<u>1.はじめに</u>

2004 年新潟県中越地震において盛土斜面の崩壊による被害が多く発生した.原因の一つとして地震前の豪雨との関係が指摘¹⁾されている.このことから飽和度の変化が耐震性能に影響を及ぼすと考えられるが、飽和度の違いによる地震時の地盤挙動や盛土斜面の安定性に関する研究は数少ない.そこで本研究では、飽和度及び初期せん断応力比を様々に変化させて非排水繰返しせん断試験を行うことで種々の初期状態から成る不飽和土斜面に対しての動的物性を把握した.加えて試験結果をもとにニューマーク法を用いて、飽和度の違いが盛土斜面の変形に及ぼす影響の評価を行った.本論文は試験結果を基に行った解析結果についてまとめたものである. 2.解析方法

本研究では、実験から得られた動的強度より安定解析を行うことで降伏震度を算出し、ニューマーク法により 滑動変形量を算出して²⁾飽和度の違いが盛土斜面の変形に及ぼす影響を評価した.図-1 に円弧すべりの模式図を 示す.円弧すべり土塊の運動方程式は次式で与えられる.

$$\ddot{\theta} = \left(M_{DW} + M_{DKH} - M_{RW} - M_{RKH} - M_{RC} - M_{RT}\right)/J = \Delta M/J \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

ここで、 :回転角、J:慣性モーメント、M_{DW}:自重による滑動モーメント、M_{DKH}:地震慣性力による起動モーメント、M_{RKH}:自重による抵抗モーメント、M_{RKH}:地震慣性力による抵抗モーメント、M_{RC}:粘性力による抵抗モーメント、M_{RT}:補強材力による抵抗モーメントであり、各項はそれぞれ次式で与えられる.

$$M_{DW} = \sum x_g \cdot W$$

$$M_{DKH} = k_h M_{DK} = k_h \sum y_g W$$

$$M_{RW} = R \sum (W - bu) \cos \alpha \tan \phi$$

$$M_{RKH} = -k_h M_{RK} = -k_h \sum W \sin \alpha \tan \phi$$

$$M_{RT} = R \sum T \{ \sin(\alpha + \beta) \tan \phi + \cos(\alpha + \beta) \}$$

$$M_{RC} = R \sum c \cdot l, J = \sum \left(J_G + \frac{1}{g} W R_G^2 \right)$$

次にニューマーク法による滑動変位量の算出方法は、線形加速度 法を用いて式(1)を数値積分することにより回転角 θ を計算し、臨界 すべり面に対する円弧半径Rからすべり土塊の滑動変位量 $\delta(= R \cdot \theta)$ を算出する.

$$\begin{aligned} \ddot{\theta}_{t} &= \left(k_{h}(t) - k_{y}\right) \left(M_{DK} + M_{RK}\right) / J \\ \dot{\theta}_{t+\Delta t} &= \dot{\theta}_{t} + \left(\ddot{\theta}_{t} + \ddot{\theta}_{t+\Delta t}\right) \Delta t / 2 \\ \theta_{t+\Delta t} &= \theta_{t} + \dot{\theta}_{t} \Delta t + \left(2\ddot{\theta}_{t} + \ddot{\theta}_{t+\Delta t}\right) \Delta t^{2} / 6 \end{aligned}$$

ここで、M_{DK}:地震慣性力による基準滑動モーメント、M_{RK}:地震抵抗 力による基準抵抗モーメントJ:慣性モーメント、:回転角である. 3.解析ケース

解析対象とした盛土の条件図を図-3 に示す.盛土の条件については、新潟県中越地震の際の降雨状況等を加味



図-2 滑動変位量の計算モデル

し、模型盛土降雨実験の実験結果や解析結果 34)を参考に飽和度分布を決定した.盛土部分 (まさ土)の強度定数は c=0、 φ=38°を用い ている.図-4に安定計算に使用した動的強度 比と初期せん断応力比の関係を示す.なお動 的強度の定義として、初期せん断応力を作用 させた場合は、ピーク軸ひずみ。=5%、作用 させていない場合は、軸ひずみ両振幅 04=5% を用いて整理した.動的強度曲線は実験より 得られた結果を基に次に示すパラメータを 用いて求めた. 。は初期せん断応力、 sf は排水せん断強度($\tau_{sf}=c' + \sigma_n'tan\phi'$)、 τ_{df} は動 的強度(τ_{df}=τ₀+τ_d)である. 今回解析に用いた 地震波は、新潟県中越地震の際、長岡市で観 測された地震動とした.なお、入力地震波の 最大加速度は 369Gal である.

<u>4.解析結果</u>

図-5 にニューマーク法による解析から得 られた滑動変位量の時刻歴を示す.図より飽 和度100%の領域が多い盛土のケースほど、 滑動変位量も大きくなっていることが分か る.すべての条件において、地震動が最大加

速度を記録する 6 秒付近から滑動変位が発生していることが 分かる.図-6 に最大加速度と滑動変位量の関係を示す.これ も飽和度 100%の領域が多くなるにつれて、滑動変位量も大 きくなる傾向にあることが分かる.これらの結果より、降雨 による地下水位の上昇は、滑動変位量に大きく影響を及ぼす ことが明らかとなった.

<u>5.まとめ</u>

降雨による地下水位の上昇やそれに伴う飽和度変化が、滑 動変位量に影響を与えることが確認された.このことより、 降雨時の地下水位上昇を考慮し、盛土内の水位上昇を抑える ことで盛土の安定性を向上できると考えられ、降雨や地下水 位を考慮した安定設計が重要になってくるといえる.

<u>参考文献</u> 1)佐々恭二ら:2004 年新潟県中越地震による斜面災 害,京都大学防災研究所年報 第 48 号 A, pp.1-20, 2005.2) 富士通エフ・アイ・ピ株式会社: COSTANA - 斜面安定計算シス テム使用マニュアル,2005.3)村石尚ら:排水ブランケットに 関する模型盛土降雨実験 土木学会第 46 回年次学術講演会

-79 p180-181.4) 朱ら:降雨浸透が盛土の斜面崩壊に及ぼす 影響 土木学会論文集 No.541 -35,99-108,1996



