

6. 植生

植生分析為三部分，分別為草本、木本與無植生。木本為基準樣本，採用相思樹作為模擬；草本則使用水土保持植物培地茅作為模擬對象。相思樹為甚佳造林樹種，可種植於山坡區位，可在貧瘠、乾燥、堅硬的土壤中生長。其根系可改善土壤與減少沖蝕。培地茅為新興水土保持植物，可快速生長，並且有深長的根部。

CHASM 程式中可選擇植生型態，本研究即選用其「相思樹」與「培地茅」之植生選項進行分析。

結果與討論

本研究擬訂六種環境因子，共十九個案例，利用 CHASM 模擬得孔隙水壓及含水量，以 MATLAB (Palm, 2005) 進行後處理，求得

降雨時期孔隙水壓及含水量之變化，如圖 9 ~ 圖 16 所示。本研究任選第 5 小時為基準，其他各小時與第 5 小時孔隙水壓之差即為變化量。藍色區域之變化量為正值代表孔隙水壓增加，並以此藍色區域比較入滲深度之變化，虛線為入滲深度底線，單位為公尺。本研究以「四級坡、砂土、喬木、中鋒、大雨」為基準案例，分析不同環境因子對入滲之影響，所得結果如表 3、表 4 所示。

一、降雨量

「大豪雨」>「大雨」。土壤含水量未達飽和前，入滲量與降雨量成正比。由表 4 可看出大豪雨為入滲深度差異最大者，但其入滲深度差異卻隨時間而逐漸變慢，主要原因為土壤含水量增加導致入滲容量降低，因此入滲深度逐漸下降。

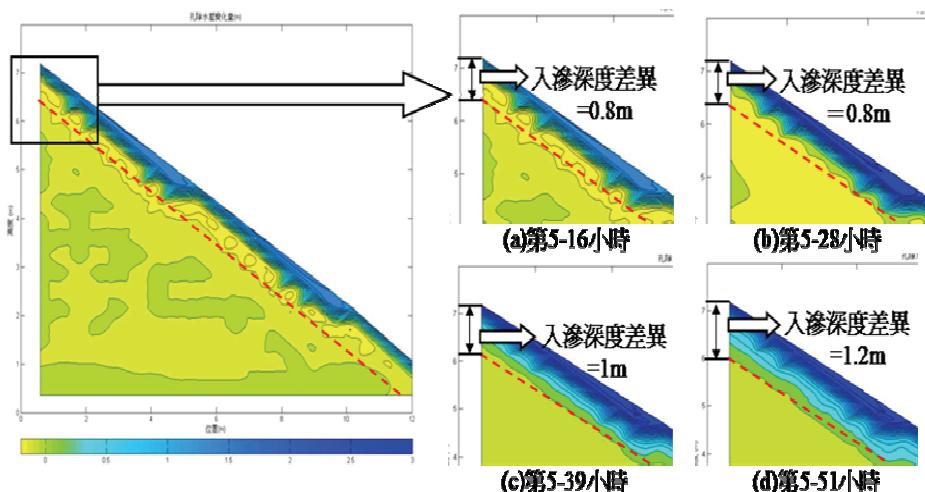


圖 9 基準案例第 5 小時與 16 小時
 孔隙水壓水頭變化(單位 m)

Figure 9 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the standard case (Unit: m)

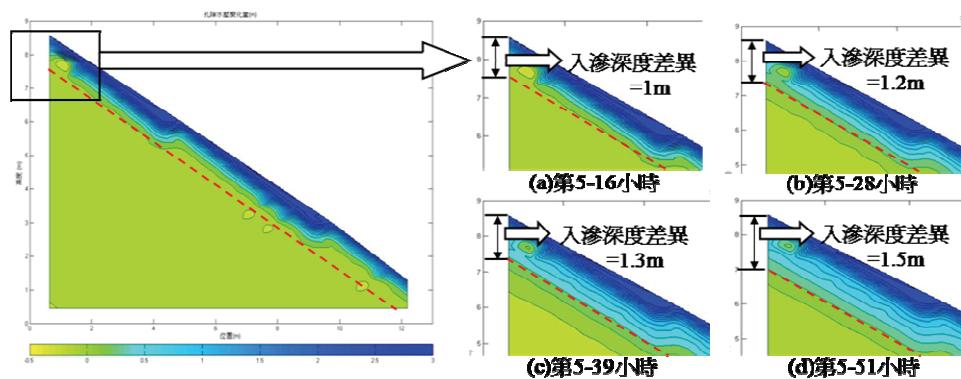


圖 10 前鋒案例第 5 小時與 16 小時孔隙水壓水頭變化(單位 m)

Figure 10 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the case of the peak at the first section

(Unit: m)

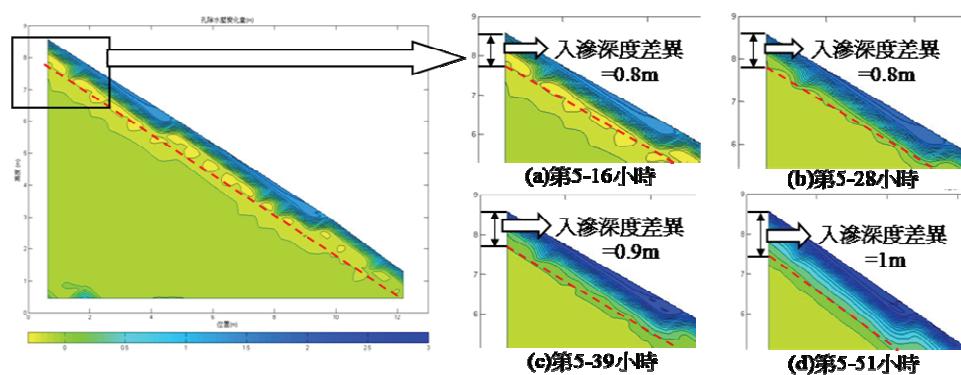


圖 11 後鋒案例第 5 小時與 16 小時孔隙水壓水頭變化(單位 m)

Figure 11 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the case of the peak at the third section (Unit: m)

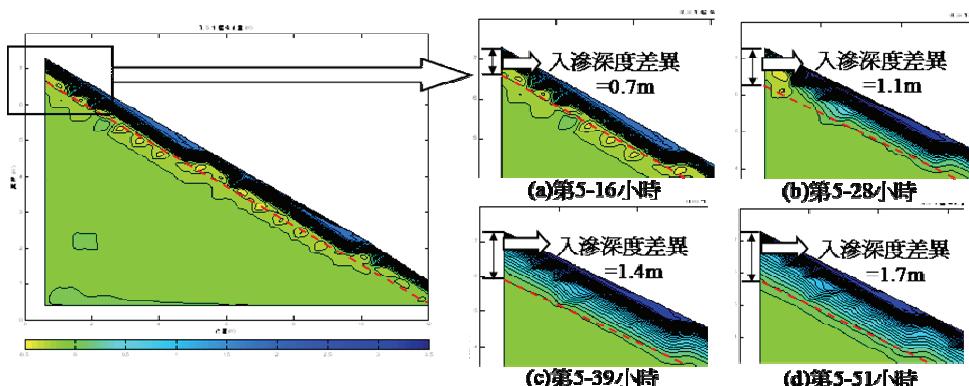


圖 12 大豪雨案例第 5 小時與 16 小時孔隙水壓水頭變化(單位 m)

Figure 12 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the case of torrential rain (Unit: m)

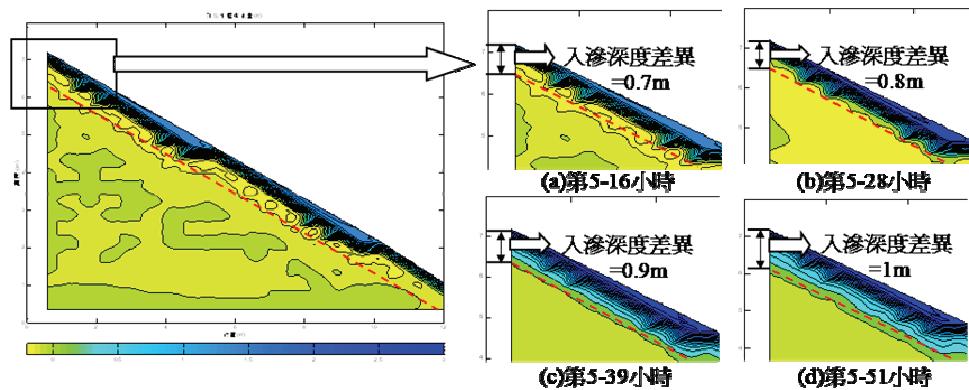


圖 13 草本案例第 5 小時與 16 小時孔隙水壓水頭變化(單位 m)

Figure 13 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the case of herbaceous vegetation(Unit: m)

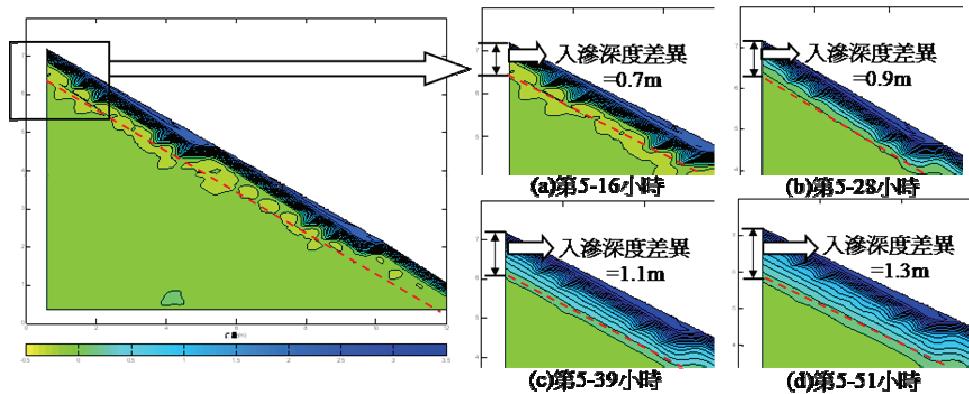


圖 14 無植生案例第 5 小時與 16 小時孔隙水壓水頭變化(單位 m)

Figure 14 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the case without vegetation (Unit: m)

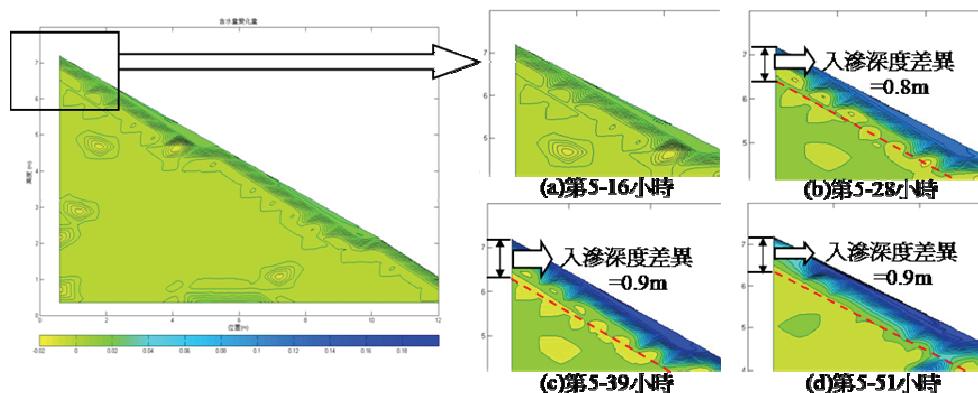


圖 15 壤土案例第 5 小時與 16 小時含水量變化(單位 m)

Figure 15 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the case of silt (Unit: m)

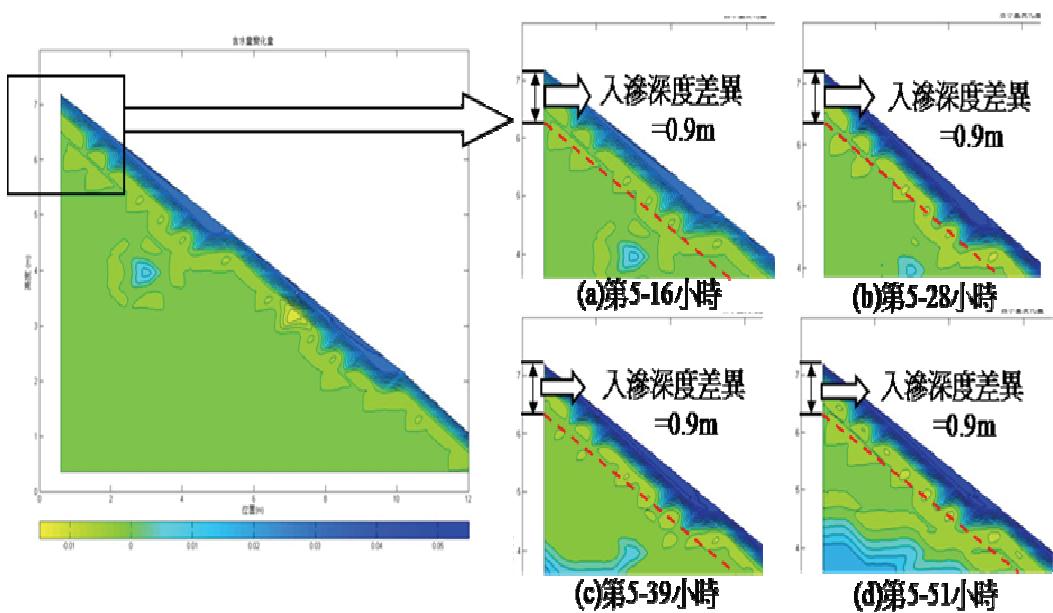


圖 16 粘土案例第 5 小時與 16 小時含水量變化(單位 m)

Figure 16 Difference between 5th hour and 16th hour in pore pressure distribution for the case of clay
(Unit: m)

表 3 各小時降雨之入滲深度差異 (m)

Table 3 Difference in infiltration depth for rainfall of every hour (m)

	第 5-16 小時	第 5-28 小時	第 5-39 小時	第 5-51 小時
砂土、中鋒、喬木 (基準案例)	0.8	0.8	1	1.2
前峰	1	1.2	1.3	1.5
後峰	0.8	0.8	0.9	1
大豪雨	0.7	1.1	1.4	1.6
無植生	0.7	0.9	1.1	1.3
草本	0.7	0.8	0.9	1
礫石	-	-	-	-
坋土	0	0.8	0.9	0.9
粘土	0.9	0.9	0.9	0.9

表 4 各案例單位時間內之入滲深度差異(m)
Table 4 Difference in infiltration depth per unit time for specified cases

	(第 16 小時)	(第 28 小時)	(第 39 小時)
	-	-	-
	(第 28 小時)	(第 39 小時)	(第 51 小時)
砂土、中鋒、喬木(基 準案例)	0	0.2	0.2
前峰	0.2	0.1	0.2
後峰	0	0.1	0.1
大豪雨	0.4	0.3	0.2
無植生	0.2	0.2	0.2
草本	0.1	0.1	0.1
礫石	-	-	-
坋土	-	0.1	0
粘土	0	0	0

二、雨型

在相同降雨延時之入滲深度為「前鋒」>「中鋒」>「後鋒」。由黃皇嘉(2005)之研究中可知，乾燥土壤與潮濕土壤若欲達相同入滲深度，則乾燥土壤所需之降雨量較多。從雨型案例得知，雖降雨量相同，但其結果顯示前峰入滲深度比中峰及後峰深。就同一時間而言，比起中峰及後峰，前峰型土壤更為潮濕，因此於相同之降雨量時，前峰入滲深度最深。

三、坡型

坡型變化轉折處(緩變陡或陡變緩)，發現其入滲深度較深。其中又以山邊溝入滲深度最深。

四、坡度

較難比較其差異。

五、土壤質地

地表入滲深度以「礫石」>「砂土」>「坋土」>「粘土」。進一步探討土壤質地對水分移動之影響，發現降雨僅一段時間後，礫石質地的水分已完全入滲至底層且蓄積於底層。砂土與坋土之入滲水分除蓄積於淺層地帶外，入滲深度差異仍會隨時間而變化。粘土入滲水分則集中於淺層地帶，入滲深度差異無變化，顯示其粘土質地的入滲能力差。

六、植生

結果發現入滲深度為「無植生」>「喬木」>「草本」。因植生可減少有效降雨且根系具吸收水分之能力，使水分蓄積於淺層而降低入滲深度。又草本植物之根系相較於木本淺，因此草本之入滲深度最淺。顯示植物之根系分布情形對土壤穩定有重要影響。

結論

本研究主要以 CHASM 探討水分移動於邊坡與各項環境因子之影響，研究結果如下，CHASM 參數分析中以「坡型因子」及「土壤質地」此二因子對入滲深度之影響較明顯，坡型因子中以「山邊溝」入滲之深度最深，「凹坡」及「凸坡」則是在地形轉折處(緩變陡或陡變緩)有較大入滲深度。土壤質地對地表入滲深度以「礫石」>「砂土」>「壤土」>「粘土」。從本研究知現地經過坡地保育處理(山邊溝、植生)有助於增加入滲量，驗證坡地保育處理的實用性。

CHASM 模擬成果合理，但由於最終結果圖與歷時資料無法輸出，需耗費大量人力與時間擷取數據，影響後續成果分析，若 CHASM 程式未來能再作改良，將可獲得更佳歷時資料的結果以利探討。

致謝

本研究承行政院農委會水土保持局研究計畫之部分支持，並對鄭旭涵先生與陳美珍小姐在研究課題上建設性之建議，表達感謝之意。

參考文獻

1. Collison, A. J. C. and Anderson, M.G. (1996) "Using a combined slope hydrology/stability model to identify suitable conditions for landslides prevention by vegetation in the humid tropics" ,Earth Surface Processes and Landforms(21), 737-747.
2. Kulhawy, F.H. and Mayne, P.W. (1990) "Manual on estimating soil properties for foundation design",Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif., Report EL-6800.
3. Wilkinson, P. L., Brooks, S. M. and Anderson, M.G.(2000) "Design and application of an automated non-circular slip surface search within a combined hydrology and stability model (CHASM)" ,Hydrological processes(14), 2003-2017.
4. Wilkinson, P. L., Anderson, M.G., Lloyd, D.M. and Renaud J.-P. (2002) "Landslide hazard and bioengineering: towards providing improved decision support through integrated numerical model development", Environmental Modelling & Software(17), 333–344.
5. Wilkinson, P.L., Anderson, M.G. and Lloyd, D.M. (2004) "An integrated hydrological model for rain-induced landslide prediction" ,Advances in Environmental Research(8), 379–386.
6. William J.Palm III(2005) 「MATLAB 7 在工程上的應用」，美商麥格羅·希爾國際股份有限公司 台灣分公司。
7. 林俐玲、蔡義誌、林軍豪(2008)「草類覆蓋區的土壤水垂直分布特性」，水土保持學報，40(1):93-107。
8. 黃皇嘉、溫志超、謝孟益(2005)「穩態與非穩態降雨的入滲效應之研究」，農業工程學報，51(1)：34-45。

水土保持學報 42(1) : 123-136 (2010)
Journal of Soil and Water Conservation, 42(1) : 123-136 (2010)

9. 石棟鑫(2001)「台灣地區颱風雨降雨型態之分析研究」國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
10. 農委會水土保持局(2007)「水土保持手冊」，農委會水土保持局。
11. 農委會水土保持局(2003)「水土保持技術規範」，農委會水土保持局。

98年08月27日收件

98年08月29日修改

98年11月19日接受