

月面におけるコンクリート舗装に関する実験的研究

中央大学 学生員 松本 卓
国土総合建設(株) 山本 隆史
中央大学 フェロー 姫野 賢治

1. はじめに

人類が初めて月面上に足跡を残したアポロ計画以来、約 30 年の歳月が過ぎている。その間、月探査に関する様々な計画が、各国機関で実行され、数々の成果を挙げている。1983 年 3 月、レーガン元大統領が、アメリカ航空宇宙局(NASA: National Aeronautics and Space Administration)の提案する月面基地計画を、国家宇宙政策として本格的に推進していくことを明らかにして以来、有人月面基地建設の必要性が高まっている。仮に将来、我々人類が月で生活する事になった場合、月面基地を活動拠点に生活することになる。その時、当然の事ながら基地内での移動、輸送等が行われる。

月の表面はレゴリスと呼ばれる非常に粒径の小さい土粒子で覆われている。現在では、月面環境に適応する駆動方式、動力供給の乗り物(レゴリス上を走行)が開発されているが、レゴリスは非常にきめ細かく機械の隙間に入り込みやすい性質を持っているため走行時に舞い上がるレゴリスの影響が大きく対策が模索されている状況である。

2. 研究目的

月環境の大きな特徴に 高温度差(- 170 ~ 135) 低重力(重力加速度 1/6) 高真空($10^{-7} \sim 10^{-10}$ Pa) 放射線があげられる。本研究では、月資源から製造可能とされているコンクリートに注目し、高温度、低温度下、高真空下で実験を行い月面でのコンクリート舗装の適応性を検討することを目的とする。

3. レゴリス

月の表面は、レゴリスと呼ばれる岩石の粉碎物で覆われている。レゴリスは、月の地殻を形成する地盤が昼夜の温度差や隕石の衝突などによって、長い年月の間に粉碎されてできたものである。レゴリスの大部分は大きさが数 mm 以下であり、水分や有機系物質を含んでいない。

4. 実験方法

4-1 供試体作成

供試体には、直径 5cm、高さ 10cm の円柱供試体を用いた。コンクリートの配合設計は、コンクリート舗装要綱に従った。作成条件として、水セメント比、養生気圧、養生温度、細骨材を変化させ、合計 15 種類の供試体を作成する(各条件 5 個)。使用セメントには、普通ポルトランドセメントを用いた。また、レゴリスは入手困難なため細骨材には月土壌シュミラントを用いた。供試体作成条件は表 1 に示す。

4-2 試験方法

本研究では、一軸載荷試験を行い弾性係数、ポアソン比、圧縮応力を測定した。

4-3 実験条件

供試体作成後、常温で 1 日間養生した。養生期間を 7 日とし、真空濃度は 765 (mmHg) とした。弾性係数は、圧縮強度の 1/3 の点と、ひずみが 50×10^{-6} となる点の傾きとした。

5. 実験結果

以下に実験結果を示す。図-1 は温度による比較である。室温に比べ 120、-20 の養生では、圧縮強度、弾性係数が極端に低くなっている。図-2 は水セメント比を変化させた場合の結果を示す。45%より 35%の方が、圧縮強度、弾性係数が若干高くなることがわかる。通常のコンクリートと同様、水セメント比を低くした方が、強度が高くなるといえる。細骨材を変化させた場合の結果を図-3 に示す。月土壌シュミラントを細骨材に用いた場合、通常の細骨材に比べ極端に圧縮強度が低くなっている。月土壌シュミラントの粒径が通常の細骨材に比べ非常に小さいものであるということが原因と考える。図-4 は真空養生と大気での養生とを比較したグラフである。真空養生は、大気での養生に比べると圧縮強度が高くなることがわかる。

よって、以上のことより以下の結果が得られる。レゴリスを骨材に利用すると弾性係数、圧縮強度が低くなる。水セメント比を低くすると真空、超高温、超低温養生でも室温での養生と同様に弾性係数、圧縮強度が

表-1 供試体条件

	W/C	気圧	養生温度	細骨材
1	35%	大気圧	-20	砂
2			常温	
3			120	
4		真空	常温	
5			120	
6	45%	大気圧	-20	
7			常温	
8			120	
9			-20	レゴリス
10			常温	
11			120	
12		真空	常温	砂
13			120	
14			常温	レゴリス
15			120	

キーワード: コンクリート舗装 レゴリス

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL: 03-3817-1796

低くなる．超高温,超低温での養生は,弾性係数,圧縮強度が低くなる．真空養生を行うと,弾性係数,圧縮強度が高くなる．

5. 解析方法

本研究では、コンクリート舗装構造解析プログラムパッケージ Windows95 版⁽¹⁾,コンクリート舗装を施工した場合の最大主応力,たわみ量を推定した.幅 5m,長さ 5m のコンクリート版に目地を設け,目地部に 5000kgf の荷重を作用させた(図-5).舗装厚を 5cm,10cm,25cm の3種類とし,それぞれの最大応力を求め,圧縮試験により求まる破壊時の主応力と比較し,舗装材としての適応性を検討した.

6. 解析結果

図 6 はコンクリート舗装構造解析プログラムパッケージ Windows95 版により求まる最大応力図である．また,全条件の解析結果を表-2 に示す．一軸載荷試験により求まる最大主応力を破壊力とし解析結果と比較したものである．表中の網掛け部は荷重を作用させた時に舗装が破壊したことを示す．舗装厚を 25cm とした場合,コンクリート版にかかる最大応力が破壊時の最大主応力を大きく下回ることから舗装材として月資源を利用することは可能であるといえる．舗装厚を 10cm とした場合も同様に,舗装材として利用できるといえる．しかしながら,舗装厚を 5cm とした場合は,破壊時の応力を超える応力が生じることから,レゴリスを用いた場合の舗装厚としては不適合であるといえる．

7. 結論

本研究において,高温,低温,真空下でのコンクリートの諸性状を測定し,解析を行った結果,月資源を舗装材として利用することは可能であるといえる．舗装厚に関しては,可能な限り薄くした方が費用を抑えることができるが,破壊が生じやすい．一方,高価ではあるが破壊しにくい舗装を施すことも可能である．舗装厚,大きさ等の決定には,今後の月面開発の状況をふまえ決定する必要がある．

8. 参考文献

- 1)「hoso-ml」Download Service
<http://www.plan.civil.tohoku.ac.jp/pave/hoso-ml/download.html>

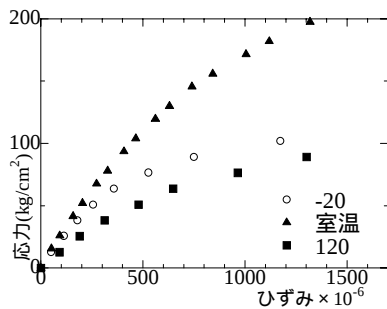


図-1 養生温度の違いによる応力変化

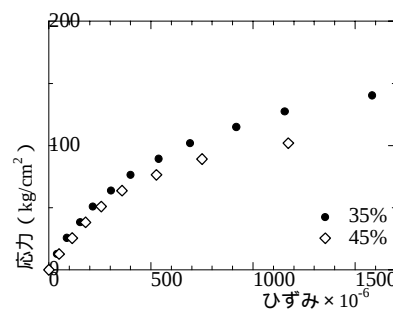


図-2 W/C の違いによる応力変化

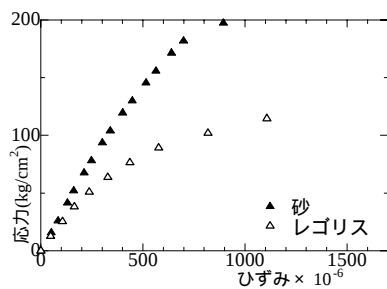


図-3 骨材の違いによる応力変化

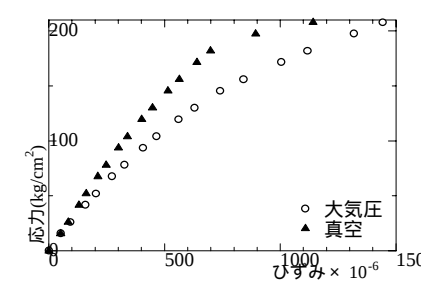


図-4 気圧の違いによる応力変化

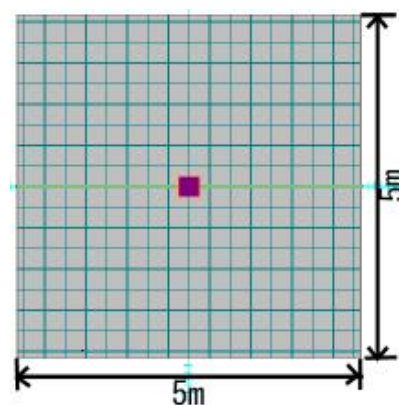


図-5 解析条件

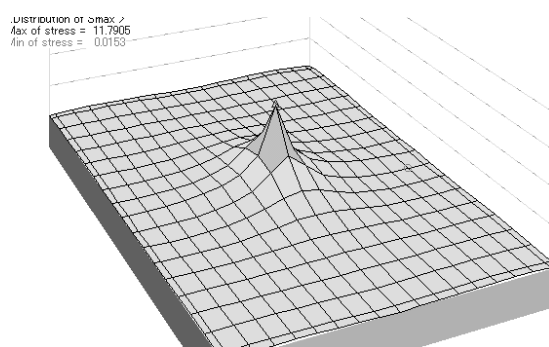


図-6 解析サンプル

表-2 解析結果

		最大主応力														
版厚	破壊時	条件1	条件2	条件3	条件4	条件5	条件6	条件7	条件8	条件9	条件10	条件11	条件12	条件13	条件14	条件15
	5cm	140.1	191.0	127.4	233.9	152.8	101.9	207.9	89.1	233.9	140.1	25.5	63.7	50.9	114.6	76.4
	10cm	133.0	136.2	118.2	142.3	119.1	129.9	135.5	112.2	154.1	122.0	93.5	94.0	104.7	133.1	111.2
	25cm	50.4	51.2	46.4	52.8	46.6	49.6	51.0	44.8	53.5	47.4	39.6	39.8	42.7	50.4	44.5
	25cm	11.8	11.9	11.1	12.2	11.2	11.7	11.9	10.9	12.3	11.3	10.0	10.0	10.5	11.8	10.8