

破碎瓦の擁壁および埋設物の埋戻し材としての検討

名古屋工業大学
名古屋工業大学
名古屋工業大学
愛知県陶器瓦工業組合
カクゴ（株）

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

○森河 由紀弘
佐藤 智範
前田 健一
篠田 裕重
進藤 祐造

1. はじめに

愛知県は粘土瓦生産量が日本一であり、近年では毎年2億枚の粘土瓦が生産され、そのうちヒビなどが入った不良品瓦が約7%（約4万トン）発生する。また、1973年～1995年には日本全国で毎年約16.5億枚（約45億トン）の粘土瓦が生産されてきたが粘土瓦の耐用年数は約60年であり、近い将来には毎年大量の廃棄瓦が発生する。また、破碎瓦は摩擦性や透水性、軽量性などが優れた環境にやさしい地盤材料であることが分かってきた。そこで、本研究では破碎瓦や比較対象として山砂を用いた実物大実験を行い、破碎瓦の裏込め材や埋設物の埋戻し材としての検討を行った。

2. 実験概要

表-1、図-1に本検討で用いた破碎瓦および山砂の土質試験結果を示す。山砂の方が最適含水比は低く、最大乾燥密度が高い。しかし、内部摩擦角やCBR値については破碎瓦の方がかなり高いことが分かる。また、両材料に対して繊維補強材を適用した場合における支持力の増加効果についても検討を行った。繊維補強材にはCS-100（前田工繊株）を用いた。

図-2、表-2に本検討における実験概要図および検討項目を示す。本検討では、幅5.00m×奥行き5.00m×高さ2.00mの大型土槽を用いて検討を行った。水平土圧に関する検討では、大型土嚢を用いて10kPaの上載荷重を載荷して、鉛直壁面にG.L.-0.25mから0.50m間隔で4深度に設置された水平土圧計（F～I）を用いて計測を行い、破碎瓦による水平土圧の低減効果や上載荷重による応力増分に関する検討を行った。

鉛直荷重の影響範囲に関する検討では、地表面の中央から水平土圧計測壁面とは逆方向に0.50m間隔で設置された1辺が0.20mの載荷板に5.4kN（135kPa）の大型土嚢を設置して載荷を行い、底板の土槽中央から0.50m間隔で5箇所に設置された鉛直土圧計（A～E）を用いて計測を行い、鉛直荷重の影響範囲について検討を行った。

埋設管の応力度に関する検討では、内径0.20mの塩ビ管を用いて管中心の上下左右4か所にひずみゲージを張り付け、管の土被り厚さは1.00mとした。管中心直上の地表面において平板載荷試験を行うことで埋設管に外力を載荷し、さらに管の中心から0.50m離れた位置に設置された鉛直土圧計（J）の直上でも載荷することで、載荷応力と管の設置深度における鉛直土圧との関係についても計測を行っている。

表-1 土質試験結果

項目				破碎瓦	山砂
土粒子密度試験	土粒子の密度	ρ_s	g/cm ³	2.579	2.641
土の粒度試験	礫分		%	76.4	12.7
	砂分		%	18.1	75.6
	細粒分		%	5.5	11.7
	最大粒径		mm	26.5	26.5
	均等係数	U_c		43.2	16.9
土の液性限界 塑性限界試験	50%粒径	D_{50}	mm	9.0592	0.2058
	10%粒径	D_{10}	mm	0.2557	0.0402
	液性限界	w_L	%	NP	NP
塑性限界試験	塑性限界	w_P	%	NP	NP
	塑性指数	I_p		-	-
締固め試験 (E-b)	最大乾燥密度	$\rho_{d\max}$	g/cm ³	1.663	1.871
	最適含水比	w_{opt}	%	13.9	11.9
三軸試験 (CD試験)	内部摩擦角	ϕ	°	44.6	37.2
	粘着力	C	kPa	55	11
CBR試験	95%修正CBR		%	89.5	35.8
透水試験	透水係数	k_{15}	m/s	9.2×10^{-5}	3.6×10^{-5}

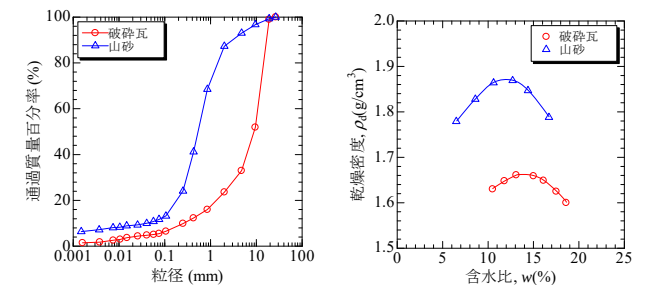


図-1 粒度分布と締固め曲線

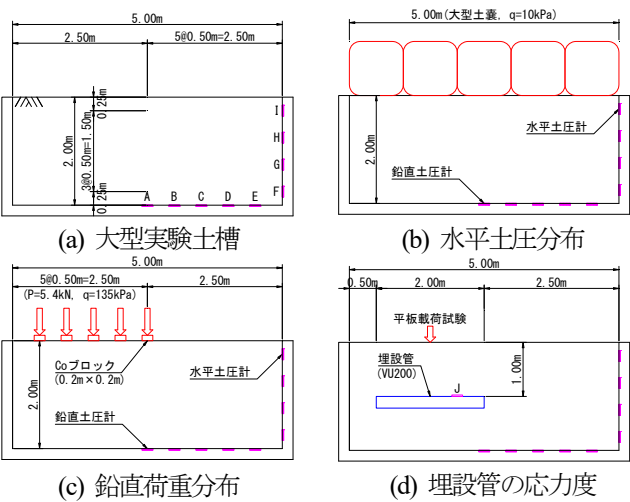


図-2 実験概要図

3. 実験結果と考察

表-3 に現場密度、図-3 に水平土圧分布を示す。山砂に比べて破碎瓦の締固め度は若干低めではあるが、水平土圧分布は締固めにより主働土圧と受働土圧の間にあり、破碎瓦の水平土圧は山砂よりも小さく、上載荷重に伴う応力増分もかなり小さいことが分かる。この要因は、破碎瓦は摩擦性や軽量性が高く、さらにかみ合わせが良いため嵩張りやすく自立性も高いためだと考えられる。

図-4 に地表面の1辺が0.20 mの載荷板に5.4 kN (135 kPa) 載荷した場合における鉛直荷重の影響範囲を示す。破碎瓦と山砂は概ね同様の挙動を示しており、載荷位置から離れるに従いほぼ直線的に小さくなり、約1.5m 離れるとほとんど影響がなく、荷重分散角は両者共に35~40° 程度であると言える。

図-5 に平板載荷試験の結果を示す。同じ荷重強さに対して、破碎瓦の方が山砂に比べて沈下量が小さく、山砂（無補強）の最大荷重強さが約210 kPa、繊維補強材を敷設した場合でも約350 kPa だったのに対し、破碎瓦（無補強）は約385 kPa、繊維補強材を敷設した場合では400 kPa 以上であった。また、設置深度における鉛直土圧はどのケースにおいても上載荷重と良い対応関係にあると言える。

図-6 に埋設管の曲げ応力度を示す。山砂は約210 kPa までしか載荷できていないが、破碎瓦は約400 kPa の上載荷重を載荷してもほとんど埋設管は変形していないことから、設置深度が1.0m 程度あれば比較的安全であると言える。

表-3 現場密度試験結果

試料名	締固め試験結果		現場密度試験結果		
	w_{opt} (%)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	含水比 w (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	締固め度 D_c (%)
破碎瓦	13.9	1.663	10.2	1.399	84.1
山砂	11.9	1.871	11.1	1.723	92.1

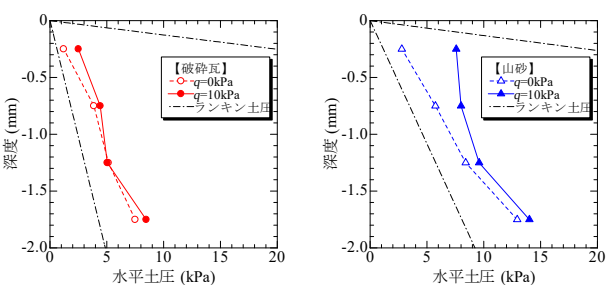


図-3 水平土圧分布

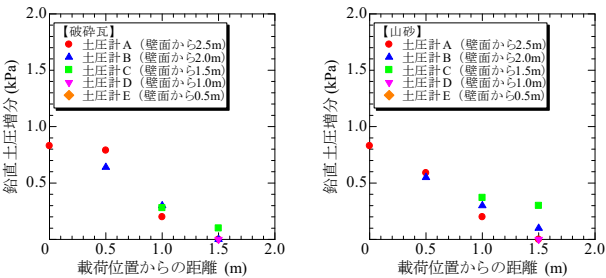


図-4 鉛直荷重の影響範囲

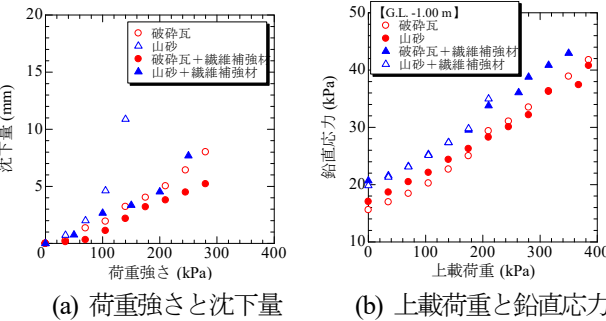


図-5 平板載荷試験

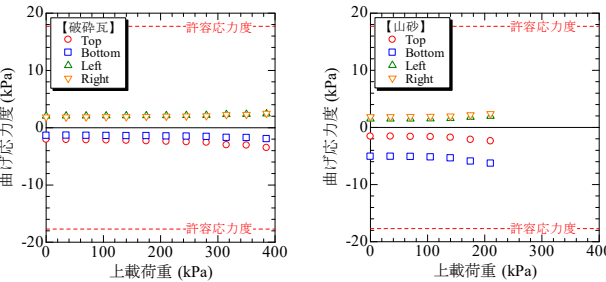


図-6 埋設管の曲げ応力度

4. まとめ

本検討では破碎瓦の裏込め材や埋設物の埋戻し材としての検討を行った。以下に本検討によって得られた知見を示す。

- 1) 破碎瓦の水平土圧や外力による土圧増分は小さい。
- 2) 破碎瓦や山砂の荷重分散角は共に約35°~40°である。
- 3) 破碎瓦は地盤支持力が高く、地表面に大きな荷重が作用しても土被りが1.00 m 程度あれば大きな影響はない。

謝辞：本研究は公益財団法人日比科学技術振興財団の助成を受けたものである。末筆ながら深謝の意を表する。