

VI-239

月面構造物設計条件の検討
～月面居住施設基礎の検討～

株式会社フジタ 正会員 友近 誠

1. はじめに

宇宙は、海洋・地下に続くフロンティアとして注目され、月面基地構想等が各方面から出されているが、建設工学的に検討され報告されている例が少ないことを考慮し、ここではNASA・J. S. C. が提案している「Lunar Outpost」¹⁾の「膨張式月面居住施設」が建設可能かどうかを検討した。なお、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」ワーキンググループ活動(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)の成果の一部である。

2. 設計条件

建設予定地の地盤条件を表-1²⁾に示す。検討する居住施設は自重25tonf、上載荷重0.20tonf/m²、宇宙線防御用レゴリス*の厚さを3.5m³⁾とする。月震および隕石の影響は情報が少ないため考慮しない。(レゴリス*:月表土で地球上の湿った砂に似た性質を持つといわれる)

3. 施工時・完成時の検討

本構造物は、準備段階として凹型の基礎をくぼみ(クレーターまたは人工の物)にアンカーにより固定・設置する。この凹型基礎に筒状に梱包・運搬した居住施設を固定し、エアーを圧入して膨張させ、地盤との隙間をレゴリスで埋め戻しを施した直接基礎とする。施工時は、直径2.45mの円形基礎(図-1)として、凹型基礎を検討する。ただしアンカーの支持力は無視する。完成時は、直径15mの直接基礎(図-2)として検討する。

3.1 許容支持力度の決定

施工時の許容支持力度は、日本建築学会:建築基礎構造設計指針⁴⁾の式より求める。使用する設定値および結果を表-2に示す。地上の検討式の月面への適応は、理論式であるために適応可能⁵⁾と考えられる。

3.2 荷重の計算

荷重は、1/6g(月の重力)の影響を考慮して表-3とする。

完成時 上載荷重……設備等の死荷重

盛土荷重……宇宙線防御用レゴリス盛土厚荷重

表-1

項目 記号 単位	粘着力 C tonf/m ²	内部摩擦角 φ 度	単位体積重量 γ tonf/m ³
深 0～5m	0.1	40	1.8*
度 5m以深	良好な支持地盤		

*ただし盛土材として使用する場合は、1.5tonf/m³を使用する。

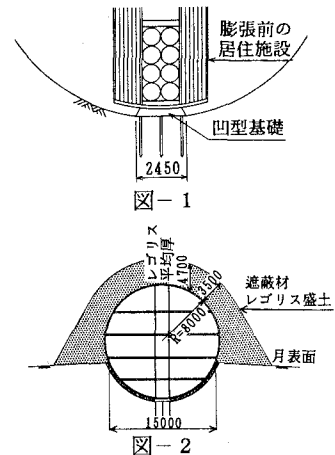


図-2

表-2

項目 記号 単位	許容支持力 q _a tonf/m ²	粘着力 C tonf/m ²	内部摩擦角 φ 度	形状係数 α	形状係数 β	支持力 N _c
施工時	25.1	0.1	40	1.3	0.3	95.7
完成時	55.4	0.1	40	1.3	0.3	95.7
項目 記号 単位	支持力 N _γ	支持力 N _q	基礎底面下の単位体積重量 γ ₁ tonf/m ³	基礎底面より上方の単位体積重量 γ ₂ tonf/m ³	基礎底面の最小幅 B m	地盤面から基礎底面までの深さ D _r m
施工時	114.0	83.2	$\frac{1.8}{6} = 0.3$	$\frac{1.8}{6} = 0.3$	2.45	0.0
完成時	114.0	83.2	$\frac{1.8}{6} = 0.3$	$\frac{1.8}{6} = 0.3$	15.0	0.0

表-3

	荷重 P (tonf)				
	自重	上載	盛土	合計	1/6g
施工時	25.0	0	0	25.0	4.2
完成時	25.0	118.8	1417.5	1561.3	260.2

3.3 接地圧の計算

施工時、完成時の接地圧を求めるための計算値、および結果を表-4に示す。

表-4

項 記 単	目 号 位	接 地 圧 q tonf/m ²	荷 重 P tonf	基 底 面 積 A m ²
施 工 時		0.9	4.2	4.7
完 成 時		1.5	260.2	176.7

3.4 即時沈下量

完成時の即時沈下量は、建築基礎構造設計指針の式より求める。使用する設定値および計算結果を表-5に示す。ただし、使用するヤング係数が特定できないため表中の三通りについて計算を行った。

表-5

項 目	記号	単 位	設 定 値		
沈下係数 平均荷重 基礎底面積	μ_H q A	— tonf/m ² m ²	0.165 1.5 176.7		
ヤング係数	E	tonf/m ²	9.9	137	470
	設 定 の 根 拠		飛行士の足跡	弾性波速度	三軸圧縮試験
即時沈下量	S_E	mm	332	24	7

3.5 総合判定

施工時においても、完成時においても $q_a > q$ より十分支持力はある。しかしながら、即時沈下量はヤング係数の値により、7～332mmまでばらついた値となっている。したがって、この条件での支持力は十分であるが、即時沈下に対しては、飛行士の足跡から推定されるヤング係数の値を採用するのであれば、なんらかの対策が必要であり、弾性波速度、あるいは三軸圧縮試験から推定されるヤング係数の値を採用するのであれば、対策無しで施工が可能と考えられる。

4. まとめ

月面に造る初期の居住施設は、地球から運搬して行くものであるために、ロケットの運搬能力や、運搬コスト低減のために軽量の構造物で構成されている。今回の検討では、対象とした居住施設の形状が球体で展開される構造形式であったため、固定のための凹型基礎を考えた。底面形状が平らであるならば、固定用の基礎は不要であり、今回の条件ではレゴリスに十分支持力があるために直接基礎で十分持ちこたえられることがわかった。一方、即時沈下に対しては、ヤング係数の値を明確にしなければ判断が下せないということがわかった。

しかし、上記の結論は、限られたデータから条件を仮定し検討したものである。

現在の段階では、月面に構造物を建設するための条件が明確ではない。そこで、今後行なわれる月面探査において各種試験・実験を行い、これらの条件を明確にし、効率的な基礎の設計法・施工法を確立し、月面基地の発展に貢献すべきである。

5. 参考文献

- 1). N A S A Johnson Space Center : Lunar Outpost, pp. 22～37, 1989.
- 2). 山田哲也ほか：月面構造物設計のための自然環境・地形・地質の調査，第1回宇宙と建設シンポジウム発表論文集，pp. 65～70, 1991.
- 3). 奥村幹也ほか：月面居住施設における遮蔽材レゴリスの検討，第1回宇宙と建設シンポジウム発表論文集，pp. 95～102, 1991.
- 4). 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，pp. 11～22 & pp. 117～163, 1988.
- 5). 高橋祐治ほか：月面構造物の設計・施工についての一考察，第1回宇宙と建設シンポジウム発表論文集，pp. 71～78, 1991.