

VI-234

月面構造物設計条件の検討 - 着陸施設の地盤支持力と沈下量の検討-

(株) 銭高組 技術研究所 正会員 ○高津 忠

同 上 佐藤常雄

同 上 原田尚幸

1. まえがき

近年、国内外において、宇宙開発への関心が急速に高まりつつある。本文は、このような状況の下、NASA J.S.C.の「LUNAR OUTPOST¹⁾」で提案されている月面着陸施設の着陸船脚部パッドとクレーン設備の脚部パッドに着目し、地盤の支持力と沈下量に関するパラメータスタディを実施した結果について報告するものである。

2. 検討条件

月面着陸施設の検討用地盤条件²⁾を表-1に示す。表-1は月の地盤特性値の一般的な変動範囲を示している。また、着陸船とクレーンの検討モデル¹⁾を図-1に示す。月面基地初期の着陸船は現地盤に直接着陸するが、基地発展に伴って、再使用型着陸台が必要となる。この時の着陸台は、着陸船の排気によるレゴリスの飛散防止のため、約20cmの碎石を敷設したものとなる。そこで、着陸船脚部パッドの検討モデルとしては、現地盤と碎石を敷設した2ケースを考える。

また、クレーン基礎については、図-1に示す構造・形状から偏心荷重は考慮しないこととし、着陸船パッドと同一モデルとして取り扱う。なお、ここでの設定値は全て月重力場におけるものである。

3. 検討方法

地盤の支持力は「建築基礎構造設計指針」を、また、地盤の沈下量は地盤反力係数 k_{vo} のみで弾性沈下量が算定できる「道路橋示方書」を用いて検討する。「道路橋示方書」によって算定した宇宙飛行士の靴の沈下量は

1~5cm程度(地盤:Firm~Soft)となり、文献³⁾に記載されている値とほぼ一致する。

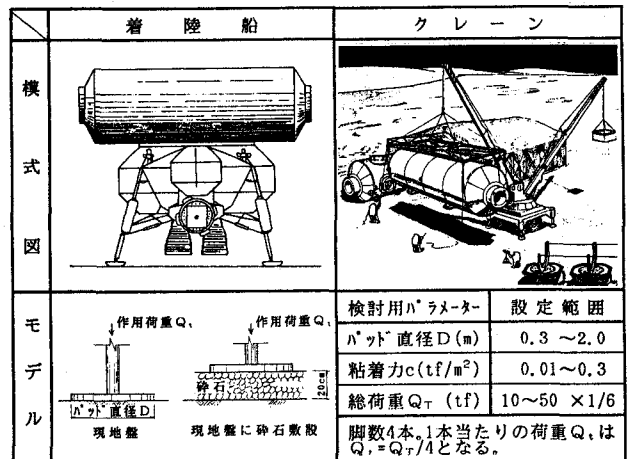
また、碎石を敷設した場合には、碎石層の地耐力は十分あるものと想定する。したがって、碎石層によって上載荷重が現地盤位置まで分散され、この分散荷重を用いて現地盤の支持力と沈下を検討する。

4. 検討結果

現地盤と現地盤に碎石を敷設した場合における地盤の極限支持力 Q_0 と沈下量 s の検討結果を図-2に示す。図-2から以下のことが分かる。

表-1 検討用地盤条件(レゴリス)²⁾

項 目	調査結果		設定値	
	Soft	Firm	Soft	Firm
粘着力 c (tf/m^2)	0.01~0.3		0.01~0.3	
内部摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)	30~50		35	40
	38	39~42		
単位体積重量 γ (gf/cm^3)	0.9~1.94		$1.5 \times \frac{1}{6}$	$1.8 \times \frac{1}{6}$
地盤反力係数 k_{vo} (kgf/cm^3)	0.016	$\frac{0.083}{0.148}$	0.02	0.10

図-1 着陸船とクレーンの検討モデル^{1), 3)}

①パッド径が大きくなると、極限支持力 Q_d が増すだけでなく、接地面積も増えることから地盤の支持力は増加する。同時に、単位面積当たりの上載荷重が減ることから、沈下量は減少する。

②パッド径と地盤の支持力の勾配は、SoftよりもFirmの方が大きくなる。これは、支持力係数(N_c, N_r 等)と内部摩擦角(ϕ)の勾配が、 ϕ が大きい程大きくなるためである。

③現地盤に砕石を敷設した場合には、砕石層による荷重分散の効果によって、支持力は2~3倍に増加し、沈下量は6~8割に減少する。

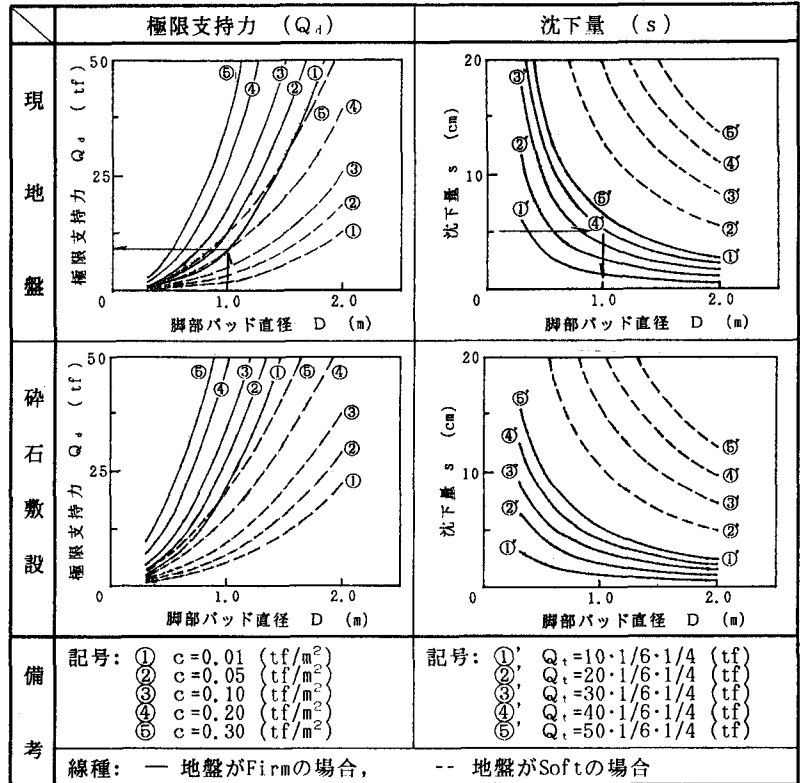


図-2 現地盤のみと砕石敷設時の c , Q_t , Q_d , s , D の関係

また、現地盤における許容沈下量を仮に5cmと設定し、Firmな地盤に上載荷重 Q_t が、 $Q_t=40 \cdot 1/6 \cdot 1/4=1.5$ (tf)作用する場合には、図-2から約1.0mのパッド径が必要となる。一方、パッド径1.0mの時の極限支持力 Q_d は、 $c=0.01$ (tf/m²)の場合、 $Q_d=10$ (tf)となる。仮に安全率 F_s を $F_s=3$ (地上での長期安全率)とすると、許容支持力 Q_a は $Q_a=3.3$ (tf)となり、作用荷重を上回る。したがって、上記条件の場合には、地耐力は沈下量で決定されることになる。

このように、図-2を用いることによって、粘着力 c 及び上載荷重 Q_t をパラメータとして、月面上におけるパッド径 D と極限支持力 Q_d あるいは沈下量 s の関係を概略把握することができる。

5. あとがき

今回、NASA J.S.C.の「LUNAR OUTPOST」で提案されている月面着陸施設の着陸船脚部パッドとクレーン脚部パッドに着目して、地盤の支持力と沈下量に関するパラメータスタディを実施した。その結果、粘着力 c 及び上載荷重 Q_t をパラメータとして、月面上におけるパッド径 D と極限支持力 Q_d あるいは沈下量 s の関係を概略把握することができた。

本研究は、宇宙開発建設研究会の「月面構造物設計条件の検討」ワーキングの活動(大林組、鹿島、熊谷組、佐藤工業、銭高組、地崎工業、東急建設、西松建設、間組、フジタ、三井建設)の成果⁴⁾の一部である。

参考文献

- 1) NASA J.S.C. : LUNAR OUTPOST, 1989.
- 2) 宇宙開発建設研究会 : 第1回宇宙と建設シンポジウム講演集, 1991.10
- 3) NASA J.S.C. : Lunar Base Systems Study Task 3.1, 1988.3.