

扁平な破碎貝殻の一面せん断試験結果について

茨城大学 学生会員 ○浅野 太我
茨城大学大学院 正会員 小林 薫
長岡技術科大学 正会員 豊田 浩史
長岡技術科大学 正会員 高田 晋
首都高速道路（株） 非会員 森崎 亮太

1. はじめに

水産系副産物のホタテ貝殻は、処分法や活用法が現状では確立されておらず、北海道等を中心に多くの漁港周辺で野積み状態にある。これらの貝殻を建設資材へ有効利用する試みも図られているが、骨材の代替材¹⁾²⁾等への利用に留まり、適用先は限定されている。森崎³⁾らは破碎した貝殻（以下、破碎貝殻）が優れた透水性を有していることを確認したが、斜面の安定性向上や軟弱地盤対策への積極的な利活用を図るには、破碎貝殻の強度特性を把握する必要がある。以上より、本論文では破碎貝殻の特性を活かし、建設資材への適用拡大を目的に、破碎貝殻の配向角度及び飽和度を考慮した強度特性を一面せん断試験によって把握した。

2. 試料及び試験概要

試料はホタテ貝殻（青森県産）を用いた。貝殻は試験前に有機物等の不純物を取り除くため水洗いし、80℃の乾燥炉で24時間乾燥させ、常温になった後に粉砕機で破碎した。一面せん断試験（JGS 0561-2009）⁴⁾の空中落下法の記載内容に準拠し、粒径2mm未満の破碎貝殻を使用した。供試体は、直径6cm、高さ2cmの円板に、乾燥状態の破碎貝殻を空中落下法により所定の初期間隙比 e_0 （約1.33）となるように充填した。その際、破碎貝殻の異方性を検討するため、せん断方向に対して破碎貝殻粒子の配向角度（せん断面と破碎貝殻の成す角度） A を図-2のように変化させた。図-2に配向角度 A とせん断方向の関係を示す。試料を充填したせん断箱をセットし、鉛直応力 $\sigma = 30\text{ kPa}$ 下で10分間予圧密を行った後、上下部せん断箱間に0.2~0.5mm程度の隙間を開けて上下せん断箱の接触を切った。その後、鉛直応力 $\sigma = 50\text{ kPa}$ にて圧密を10分間行い、せん断速度0.15 mm/minでせん断変位 $\delta = 7\text{ mm}$ まで定圧せん断した。

表-1 破碎貝殻の物性値

粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.698
自然含水比 $W_n(\%)$	0.2
最大間隙比 $e_{dmax}(-)$	1.671
最小間隙比 $e_{dmin}(-)$	1.227
乾燥密度 $\rho_{d60}(\text{g/cm}^3)$	1.198
透水係数（鉛直） $k_v(\text{m/s})$	2.28×10^{-2}
透水係数（水平） $k_h(\text{m/s})$	2.53×10^{-2}

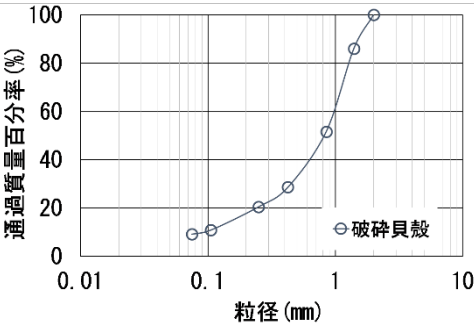


図-1 粒径加積曲線

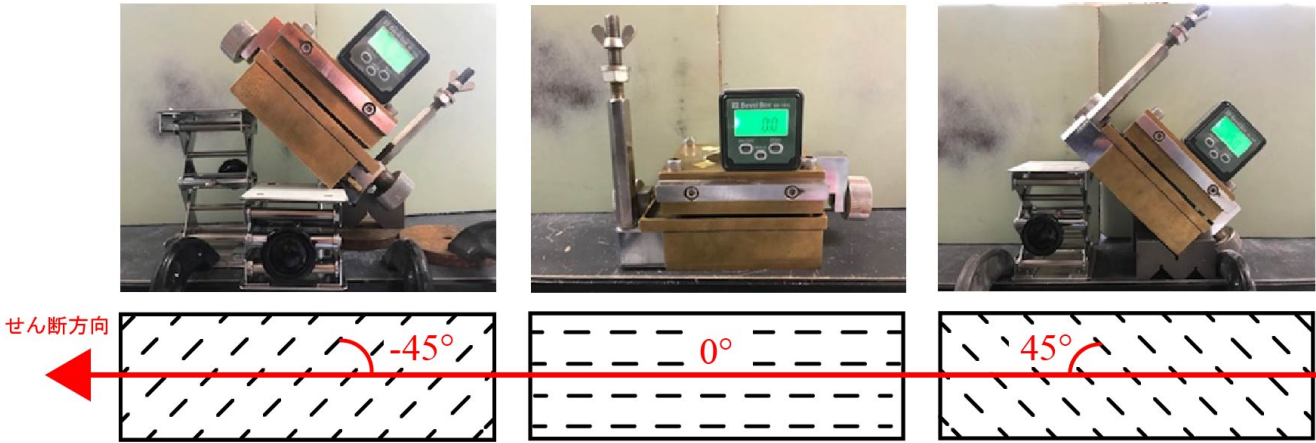


図-2 配向角度 A とせん断方向の関係

キーワード 破碎貝殻、配向性、飽和度、強度特性、異方性

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL : 080-6664-2171 E-mail : 17t5002h@vc.ibaraki.ac.jp

3. 試験結果と考察

図-3 に試料の垂直応力 $\sigma = 50 \text{ kN/m}^2$ における配向角度 A とせん断強さ τ の関係を示す。配向角度 $A = 0^\circ$ の場合、せん断強さ τ は小さくなった。対して、配向角度 A を変化させた場合は、配向角度 $A = 0^\circ$ の時のせん断強さ τ よりも大きくなった。配向角度 A を変化させるほどせん断強さ τ は増加していることから、配向角度 A とせん断強さ τ との間には相関関係があるといえる。この要因として、配向角度 A を変化させると扁平な破砕貝殻はせん断面と交わるように堆積するため、破砕貝殻自体の強度によりせん断面に対して抵抗力を発揮したと考える。破砕貝殻の配向角度によって強度が変化したため、実施工に破砕貝殻を用いる際には安全を考慮して設計する必要があると考える。

図-4 に飽和度と配向角度を変化させた場合の垂直応力と定圧せん断強さの関係、表-2 にそれらの強度定数 (c_d, ϕ_d) を示す。 $S_r = 0\%$ の試料の場合は、配向角度 $A = 45^\circ$ と比べ、配向角度 $A = 0^\circ$ の方が強度定数 (c_d, ϕ_d) は小さくなった。本試験では排水・排気条件で乾燥状態（飽和度 $S_r = 0\%$ ）の破砕貝殻における強度定数 (c_d, ϕ_d) が得られ、内部摩擦角 ϕ_d のみを有する結果となった。一方で、森崎ら³⁾によると、不飽和状態（飽和度 $S_r = 5.2, 18.6\%$ ）の破砕貝殻は、内部摩擦角 ϕ_d と粘着力 c_d を有することが分かっている。飽和度 S_r の違いにより粘着力 c_d に差が生じた理由として、不飽和状態では低拘束圧領域においてサクションが作用し、せん断強度の増大により粘着力が発生したためであると考ええる。

4. 結論

破砕貝殻の扁平な粒子形状による特性であろうと考えられる、配向角度 A とせん断強さ τ との間の相関関係を確認した。加えて、破砕貝殻は乾燥状態の時には粘着力 c_d は有さないが、不飽和状態の時には内部摩擦角 ϕ_d と粘着力 c_d の両方を有することも分かった。

不飽和状態で内部摩擦角 ϕ_d と粘着力 c_d の両方の強度定数を有する材料は、地盤改良材として浅層かつ深層で対策効果を発揮する。そのため、破砕貝殻は地盤改良材として地盤防災等に寄与する可能性がある。破砕貝殻は環境問題の解決と共に、防災問題も同時解決できる可能性を有しているため、更なる適用拡大を目指し、動的特性等についても検討する必要性がある。

謝辞：本研究は JSPS 科学研究費 19K04593 及び NEXCO 東日本技術研究助成の援助を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1)大野元：ホタテ貝殻のケーソン中詰材への有効活用，土木学会誌，Vol.95，No9，p.27，2010。
2)平田幸雄，佐伯公康：水産副産物（貝殻）の裏込材への有効利用に関する基礎的研究（その2）ホタテ貝殻を混同した砂の内部摩擦角，海洋開発論文集，pp.862-866，2005。
3)森崎亮太，小林薫，榎本忠夫，安原一哉：破砕貝殻の粒子破碎と非排水せん断強度に関する基礎研究，第53回地盤工学研究発表会講演集，pp.537-538，2018。
4)地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説，pp.575-582，2009。

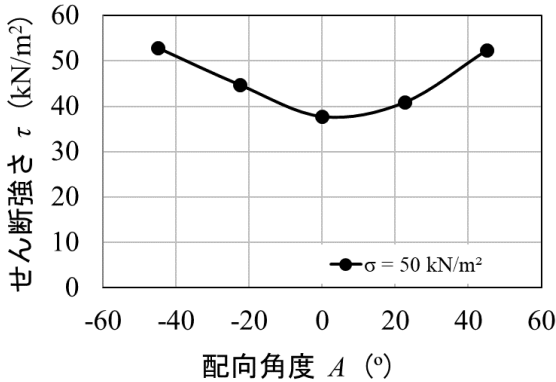


図-3 配向角度とせん断強さの関係

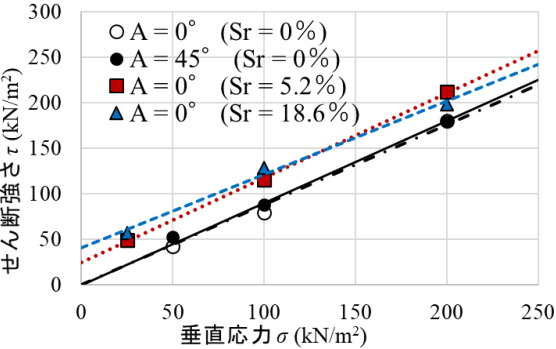


図-4 垂直応力と定圧せん断強さの関係
表-2 強度特性 (c_d, ϕ_d)

試料状態	飽和度 $S_r(\%)$	配向角度 $A(^{\circ})$	ϕ_d ($^{\circ}$)	c_d (kN/m^2)
乾燥	0.0	0	41.2	0.0
		45	42.5	0.0
不飽和	5.2	0	43.0	24.7
	18.6	0	38.8	41.0