

下分析，其抵抗承載力破壞之安全係數約為20，這表示堤防基礎不太可能會發生承載力破壞。因此，本機制的分析重點在於堤防基礎的滑動和傾倒破壞上。

為了解堤內外的水位變化對堤防基礎穩定性的影響，本研究變化堤內外水位之高度，並考慮水位在堤內外兩側不同時進行之滲流分析，以確定堤防基礎下的孔隙水壓力分佈。水位分佈部分，本研究假設其堤內水位高於或等於堤外水位。堤防基礎上的作用力包括：(1)來自堤內的主動土壓力，(2)來自堤外的被動土壓力（雖然堤外大多為回填夯實材料，為了保守起見，本研究假設被動土壓力仍然存在），(3)堤防基礎兩側的水壓力，其水壓力取決於對應的水位，及(4)來自堤防基礎底部的上舉力，這是孔隙水壓力作用在不透水堤防基礎底部邊界上所導致的，圖十顯示堤防基礎的幾何斷面圖。

圖十三(a)和圖十三(b)的結果顯示了堤防基礎穩定性在現地土壤摩擦角各為 $35^\circ$ 和 $45^\circ$ 時之抗滑動安全係數隨水位變化之值。圖十三說明了升高堤內外兩邊的水位會降低抗滑的穩定性，但增加堤外的水位（ $h_2$ ）對於安全係數之影響，相較於堤內水位（ $h_1$ ）的變化就較不敏感。當堤外水位接近堤防頂部（即達到9-10.7公尺）時，其抗滑動安全係數的變動範圍在1.2到1.4之間。整體而言，安全係數

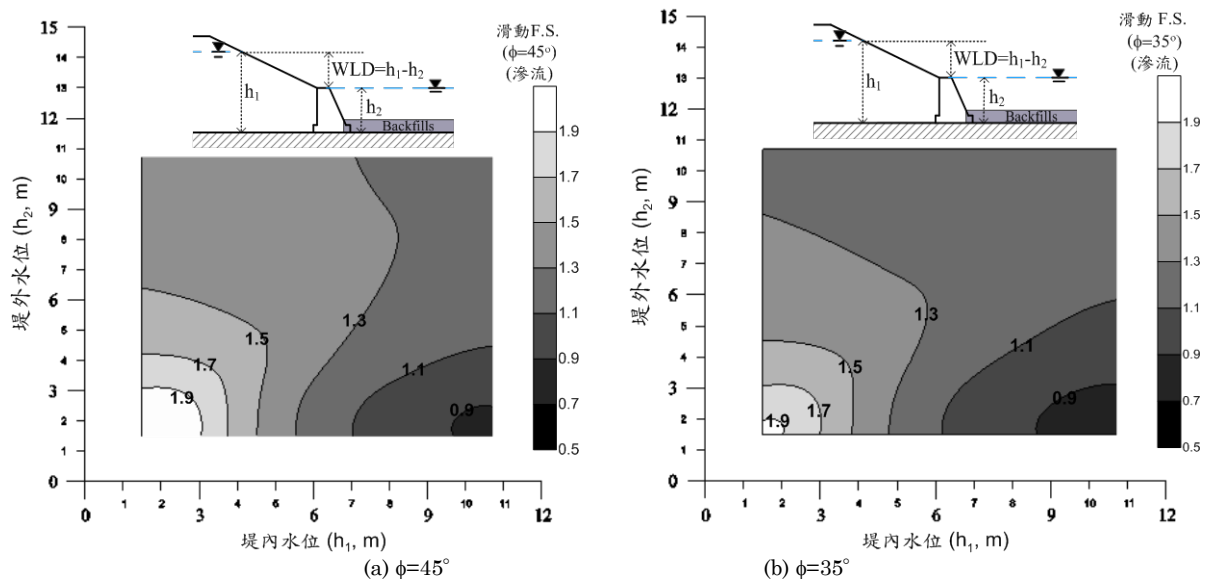
的變化會在以下的水位狀況時最為敏感(變化最劇烈)：

(狀況1) 堤內水位:3.5-4.5公尺，堤外水位3.5-5公尺 → 穩定狀態；

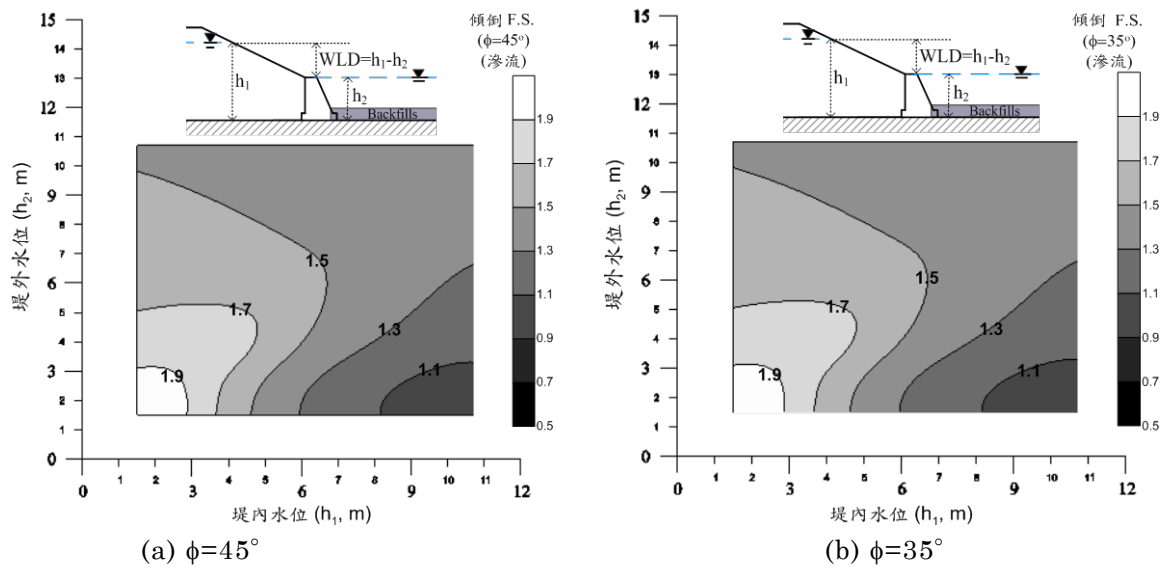
(狀況2) 堤內水位:6-10.5公尺，堤外水位1.5-6.5公尺 → 臨界狀態。抗滑動安全係數在狀況(1)均大於1.5，顯示出堤防基礎在抗滑動部分，仍處於一個穩定的狀態，即使安全係數變化較為劇烈，但都屬於安全的範圍。因為堤防兩側的水位是在相對水位較低的範圍內，因此，此水位範圍下堤防並不會產生滑動破壞。

在狀況(2)中，顯示了相對較高的水位和 水位差，當兩側水位接近堤防頂部時，抗滑安全係數大約是1.2-1.3，這是抗滑動安全係數可接受的下限值。然而，堤外的水位開始下降到4至5公尺時，其安全係數就會開始下降到約1至1.1的值，即達到堤防基礎的臨界破壞狀態，可能會發生滑動破壞。

圖十四顯示了水位變化對抗傾倒破壞之安全係數之影響，由圖中色塊範圍得知，堤內水位變化時所對應的抗傾倒安全係數差異會比堤外水位變化時較為明顯。同樣的，當堤外水位靠近堤頂時，對應的安全係數總是 大於1.3，但當堤內的水位接近堤頂，堤外的水位而開始退去，對應的抗傾倒安全係數會下降到1.1~1.2，就傾倒安全係數而言，當堤內的水



圖十三 不同的摩擦角下，水位對於堤防基礎的滑動安全係數之影響



圖十四 不同的摩擦角下，水位對於堤防基礎的傾倒安全係數之影響

表二 在不同破壞機制與水位的情況下之安全係數( $\phi=45$ )

水位 (堤內-堤外)	邊坡穩定 (無滲流) (可允許FS=1.5)	邊坡穩定 (滲流) (可允許FS=1.3)	擋土牆 滑動破壞 (可允許 FS=1.3)	擋土牆 傾倒破壞 (可允許FS=1.3)
8.5-8.5 (SD=1.5)	2.42	—	—	—
5-5 (SD=1.5)	2.08	—	—	—
3.5-3.5 (SD=1.5)	1.94	—	—	—
10.7-8.7 (WLD=2)	—	<u>1.19</u>	<u>1.26</u>	1.33
10.7-6.7 (WLD=4)	—	<u>1.13</u>	<u>1.19</u>	<u>1.27</u>
10.7-4.7 (WLD=6)	—	<u>1.19</u>	<u>1.09</u>	<u>1.19</u>
9.5-7.5 (WLD=2)	—	<u>1.18</u>	<u>1.26</u>	1.35
9.5-5.5 (WLD=4)	—	<u>1.23</u>	<u>1.18</u>	<u>1.28</u>
9.5-3.5 (WLD=6)	—	1.33	<u>1.06</u>	<u>1.17</u>
8.5-6.5 (WLD=2)	—	1.33	1.30	1.41
8.5-4.5 (WLD=4)	—	1.39	<u>1.20</u>	1.33
8.5-2.5 (WLD=6)	—	1.42	$\leq 1.0$	$\sim 1.0$

位為6~10.7公尺，以及堤外水位範圍在3至5公尺之情況下，基礎傾倒的安全係數是不可接受的，其值總是小於1.2，而就以上之分析結果而言，雖然有某些水位狀況會導致更低的安全係數，但堤防基礎可能在堤內高水位，堤外水位初降時即產生破壞。

比較堤防基礎滑動和傾倒破壞的安全係數以及其對應之水位高，可以發現堤防基礎之滑動破壞比傾倒破壞更容易產生。比較相同水位下之抗滑動和抗傾倒破壞安全係數，可以發現抗滑動的安全係數總是小於抗傾倒的安全係數。在極端水位的情況下，當堤內水位靠近堤頂和堤外水位減退到相對較低的位置時，其對應的滑動破壞安全係數常小於傾倒破壞安全係數。

#### 四、舊寮一號堤防的破壞機制

本研究探討的破壞機制分為以下四種情形：

- (1) 機制1：靜水壓力下之邊坡穩定性；
- (2) 機制2：滲流與邊坡穩定耦合分析；
- (3) 機制3：堤防基礎滑動破壞；
- (4) 機制4：堤防基礎傾倒破壞(機制三與四皆考慮滲流造成之孔隙水壓力變化)

表二整理了上述各種機制在水位變化時的安全係數。對於各種可能的破壞狀況，其可接受的安全係數如下：堤防基礎穩定(包括抗滑動以及抗傾倒破壞)安全係數約為1.5。在靜水壓力情況下的邊坡穩定，可允許的安全係數