縮強度も増加して

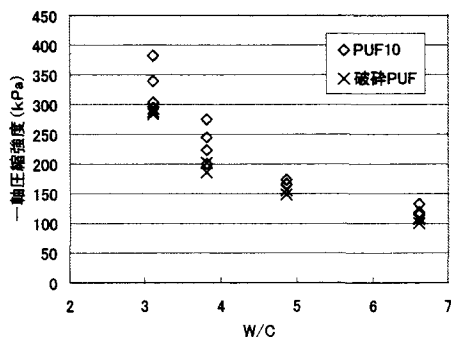


図-1 軽量化材の形状と一軸圧縮強度

いることがわかる。さらに、 0.045t/m^3 から 0.094t/m^3 にかけての一軸圧縮強度の増加率が鈍くなっていることもまた確認できる。この現象は、PUF 粒子表面の気泡痕に由来する表面の凹凸に起因しているものと判断している。つまり、切断される PUF 表面の気泡は密度が高くなるほど少なくなり、その大きさも小さくなる。つまり、密度が高いものほど PUF 表面が滑らかになり、基材部との結合力は小さくなり、強度増加の鈍化につながったのであろう。また、図-3 より、粒径を細かくすることによって一軸圧縮強度が増加したことも、一軸圧縮強度が PUF 表面特性に依存していることを示している。粒径を細かくすることにより、PUF の総表面積が増大し、PUF と他の材料との結びつきが増し、一軸圧縮強度の増加につながったと考えられる。

3.2 フロー値 軽量化材に PUF10, PUF5 をそれぞれ用いて水セメント比、原料土含水比を変化させた場合のフロー値の変化を図-4, 図-5 に示す。図より、軽量化材として PUF10 を使用した場合はフロー値にバラつきが見られるのに対し、PUF5 を使用した場合は原料土含水比、水セメント比の増加に従い、フロー値も増加していることが確認できる。この要因として、PUF10 を使用した場合は、シリンダー内における PUF の配置の違いによって PUF が中央にかたまり、他の材料とともにうまく流れなかったりしたためであると考えられる。つまり、PUF10 より PUF5 の方が施工上望ましい流動性を示すと言える。

4. 結論

1) 水セメント比で評価した場合、表面性状や形状の複雑な破碎 PUF を含む供試体は整形された PUF を含む供試体よりも低い強度を示した。 2) 軽量化材密度で評価した場合、整形した PUF も EPS ビーズとはほぼ同等の強度を示した。 3) 5mm 角で整形された PUF の方が 10mm 角 PUF よりも大きな強度を示した。 4) PUF の粒径が大きすぎると、軽量化材が均一に混合することが困難となり、施工上望ましい流動性を示しにくい。

【参考文献】1) 軽量地盤材料の物性評価に関する研究委員会：委員会報告、軽量地盤材料の開発と適用に関するシンポジウム、pp.3-16, 1999.

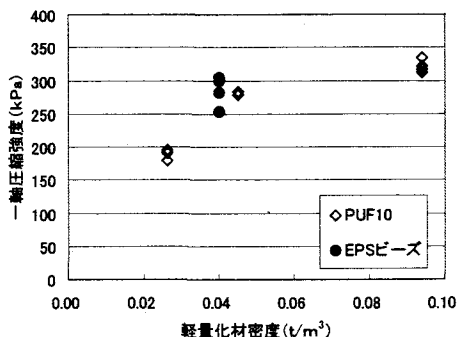


図-2 軽量化材の密度と一軸圧縮強度

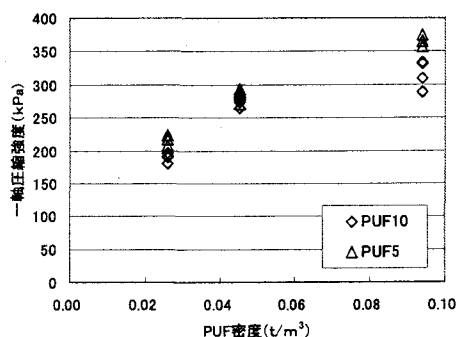


図-3 軽量化材の粒径と一軸圧縮強度

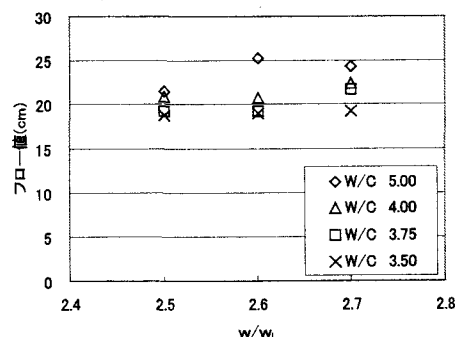


図-4 PUF10 を用いた場合のフロー値

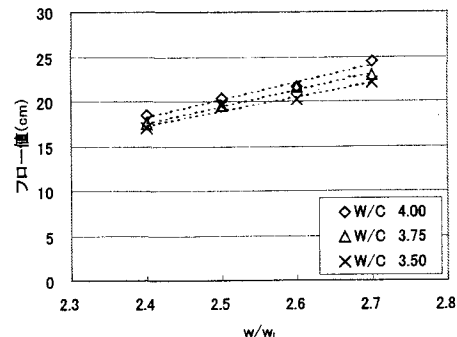


図-5 PUF5 を用いた場合のフロー値