

III-488 スコリアの力学特性と支持力実験における地盤の破壊性状

日本道路公団 正会員○前田良刀
宇都宮大学 正会員 日下部治
(株)白石 正会員 大内正敏

1. はじめに

ニューマチックケーソンの作業室内において、ケーソンの自重を載荷荷重の反力受けとした大型載荷試験を行った¹⁾。試験地盤はN値が70回以上を示す箱根火山噴出物のスコリア層で、数多くの土質試験を行っている。本報文では、土質試験で確認されたスコリアの力学特性ならびに試験により把握した試験地盤の破壊性状について述べる。

載荷試験は、処女荷重の荷重保持時間15分で実施され、その結果表-1に示す極限支持力が得られた。三軸および平面ひずみ圧縮試験(CD)は、側圧 σ_3' を0.2~48kgf/cm²の広範囲に変化させ、ひずみ速度0.2%/minで実施された。中型繰返し圧密試験は、荷重段階を最大72kgf/cm²までの92段階とし、1段階の保持時間15分で実施された。土質試験の供試体は、サンプリングブロックを凍結してから成形した²⁾³⁾。

2. 土質試験結果

スコリアの物理特性は、比重Gsが2.81、乾燥密度 ρ_d は1.30tf/m³、間隙比eは1.17である。また粒度は、礫分含有率50%、砂分含有率46%程度で、最大粒径は10~25mmが多い。

図-1および図-2に、B地盤の三軸圧縮試験の応力~ひずみ曲線を示す。側圧 σ_3 が3.0 kgf/cm²以下の範囲では、明瞭なピークが見られ、側圧が15.0 kgf/cm²以上になると、軸ひずみが15%に達しても明瞭なピークが得られない。側圧が7.0kgf/cm²以上では、体積が収縮し負のダイレイタンス特性を示している。また、側圧が小さいほどピーク時の軸ひずみは小さく、膨脹しながらひずみ軟化を示し、軸差応力および体積ひずみの変化がない残留強度状態に至る。平面ひずみ圧縮試験でも同様な結果が得られたが、側圧が8.0kgf/cm²までは明瞭なピークを示した。

三軸圧縮試験から内部摩擦角 ϕ の応力依存性が見られたので、de Beerの提案式でフィッティングした⁴⁾。応力依存性を表すパラメータAは通常0.03~0.1を示すが、スコリアは0.12~0.25であった。力学試験の供試体および載荷板直下試料から、粒径4.75mm未満の粒子を対象にMarsalの方法⁵⁾で粒子破碎率 B_m を算出した。B地盤の結果を図-3に示すが、側圧の増加に伴い粒子破碎が顕著になる。また、三軸および平面ひずみ圧縮試験で得られた一点法による ϕ' を比較すると、低圧部では従来からいわれている $\phi' = 1.1\phi'$ の関係が成り立つが、側圧の増加と共にその差は減少した。さらに、平面ひずみ圧縮試験における中間主応力の相対的な大きさを表す係数b値は、最大主応力比時と比較すると側圧の増加と共に0.15から0.04に低下した。このように変形拘束

表-1 載荷試験一覧表

試験地盤	CASE	載荷寸法 B×L (m)	極限支持力 q _f (tf/m ²)
A	VI s	0.30×0.30	833.3
	IV	0.70×0.70	1193.9
B	VI s	0.30×0.30	1277.8
	II	0.40×1.20	1166.7
	I	0.40×0.40	1250.0
	III	0.40×2.00	1050.0
C	VI s	0.30×0.30	1000.0
	V	1.30×1.30	1166.4

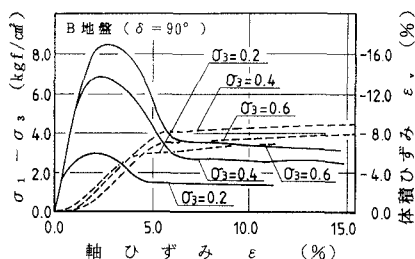


図-1 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線 (σ_3 : 小)

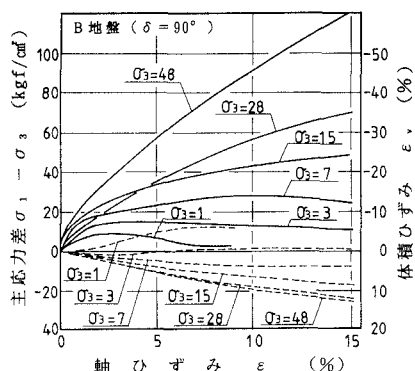


図-2 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線 (σ_3 : 中、大)

の効果が側圧の増加に伴い減少する傾向は、粒子破碎が一因と考えられる。

中型繰返し圧密試験から得られた圧縮指数 C_c 、圧密降伏応力 p_c 。および供試体の平均粒径を表-2に示す。圧縮指数の値および圧密降伏応力は平均粒径の大きいほど大きい。粒状材料の $e \sim \log p$ 曲線は粒子破碎領域において飽和粘土の正規圧密曲線と類似し、また粒子の破碎性は粒子径の増大に伴って高くなる⁶⁾。スコリアも同様な傾向を示しており、前述の内部摩擦角の応力依存性からも粒子破碎が一因と示唆される。

表-2 圧密試験結果

試験 地盤	C_c	p_c (kgf/cm ²)	D_{50} (mm)
A	0.161	33	1.7
	0.156	43	
B	0.218	37	1.2
	0.080	50	
C	0.262	32	2.5
	0.304	29	

3. すべり面性状

載荷板直下試料の粒子破碎率 B_M を図-4に示す。 B_M の大きいCASE I、IVの載荷板直下は、暗褐色のスコリアが光沢を帯び明るい色調に変化していた。すべり線は、長方形では載荷板端から発する灰色に変色したせん断帯が受働領域のすべり線に連続している（図-5）。正方形では受働領域のすべり線ないし載荷板端から放射状に発したせん断帯のみで、それらは連続せず明瞭な主働くさびを形成しない。せん断帯は、『ぬいぐるみ用針』が10mm程度刺さり細粒化している。

試験で観察されたすべり線は二つに区分される。粒子破碎により変色した密実な載荷点近傍のすべり線と、針を50mm以上容易に貫入できるほど緩み、色調の変化もない載荷点から遠く離れたすべり線である。すべり線上での体積変化と粒子破碎の状況は、三軸圧縮試験と同様な挙動を示す。すなわち、拘束圧が小さいと粒子破碎もほとんどなく正のダイレイタンスで緩み、拘束圧が大きいと粒子破碎が顕著となり負のダイレイタンスで体積が収縮する。

4. まとめ

先に著者らは、支持力係数の寸法効果が表現できる支持力推定方法を得ている。これは、力学試験で見られる強度の応力依存性を寸法効果の原因と推定し、その要因を取り入れた解析手法によって実験値を検証しているが⁴⁾⁷⁾、ここに地盤の破壊性状もスコリアの力学特性とよく対応することが示された。ただし、極限荷重時に地盤の全面的な塑性化を仮定する剛塑性論が、拘束圧の小さい受働領域のすべり線において成り立っているか否かは確認できなかった。その領域では残留強度に達している可能性もあり、支持力予測に与える影響が今後の課題と考える。

山口大学の村田秀一教授には、圧密試験結果について貴重な助言を頂いた。末筆ながら謝意を表します。

【参考文献】 1)日本道路公団：『大型三次元直接基礎の支持力に関する研究』、1990.3 2)太田、大内、浅井、萩原：スコリア層の堆積性状と力学特性、第25回土質工学研究発表会、1990 3)菅、上原、萩原、半田：乱さないスコリアの平面ひずみ圧縮試験、第25回土質工学研究発表会、1990 4)日下部、前田、白石、河合：拡張したKötter式を用いた大型3次元基礎の載荷試験の解析、第25回土質工学研究発表会、1990 5)石井武美：粒子破碎の表示尺度のもつ物理的意義、土質学会論文報告集、Vol.29, No.4, 1989 6)三浦、村田、安福、赤司：粗粒材の材料特性と応力ひずみ特性、土と基礎、Vol.33, No.6, 1985 7)三浦、前田、上野：直接基礎の極限支持力推定法の提案、第25回土質工学研究発表会、1990

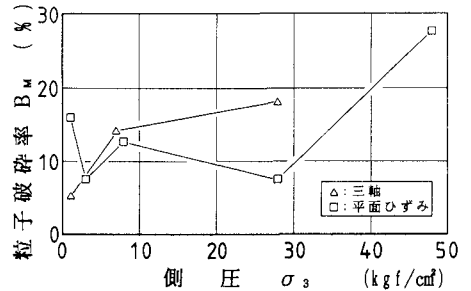


図-3 圧縮試験後の粒子破碎

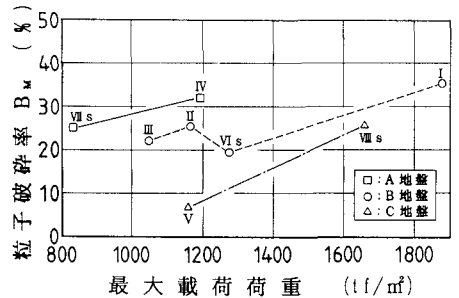


図-4 載荷板直下の粒子破碎

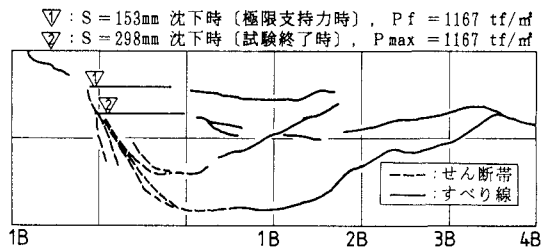


図-5 すべり線のスケッチ (CASE II, 0.4×1.2m)