

破碎した牡蠣殻の吸水性および破碎殻混入土の締固め特性に関する一考察

福井工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○ 安藤淳悟
福井工業高等専門学校 正会員 山田幹雄, 奥村充司
石川工業高等専門学校 正会員 佐野博昭
福井工業高等専門学校 坪川 茂, 荒木俊幸

まえがき 昨今の市街化区域の拡大にともなう用地確保難から、産業廃棄物の埋立て処分場や一般廃棄物の最終処分場の不足が深刻度を増している。本研究で取り扱う牡蠣殻（一般廃棄物）も例外ではなく、養殖地内に点在する野積み場の残余容量はいずれも懸念すべき状況にある。牡蠣殻はこれまで原殻のまま暗渠被覆材に用いたり、砕いて養鶏飼料や農耕肥料に利用してきた。しかしながら、これらへの転用だけでは増え続ける殻堆積量に対応することはできず、このため、例えばサンドコンパクションパイルの中詰材¹⁾などのように大量消費が見込まれる建設資材としての活用法を摸索、確立する必要が生じてきた。そこで、著者らは既往の研究を参考にしながら牡蠣殻の礫・砂代替材料への転用の可否を、破碎殻を用いた吸水試験および破碎殻を混入した粘性土の締固め試験を通して検討することにした。

試料の性質および試験方法 試験には、能登半島穴水湾産養殖真牡蠣の殻を使用した。野積み場における原殻の堆積期間は約2年であり、藻の付着や臭気はない。現地で一旦15～10mmの大きさに砕いた薄片状の殻を実験室に搬入し、重錘落下により粒径5mm未満に再破碎した。これを標準網ふるいでふるって粒径4.75～2mm、2～0.85mm、0.85～0.425mmの3種類に区別した。

以後、粒径の大きい方から破碎殻A、B、Cと称する。土質的な粒径区分において破碎殻Aは細礫に、BおよびCは粗砂に該当する。破碎殻の密度およびpHを表-1に、化学成分組成を表-2に示す。破碎殻の吸水性を調べる試験には内径70mm、高さ360mmの亚克力製円筒（底蓋付き）を用い、この中に砂—破碎殻—砂の順にそれぞれ90mmの厚さに詰めた。その際、砂の含水比は22%に調整し、上部および下部砂層の乾燥密度はいずれも1.55g/cm³を目標とした。また、破碎殻層は0%と10%の含水比、設定乾燥密度は0.75～0.85g/cm³とした。3層充填後に上蓋を付けて密封し、温度20℃の恒温室内に最長で7日間静置した。同様に内径70mm、高さ270mmの円筒の中に砂—破碎殻の順に2層状に詰めた供試体も作製した。表-3は、吸水性確認試験に用いた砂の性質を示す。次に、本研究では破碎殻を盛土や路床などの土構造物に適用する場合を想定して、破

碎殻混入土の締固め試験をJIS A 1210、A-a法に準拠して実施した。試料土は石川県鹿島郡中島町西谷内地区の道路拡幅工事現場で採取した土（以後、西谷内土と称する）であり、締固め試験には空気乾燥した西谷内土のうち2mmふるいを

表-1 破碎殻の密度およびpH

破 碎 殻		A	B	C
粒径 (μm)		4750 ～ 2000	2000 ～ 850	850 ～ 425
密度* (g/cm ³)		2.58	2.65	2.65
pH	H ₂ O	8.4	8.1	8.2
	KCl	8.8	8.4	8.4

*JIS A 1202「土粒子の密度試験」に準拠

表-2 破碎殻*の化学成分組成

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
0.20%	0.08%	0.01%	55.6%
MgO	P ₂ O ₅	強熱減量	
0.15%	0.06%	43.8%	

*径15～10mmの薄片

表-3 砂*の密度、粒度組成およびpH

土粒子の密度 (g/cm ³)	粗砂分 (%) [2000～425 μm]	細砂分 (%) [425～75 μm]	pH	
			H ₂ O	KCl
2.69	76.7	23.3	7.4	6.3

*2000 μmふるい通過分を水洗い

表-4 西谷内土の物理的性質および化学成分組成

土粒子の密度 度 (g/cm ³)	粗 砂 分 (%)	細 砂 分 (%)	シルト分 (%)	粘 土 分 (%)	均等係数	曲率係数	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	pH		
									H ₂ O	KCl	
2.59	11.3	18.7	40.0	30.0	30.0	0.58	75.0	38.4	4.8	3.5	
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	強熱減量
50.8%	20.9%	6.69%	1.10%	1.24%	0.89%	0.51%	1.06%	0.14%	0.28%	0.13%	15.5%

通過した部分のみを使用した。表-4 は、西谷内土の物理的性質および化学成分組成をまとめたものである。

吸水性確認試験の結果 所定の日数（1, 3, 7 日）経過後の破碎殻層、砂層の水分量を調べるにあたっては、互層状供試体の上面から 3cm ずつ掘り出して湿潤質量を計測するとともに含水比測定用の試料を採取した。試験結果の 1 例を図-1 に示す。この図は、含水比 10% の破碎殻を砂層の間に挟んで 3 日が経過した時点の供試体各所の水分量を飽和度に換算して表したものである。当初約 13% の飽和度であった破碎殻層は A で 17~21%, B で 30~42%, C で 43~58% に増加している。この点について、乾燥している破碎殻 A, B, C を充填したときも 3 日後の飽和度はそれぞれ 10~26%, 21~40%, 43~52% となり、したがって、これらの結果から破碎殻の初期の乾湿は砂層からの水分移動の難易に関与せず、吸水性は破碎殻の粒径が小さいほど良好であると判断することができる。なお、2 層状供試体では破碎殻層の下部 1/3, すなわち、砂層に接する箇所飽和度が最も高くなり、また、2 層、3 層の区別なく砂層から破碎殻層への水分移動は 3 日間で概ね終了することがわかった。参考までに、破碎殻および砂を円筒に充填したときの乾燥密度に近い条件で透水試験（定水位）を行ったところ、破碎殻 A の透水係数は $1.7 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$, B は $8.1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$, C は $2.3 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$, 砂は $2.4 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ となり、破碎殻 A は砂よりも透水性が約 10 倍大きいという結果が得られた。

締固め試験の結果 試験は西谷内土単体のほか、3 種類の破碎殻を土の乾燥質量に対してそれぞれ 10, 20, 30% 混入した材料の計 10 シリーズを対象に実施した。図-2 は、これらの締固め曲線から求めた最適含水比と最大乾燥密度との関係を示す。西谷内土単体（記号◇）を起点として破碎殻混入量を多くするほど、また、粒径の大きな破碎殻を加えるほど最適含水比は低下し、最大乾燥密度は増加する傾向にあることがわかる。それでも、含水比と乾燥密度の変動幅はおおよそ 5% と 0.1g/cm^3 であることから、破碎殻混入土を土構造物の構成材料として活用する際の密度管理は比較的容易と推察される。

あとがき 穴水湾沿岸の牡蠣養殖地では、年間 3022 トン（1990~97 年の平均値）の殻が発生している。1999 年度まではその大半を圃場整備事業に利用（暗渠被覆材）していたが、事業の完了にともない今後は相当量の殻が野積み場に堆積することになる。今回の試験から粗砂程度まで細かくした殻は吸水効果が大いことが明らかとなり、これは地下水位が地表面下 0.5~1m に位置する当地の地盤余剰水分の除去に破碎殻を活用できる可能性の高いことを示すものと判断される。そして、このことを堆積殻の減量化ならびに地盤の安定強化にまで進展するためには原殻を焼成して生石灰を、あるいは、生石灰を水和して消石灰を製造し、礫・砂代替材料としての破碎殻と併せて軟弱土に添加・混合する方策を講じる必要があると考えられる。

謝 辞 本稿に示した実験は『能登地域未利用資源活用指導事業』の一環として行ったものであり、試料（牡蠣殻、土）をご提供いただいた七尾西湾漁業協同組合ならびに石川県中島町役場、試料の分析にご協力をいただいた石川県工業試験場、さらに、結果の整理や評価にあたり貴重なご助言を頂戴した北川ヒューテック（株）技術研究所、真柄建設（株）技術研究所および佐藤道路（株）北陸支店の関係各位に厚く御礼申しあげる。

参考文献 1) 西塚 登：SCP 工法におけるカキ殻の活用事業 ―生まれ変わるカキ殻―、土木技術、第 50 巻、第 2 号、pp.59-63, 1995.2.

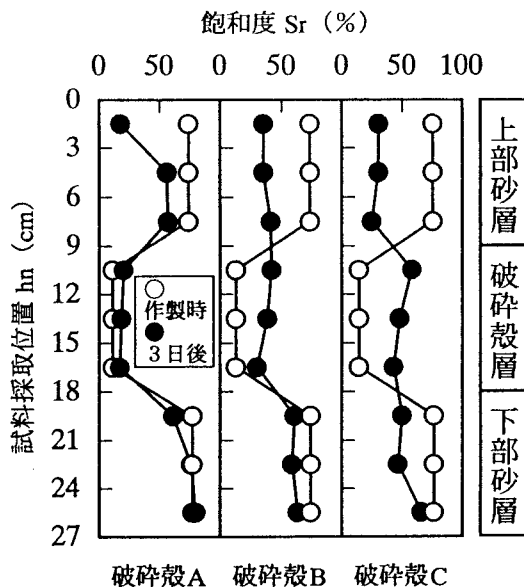


図-1 砂層および破碎殻層における飽和度の推移（3層状供試体）

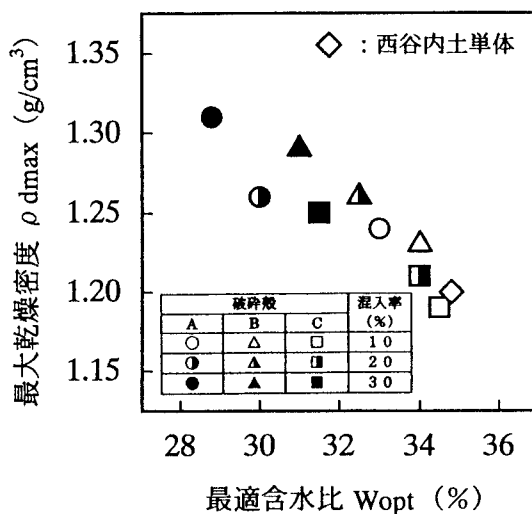


図-2 破碎殻混入土の最適含水比と最大乾燥密度との関係