

VI-232

月面構造物設計条件の検討

—設計・施工の特徴—

鹿島・土木設計本部 ○正会員 奥津 一夫

鹿島・土木設計本部 正会員 高橋 祐治

1. はじめに

米国だけでなく、わが国においても宇宙開発事業団、宇宙科学研究所を中心として月探査ミッションの技術的検討、さらには建設会社を含む複数の機関・企業から月面基地構想が発表されている。

ところで、構造物の設計・施工について検討する際には、建設場所の環境条件を検討し、環境条件に適した設計・施工とすることが不可欠であるが、環境条件に関する情報が不足していることもあり、これまで発表された月面基地構想等では一部を除いて、そのような検討はあまり行われていないのが実状である。

ここでは、入手できた月面の環境条件に関する情報¹⁾をもとに、月面構造物の設計・施工の特徴について考察を加えた。

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」(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²⁾の一部である。

2. 月面構造物の設計・施工上の特徴

月面の環境条件からみた建設工事の特徴を以下の項目毎に考察する。

2. 1 地形・地質

月面には地球からみると白く見える高地と暗い陰のように見える海がある。地形的には、高地はクレータが多く、起伏に富むが、海にはクレータが少なく平坦な地形である。

地質的には、高地は破碎された角礫岩、海は玄武岩が主体である。

したがって、初期の月面基地建設においては、地形・地質上は、高地より海の方が良好な条件にあるといえる。地層構成及び物性値の一例³⁾を表-1に示す。ここで、レゴリスとは、月の表面を覆う碎屑状の岩物資で、地球上の“湿った砂”に似た性質⁴⁾をもつといわれている。

表-1 月の地層構成例²⁾

層名	層厚 (m)	弾性波速度 (m/秒)	粘着力 (kgf/cm ²)	内部摩擦角 (度)
	3~30	100	0.01	30~50
第1層	50~300	≒ 300	—	—
第2層	~1000	≒1100	—	—

(アポロ17号着陸地点付近の地層を参考にした)

2. 2 気象

月面の大気の状態は、地球上の高度180kmの高さのそれに相当し、高真空状態にあるため、風の影響は無視して差し支えない。

気温については、昼の日照部分は+110℃前後まで上昇し、一方夜あるいは昼でも日陰部分では-170℃前後まで下がり、昼・夜の温度変化、日照・日陰の温度差が大きい。したがって、温度変化が構造物に及ぼす影響は地球上より厳しい状況にあるといえる。

2. 3 電力など工事用ユーティリティ

月面における活動の初期の段階では、主要なエネルギー源は太陽光発電であり、したがって、消費エネルギーの少ない機器による施工、基地運営を考えなければならない。

2. 4 資材運搬

地球からの資材運搬に関しては、ロケット等の輸送能力の限界から重量物の運搬は不可能であり、仮設構

造物が必要となるような構造物も極力避けることが望ましい。また、ロケット等の打上げ時期の制約を受けるため、運搬の時期が限定されることにも注意しておく必要がある。

月面での資材運搬に関しては、運搬の手段が限定されるため、使用可能な運搬の手段に合わせた資材の大きさ・形状にする必要がある。

2. 5 月面における建設資材の調達

基地建設初期の段階では、現地調達が可能な建設資材は盛土・覆土用のレゴリスぐらいである。エネルギー(熱)が豊富に使えるようになれば、レゴリスを焼結して利用することが可能となる。また、将来的には、レゴリスからセメントや金属材料を製造することが可能になるといわれている。

2. 6 建設従事者

建設従事者は、数が少なく必ずしも専門家ではないこと、および宇宙線(放射線)が人体へ及ぼす影響を考慮すると、ロボットあるいは遠隔操作による施工が主となり、人間はロボットの修理や不測の事態が生じたときの処置を行う役割を担うことになると考えられる。ロボットあるいは遠隔操作による施工を可能とするためには、作業を単純化できるような構造とする必要がある。

2. 7 工事用地

材料置場、資材加工場、ずり置場などの工事用地は豊富である。資材の運搬あるいは加工作業時に舞い上がるレゴリスが太陽光発電施設等に悪影響を及ぼさないように配慮して、工事用地を選定する必要がある。

2. 8 工事用機械

工事用機械は全て地球から運ぶことになるため、重い機械を使用することは不可能である。また、機械の種類も限られる。したがって、汎用性の高い機械を選定すると共に、使用可能な機械に合わせた構造形式・施工方法を考える必要がある。

2. 9 その他環境

その他月面の環境条件が地球上のそれと大きく異なり、構造物の設計・施工上留意しておかなければならない点は以下の通りである。

- ① 月には水が存在しないといわれている。
- ② 月面における昼夜の周期は、それぞれ約14日である。主エネルギー源を太陽光発電に頼る期間中は、夜間の施工は難しいと考えらる。
- ③ 月の重力は地球の重力の約 $1/6$ である。
- ④ 構造物の施工時、完成時ともに宇宙線に対する防御策を講じておく必要がある。
- ⑤ 隕石の衝突に対する設計上の配慮が必要である。
- ⑥ 地震については、過去の観測データでは、マグニチュード5程度が最大規模である。

参考文献

- 1)山田哲也：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講演集、1991.10
- 2)高橋祐治：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講演集、1991.10
- 3)例えば、久城育夫ほか2名編：月の科学、岩波書店、pp.152-154、1984.2
- 4)Scott, R. F. : Failure, Geotechnique, Vol. 37, No. 4, pp. 423-466, 1987. 4