



『智慧安全城市』

—坡地防災與河床沖刷監測之研究

報告人：蕭興臺
中華民國 104 年11月13日





『智慧安全城市』-- 坡地防災與河床沖刷監測之研究

目 錄

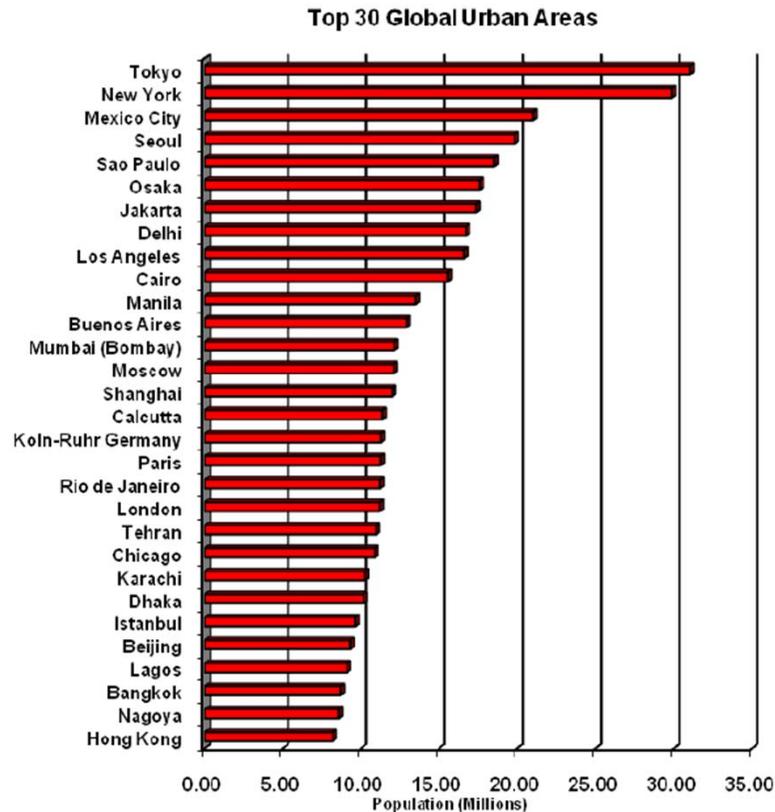
- 壹、智慧安全城市
- 貳、坡地災害(入滲濕峰)
- 參、河床沖刷(可撓性鋼索)
- 肆、智慧環境安全與防災系統



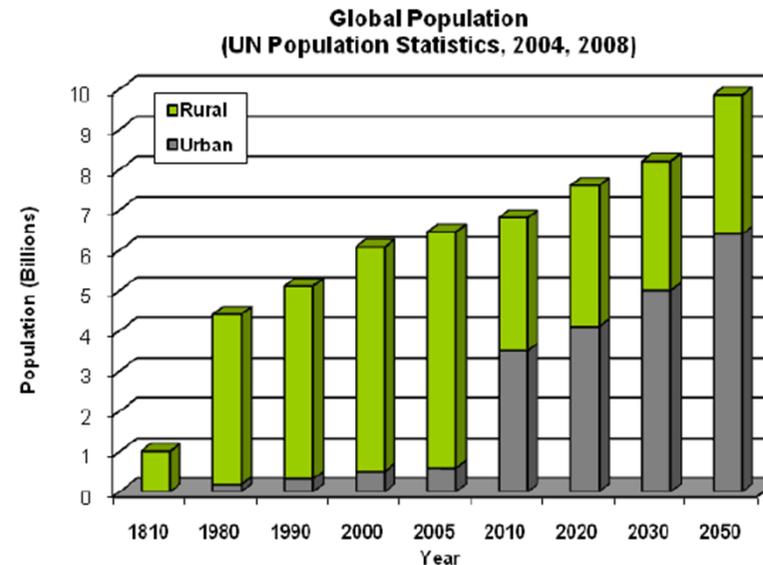
壹、『智慧安全城市』--人口向城市集中

聯合國：預測 2050 年 70% 人口集中於都市(60億人)

Mega-City → Smart City(智慧城市)



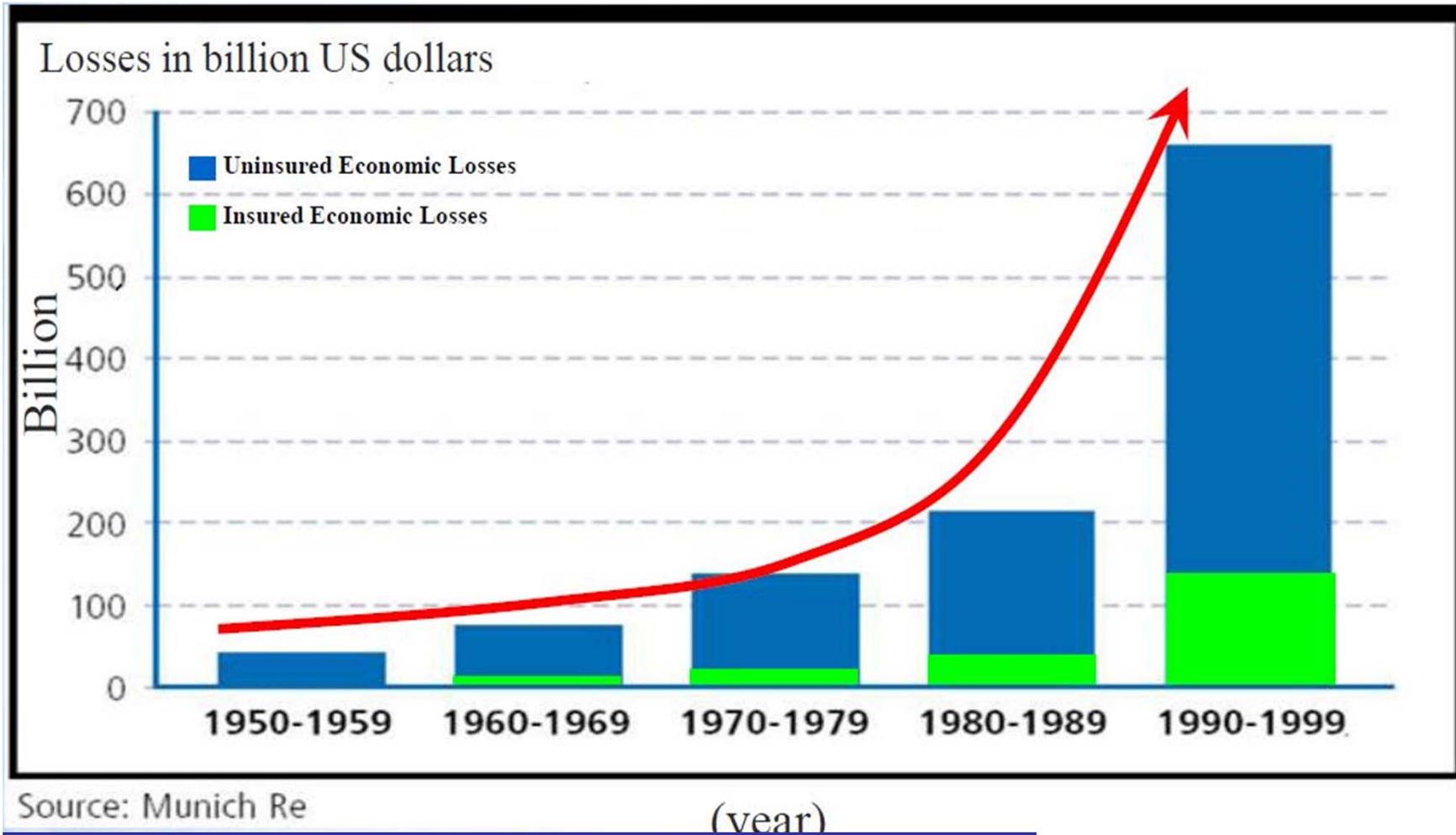
Source: United Nations Population Estimates, 2008





壹、『智慧安全城市』--

災害對全球造成的經濟損失



資料來源: 台大許銘熙教授 “我國災害防救科技研發與應用” 100/11/16



壹、『智慧安全城市』--各國趨勢

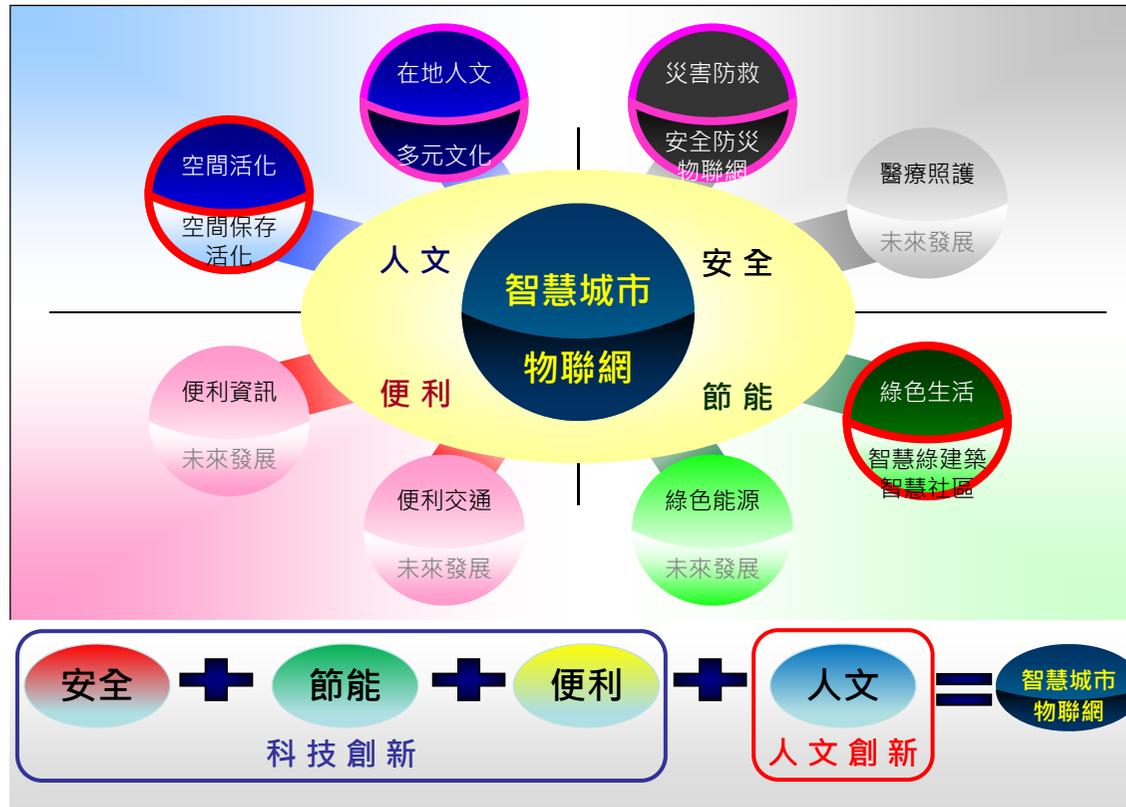
時間	政策方向	說明
2006	韓國	22「u-City」城市 主要內容：安全、便利、健康、舒適。
2011	歐盟	智慧城市架構 主要內容：智慧交通、智慧生活、智慧環境、智慧公共管理、智慧能源、及智慧經濟
2011	日本	經濟產業省規劃 智慧城市 主要內容：綠色電力能源、綠色生活及綠色交通
2011	台灣	經建會:2011年:APEC 智慧社區 倡議行動會議 主要內容:智慧運輸、智慧建築、智慧電網、智慧就業與消費 內政部建築研究所:2010年 主要內容:智慧綠建築、智慧社區、智慧城市
2011	大陸	「感知中國物聯網」十二五計畫，中國電信公司提出 智慧城市 主要內容:智慧交通、智慧通訊、醫療照護、環保、及安全防災



壹、『智慧安全城市』--四大功能、八個面向

各國智慧城市功能需求:安全、節能、便利(科技創新)

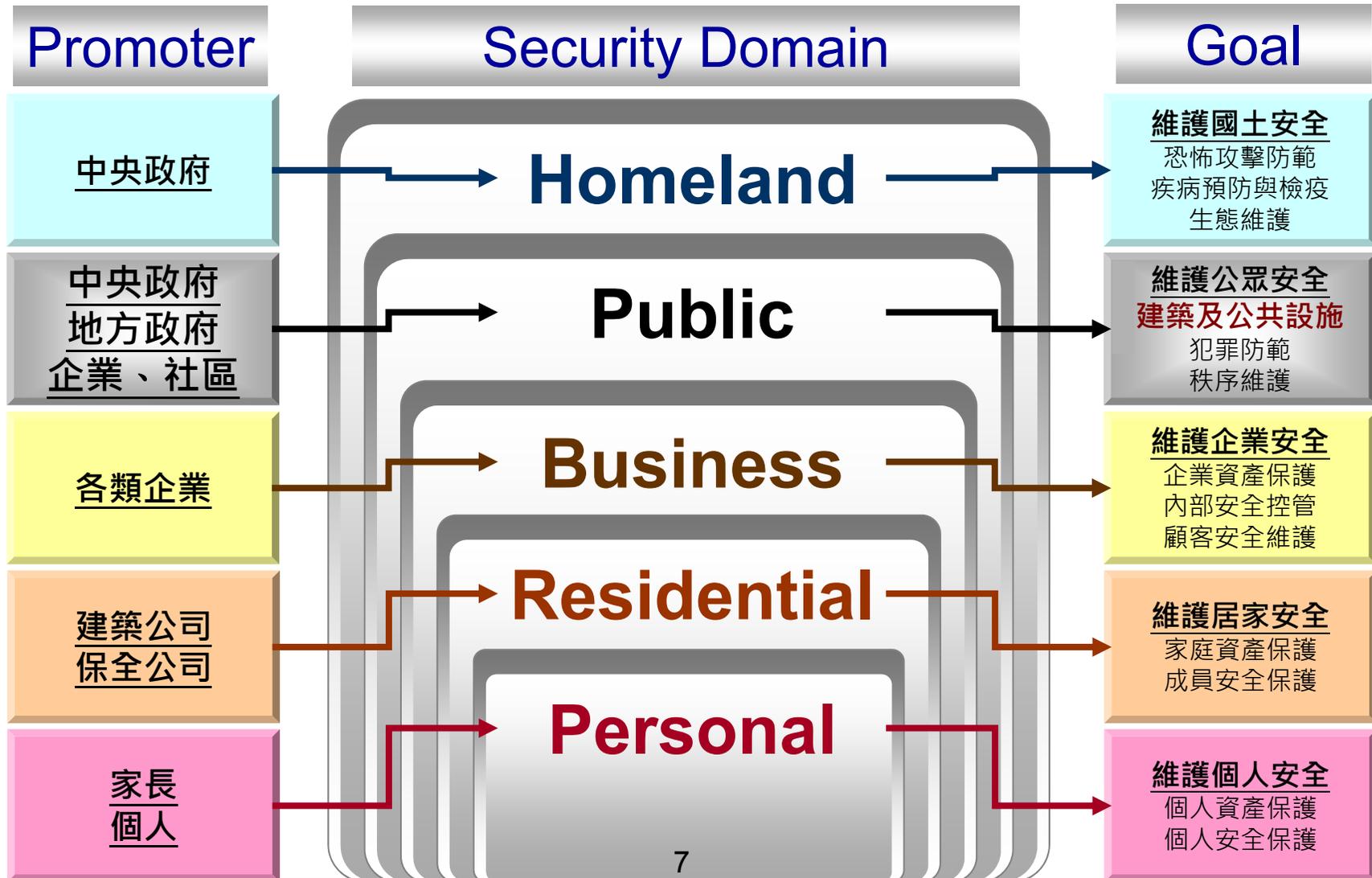
以人為本在地人文核心:在地人文(人文創新)

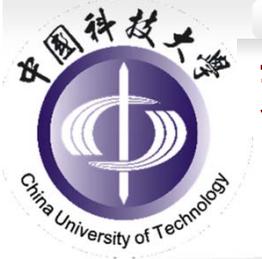




安全科技應用範圍與型態圖

【工研院/歐盟安全諮詢委員會 (ESRAB) 2006歸納】





貳、『智慧安全城市』--實例經驗

921震損結構物修復與補強計畫

1943：馬斯洛 (Abraham Maslow)
“人類動機理論/「人類需求五層級」”
生理、安全、歸屬、尊重及自我實現

新建之結構物
是否永遠安全?

新建工程技術
(1950 ~ 2000)

補強後之結構物
是否永遠安全?

1. 修復補強技術
2. 隔制震技術
(1999~2012)

結構物
是否一定安全?

防災監控技術
(國內2000~迄今)

九二一震後南投縣182所國民中小學校舍
結構補強專案計畫



委託單位：南投縣政府教育局
總計畫主持人：蕭興臺 博士 (中國科技大學土木系)
共同主持人：簡嘉義 博士 (中興大學土木系) 吳傳威 博士 (台北科技大學土木系)
韓茂樹 博士 (台北科技大學土木系) 潘乃欣 博士 (朝陽科技大學營建系)
游本志 博士 (中國科技大學土木系)



壹、『智慧安全城市』--災害案例

地震災害--117阪神地震、921集集地震、512四川地震、311福島海域

117阪神地震



921集集地震



512四川地震



311福島海域地震



117阪神地震



921集集地震



512四川地震



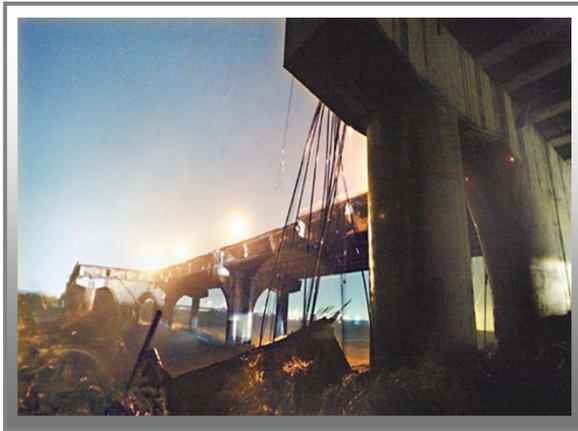
311福島海域地震





壹、『智慧安全城市』--災害案例

颱洪災害--辛樂克颱風(2008/08/09)、莫拉克颱風(2009/08/08)、梅姬颱風(2010/10/21)





壹、『智慧安全城市』--災害案例

火場災害

台中阿拉大火

100年3月6日



雲林六輕

101年7月25日



圓山飯店

84年6月27日



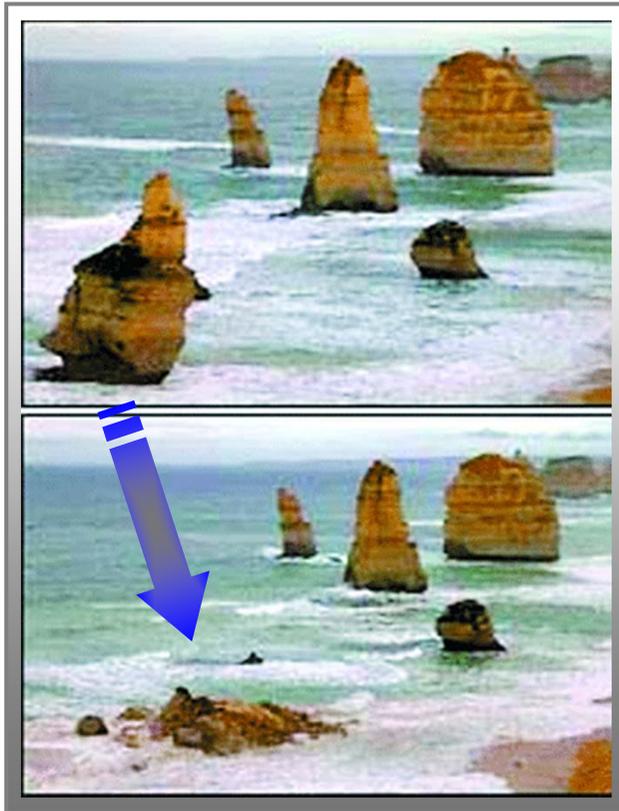
臺北草山行館

96年4月7日



壹、『智慧安全城市』--災害案例

無颱無震災害



時間: 2005/07/03 9:19
地點: 澳洲 “十二門徒岩”



時間: 1995/06/29
地點: 南韓首爾三豐百貨
結果: 501死亡



時間: 2007/08/01
地點: 美國35W高速公路
結果: 4死60傷30失蹤



時間: 2010/04/25
地點: 國道三七堵段
結果: 4死亡



時間: 2012/12/2
地點: 日本山梨縣笹子隧道
結果: 9死亡

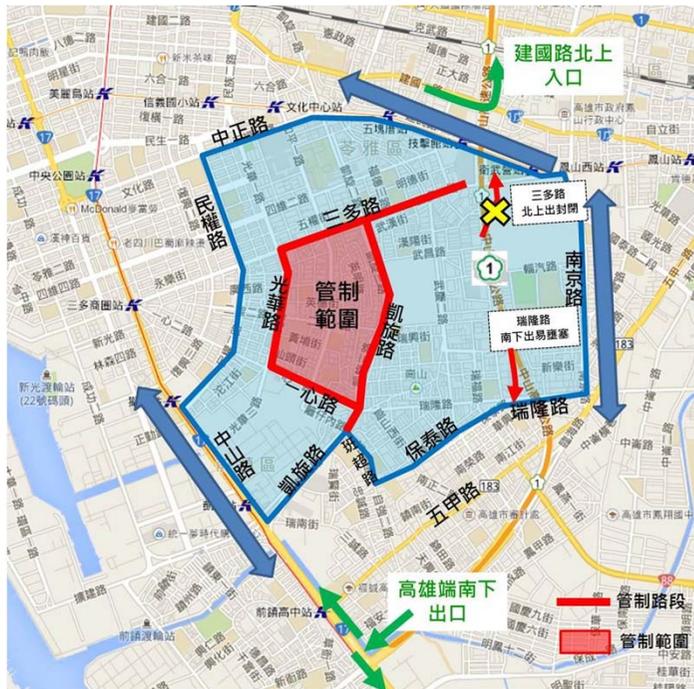
壹、『智慧安全城市』--災害案例

管線氣爆災害

時間:2014年7月31日23時

地點:高雄市前鎮、苓雅、小港

災情:32人死亡、321人受傷



災時

2014年7月31日

災後1年

2015年7月31日

壹、『智慧安全城市』--願景

智慧安全城市(Smart Safety City)



壹、『智慧安全城市』--物聯網技術架構





壹、『智慧安全城市』--討論

1. 天然災害，造成人命傷亡慘劇何其多？

地震、颱風、火山爆發等發生在**無人跡**之處，稱為**自然景觀**。

地震、颱風、火山爆發等發生在**有人跡**之處，則被稱為**災害**。

2. 安全與防災的邏輯→預測、監測、對策

(1)預測不准--人類知識有限

(2)必需監測--長期即時遠程

(3)應變對策--人命優先的安全防災策略

3. 城市安全防災整體解決方案→智慧安全防災系統(創新服務)

監測只是手段、防災才是目的



壹、『智慧安全城市』--服務功能

時間: 2013年 4月 20日上午8:02

地點: 四川雅安規模7.0地震災害

討論: (1)平時 提供安全預警功能

(2)災時 提供災情查報功能

(3)災後 提供受損診斷功能

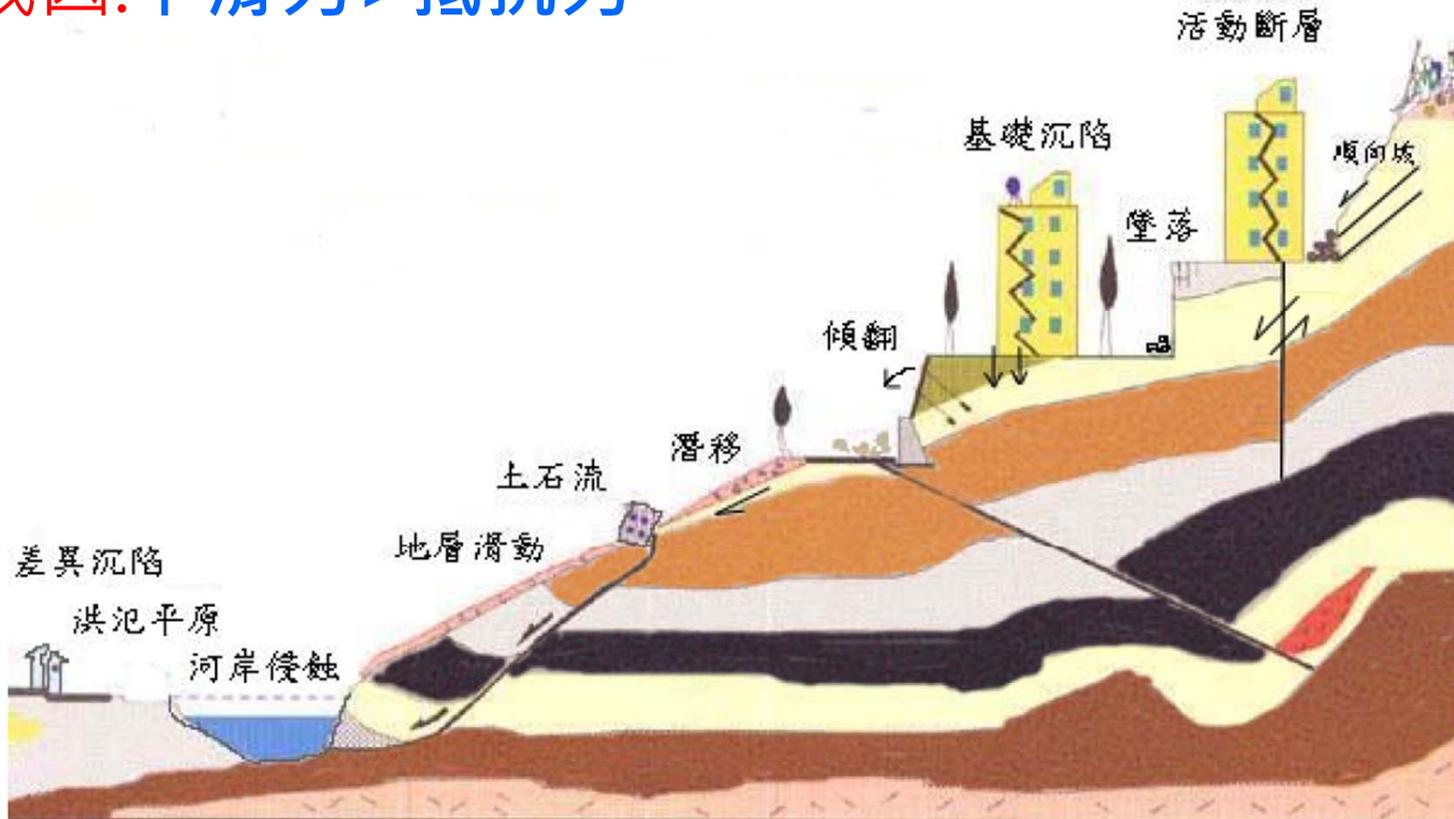
四川地震





貳、『坡地災害』--災害類型

運動成因:下滑力 > 抵抗力



資料來源:吳明淙國立空中大學

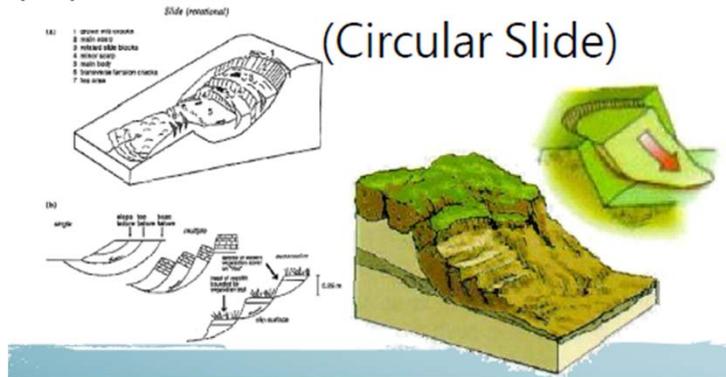
貳、『坡地災害』--易致災區



資料來源:吳明溟國立空中大學

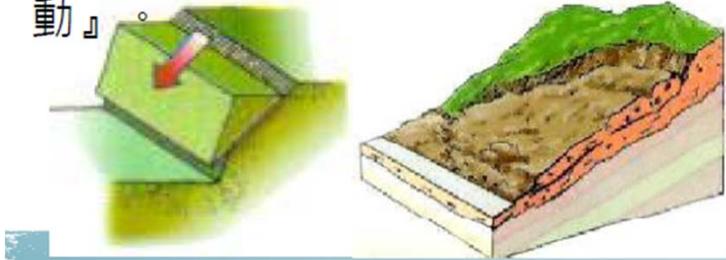
貳、『坡地災害』--地層滑動

(一) 地層滑動—圓弧形滑動



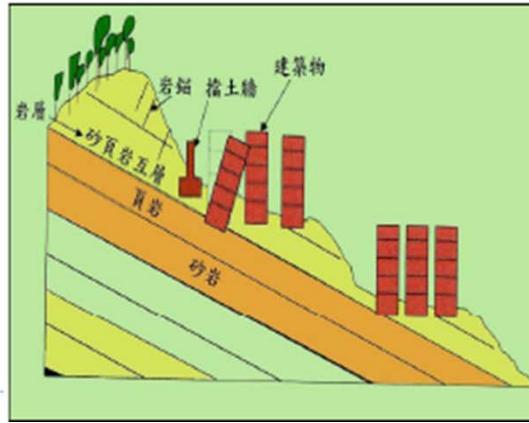
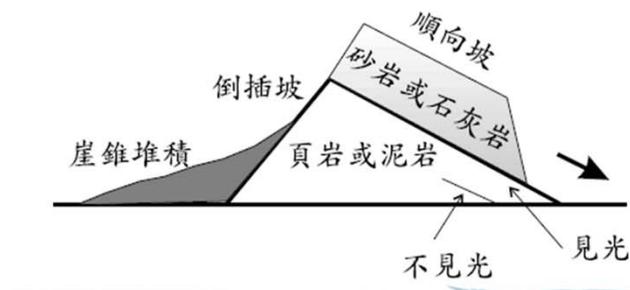
(一) 地層滑動—平面型滑動

沿順向坡不連續面發生滑動破壞者稱為『平面型滑動』或『順向坡滑動』。



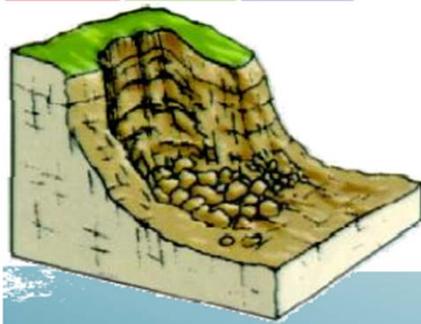
貳、『坡地災害』--地層滑動

(一) 地層滑動—順向坡破壞

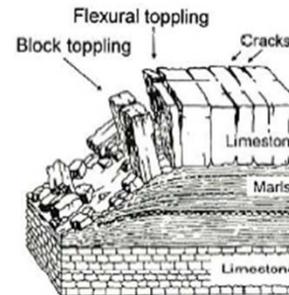


(一) 地層滑動—落石破壞(Rock fall)

自由落體 滾動 跳動



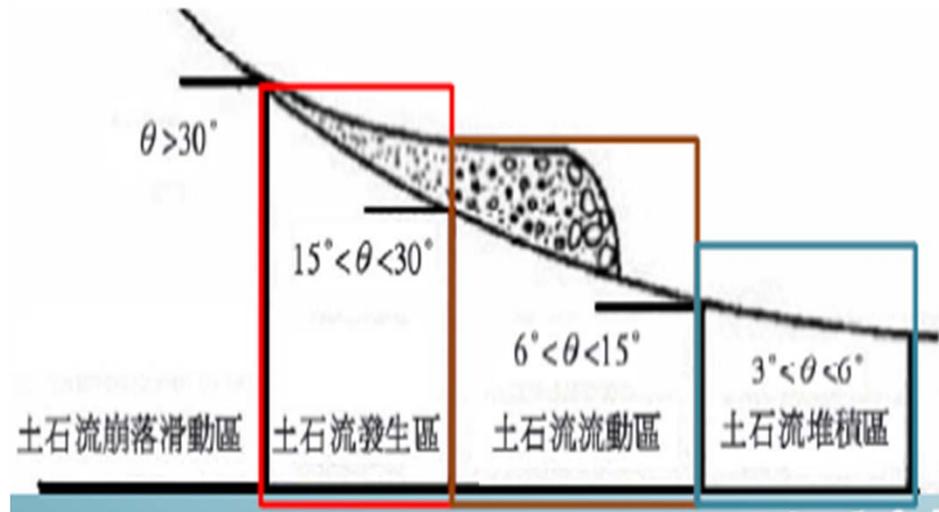
(一) 地層滑動—翻倒破壞(Topping Failure)



(Photograph by E. Krauter)

資料來源:吳明淙國立空中大學

貳、『坡地災害』--土石流



• 土石流發生要素及易致災區

- 1) 豐富的堆積物 → 集水區有多處崩塌地或大面積崩塌地出現
- 2) 足夠的坡度 → 溪谷坡度超過 15° 以上的集水區
- 3) 充足的水分



資料來源:吳明溟國立空中大學

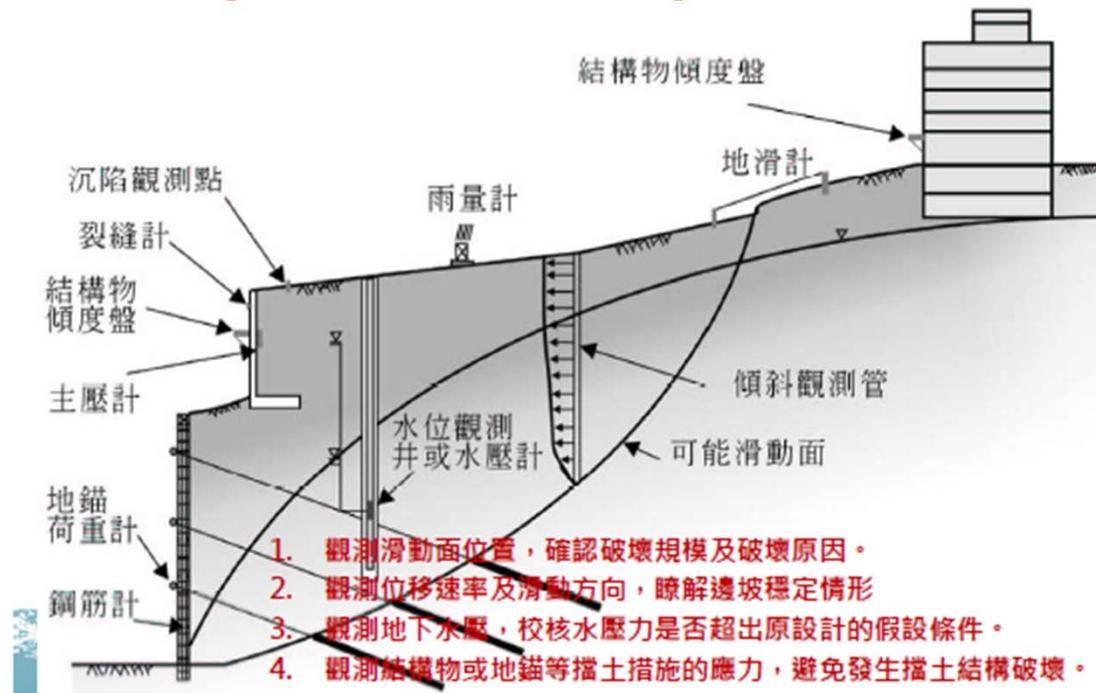
貳、『坡地災害』--綜合討論

運動成因:下滑力 > 抵抗力

下滑力:土體重力、水流力、地震力

抵抗力:土體凝聚力、摩擦力、加強外力

極重要因素:水(地下孔隙水)

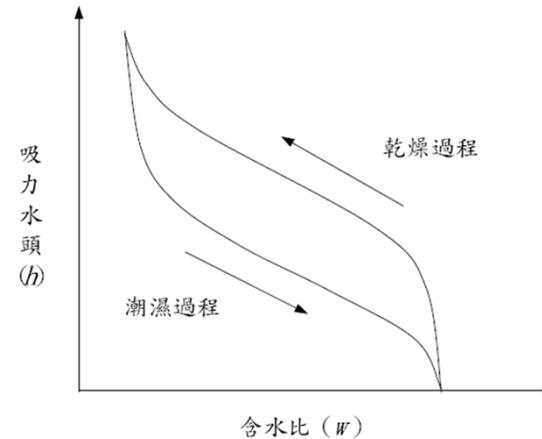
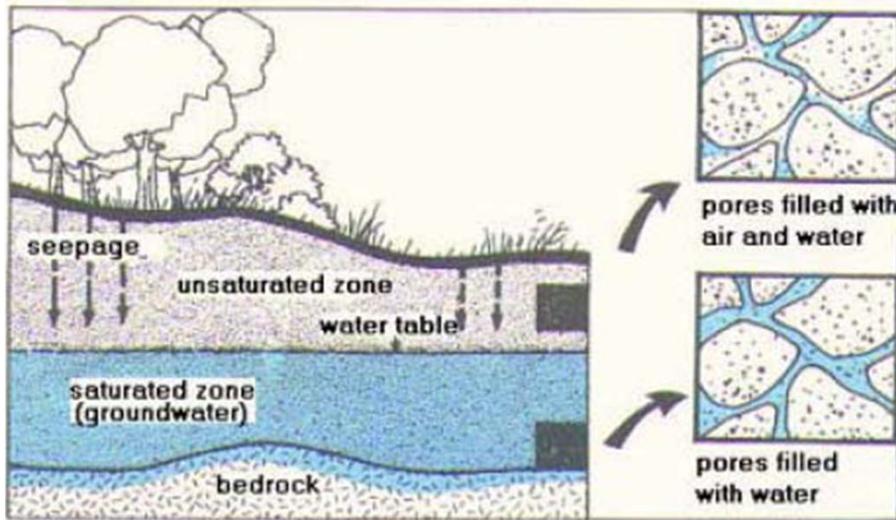




貳、『坡地災害』--入滲濕峰

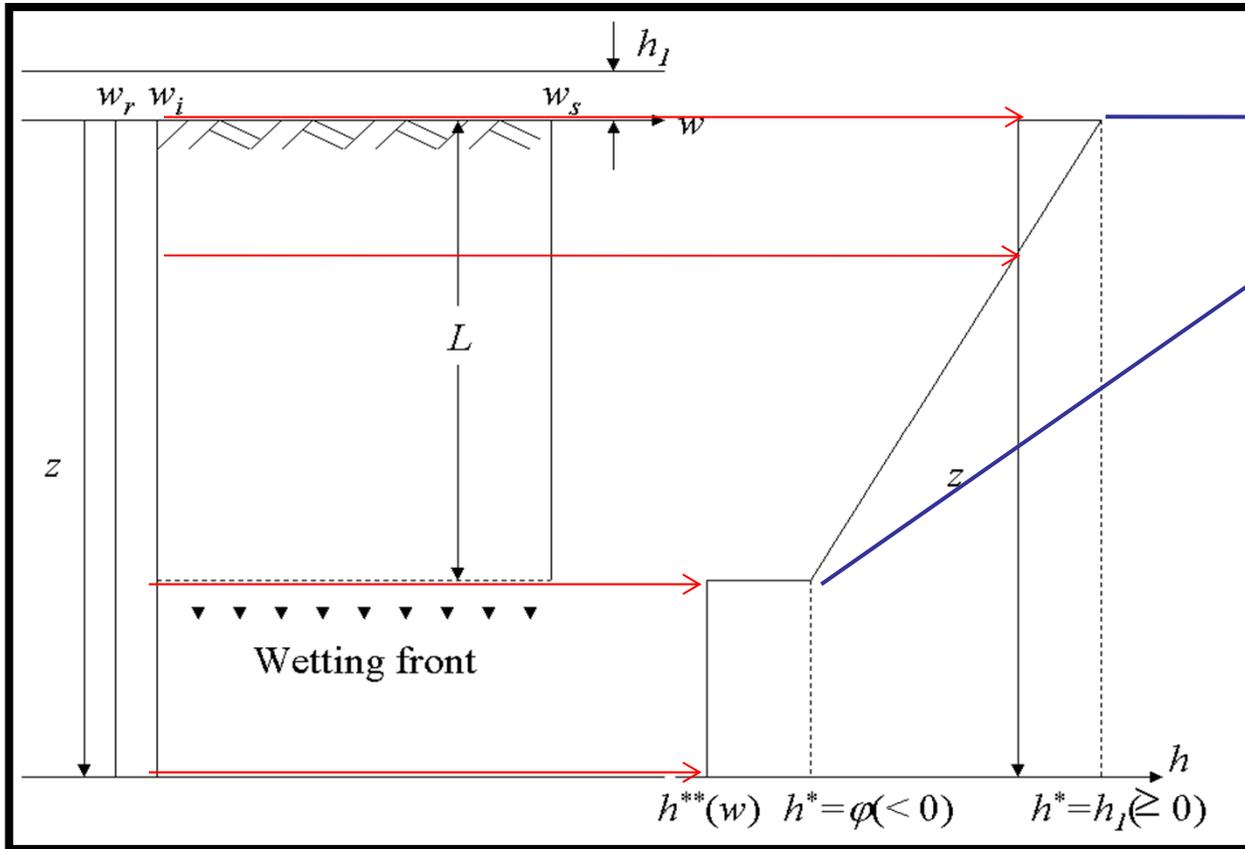
降雨激發土石流之力學機制：

1. 雨水入滲流入坡面土壤，降低土壤的摩擦力與凝聚力。
2. 地下水面上升，孔隙水壓逐漸增加，土體強度即逐漸減小。
3. 當地下水的水面達到地面成飽和土壤，有效強度趨近於零而發生滑動。



資料來源:陳主惠 張守陽 周憲德 李伯亨2007

貳、『坡地災害』--孔隙水壓



邊界條件：

$$\begin{cases} z = 0, & h^* = h_1 \\ z = L, & h^* = -\phi \end{cases}$$

$$h^*(z) = \left(\frac{-\phi - h_1}{L} \right) z + h_1$$

$$s = \left(1 + \alpha \left| \frac{u_a - u_w}{\gamma_w} \right|^p \right)^{-m} = \frac{w - w_r}{w_s - w_r}$$

資料來源:陳主惠 張守陽 周憲德 李伯亨2007

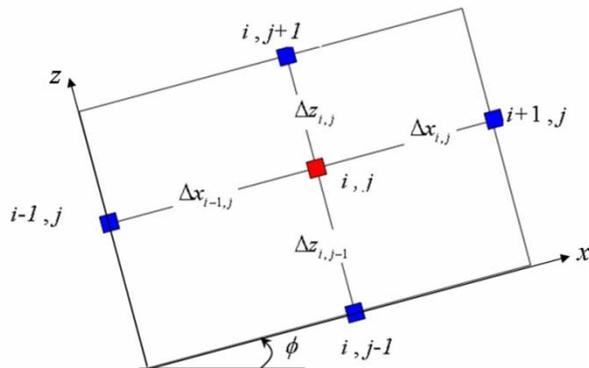


貳、『坡地災害』--控制方程

三維變飽和度地下水流方程式(混合型理查氏方程式)

$$\left(S_s S_w \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \theta}{\partial t} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(-K_x(h) \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \sin \phi \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(-K_y(h) \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(-K_z(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + \cos \phi \right) \right) = 0$$

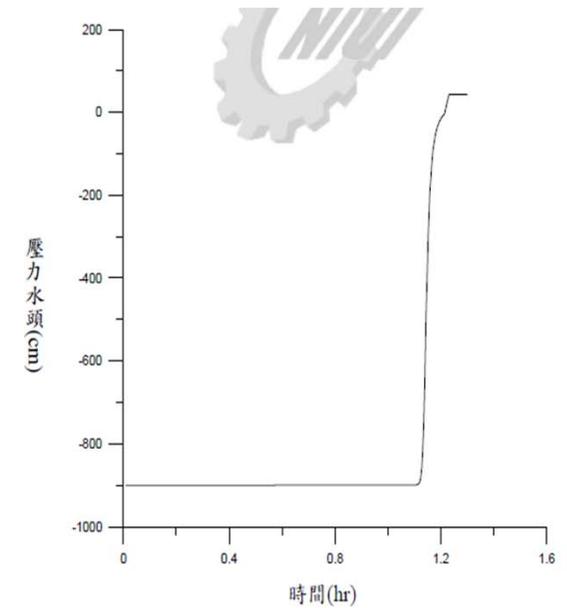
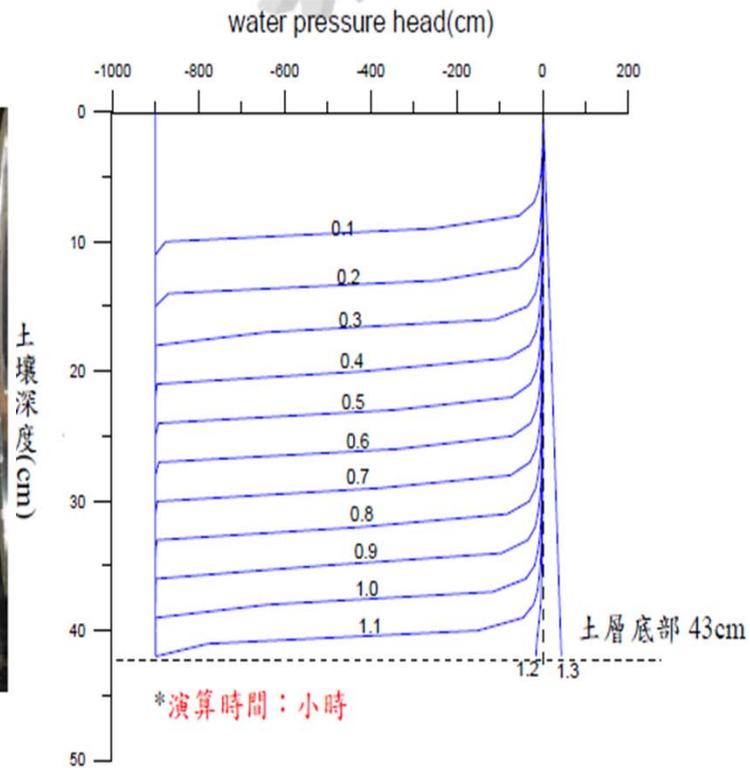
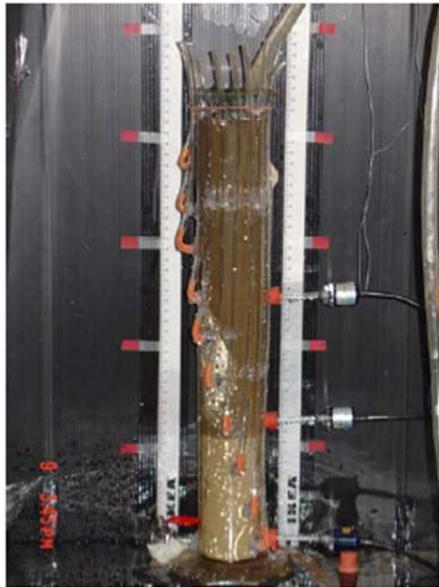
x - z 垂直二維模式為基礎，加入 y 方向的寬度變化修正為擬三維模式



資料來源:陳主惠 張守陽 周憲德 李伯亨2007



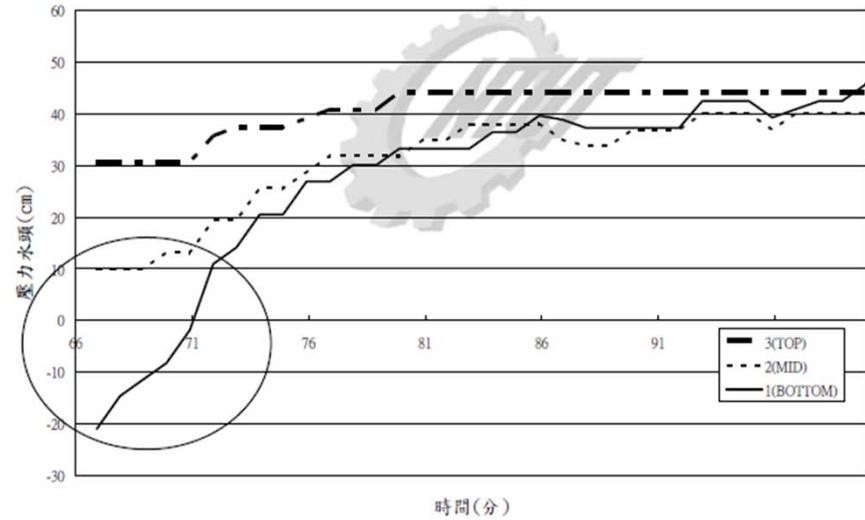
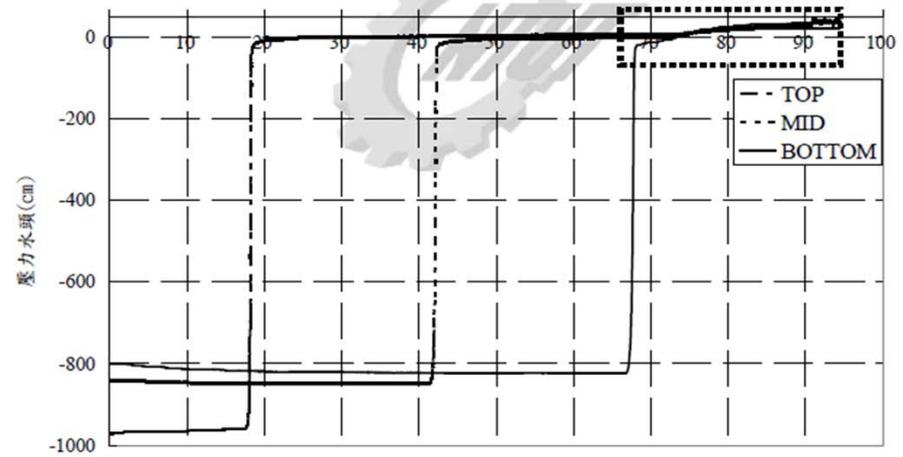
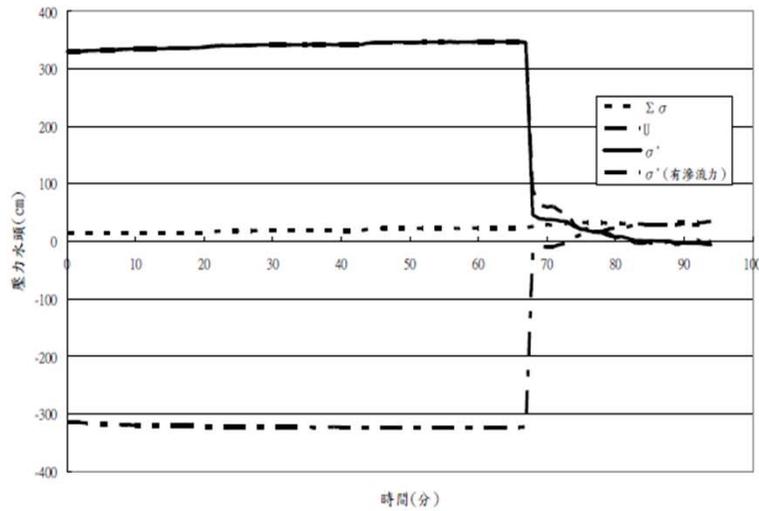
貳、『坡地災害』--數值分析



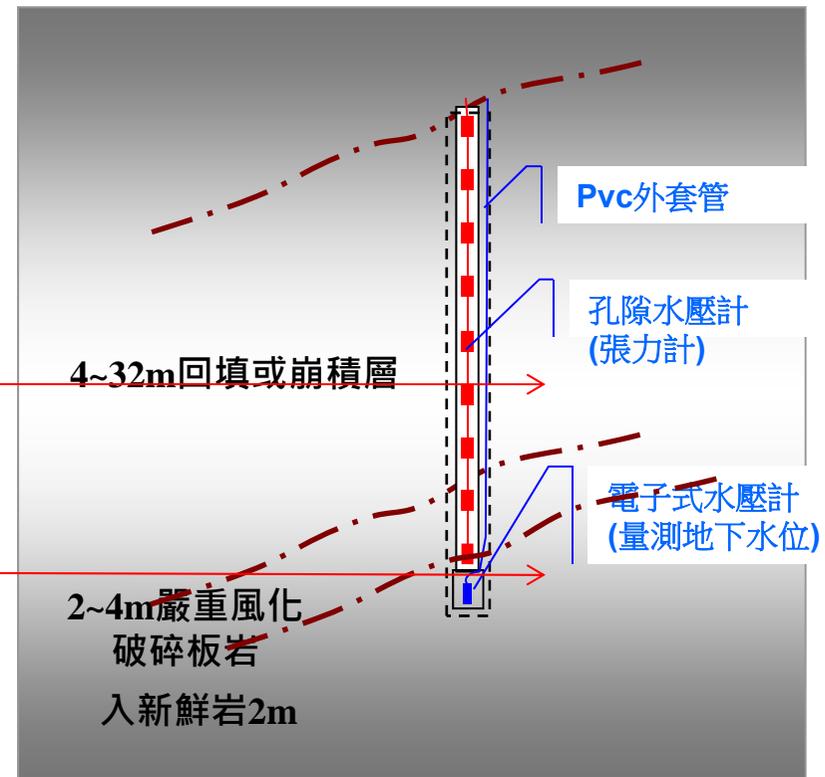
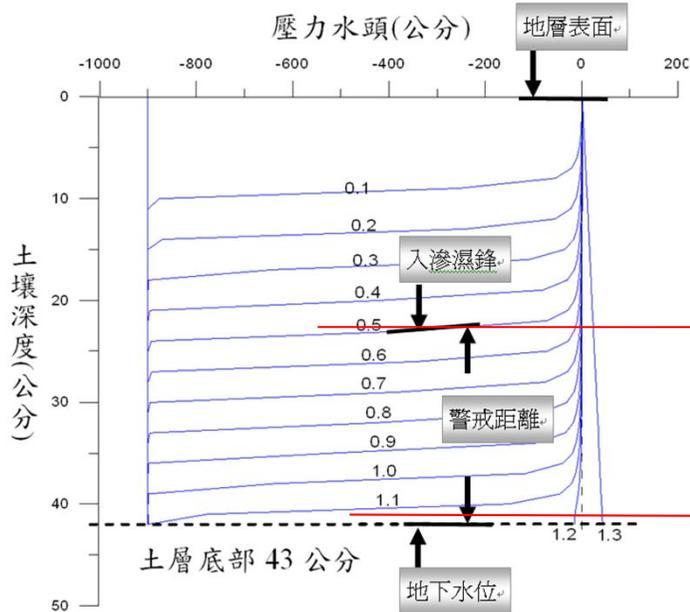
資料來源:陳主惠 張守陽 周憲德 李伯亨2007



貳、『坡地災害』--實驗驗證

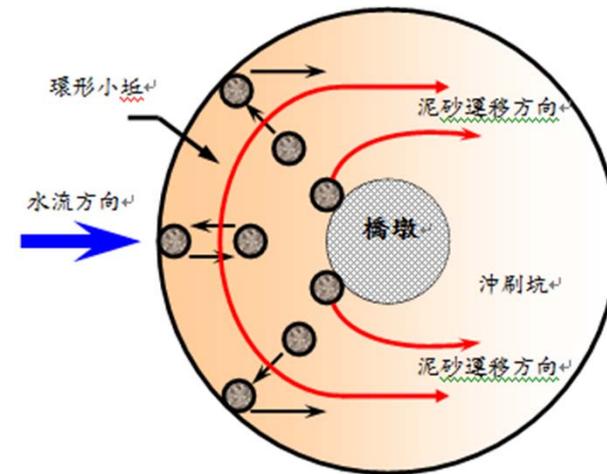
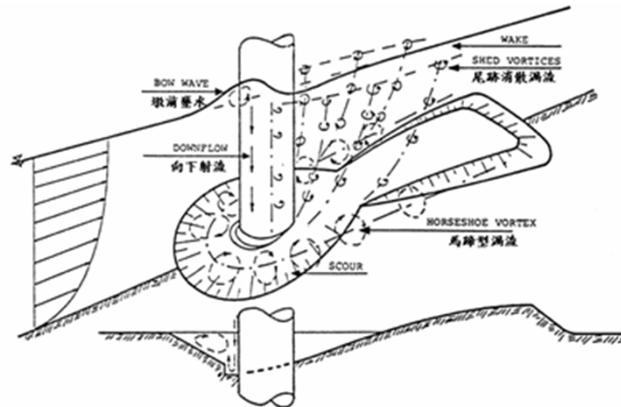
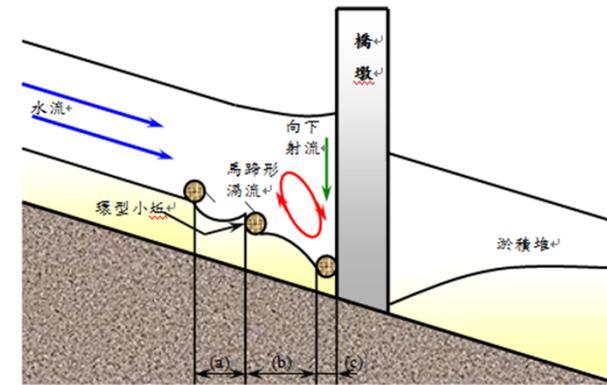
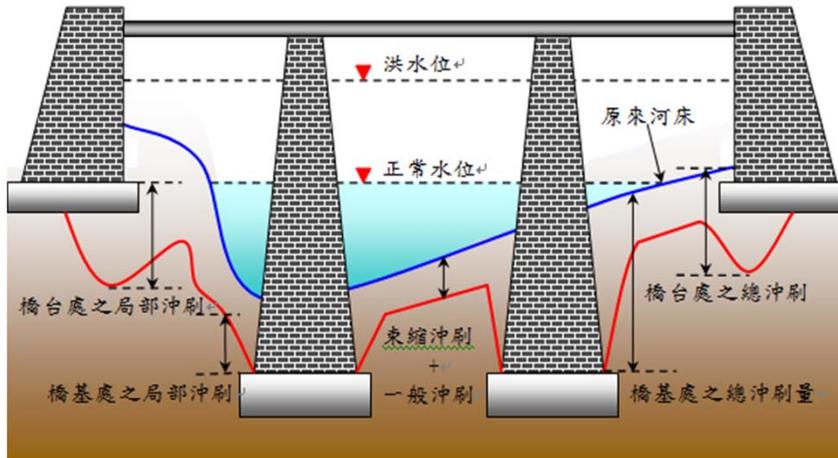


貳、『坡地災害』--現場量測



資料來源:陳主惠 張守陽 周憲德 李伯亨2007

參、『河床沖刷』--發生機制



資料來源:逢甲大學水利工程與資源保育學系

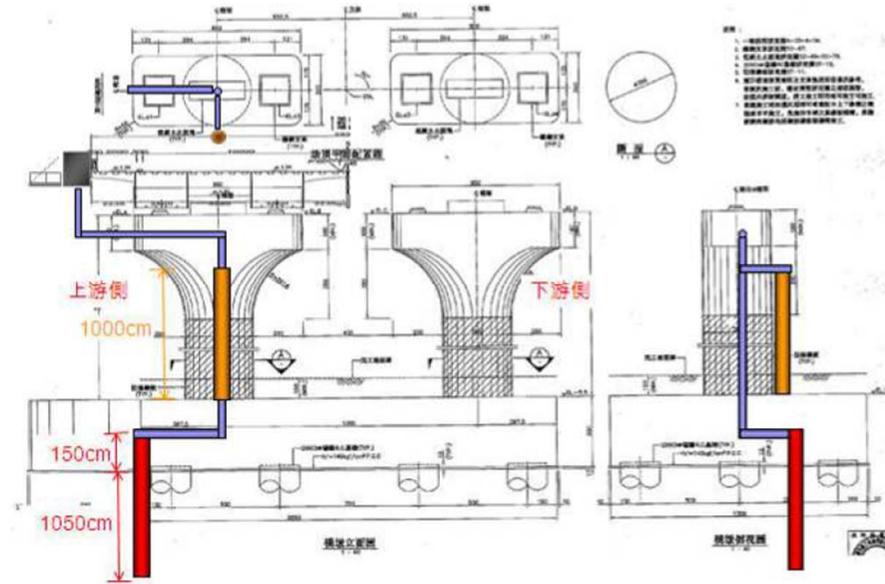


參、『河床沖刷』--災害案例



資料來源:交通部國道高速公路局

參、『河床沖刷』--監測技術

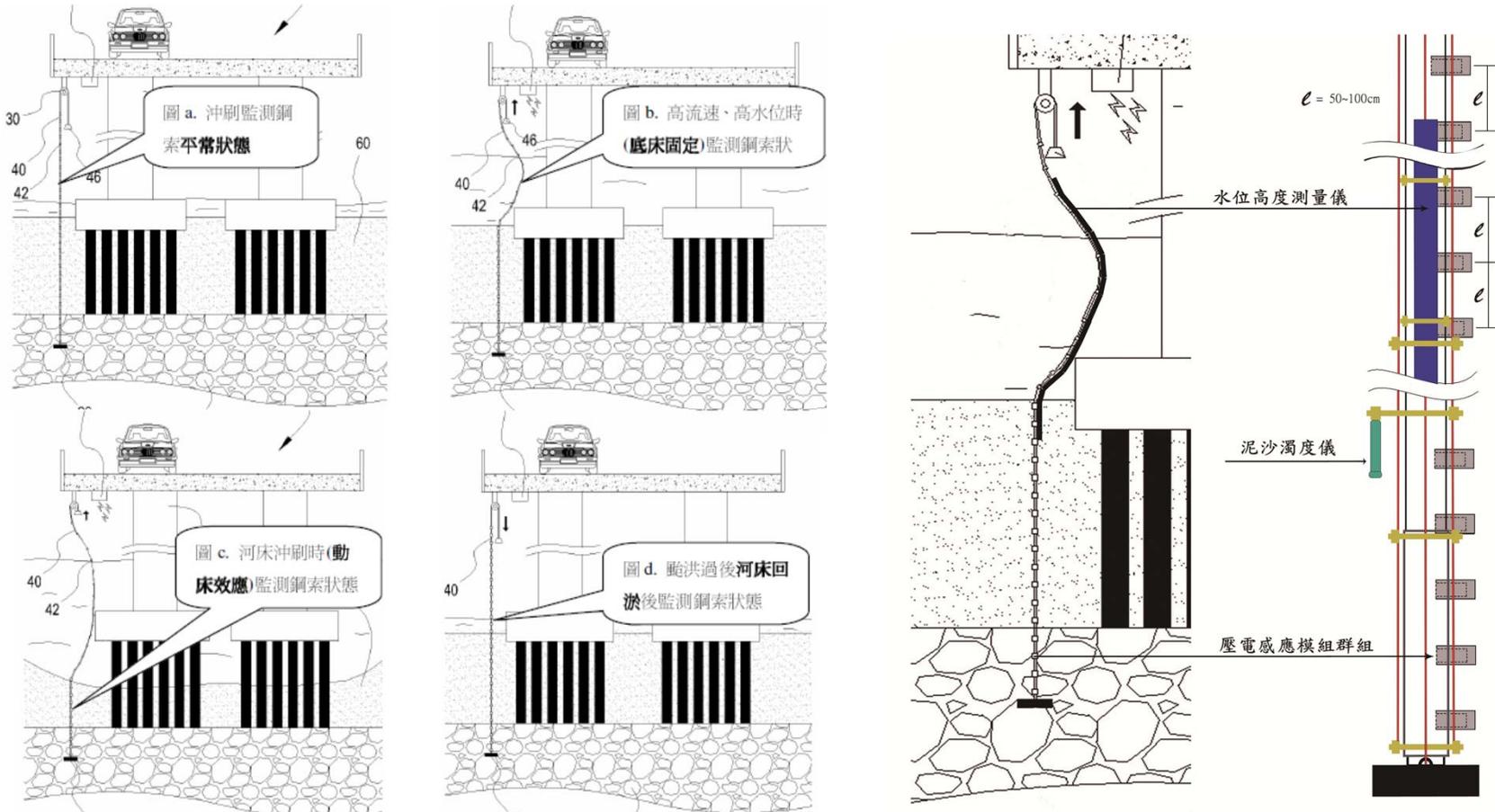


- 量測困難:泥砂與巨石同在
- 量測項目:評估橋梁的安全性
- 第1參數:即時沖刷深度
- 第2參數:洪水流速分佈
- 第3參數:洪水水位高度

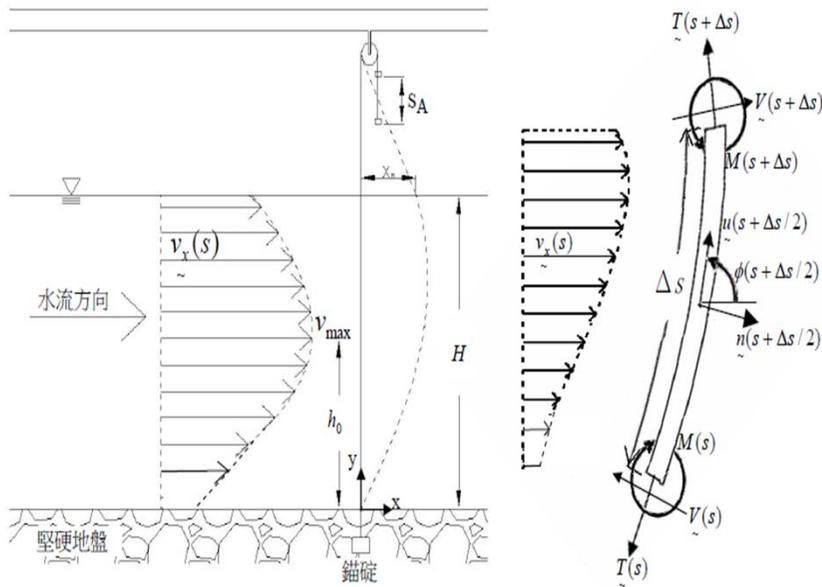
資料來源:交通部國道高速公路局
國家地震工程研究中心



參、『河床沖刷』--可撓性鋼索



參、『河床沖刷』--學理分析



$$\tilde{v}(s) = (v_x(s), 0)$$

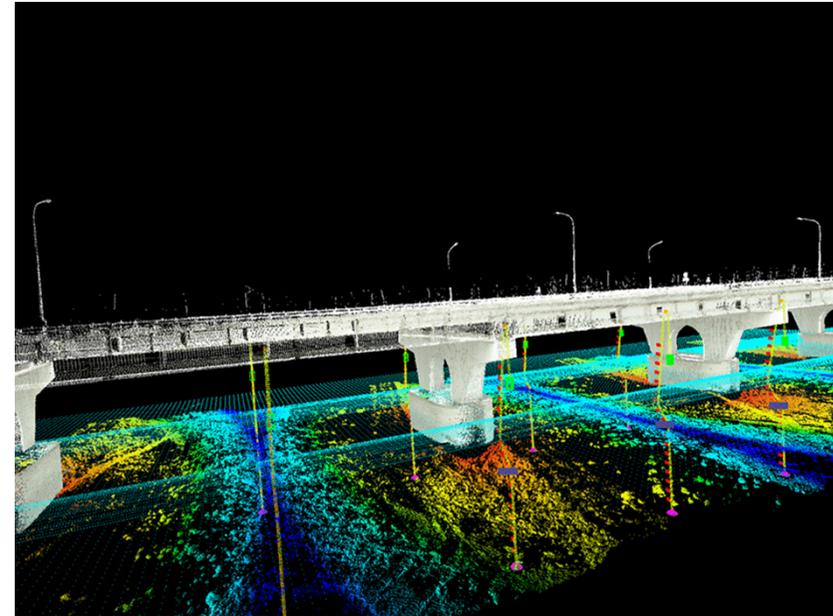
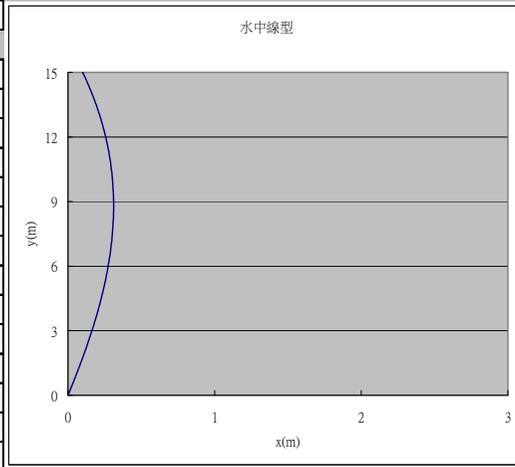
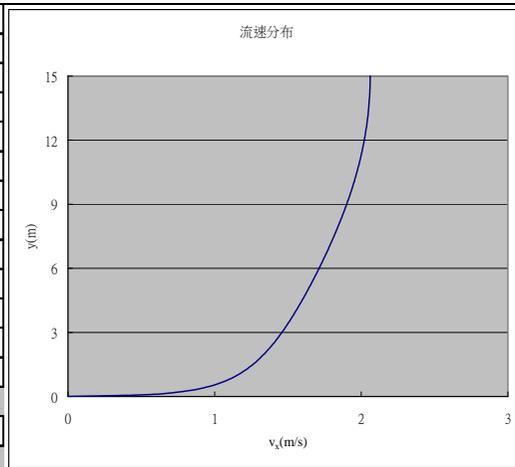
$$F_D = \frac{1}{2} \rho v_n^2 C_D A$$

$$(T(s+\Delta s) - T(s)) + (V(s+\Delta s) - V(s)) + F(s)\Delta s \approx 0$$

$$\int_a^b (v(y))^2 dy = \int_{\phi(a)}^{\phi(b)} \left(\frac{T(s) + \frac{d^2 T(s)}{d\phi^2}}{c} \right) \frac{d\phi}{\sin \phi}$$

參、『河床沖刷』--分析成果

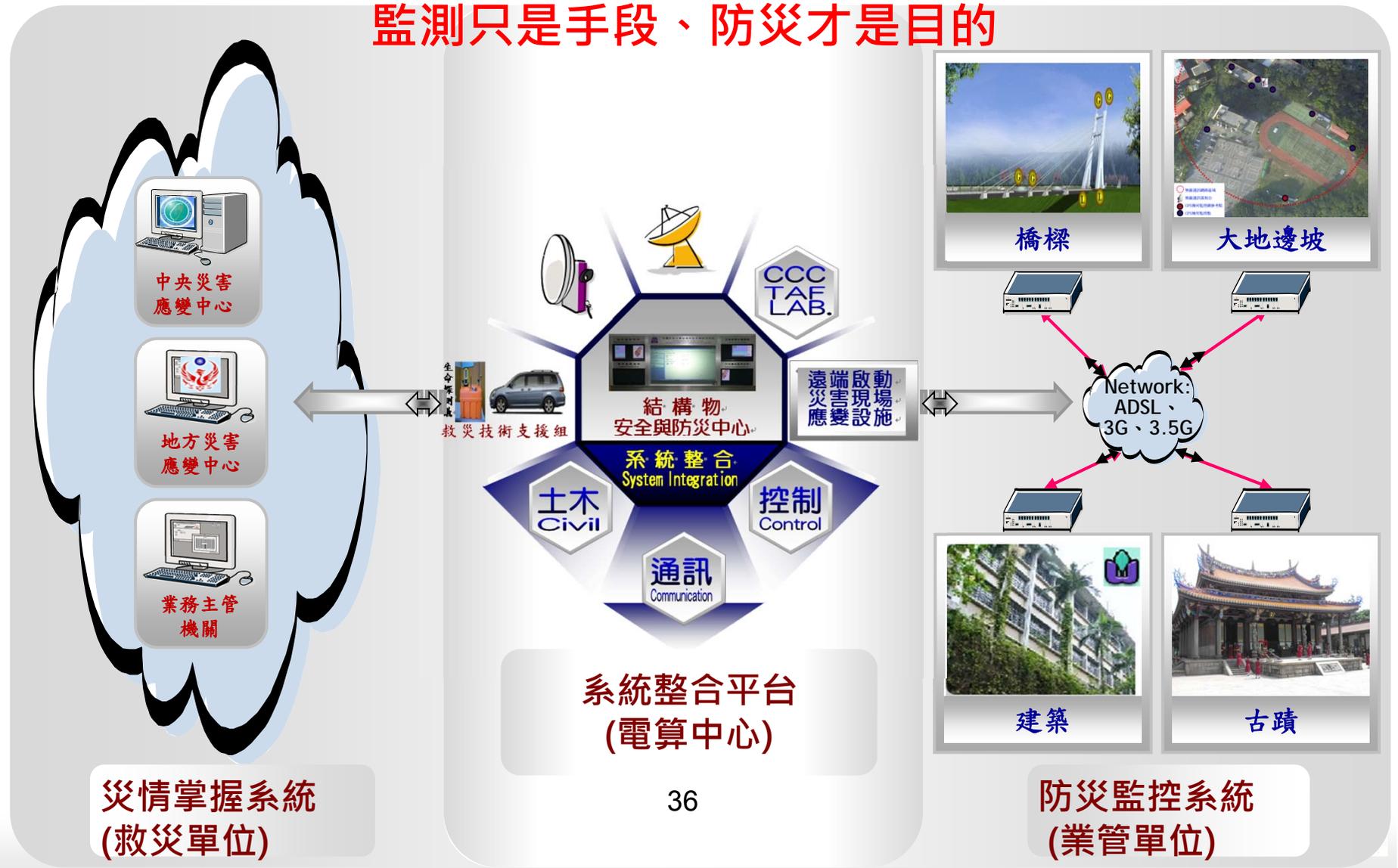
類型	參數名稱	數值	單位
基本參數	T_H	1962	N
	y_r	20	m
	y_H	15	m
	y_0	0	m
	r	0.5	m
	C_D	0.44	—
	ρ	1000	kg/m ³
	d	0.025	m
	v^*	0.1	m/s
	k	0.4	—
	K_s	0.3	m
	Π	0.5	—
量測值	量得 s_A	0.016	m
迭代數值	h_0	12.8	m
	$\varphi(y_0)$	1.511479	rad(86.601°)
導出值	c	5.5	—
	y'	0.01	m
	$c1$	0.25	—
	$c2$	1.151293	—
	$c3$	0.25	—
	s_0	19.994	m
	V_H	—	N
	h_{Vmax}	15.000	m
	s_H	15.012	m
	x_H	0.100	m
	s_r	4.976	m
	積分 $\varphi(y_H)$	1.640832	rad
	水上直 $\varphi(y_H)$	1.640833	rad
	算得 s_A	0.016	m





肆、『智慧環境安全與防災系統』--系統架構

監測只是手段、防災才是目的





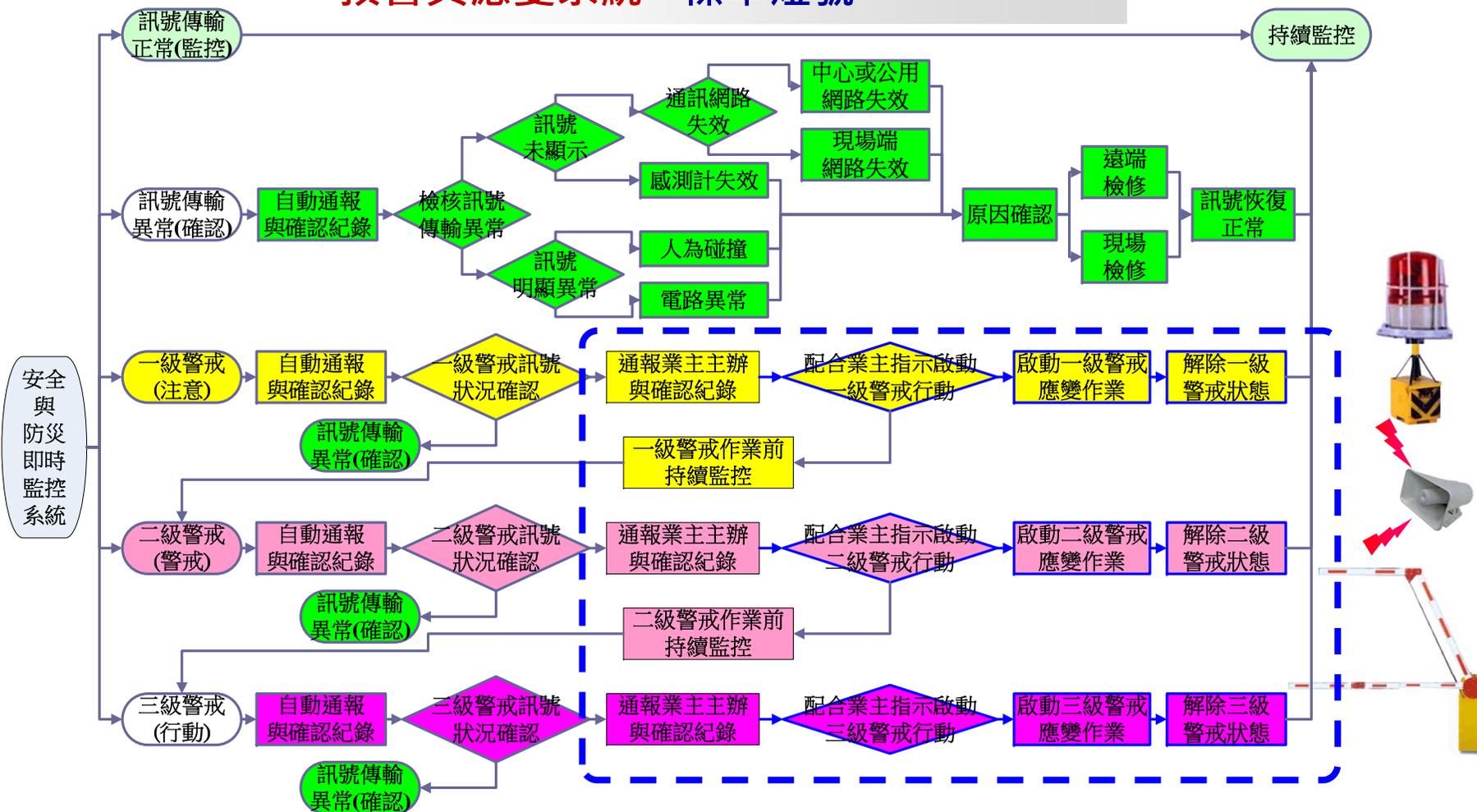
肆、『智慧環境安全與防災系統』--管理準則

觸動條件--趨勢+絕對值(管理準則)

管理等級	應變等級	GPS觸動條件 (10A：每10分鐘平均；60MA：每60分鐘移動平均)	
		3	注意
2	警戒	$ 10A-\mu > 3\text{cm}$	$ 60MA-\mu > 2\sigma$ $(10A-\mu > 2\sigma \ \& \ 60MA-\mu > 1.5\sigma) \ \text{or} \ (10A-\mu < -2\sigma \ \& \ 60MA-\mu < -1.5\sigma)$
1	行動	$ 10A-\mu > 5\text{cm}$	$ 60MA-\mu > 3\sigma$ $(10A-\mu > 3\sigma \ \& \ 60MA-\mu > 2.5\sigma) \ \text{or} \ (10A-\mu < -3\sigma \ \& \ 60MA-\mu < -2.5\sigma)$

肆、『智慧環境安全與防災系統』--預警應變

預警與應變系統--標準燈號





肆、『智慧環境安全與防災系統』-- 防災即時監控系統

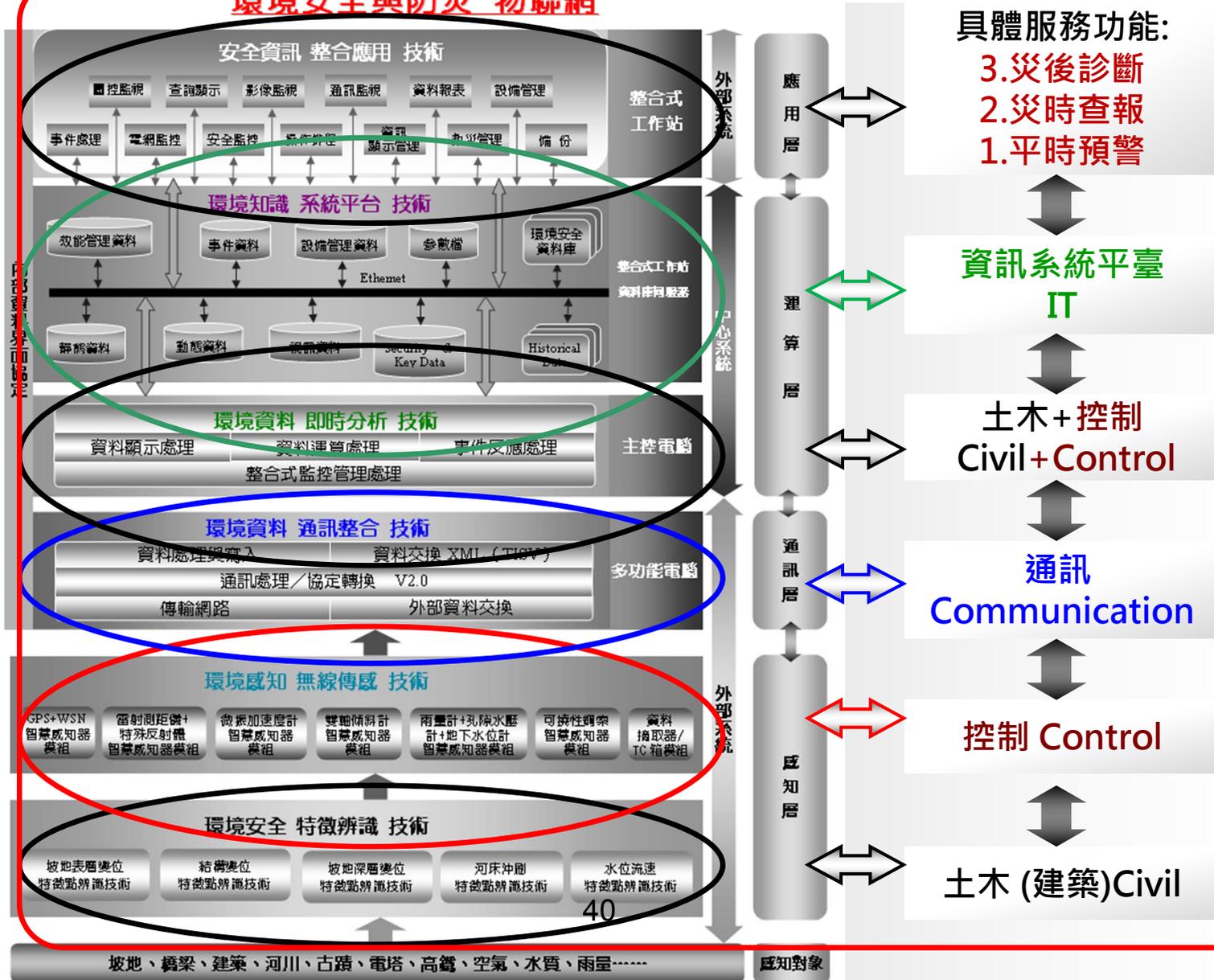


智慧安全城市 防災即時監控系統
<http://ccnt1.cute.edu.tw/sshmc>
中國科技大學/結構物安全與防災中心



肆、『智慧環境安全與防災系統』--技術整合

環境安全與防災 物聯網





建置實例 →系統平台維運

建置實例 →防災監測標的

台北市文化局
古蹟 安全與防災即時監控系統

使用者登入
帳號
密碼
登入 忘記帳號密碼

中央災害應變中心
地方災害應變中心
中國科技大學 結構物安全與防災中心
無線電通訊
預警通報與救災支援系統
安全與防災監控系統

中國科技大學 結構物安全與防災中心
China University of Technology, Structure Safety and Hazard Mitigation Center
電話(TEL) : 886-2-29313416#2464 E-mail : sshmc@cute.edu.tw 地址 : 台灣台北市文山區興隆路三段56號光復樓507室

古蹟歷建
天主教台北教區
羅東北成聖母升天堂

天主教台北教區
羅東北成聖母升天堂

興華國民小學
XINGHUA
Elementary School

公路總局第一區養護工程處—防災即時監控系統

交通部公路總局
第一區養護工程處

中國科技大學 結構物安全與防災中心
China University of Technology, Structure Safety and Hazard Mitigation Center
電話(TEL) : 886-2-29313416#2464 E-mail : sshmc@cute.edu.tw 地址 : 台灣台北市文山區興隆路三段56號光復樓507室



科技廠房

金頓公司
CIA科學園區廠房

建築

中興保全
內湖科技大樓

2014/12/26技術授權中興保全



簡報結束
敬請指教

