

VI-233

月面構造物設計条件の検討 —土質基礎の設計法の検討—

鹿島・土木設計本部 ○正会員 高橋 祐治

鹿島・土木設計本部 正会員 奥津 一夫

1. はじめに

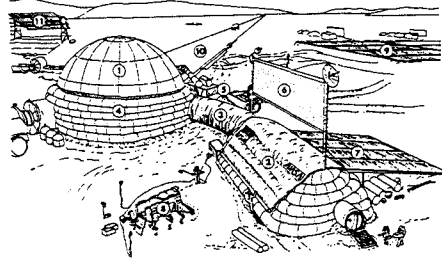
米国だけでなく、わが国においても宇宙開発事業団、宇宙科学研究所を中心として月探査ミッションの技術的検討、さらには建設会社を含む複数の機関・企業から月面基地構想が発表されている。

ここでは、米国航空宇宙局(NASA)が1989年に発表した月面前哨基地を例にとり、主として土質基礎構造物の設計法について考察する。

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¹⁾の一部である。

2. 米国航空宇宙局の月面基地構想

図-1は米国航空宇宙局(NASA)が1989年に発表した月面前哨基地(Lunar Outpost)の鳥瞰図²⁾である。これら施設の建設には、膨張式居住施設の基礎等の掘削工、着陸施設や道路、その他施設建設にあたっての埋立・盛土・転圧工ならびに整地工、さらには大型構造物の運搬・引き起こし工などが必要である。



- ① 膨張式居住施設
- ② 建設シャック
- ③ 連絡トンネル
- ④ 放射線防御のためのレゴリス土囊
- ⑤ レゴリス土囊製造・設置機械
- ⑥ 建設シャック用放熱板
- ⑦ 建設シャック用ソーラーパネル
- ⑧ 実験用ロボット
- ⑨ 前哨基地用太陽発電システム
- ⑩ 着陸基地への連絡道路
- ⑪ 酸素製造プラント用太陽発電システム

図-1 月面前哨基地鳥瞰図(NASA, 1989)²⁾

3. 月面構造物の構造形式等の検討

3. 1 構造物設置深度の検討

構造物の設置深度は、地上式、掘り込み式、地下式に大別できる。地上式は、基礎設置のための掘削および放射線防御のためのレゴリスによる覆土が必要であるが、他の2つの方式に比べ土工量が少なく、また、特殊な機械を必要としないことから、初期の月面基地においては適した方式と考えられる。

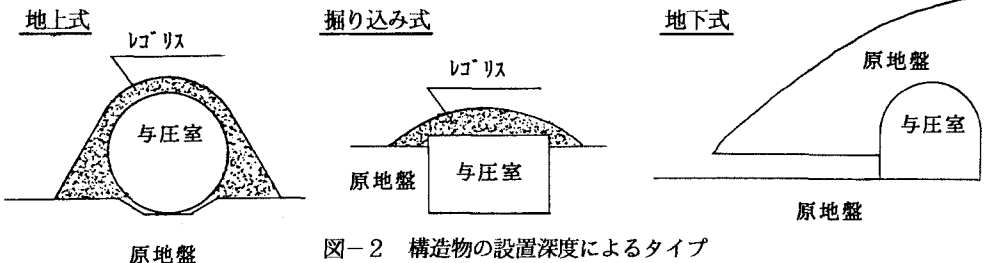


図-2 構造物の設置深度によるタイプ

3. 2 基礎構造形式の検討

基礎構造形式の選定にあたっては、周辺環境条件や地盤条件だけでなく、使用できる施工機械、材料のことも考慮して、施工可能な基礎形式を選定しなければならない。月面基地建設の初期段階においては、掘削機械が限られ、また、コンクリート等の材料も自由に使えるような状況にない想定されること、月には水

が存在しないことから、液状化、圧密の心配がないこと、また、月面基地建設のかなり長期にわたり、構造物の数がそれほど多くなく、したがって、地盤の良好な建設サイトを選ぶことが可能と考えられることから、地上式の月面構造物の基礎構造形式としては、根入れの浅い直接基礎を選定することが可能である。

3. 3 造成工の検討

月着陸船の着陸施設、居住施設等の建設地点およびこれら施設を結ぶ連絡道路の造成工事では、切土・盛土を行う必要がある。切土・盛土面と現地山線との高低差を保持する手段は、のり面による方法と擁壁などの構造物による方法とに大別できる。初期月面基地建設の段階では、土工量が少なくなるよう高低差の小さい場所・路線を選ぶことが可能であると考えられるため、工種の少ないのり面構造とするのがよい。

4. 設計法の検討

4. 1 直接基礎の安定

初期の月面基地に建設される構造物の形状・規模等からみて、日本建築学会の建築基礎構造設計指針³⁾に従うのがよいと考えられる。初期月面基地の直接基礎においては、独立フーチング基礎とべた基礎が最も採用される可能性が高いと考えられる。

地球上の検討手法の月面への適用性については、支持力の検討は塑性理論に、即時沈下量の検討は弾性理論に基づいているため、地球上での検討手法が適用可能である。ただし、重力に関わるものは地球上の1/6にする必要がある。また、地下水がないため、液状化や圧密沈下の検討は不要である。

4. 2 斜面安定

斜面の破壊を塑性平衡の考えで議論する際には、すべり面の形状を仮定しなければならない。土質が均一で、かつ斜面形状が比較的単純な場合にはすべり面形状が円形とみなせることが多いことから、円形すべり面を仮定した安定計算法を採用している指針・示方書等が多い。月面におけるすべり面の形状が不明な現時点においてはすべり面の形状を円弧と仮定することが妥当と考えられる。円形すべり面を仮定した斜面安定解析法の月面への適用性は、重力に関わるものを1/6にすれば、特に問題ないと考えられるが、すべり面を円弧と仮定することの妥当性、月の土(レゴリス)の締め固め特性、地層構成、地震(月震)の大きさ、等の現地の情報を収集・検討する必要がある。

4. 3 道路部路盤の設計

月面基地の運用が本格的になり、着陸施設と居住施設を中心としたアウトポスト施設との間の交通量が増加してくるとそれらの間を結ぶ道路の舗装が必要となってくる。初期月面基地における交通量、交通荷重の大きさを考えると、碎石舗装あるいは簡易舗装で十分であると考えられる。

碎石舗装⁴⁾や簡易舗装⁵⁾の設計は、CBR試験の結果を用いて行われる。その考え方は月面においても適用可能と考えられるが、重力が1/6の月面においては、CBR試験の内容、特に荷重強度および設計CBRと舗装厚との関係については検討が必要と思われる。

参考文献

- 1)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
- 2)ジョンソン宇宙センター:Lunar Outpost, pp. 25-37, 1989.
- 3)日本建築学会:建築基礎構造設計指針・1988改訂、pp.16-22 & pp.117-193、1988.1
- 4)竹下春見:C B R法の拡張、土と基礎、Vol.12, No. 6、pp. 9-14、1964. 6
- 5)日本道路協会:簡易舗装要綱(昭和54年版)、p. 2、1979.10