

珪質岩の廃材を母材とした“たたき土”の地盤材料としての力学的評価

石川工業高等専門学校 正会員 ○重松宏明  
 北川ヒューテック株式会社 北村亮祐 山下岳史  
 石川工業高等専門学校 渡辺修身  
 株式会社 ヨシカワ 嘉屋幹雄

1. 緒言

金沢市釣部町では、北陸層群に属する珪質凝灰岩が厚く堆積している。この珪質岩はシリカ(SiO<sub>2</sub>)に富み、かつ軽量・多孔質で、古くからスラグを取り除くための除滓材や濾過材などに多用されてきた。しかし、これらの用途には一定以上の粒径確保が求められているため、製品が完成するまでの工程において、細かい土粒子の多くが廃材として排出されてしまう。そこで本研究では、この廃材を“たたき土”の母材として利用することにした。たたき土は人造石とも呼ばれ、母材となる土に消石灰と苦汁を混ぜ合わせて練り、叩き固めて仕上げたもので、日本古来より家の玄関や土間、塀など、伝統的な左官技術として多用されてきた。しかしながら、その伝統技法は、使用する母材の性質や作業環境(温度、湿度)の違いなどから、左官職人の経験的判断に頼るところが大きい。このため、たたき土の地盤材料としての特性は十分に解明されているとは言えない。たたき土は、コンクリートやセメント安定処理土のような高強度は望めないが、低環境負荷の材料であるため、遊歩道や公園内歩道などへの適用が期待できる。本報告は、珪質岩の廃材を母材とした“たたき土”の強度発現特性を重点的に、地盤材料としての基本的な力学特性を一連の室内実験で検証したものである。

2. 室内実験の概要

たたき土の母材には、「石川ライト」と呼ばれる珪質岩の廃材、および比較検討のための「藤森土」と呼ばれるパウダー状の粘性土の2種類を用いた。両者ともに予め0.425mmふるいで通過させたものを実験試料とした。表-1に各母材の物理・化学特性を示す。両者ともに大半を細粒分が占め、その多くがシルトである。また、石川ライトは液性限界と塑性限界の値が得られなかったことから、非塑性(NP)に分類される。

固化材には工業用消石灰(特号)を、凍結防止剤には苦汁(MgCl<sub>2</sub>・6H<sub>2</sub>Oの結晶体)を用いた。材料の基本配合は、母材65%、消石灰30%、苦汁5%の比率(乾燥質量比)で混ぜ合わせる。加える水の量は、3つの材料を合わせたものに各母材のw<sub>opt</sub>/100を乗じた値とした(表-2参照)。この基本配合は、過去の文献<sup>1)</sup>などを参考にして決定した。

次に、たたき土の一軸圧縮試験用供試体(直径3.5cm、高さ7.0cm)の作製方法について説明する。表-2の配合で混ぜ合わせた土試料を円筒形割型モールドに詰め、所定の乾燥密度(ρ<sub>d0</sub>=1.6, 1.4, 1.2g/cm<sup>3</sup>)になるように静的に締め固めた後、膨張させないように施し、モールド内で24時間放置させる。なお、ρ<sub>d0</sub>=1.4g/cm<sup>3</sup>は石川ライトの最大乾燥密度(=1.402g/cm<sup>3</sup>)に、ρ<sub>d0</sub>=1.6g/cm<sup>3</sup>は藤森土の最大乾燥密度(=1.601g/cm<sup>3</sup>)に相当する(表-1参照)。その後脱型し、乾燥しないように施した上で、インキュベーター内で一定温度(20℃)のもと、所定の期間(2, 6, 13, 27, 55, 111日)湿潤養生させる。ただし、モールド内での24時間放置も養生1日と見なすので、実際の養生日数は3, 7, 14, 28, 56, 112日である。

3. 結果および考察

図-1に石川ライトを母材として作製した供試体の一軸圧縮試験の結果を示す。図より、養生日数の経過に伴って著しい

表-1 母材の物理・化学特性

	石川ライト	藤森土
土粒子の密度ρ <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	2.443	2.689
最大乾燥密度ρ <sub>dmax</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1.402	1.601
最適含水比w <sub>opt</sub> (%)	25.7	22.9
砂分(%)	9.0	12.7
シルト分(%)	74.2	76.9
粘土分(%)	16.8	10.4
液性限界w <sub>L</sub> (%)	—	43.8
塑性限界w <sub>P</sub> (%)	—	21.0
塑性指数I <sub>P</sub>	—	22.8
強熱減量L <sub>I</sub> (%)	6.07	5.86
pH	6.9	3.1

表-2 たたき土(100g当りの)の基本配合

	a 母材(g)	b 消石灰(g)	c 苦汁(g)	水(g)
乾燥質量比	65	30	5	(a+b+c) × w <sub>opt</sub> <sup>*</sup> /100

\*:母材の最適含水比

キーワード たたき土, 珪質岩, 強度, 養生, 乾燥密度

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-8168

強度の増大が見られる。石灰混合による土の強度発現は、吸水作用(土中の吸着水を多量に保持)やイオン交換反応(塑性指数  $I_p$  の低下)のように短期間で効果が表れるものと、ポズラン反応のように中長期間(数ヶ月以上)にわたって効果が表れるものとに分けられる<sup>2)</sup>。図-1を注意深く見てみると、養生28～56日を境にして強度増加の傾向がより顕著に表れていることから、ポズラン反応による硬化が認められる。また、それは供試体が高密度であるほど顕著に表れている。

たたき土の母材が石川ライトの場合と藤森土の場合で、強度発現にどのような違いが生じるのかを調べるために、両者を母材として作製した供試体に対して、一軸圧縮試験を実施した。その結果を図-2に示す。なお、供試体の乾燥密度は、それぞれの母材の最適含水比に等しくなるように設定してある。図より、養生1日から28日においては、藤森土を母材とした場合の方が高い強度発現を示している。しかしながら、56日以降、ポズラン反応の段階に入ると、強度は逆転の傾向を示すようになる。ポズラン反応は、シリカ( $\text{SiO}_2$ )とアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を主成分とするポズランが、消石灰である水酸化カルシウム( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )と時間をかけて反応し、結合能力をもつ化合物を生成する現象である<sup>2)</sup>。したがって、シリカに富み、アルミナも十分に含有する石川ライトは、藤森土に比べて高いポズラン反応性を有していることが理解できる。

たたき土の強度を「乾燥密度」と「養生日数」の2つの指標で予測できるとしたら、実用上非常に有効である。そこで石川ライトを母材とした場合について、試験開始時の乾燥密度  $\rho_d$  と一軸圧縮強度  $q_u$  の関係を求めることにした。図-3に  $\rho_d - q_u$  関係を示す。なお、 $\rho_d$  が供試体作製時(脱型前)の乾燥密度  $\rho_{d0}$  よりも幾分低くなっているのは、脱型後のリバウンドによるものである。図より、 $\rho_d - q_u$  関係をそれぞれの養生日数で対数近似すると、乾燥密度と養生日数から一軸圧縮強度を推定できる。例えば、乾燥密度  $\rho_d = 1.43 \text{g/cm}^3$  のたたき土は、養生56日で  $q_u = 6.5 \text{MN/m}^2$  に達する。

4. 結言

本研究では、石川ライトと呼ばれる珪質岩の廃材を母材とした“たたき土”の強度発現特性を把握するために一連の室内実験を実施した。この結果、石川ライトを母材とした場合では、養生28～56日を境にしてポズラン反応による硬化が認められ、それは供試体が高密度であるほど顕著に表れた。また、石川ライトは、藤森土に比べて高いポズラン反応性を有している。さらに、たたき土の強度を乾燥密度と養生日数の2つの指標で推定できることが可能となった。今後は人造ブロックを作製し、曲げ強度やすべり抵抗、透水性なども調べる。

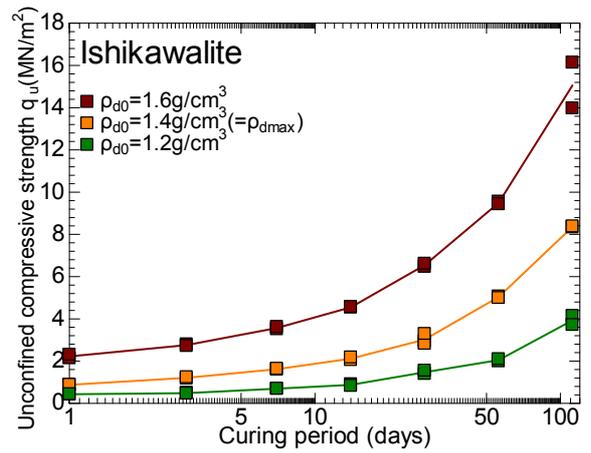


図-1 一軸圧縮強度と養生日数の関係(母材:石川ライト)

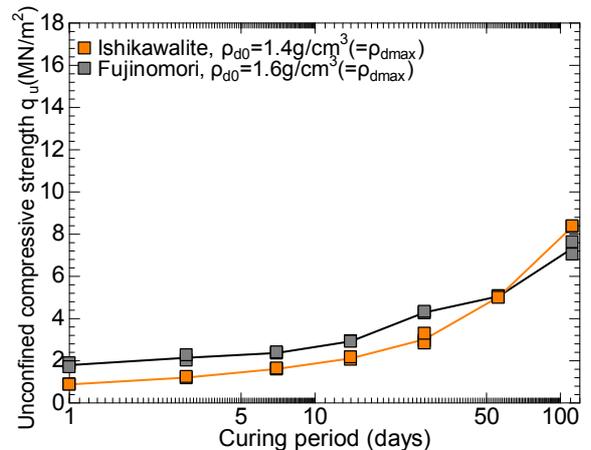


図-2 一軸圧縮強度と養生日数の関係(母材:石川ライト vs 藤森土)

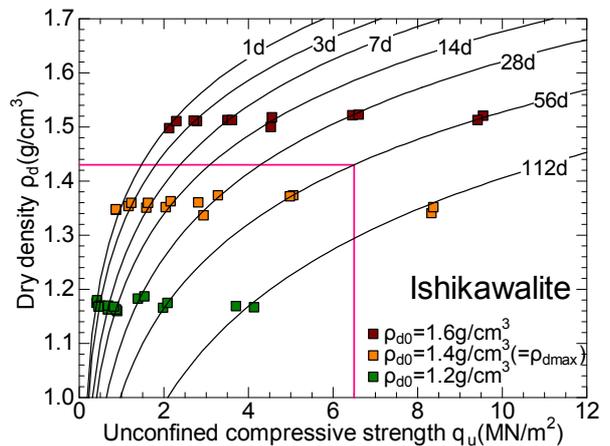


図-3 試験開始時の乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

参考文献 1)山田勝史・岩月洋佑・川崎裕史・飯坂武男:たたき(人造石)に関する基礎的研究,土木学会第57回年次学術講演会講演概要集, pp.401-402, 2002. 2)日本石灰協会石灰安定処理委員会:石灰による路床路盤の安定処理工法, pp.6-41, 1985.