初期値境界値問題における地表面水理境界による降雨表現の検討

JFE エンジニアリング(株)	正会員	櫻井	健一		
神戸大学大学院自然科学研究科	学生会員	藤川	和彦	汪	偉川
神戸大学工学部	国際会員	河井	克之	飯塚	敦

<u>1.はじめに</u>:

降雨による地盤への水の流入によって土構造物が劣化,破壊に至る事故が多く報告されている.これらの構造物の 多くの場合は,初期には不飽和状態にあったものが,雨水の浸入により飽和度を増し,ひずみの蓄積と共に劣化してい くと考えられる.近年,不飽和土の構成モデルを用いた数値解析手法がいくつか開発され,その変形挙動をある程度予 測することができるようになったが,降雨の効果を如何に表現するかが問題となっている.本研究では解析で降雨を表 現する際に問題となる地表面の水理境界について検討する.土槽を用いた藤川の降雨試験<sup>1)</sup>をシミュレートし,地表 面には水頭境界及び流量境界条件を与え,比較を行う.解析には不飽和土/水連成有限要素解析プログラム (DACSAR-U<sup>2)</sup>)を用いた.

## <u>2.解析条件</u>:

図-1 に示すような土槽試験を模擬した解析メッシュを用いる.

- ·要素数:4cm×4cmを105要素,1cm×4cmを80要素の計185要素
- ・材料定数:材料定数は基本的に室内試験から得られた結果を用いている.表-1に材料定数を示す.
- ・変位境界:土槽上端と左右側面部は水平方向固定,土槽下端で水平方向,鉛直方向共に固定.
- ·初期条件:初期サクションは実験結果<sup>1)</sup>から判断して土槽全体で 0.1(tf/m<sup>2</sup>)とした.
- ・水理境界: 土槽下端は排水境界とし, 土槽の両側面部は非排水境界とする. 土槽 上端は水頭境界を与える場合と, 流量境界を与える場合を行った.

下端面の全水頭を変化させて藤川の降雨試験と同じように降雨前の水位上昇・下降段 階を模擬した.降雨の表現には,水頭境界を与えるケースでは藤川の降雨試験の結果よ り推定した上端面水頭増分と降雨強度の関係式を用い,流量境界では降雨強度に相当 する流量を上端面境界に与えた.



表-1 材料定数一覧

λ	κ	М	ν	$k_x$		$k_{y}$	
0.1389	0.0069	1.400	0.3	10.16	36.26	10.16	36.26
$A_d$		$B_d$		$A_{w}$		$B_w$	
3.449	4.036	1.578	2.213	3.902	3.513	1.515	1.532
S	r0		S <sub>rf</sub>	а	S <sub>w</sub>	R	т
0.0	)45		1.0	20	0.018	0.00092	0.548

(表中の $A_d$ , $B_d$ , $A_w$ , $B_w$ の値はサクションs(kPa)に対する値である)

<u>3.解析結果と考察</u>:

降雨強度 30mm/hのケースの実験と解析結果を 図-2に示す.図-1の各要素の位置における間隙水 圧の降雨開始からの時間変化を表しており,上段 が実験結果,中段が水頭境界を与えた結果,下段 が流量境界を与えた結果である.実験と同じように 解析でも上の要素から順番に間隙水圧が増加し ており,水頭境界と流量境界のどちらを与えても降 雨浸透を表現できている.また実験では降雨強度 が大きくなると浸透速度が大きくなるが,解析では その傾向は見られなかった.水頭境界条件を与え たケースの地表面及び上端要素の全水頭から動 水勾配を算出し,流入水量を求め,図-3 に示す.降

## Keyword 降雨,水理境界,土槽試験 連絡先 神戸大学工学部建設学科 飯塚敦



図-1 解析メッシュ図



している.想定降雨強度が大きくなるほど 収束流入量も大きくなっている.図-4 は収 束流入量を実験と比較したもので,図-5 は 流量境界を与えた場合の地表面間隙水 圧変化量の実験値との比較を表している. 増加傾向は表れているものの,水頭境界 を与える場合,流量境界を与える場合で 共に降雨強度が大きくなるほど実験値と の差も大きくなっていることが分かる.

また図-6 は実験と解析の降雨開始及 び降雨浸透後の定常状態の間隙水圧分 布を比較したもので上段が水頭境界を与 えた場合、下段が流量境界を与えた場合 の結果となっている、どちらの境界条件を 与えた場合も、降雨強度の増加に伴い水 圧変化量が大きくなっているが、10mm/h の降雨強度を想定した図からは下段の流 量境界を与えた場合の方が実験結果に 近く、20,50mm/hの降雨強度を想定した図 からは上段の水頭境界を与えた場合の 方が実験結果に近いと考えられる.従っ て,間隙水圧分布の変化をみると,小さな降 雨強度の表現には流量境界,大きな降雨強 度の表現には水頭境界を与えたケースの方 が実験結果に近いといえる.



図-6 降雨開始時と降雨浸透後の定常状態の間隙水圧分布

## <u>4.まとめ</u>:

- (1) 藤川の実験で得られた降雨強度~地表面間隙水圧増分の関係を用い,水頭境界条件又は流量境界条件で実験のシミュレーションを行い,降雨浸透の際の上層から順に間隙水圧・飽和度が増加する現象を 表現できた.
- (2) 実験結果と間隙水圧分布を比較して,低降雨強度の雨には流量境界を,高降雨強度の雨には水頭境界 を与えた方がよい結果を得られた.

## 参考文献:

- 1) 藤川ら:降雨に伴う実験土槽内の飽和度・サクション変化,神戸大学学位論文.2003
- 2) 西田博文:不飽和土の土/水連成解析,神戸大学大学院自然科学研究科修士論文.1999