

十年磨一劍

台灣公路隧道安全防護研究與政策推動



簡 賢 文 教授

中央警察大學 消防學系暨消防科學研究所

CHEN, SHEN-WEN

Professor of Central Police University, Taiwan



十年磨一劍，台灣公路隧道安全推動

北二高

1997

- 公路隧道消防法規制訂，國工局
- 公路隧道防災及救援之探討，國工局

十年磨一劍，台灣公路隧道安全推動

北二高

雪山隧道

1997

2005

- 公路隧道火災緊急應變及救援策略模式之研究，國科會
- 雪山隧道重大災害救援指揮標準作業程序建立，高公局北工處
 - 經災防會核定，雪隧分三階段通車。
 - 各階段通車之前提要件。

十年磨一劍，台灣公路隧道安全推動

北二高

雪山隧道

蘇花高

1997

2005

2007

- 由國內長隧道現有消防機制探討國道公路隧道消防救援最適模式暨效益評估計畫，國工局

十年磨一劍，台灣公路隧道安全推動

北二高

雪山隧道

蘇花高

1997

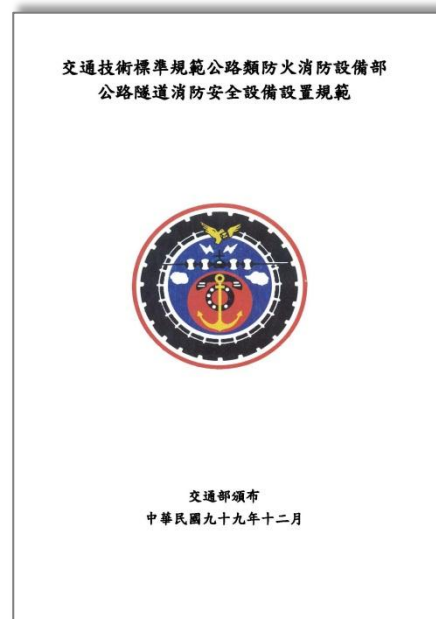
2005

2007

2010



□ 公路隧道消防安全設備設置規範，交通部



十年磨一劍，台灣公路隧道安全推動

北二高

雪山隧道

蘇花高



1997

2005

2007

2010

2011

□ 公路隧道火災試驗及消防設計規範課程，SFPE台灣分會

- 主要對象為交通運輸、管理、設計及監造單位等專業人士參加，使其此課程能更充分聚焦於交通安全議題，更專業且深入之討論。

□ 第三屆台日韓隧道火災安全研討會，SFPE台灣分會

- 邀請台灣、日本、韓國及澳洲等國家隧道專家學者進行專題演講，分享隧道安全研究及執行推動經驗。

十年磨一劍，台灣公路隧道安全推動

北二高

雪山隧道

蘇花高



蘇花改

1997

2005

2007

2010

2011

2012

- 消防署公路及隧道火災搶救訓練教材，消防署
- 蘇花改緊急應變計畫專題研究，公路總局、台灣世曦(進行中)
- 南迴公路安朔-草埔拓寬路段緊急應變計畫專題研究，公路總局、台灣世曦(進行中)
 - 緊急應變計畫為上位計畫。
 - 界定隧道安全防護目標、火災境況、緊急應變救援有效性之性能指標 (Performance Criteria)。

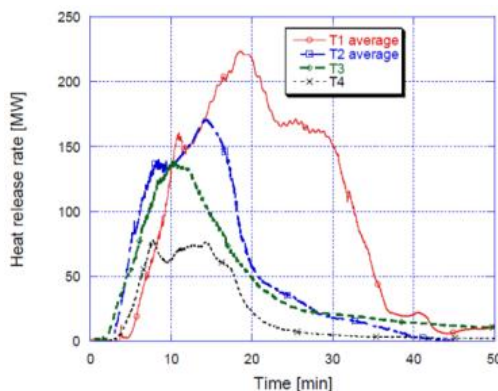
隧道安全防護目標

- ✓ 確立隧道安全目標及設計目標
- ✓ 火災境況界定：大貨車火災、兩輛大客車火災
- ✓ 基於隧道安全目標，於此火災境況下，討論救援可及性、有效性，據以訂定緊急應變計畫。

大貨車火災 > 100MW



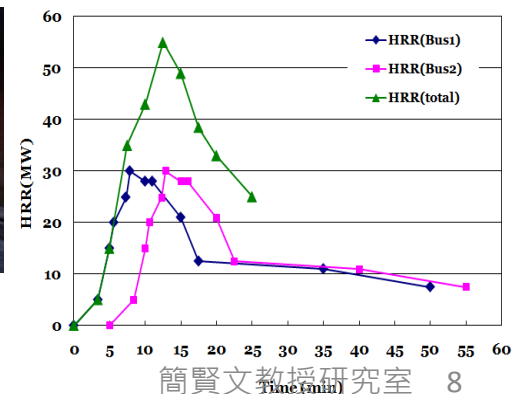
Photo: SP



2輛大客車火災 > 60MW



Photo: TANFB



隧道火災危害因子驗證指標

評估項目	測量點位	測量參數	安全臨界值
用路人避難安全性	距地面高1.8m	溫度	< 60°C
		一氧化碳濃度	< 800ppm
		可視度	> 10m
		輻射熱	< 2kW/m ²
消防救援可及性	距火源上下游20m，且距地面高1.5m處	輻射熱	< 5kW/m ²
隧道結構完整性 [註]	A.排煙管道混凝土隔版表面內部深度0.8cm處	固體溫度	< 380°C
	B.排煙管混凝土隔版表面下方5cm處	氣體溫度	< 500°C
火勢延燒	距火源上下游5公尺，且距地面高1.5公尺高處	輻射熱	< 12.5kW/m ²

備註：隧道結構完整性評估測量項目A和項目B，兩項擇一測量。

歷史的翻轉

世界道路協會PIARC

反對公路隧道設置水系統

1983

- 對於車內及引擎蓋內火災滅火有限。
- 水蒸汽會傷人。
- 煙層受到破壞，降低可視度。

認同水系統

1999

- 認同水系統具有阻止火勢延燒，抑制火災規模。
- 在用路人未完成避難前不應啟動水系統。

水系統設計研究

2007

- 技術報告引用各國設置水系統經驗。
- 提出水系統與不同通風系統之設計要求。

歷史的翻轉

美國NFPA 502

不建議公路隧道設置水系統

2004

附錄D：水系統可靠度存有疑慮，不建議公路隧道設置水系統。

- ❑ 車內或引擎內火源，無法滅火。
- ❑ 火煙會流動，無法準確滅火。
- ❑ 非起火區域煙層可能會受到破壞，影響救援。
- ❑ 需定期測試，不符實際且成本高。

水系統應該考慮設置

2008

附錄E：當工程分析證明設置水系統在隧道整體安全管理方法中，是能提供相同或更高的安全水平，則水系統應該考慮設置。

- ❑ 水系統是防止火勢延燒，將火勢控制在消防人員可掌握之情況下。
- ❑ 適當設計之水系統可抑制火勢及冷卻溫度，且無水蒸汽傷人之疑慮。
- ❑ 現今火警技術已可精確火源位置，準確連動撒水區域。
- ❑ 即使不撒水，煙層也是會受通風影響而沉降。

納入水系統設計規範

2011

正文：納入水系統設計規範，並明言定義水系統設計目標 (Design Objectives)

- ❑ 延緩火災成長速度，或以其他方式降低火災影響，以於火災期間提高對於隧道用路人之防護，增加初期應變能力和後續救援行動，和/或防護隧道結構。

歷史的翻轉

歐盟跨國計畫UPTUN

- ✓ 以符合成本效益、可維持及創新之方法，來提昇及改善既存隧道之防火安全。
 - 水蒸汽只會在火源區附近產生。水系統的冷卻效果大於火源附近水蒸汽所可能產生的危險。
 - 水系統抑制火災規模，也減火煙流產生，且撒水水粒子會與煙粒子結合，間接減少毒性和可視度等負面衝擊。
- ✓ 隧道內設置水系統是第一優先選項，不僅是保護用路人，也保護消防人員能進入隧道救援。
 - WFS is not only valued as a first choice to enable evacuation of tunnel users but also to enable emergency services to enter the tunnel.

歷史的翻轉

澳洲

- ✓ 澳洲防火協會AFAC：強烈主張隧道內應設置適當之水系統。
- ✓ 澳洲隧道防護標準AS 4815-2011 (Australian Standard Tunnel fire safety)(2011.02.01公告實施)：水系統性能設計必須適當考量下列項目
 - 作動反應時間(activation time required for control)、啟動方式：手動or自動
 - 預期控制之火災特性、最低的誤動作率、預期的交通密度及車種
 - 其他火災安全防護系統，如：通風系統。
 - 用路人避難所需時間
 - 火災安全防護目標，特別是財產保護及營運不中斷。
 - 隧道結構的耐火性
 - 隧道配署，包括：尺寸、坡道、連絡通道(crossovers and intersections)

歷史的翻轉

日本

- ✓ 1979年Nihonzaka隧道火災之後，積極擬定隧道安全防護規範。
- ✓ 「隧道緊急用設施設計要領」：**AA級隧道、A級隧道(3km且交通量4000輛/日以上)須設置水噴霧設備。**
- ✓ 新東名高速道路(The New Tomei-Meishin Expressway)放水試驗



圖片來源：川端信義教授，金沢大学

冷卻溫控與滅火需求釐清

(Fire Control vs. Fire Suppression)

- ✓ 控制火勢，並非撲滅火勢。
- ✓ 營造一有利於人員避難及後續救援之安全環境。
- ✓ 火勢發展達**30MW**前，若未壓制火勢以利於消防救災人力及時介入，後續也無法面對已成長擴大的火勢。
 - 為消防人員可接近救災之作業環境。
 - 為公路隧道設計及管理單位，在火災發生時要努力達成之性能基準上限值。

放水啟動 - 國外經驗

- 美國國家防火標準**NFPA 502, 2011年版 附錄E**
 - ✓ 水系統可設計為手動啟動搭配自動放水延遲時間設計。
 - ✓ 放水延遲時間不應超過3分鐘。
 - ✓ 系統內之水源水量和/或泡沫量設計至少要滿足2個事故區劃。
- 歐盟跨國計畫**UPTUN**
 - ✓ 水系統為自動放水設計，需採兩套偵測系統雙迴路設計
 - ✓ 當兩套偵測系統皆偵知火災事故時，水系統才自動放水。
- 中日本高速道路株式會社**NEXCO**
 - ✓ 建議水噴霧設備採自動放水操作
 - ✓ 單向隧道自動放水延遲時間：3分鐘
 - ✓ 雙向隧道自動放水延遲時間：10分鐘

水霧設備設計原則(3/3)

✓ 性能評估

A. 書面審查

- 系統評估：排水需求、與其他系統的整合度、後續維護管理要求
- 數值模擬分析：1.油盤火災(25MW)或6輛小客車火災(30MW)，2.一輛大貨車火災(100MW)，3.兩輛大客車火災(60MW)

B. 火災實驗審查

- 於隧道實體空間進行水霧系統放水性能測試作業
- 火災實驗規模：油盤火災 (25MW)，或至少6輛小客車火災 (30MW)。

簡報結束