

月震の解明と月震が月面構造物に与える影響の研究

Evaluation of lunarquake and the Influence of lunarquake on the structure on the moon

沼倉 貴雄[1], 足立 格一郎[2], 紺野 克昭[3], 熊野 泰久[1]

Takao Numakura[1], Kakuichiro Adachi[1], Katsuaki Konno[2], yasuhisa kumano[3]

[1] 芝浦工大・工・土木工, [2] 芝浦工大 工 土木工, [3] 芝浦工大・工・土木工学科

[1] Dept.of C.E. Shibaura Inst. of Tech., [2] Civil Eng., Shibaura Inst. Tech., [3] C.E Shibaura Inst of Tech

<http://www.shibaura-it.ac.jp/>

アポロ計画での月震の観測記録から、月震計の計器特性を取り除くことにより、変位波形を求めた。観測された月震波は非常に小さいものであったが、浅発月震、インパクト月震においてはM2~5の規模で起こっていることがわかった。

地球と月で同じ規模の地震、月震が起きた場合に、重力、減衰定数、せん断弾性係数の違いが揺れ方に影響を及ぼすことがわかった。特に重力の違いによる影響が大きいことが示された。

月面開発は、ヘリウム3の利用、宇宙探査基地・天体観測基地としての活用など、大きな期待がもたれている。その実現に対し月面開発工学は極めて重要な役割を持つ。このような状況に対し、地盤工学に求められている課題の一つとして月震が月面構造物に与える影響の検討がある。本研究では、有限要素法を利用した構造物・地盤連成地震応答解析プログラムのDINAS(ダイナス)を用いて、解析を行った。

月震には、深発月震、隕石によるインパクト月震、熱月震、浅発月震がある。インパクト月震と熱月震は表面で起こり、浅発月震は地殻内あるいは深さ300kmより浅いマントルで起こっている。一方、深発月震は深さ300kmから1150kmで起こっている。これらを観測された数の多い順にならべると、熱月震、深発月震、インパクト月震、浅発月震となる。深発月震のエネルギーは非常に小さくマグニチュードは0.5~1.3である。一方、最も大きな浅発月震のマグニチュードは4~5、インパクト月震は3.5~3.8である。

月震記録は月震計の計器特性を含んだものであり、その特性を取り除くことによって変位等を求める。まず月震記録をフーリエ変換し、フーリエスペクトルを求める。その値に特性値の逆数をかけ(=特性値で割り)、更に逆フーリエ変換することにより変位波形が求まる。

解析モデルは、深さ20m、幅30mの接点数9842の二次元平面ひずみ要素のFEMモデルとなっていて、1つの要素は1辺が25cmの正方形である。なお、モデルの上面は自由境界、底面は固定境界、側面は粘性境界となっている。また、モデルの奥行きは20mに設定した。

地盤モデルの両脇には自由地盤が設置してあり、地盤と自由地盤はダンパーにより接続されている。コンクリート構造物は上端が深さ5mの位置にくるよう設置し、内側の1辺を3mで統一し、壁厚は100cm、50cm、25cmの3種類で解析を行った。また、月の解析では外が真空であるため、コンクリート構造物に内圧1気圧をかけて解析を行った。

入力地震波は兵庫県南部地震とインパクト月震の2種類の波形を入力した。兵庫県南部地震波は、神戸ポートアイランドの地下32.0mで観測された時刻歴地震波の最大加速度462galを300galに修正したものとした。さらに解析時間の短縮を図るために、20秒中、最大地震波加速度300galを含む3秒から13秒の10秒間の地震波を入力して解析を実施した。インパクト月震は、兵庫県南部地震と同様に最大地震波加速度を300galに修正したものとした。ただし、月震は長い間揺れる事から、兵庫県南部地震の10秒間に対し、6倍の60秒間を入力して解析を実施した。

兵庫県南部地震波に対する非線形動的解析結果における、コンクリート構造物に発生した最大せん断応力を自重および内圧によるせん断応力と震動によるせん断応力に分けてグラフ化した。どのモデルでも、自重及び内圧によるせん断応力が大部分を占めており、震動による構造物への影響は小さい。また、月でのこの割合は地球での割合に比べ、かなり小さいことがわかった。

壁厚100cmでのコンクリート構造物中の要素4856における月と地球の時刻歴せん断応力図を見ると月ではかなり振幅が小さく、一方地球の振幅は大きいという結果になった。つまり月では、地球に比べ構造物に震動による応力があまり大きくは発生していない。このことが何によるものかを探るために、月での解析で入力した減衰定数、せん断弾性係数、重力を地球での解析で入力した値に変えて解析することとした。その結果、せん断弾性係数を変えた場合では、より振幅が小さくなり、減衰を変えた場合では、やや振幅が増幅し、重力を変えた場合

では、ほぼ地球の振幅と一致した。したがって、月での震動による影響が少ない原因は重力と減衰定数の地球との相違によるものであるとわかった。

月でも地球とほぼ同じ強度のコンクリートが製造できることから、仮にコンクリートのせん断強度が 3MN/m^2 としても、壁厚 25cm の構造物でも十分耐えられることがわかった。また、破壊には至らないが構造物の角にせん断応力が集中してかかることから、何らかの補強をすることが必要になると思われる。