

Risk Management of V Type Bridge Safety Construction in Taiwan Airport MRT CE02 Bid

Lee-Kuo Lin¹, Chun-Hua Shih²

¹Civil Engineering Department and Civil and Disaster Prevention Institute, National Taipei University of Technology, Taipei

²Group of Civil and Disaster Prevention, Graduate Institution of Engineering Technology, National Taipei University of Technology, Taipei
Email: lklin@ntut.edu.tw, civ.shih@gmail.com

Received: Dec. 6th, 2013; revised: Jan. 2nd, 2014; accepted: Jan. 14th, 2014

Copyright © 2014 Lee-Kuo Lin, Chun-Hua Shih. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Lee-Kuo Lin, Chun-Hua Shih. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: For the development of island-wide transportation plan in Taiwan, the project of Taoyuan International Airport MRT transportation system was arranged as one of the New Ten Development Projects in November 2003. The CE02 Bid is one session of this new bridge MRT construction project. At the intersection of this new construction project, existing Zhongshan highway is designed with V type pier. Because Zhongshan highway is the most important transportation system for the North-South communication in Taiwan west part, so the daily traffic flow is pretty much. Therefore, how to consider the risk management and contain with safe construction are professional issues for relative engineers. This article introduces the planning design and construction plan of CE02 Bid in Taipei Airport MRT, and then explains risk management and monitoring control strategies. In practice, CE02 Bid has finished in two and a half years without any accident. Such consideration of risk management and experience of safety construction are valuable information for relative engineers.

Keywords: Risk Management; V Type Bridge; Safety Construction; Taiwan Airport MRT

台湾机场捷运 CE02 标 V 型桥安全施工之风险管理

林利国¹, 史春华²

¹国立台北科技大学土木系暨土木与防灾研究所, 台北市

²国立台北科技大学工程科技研究所土木与防灾组, 台北市
Email: lklin@ntut.edu.tw, civ.shih@gmail.com

收稿日期: 2013 年 12 月 6 日; 修回日期: 2014 年 1 月 2 日; 录用日期: 2014 年 1 月 14 日

摘要: 台湾为发展“全岛运输骨干整建计划”, 故于 2003 年 11 月将“桃园国际机场联外捷运系统建设计划”列为“新十大建设”之一。此一新建之高架捷运路线系统之 CE02 标与既有之中山高速公路跨越时, 系采 V 型桥墩设计; 由于中山高速公路系台湾西部南北向交通非常重要的联络干道, 每日来往之车流量众多; 因此, 如何考虑风险管理并确保施工时之安全, 乃成为工程人员非常专业的课题。本论文主要介绍此机场捷运 CE02 标之规划设计与施工构想, 并说明此工程项目相关的风险管理与监测管控策略; 由于此项目在工程执行实务上, 在历经二年六个月之期程后, 均能圆满而顺利完工; 故其风险管理之研拟及施工安全之执行经验非常值得提出以供相关工程人员参考。

关键词: 风险管理; V 型桥; 安全施工; 台湾机场捷运

1. 引言

台湾机场捷运路线以桃园国际机场二期航站楼为分界点，全长约 51.5 公里。路线主要行经台北市(大同区、中正区)、新北市(三重、新庄、泰山、林口)、桃园县(龟山、芦竹、大园、中坻市)等市乡镇^[1]。其中路线往东路段采地下方式穿越南崁溪升出地面后，以高架方式东行经赤涂崎，爬升进入林口台地，向南跨越国道 1 号之中山高速公路下行，至中正体育园区前进入隧道之高架路段，即属机场捷运 CE02 标工程范围，全长约 13.89 公里(图 1)^[2]；全线土建设计及施工之分标情况如表 1 及图 2 所示；本论文所探讨之主题 V 型桥工程即属 DE02 细设标与 CE02 施工标之工作范围。

本 CE02 标路线于中山高速公路林口交流道路段，采 V 型桥墩三跨连续箱型梁跨越交通繁忙的高速公路，就全线高架桥型而言，最具视觉景观及造型特色，工程技术上也最具高风险与挑战性^[3]；然为顺利推展工进及保障用路人权益与安全，本跨越桥施工对于灾害预防采取高标准之防护措施，以达成 100% 确保用路人行车安全及零工安意外事故之目标。

施工期间，施工团队针对高风险施工作业区，为有效控管施工质量、降低施工危害，特建立完整风险管控机制并成立“高风险控管事务小组”进行风险管控^[4]，包括“风险分析与评估”：确认风险项目与风险等级；“风险控制策略”：采取减轻对策与风险减缓预警机制；“风险监督管控”：监督管控施工质量、降低

施工危害、定期召开风险监督会议等，导入高风险控管机制，成果功效良好。目前完工之 V 型墩柱造型简洁令用路人赏心悦目外，其独具之视觉穿透性，远眺相当壮观，已成为机场捷运重要地标之一。



Figure 1. The road diagram of Taiwan airport MRT
图 1. 台湾机场捷运全线路线图

Table 1. Sub-bid labels of construction activities^[2]
表 1. 土建分标标号^[2]

细部设计标号	施工标号	工程范围	建造型式
	CU01	A7 车站及前后明挖覆盖隧道主体工程	地下
DU01	CU02	A11 至 A15 间明挖覆盖隧道及车站主体工程	地下
	CU02A	A11 至 A15 间地下段挡土及潜盾隧道工程	地下
	CU03	A21 车站及前后明挖覆盖隧道主体工程	地下
DE01	CE01	A2~A7 间高架段工程	高架
DE02	CE02	A7~A12 间高架段工程	高架
DE03	CE03	A14~A21 间高架段工程	高架

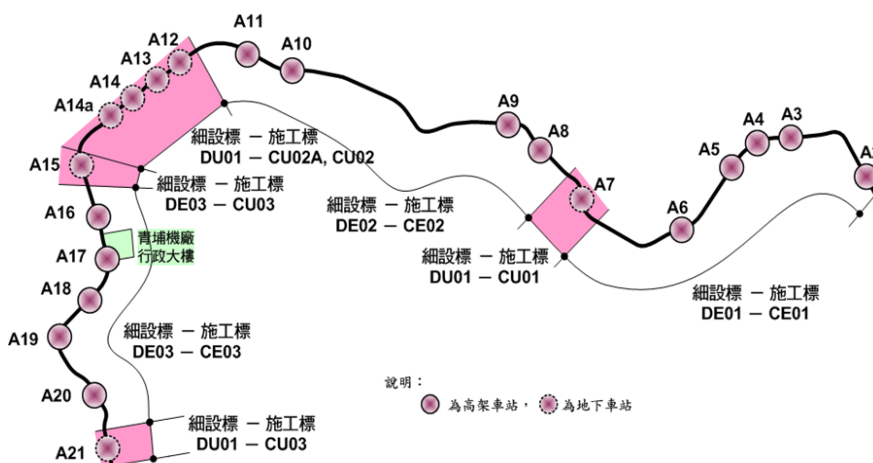


Figure 2. The diagram of sub-bid construction and civil engineering detail design
图 2. 土建细设暨施工分标示意

2. 工程背景概述

机场捷运 CE02 施工标工程范围系自 A7 车站与 A8 站间之出土段(1k + 040)后至 A11 车站与 A12 车站站间之出土段(0k + 605)前, 长约 13.89 公里之高架路线; 另由主线进出机厂之支线, 高架桥长约为 560 公尺, 以及地面段约 193 公尺。其中包括 A8、A9、A10 与 A11 计 4 座高架车站、1 座供电联车临时停靠之紧急月台及 4 座站外牵引动力变电站等构造物(详图 3)。

本标工程路线由里程 A7 站 1k + 040, 地表高程 242 公尺之林口台地, 向北至林口交流道 A9 站之 255.7 公尺, 然后沿赤涂崎溪谷地、坑子口溪之顶社、山脚至地表标高 41.7 公尺之 A10 站, 地表由东向西缓降, 进入农地分布为主之桃园台地, 至路线里程 A11 站 0 k + 605 之 18.4 公尺。全线高程落差极大, 路线纵坡高程于跨越中山高速公路路段达全线最高峰, 再分别向台北盆地及桃园台地缓降至地下段。自然人文景观从林口特定区之都会区型态, 一路沿谷地进入农田区, 差异亦极为明显。

1) CE02 标工程概要: 如表 2。

2) CE02 标主要工程项目: 如表 3。

3) CE02 标 V 型桥工程说明

机场捷运跨越中山高速公路 V 型桥, 跨径总长 279 公尺, 桥宽 9.5 公尺, 于 2011 年 4 月底顺利完成。

4) V 型桥规划设计构想

高速公路跨越桥主要考虑“跨越”中山高速公路, 量体大易造成压迫感; 且本线形与中山高速公路斜交, 不易营造正面的门户意象。因此设计上尽量结合桥墩与梁底的线条, 使得“跨越”更加轻盈; “穿越”的

意象更加流畅(参考表 4, 图 4 及图 5)。

5) 高架上部结构配置

本桥梁于跨越国道中山高速公路处, 为维护用路人行车安全、降低视觉冲击, 跨越桥外观采 2 座简洁 V 型桥墩造型, 桥梁全长 279 公尺, 具透视感的桥梁美学, 带给用路人良好视觉感受。

6) 特殊造型桥 - 跨越中山高速公路墩柱型式评估

本单元桥梁为跨越中山高速公路林口交流道, 整座桥梁跨径为 76 m-130 m-73 m 三跨连续预应力箱型梁, 落墩于高速公路两侧匝道分隔岛边坡; 主跨斜交横越高速公路主线, 侧跨跨越匝道上。设计上除必须考

Table 2. Summary table of CE02 construction bid
表 2. CE02 土建施工标工程概要表

机场捷运 CE02 土建施工标	
工程主办单位	交通部高速铁路工程局(捷运工程处)
设计监造	林同棧工程顾问股份有限公司
承包厂商	工信工程股份有限公司
契约金额	新台币 103 亿 3000 万元
工程期限	1521 日历天
开工日期	2008 年 10 月 3 日
预定完工日期	2012 年 12 月 1 日

Table 3. Major activities of CE02 construction bid
表 3. CE02 土建施工标主要工程项目表

路线结构	建筑物
● 全线高架桥长: 13.89 Km	● A8、A9、A10、A11, 4 座车站
● 进出芦竹机厂支线长约: 560 m	● A9(a)紧急停靠月台(TSS), 1 座
● 路堤长约: 193 m	● 站外 TSS (9A、9C), 2 座



Figure 3. The range and location of the CE02 construction bid
图 3. CE02 施工标工程位置与范围

Table 4. Configuration instructions of the freeway V-type bridge across
表 4. 跨越中山高速公路 V 型桥配置说明

统一里程	跨距结构配置	上构型式	墩柱型式	基础型式	位置
84K + 832	76 + 130 + 73	PC单箱型梁	V型柱	井筒	中山高林口交流道

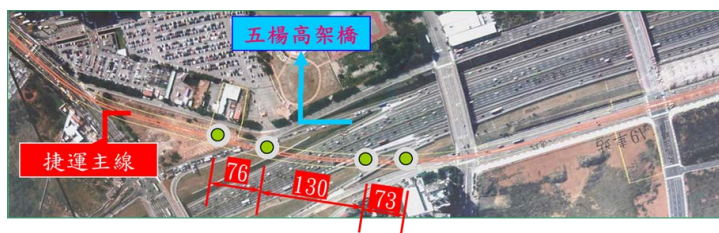


Figure 4. The configuration diagram of the V-type bridge structure
图 4. V 型桥结构配置示意图



Figure 5. V-type bridge diagram
图 5. V 型桥造型示意图

考虑高速公路行车安全及舒适感外，也应避免量大且复杂的设计，造成压迫感。对于未来五杨高架段通过上方，桥面以上之净高限制也须纳入考虑；其相关方案一、方案二之考虑及比较分别如表 5 及图 6 所示，最后则系选定方案一之 V 型桥墩型式。

3. V 型桥施工计划构想

1) V 型桥施工工法 - 斜张支撑工法之评估(参考图 7)

V 型桥 - 斜张支撑工法施工步骤，依结构施筑顺序分为四阶段：

A) 桥墩基础

- a) P014、P017 井式基础：9.0 m × 14 mH
- b) P015、P016 井式基础：13.0 m × 14 mH

B) 墩柱帽梁

- a) P014、P017 一般墩柱及帽梁
- b) P015、P016 V 型墩柱及柱顶箱梁(各 55 m)

C) 侧跨场撑箱梁

- a) P014~P015: 48.5 m
- b) P016~P017: 45.5 m

D) 中跨悬臂箱梁 P015~P016: 75.0 m

2) 工址限制条件与考虑因素：

A) P015、P016 V 型桥墩两侧，延伸到中山高主线车道及匝道上方；

B) 既要全天候“施工”又要兼顾“维持通车”；

Table 5. Comparisons of optimum bridge crossing types^[3]
表 5. 跨越桥桥型方案优选方案比较^[3]

方案	方案一、V 型桥墩	方案二、Y 型桥墩
配置	V 型范围上方之预应力箱型梁长度约 50 公尺，高速公路正上方为等断面梁深，长度约 80 公尺，整座桥梁跨径为 76 m-130 m-73 m 三跨连续预应力箱型梁	Y 型范围上方之预应力箱型梁长度约 35 公尺，高速公路正上方为等断面梁深，长度约 95 公尺，整座桥梁跨径同样为 76 m-130 m-73 m 三跨连续预应力箱型梁
规划重点	桥墩型式采 V 造型有如大鹏展翅，意欲高飞，整体穿透性高。 施工方式于中央桥墩 50 公尺范围采场铸支撑工法，其余上构预应力梁则采悬臂工法施作，不影响桥下现有高速公路行车。	桥墩型式采 Y 造型，整体穿透性较低，然桥墩较有拱桥意象。 施工方式于中央桥墩 35 公尺范围采场铸支撑工法施作，其余上构预应力梁则采悬臂工法施作，同样不影响桥下现有高速公路行车。
优缺点比较	<ul style="list-style-type: none"> ●线条简单、轻巧。 ●施工容易。 ●桥型较新颖首次适用于高速公路的跨越桥。 ●有胜利象征的创意桥型。 ●结构对称，透空性较大，对用路人较无压迫感。 	<ul style="list-style-type: none"> ●线条柔和，但结构量体较重。 ●曲线构件，施工较为困难。 ●此种桥型首次适用于高速公路跨越桥 ●净高受限，无法安全展现拱桥之优美曲线。 ●结构对称，但透空性较小，对用路人略有压迫感。
结论	✓	×



Figure 6. Concept diagram of option II
图 6. 方案二构想图

C) 现地无法完全适用“就地场撑施工式”。

D) 于 P015~P016 两 V 型桥墩内侧间之“场铸悬臂节块”施工，采跨径 130 m 之预应力箱梁跨越中山高主线。

E) 箱梁下方受限于高速公路车辆通行，及桥面上方高速公路五杨高架拓宽工程跨越施工，致箱梁上下净空受限；

F) 上构断面无法采传统拱形渐变断面设计，而需以等断面设计施工；

G) V 型桥梁外侧边跨的场铸箱梁需先完成，致单侧施作节块时，左右不平衡，预应力施拉及拱度控制是一大考验(图 8)。

H) 位于高速公路主线及匝道上方之 V 型桥墩场撑施工及场铸悬臂节块工法施工，过程需 100% 防护，务必确保用路人行车安全。

3) 施工考虑—选用斜张支撑工法施工之考虑因素：

A) V 型桥墩之临时支撑型式系综合考虑下列因素后，决定采「斜张支撑工法」完成高速公路两侧之 V 型墩柱本体。

- a) 跨距、临时预应力
- b) 结构行为单纯化、稳定性
- c) 模板组装、拆卸、造型处理、材料用量
- d) 一次到位的支撑型态、临时钢构墩柱
- e) 减少高速公路交维次数

B) 横向加宽支撑主塔柱宽度到 9.2 m(永久结构 RC 柱宽仅 4 m)，纵向加设临时支承座提高其稳定性。

C) 临时支撑型式之评选方案比较如表 6 所示。

4) 斜张支撑架工法施工步骤构想如图 9 所示。

5) V 型桥施工步骤：

A) 架设主钢柱——从第一根柱开始。

B) 预组型钢底梁，整组吊装。

C) 高拉钢棒交错配置——力求平衡与稳定。

D) V 型桥墩施作程序^[5]：

- a) 模板组立完成。
- b) 混凝土浇筑作业。
- c) 模板顶面开混凝土浇筑孔减短混凝土流动距离。

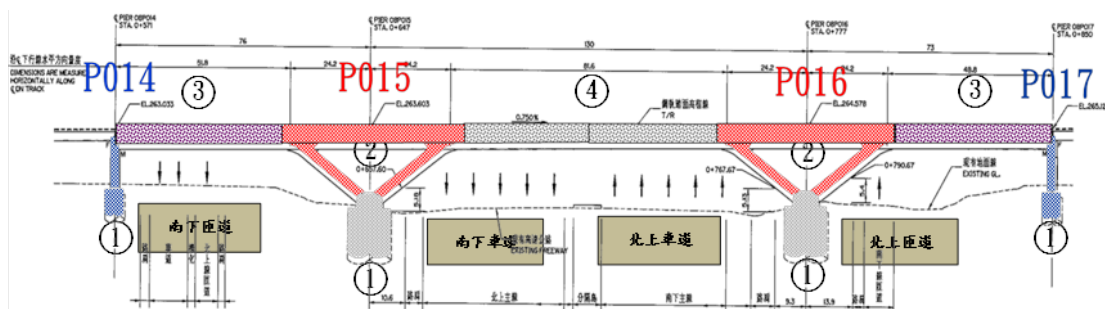


Figure 7. V-type bridge—The concept of construction procedures for stayed support method
图 7. V 型桥 - 斜张支撑工法施工步骤构想

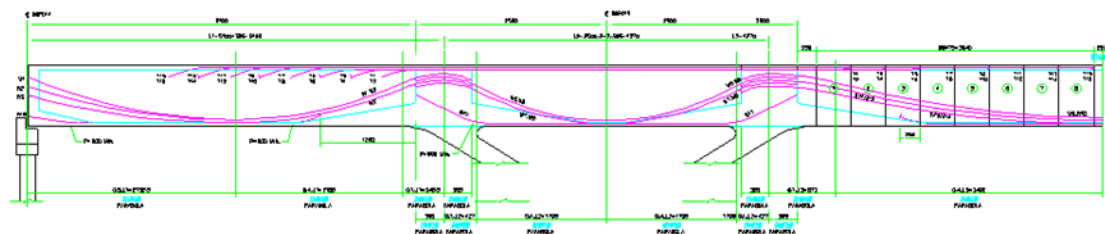


Figure 8. V-type bridge—The prestress tender configuration of box girder
图 8. V 型桥 - 箱梁预应力钢键配置

Table 6. Evaluation results of selection types with temporary support
表 6. 临时支撑型式选择之评比结果

项次	项目	悬臂(跳模)支撑		横向桁架梁支撑		斜张支撑		
1	模板	分段吊模	△	分段吊模	△	全跨施工	○	
2	临时预应力	需要	X	不需要	○	不需要	○	
3	造型处理	不易	X	不易	X	底部支撑	○	
4	临时	RC 墩柱	需要	X	不需要	○	不需要	○
		钢构墩柱	不需要	○	多层次	X	单次	△
		垂直柱	中	△	多层	X	单层	○
5	材料用量	水平梁	4层	△	多层	X	单层	○
		拉力杆	垂直及斜向	△	垂直及斜向	△	水平及斜向	△
6	交管次数	组装	多次/单跨	X	多次/单跨	X	单次/单跨	△
		拆卸	多次	X	多次	X	单次	△
7	结构行为	单纯化	中	△	差	X	优	○
		稳定性	中	△	差	X	中	△
8	跨距	小	X	中	△	大	○	

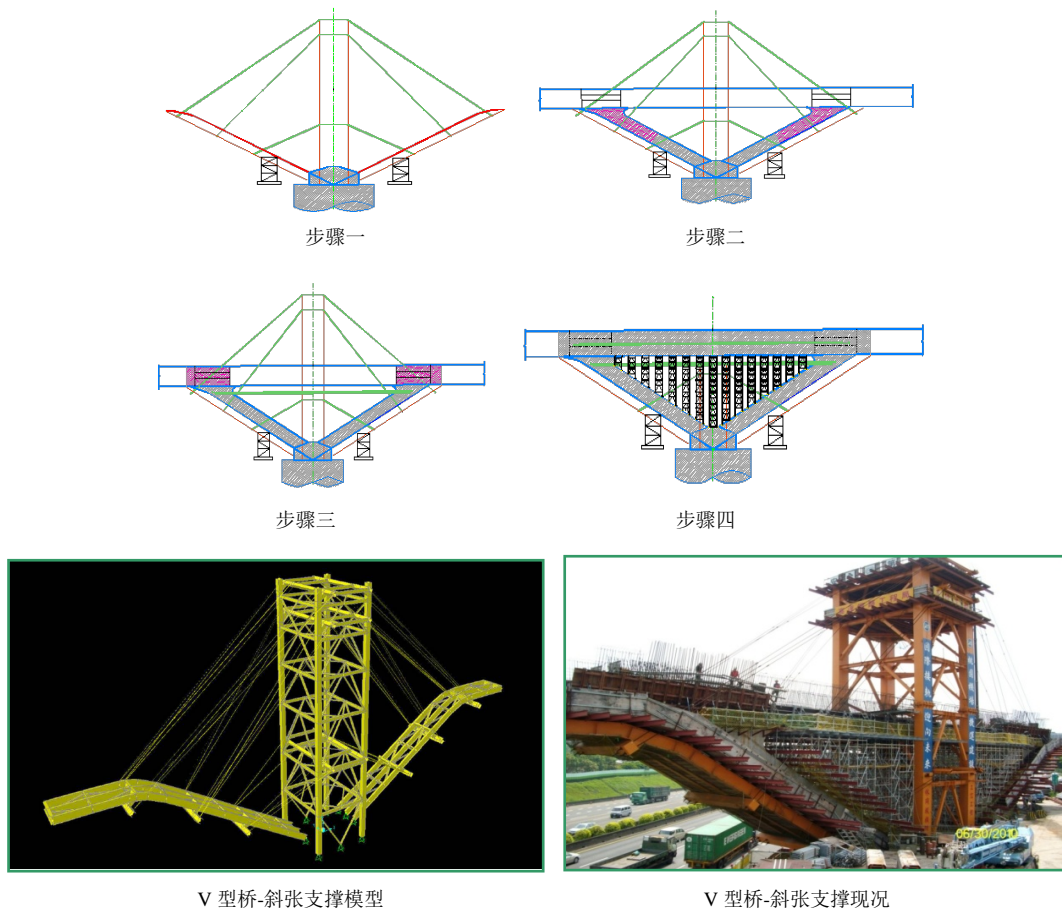


Figure 9. V-type bridge—Pier's construction procedures of stayed supporting steel bridge
图 9. V 型桥 - 斜张支撑钢架桥墩施作步骤

- E) 水平拉力钢棒组立施拉。
- F) 上箱型梁施作。
- a) 斜坡搭组钢管支撑架。
- b) 箱型梁底板施作。
- c) 柱顶中隔梁施作。
- d) 拆主钢柱、第二、三层斜张拉力钢棒。
- e) 箱型梁腹版及顶版施作。
- f) V 柱斜张支撑工法施工——斜坡上搭组钢管支撑架施作箱型梁。
- G) V 型桥墩上方箱梁完成后, 夜间封闭高速公路进行整组型钢底梁吊拆作业。
- H) 侧跨就上构采地场撑工法——跨越匝道。
- I) 场铸悬臂节块工法——二部悬臂工作车日夜施工。
- J) 夜间封闭高速公路组装悬臂工作车。
- K) 高速公路上方悬臂工作车安全措施。
- L) V 型桥墩上方箱梁施拉预力。
- M) 拆除施工架作业:
 - a) 拆第一层主钢柱、斜张拉力钢棒。
 - b) 拆钢管支撑架。

- c) 拆水平拉力钢棒。
- 6) V 型桥之施工质量控制
 - A) 施工质量考虑:
 - a) 所有高拉力钢棒及锚碇组件, 全数采用新品。
 - b) 100%防护——支撑型钢底梁采夹板密铺、内衬防水帆布、再使用粗细双层安全网外层包覆。
 - B) 夜间封闭局部高速公路车道, 浇置悬臂节块混凝土。
 - C) 拱度控制:
 - a) 三度曲线控制。
 - b) 每断面设四控制点。
 - c) 逐节检核施作误差。
 - d) 确实回馈维持精度。
 - e) 闭合线型优美。
- 7) V 型桥施工高风险预防与减轻对策之安全管控与监测计划
 - A) V 型墩柱斜拉支撑构架荷重及变位监测配置计划如图 10 所示。
 - B) V 型墩柱及柱顶箱梁变位监测配置计划(钢筋应力计(RS): 计 7 处(RS1001~1007)(图 11)。

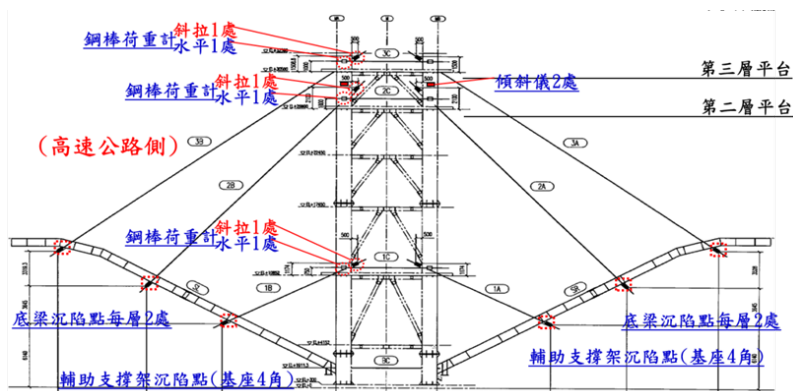


Figure 10. Load and displacement monitoring allocation diagram of V-type pier stayed support structure configured
 图 10. V 型墩柱斜拉支撑构架荷重及变位监测配置图

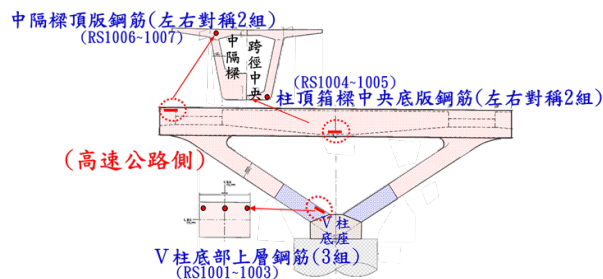


Figure 11. The displacement monitoring allocation of V-type pier and box girder on columns' top
 图 11. V 型桥墩柱及柱顶箱梁变位监测配置

4. 风险管控与监测

1) 高风险工作项目管控

针对跨高速公路 V 型桥高风险施工作业区, 为有效控管施工质量、降低施工危害, 特建立完整风险管

控机制并成立“高风险控管事务小组”进行高风险控管, 成果功效良好(图 12)^[6]。

2) V 型桥 - 施工风险评估如图 13。

3) 施工风险预防如图 14 所示^[6]。

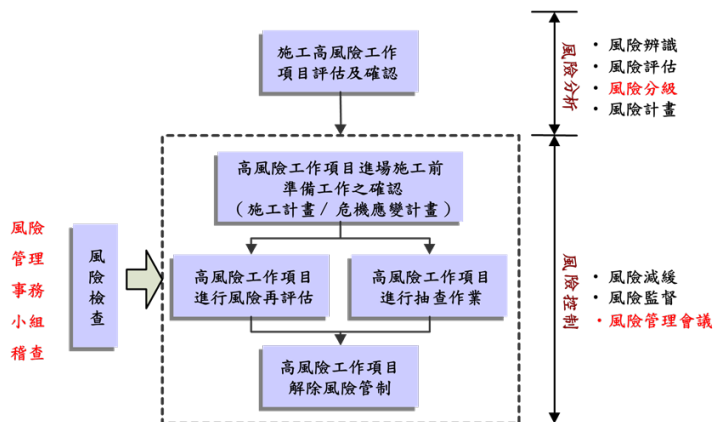


Figure 12. The control mechanism during the construction period of high-risk work items

图 12. 施工期间高风险工作项目管控机制

發生機率	幾乎會發生	90%							R1: 不可能被接受, 必須利用任何有效方法來降低風險。 R2: 風險次之, 不可能被接受, 必須研擬對策來消除或降低風險。 R3: 風險較小, 須進行一些控管活動去降低風險。 R4: 風險最小, 不須進行特定活動。
	非常有可能	80%							
		70%						R1	
	有可能	60%							
		50%						R2	
	偶爾	40%							
		30%						R3	
不大可能	20%						R4		
幾乎不發生	10%								
			輕微	不嚴重	嚴重	重大	很大	極重大	

Figure 13. Risk matrix

图 13. 风险矩阵

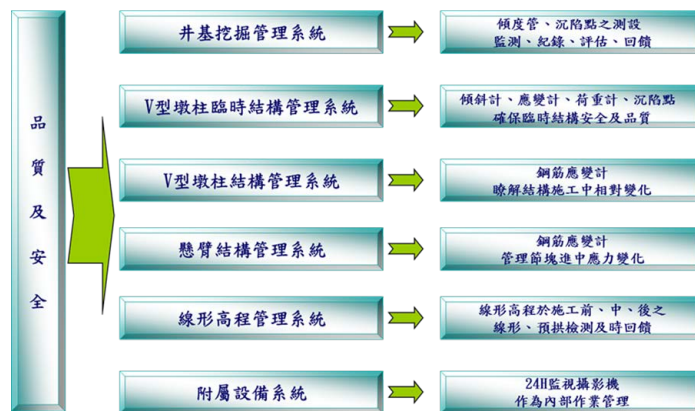


Figure 14. Prevention items during the construction period of high-risk activities

图 14. 施工期间高风险工作预防项目

- 4) 一般风险危害因子及预防如图 15 所示。
- 5) 风险预防及减轻对策之管控(监测管理, 参考图 16)^[7]:
- A) 手稿记录方式: 如钢筋应力计、土中倾度管等。
 - B) 记录初步判读。
 - C) 将记录输入多任务数据管理软件之数据库中, 转换成对应图表。
 - D) 报表提送并同步更新于网站。
 - 6) 针对产生风险之各种施工管理系统, 建立监测仪器之警戒值及行动值。
 - A) 监测管理值与频率如表 7 所示^[6]。
 - B) 风险预防及减轻对策之管控(监测成果)如表 8 所示。
- 针对本标各风险管理之监测仪器, 经由良好之施工管理, 监测仪器之历时最大值皆未超过高风险管理

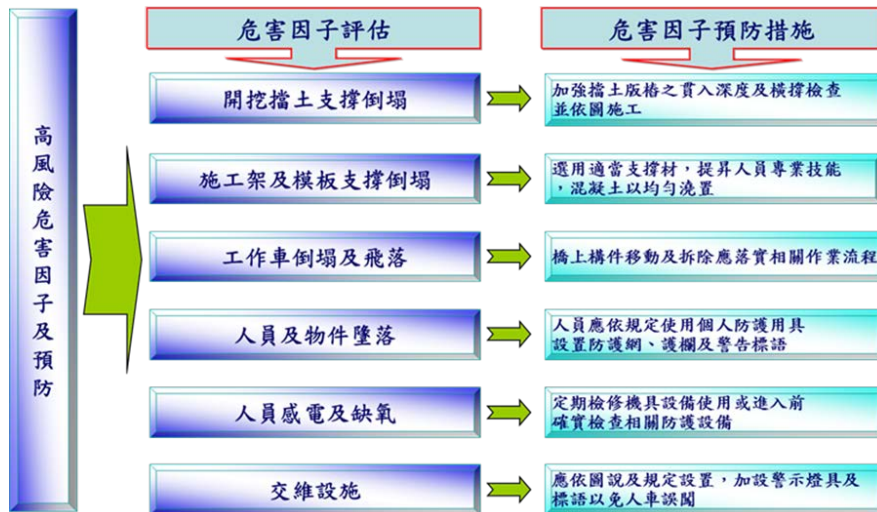


Figure 15. General safety factors and prevention activities during the construction period
 图 15. 施工期间一般工安危害因子及预防措施



Figure 16. Manual measurement process
 图 16. 人工量测流程

Table 7. Monitoring management data and frequency^[6]
表 7. 监测管理值与频率^[6]

项次	施工风险项目	监测管理值与频率
1	井基挖掘管理	a. 土中倾度管深度 15m, 监测频率每周一次 警戒值 20 mm/行动值 30 mm b. 沉陷点每周一次, 开挖期间每周两次 警戒值 30 mm/行动值 50 mm
2	V 型墩柱临时结构管理	a. 斜撑底梁沉陷点 警戒值: 第一层 13.91 mm、第二层 30.24 mm、第三层 29.43 mm b. 倾斜仪(TI) 警戒值: ±313 sec/行动值±392 sec c. 钢棒荷重计(LC)/支撑应变计(VG) ●警戒值: 柱间水平 40.1 T、底梁斜拉 28.4 T; ●行动值: 柱间水平 55.6 T、底梁斜拉 39.4 T
3	V 型墩柱结构管理	a. 钢筋应力计(RS) ●警戒值: 2268 kg/cm ² (行动值 90%); ●行动值: 2520 kg/cm ² (0.6 Fy)
4	悬臂结构管理	a. 钢筋应力计(RS) ●警戒值: 2268 kg/cm ² (行动值 90%); ●行动值: 2520 kg/cm ² (0.6 Fy)
5	线形高程管理	a. 位置高程 警戒值: 6 mm/行动值: 12 mm

系统所设定之警戒值及行动值(参考图 17)。

5. 结论与建议

本工程项目因 V 型桥以横交方式跨越中山高速公路林口交流道, 落墩配置受限于仅容许于主线两侧与匝道间之边坡立墩, 并确保高速公路行车安全及避免影响用路人行车视距与视觉景观等原则要求; 故自设计阶段即考虑地形、地物及行车安全等限制条件, 同时满足捷运桥轨互制与角变位置限制等标准, 并入

Table 8. The management of the strategy for risk prevention and mitigation (monitoring results)
表 8. 风险预防及减轻对策之管控(监测成果)

监测项目	历时最大值 (至 2011/4/30)	警戒值	行动值
土中倾度管	3.4 mm	20 mm	30 mm
地面沉陷点	5.9 mm	30 mm	50 mm
底梁沉陷量	27.3 (mm)	29.43 (mm)	36.96 (mm)
倾斜仪(TI)	+185.6 (sec)	±313 (sec)	± 392 (sec)
钢棒荷重计(LC)	27.0 T	28.4 T	39.4 T
支撑应变计(VG)	28.9 T	40.1 T	55.6 T
钢筋应力计(RS)	1156.25 kg/cm ²	2268 kg/cm ²	2520 kg/cm ²

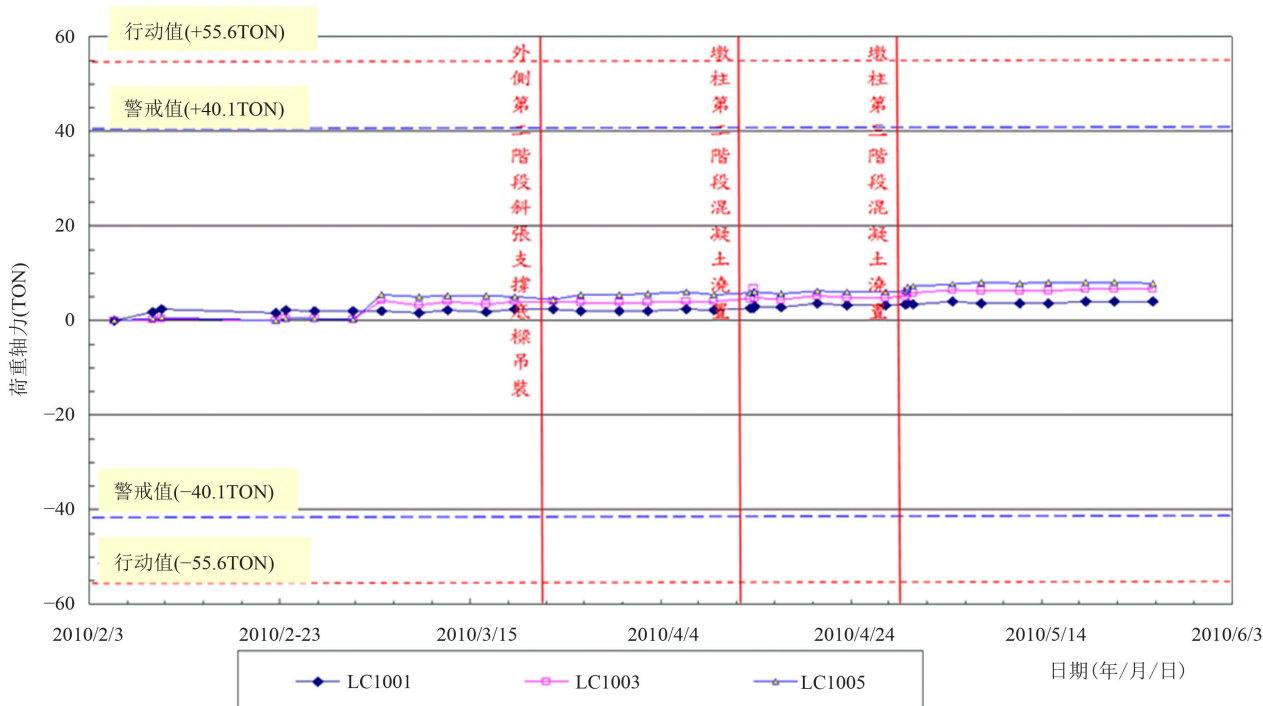


Figure 17. The time curve diagram of 08P015 horizontal steel bars' load cell (LC)
图 17. 08P015 水平钢棒荷重计(LC)历时曲线图

桥梁造型规设评选分析作业之中。再于施工阶段，厂商就地形、地物、限制条件与工程标准，再审慎评估施工工期、安全性与施工可行性，针对施工高风险高技术挑战之 V 型桥墩提出确实可行之施工工法——斜张支撑工法，并采取高标准防护措施，以达 100% 务必确保用路人行车安全及零工安意外事故之目标。同时充分落实风险管理机制，将 V 型桥墩及跨越高速公路悬臂桥等阶段之施工过程，列入高风险管控机制，严格管控风险；并为有效控管施工质量、降低施工危害，并导入“高风险控管事务小组”进行高风险控管，除每日会同相关单位共同确认施工现场安全措施符合相关规范才进行施工外，更布设各式监测仪器随时监测了解各施工阶段之结构安全。

本机场捷运跨越中山高速公路 V 型桥，跨径总长 279 公尺，桥宽 9.5 公尺，于 2011 年 4 月底完成连接 (图 18)；并于 2011 年度荣获行政院工程会颁发金质奖入选，足见除全体参与单位及人员努力不懈外，事前审慎评估风险、过程中全面监测、施工步骤更依现地条件缜密规划，方能达成使命并受各界肯定。综上，本项目充分展现桥梁工程之下列特性：

1) 设计阶段即需考虑施工工法，并于施工阶段得再视施工工法进行必要之施工设计；同时厂商可就技术能力、安全性与施工性提出优于设计阶段建议之施工工法。

2) 落实施工风险评估机制，将施工计划纳入风险危害减轻对策，施工中监测管控及时掌握偏差量，是安全确保之必要关键。诚所谓“魔鬼藏在细节里”，桥梁高空作业时，人员与物品之掉落时常发生，对高空人员与下方用路人都是威胁，故安全防护之周延性须有复联式机制加倍防范。



Figure 18. The real photo of CE02 V-type bridge after constructed
图 18. CE02 V 型桥完工后实景

3) 将临时假设工程纳入监测与观测安全管理作业，可充分掌握施工阶段性混凝土浇筑、模板及支撑构架之间动态偏差量与危险程度以适时降低危害风险，确保安全。

参考文献 (References)

- [1] 交通部高速铁路工程局 (2011) 第 183 期高铁简讯. 台北.
- [2] 交通部高速铁路工程局 (2007) 机场捷运 DE02 标土建最终设计摘要报告. 台北.
- [3] 交通部高速铁路工程局 (2007) 机场捷运 DE02 标桥梁造型报告. 台北.
- [4] 林利国 (2011) 防灾规划与风险管理. 台北科技大学土木与防灾研究所, 台北.
- [5] 林利国 (2010) 土木施工法. 科技图书公司, 台北, 231-240.
- [6] 工信工程股份有限公司 (2011) 机场捷运 CE02 施工标第 11 届公共工程金质奖实地评审简报. 台北.
- [7] 张英洲 (2011) 跨越中山高速公路 V 型桥梁施工简报. 机场捷运 CE02 施工标工信工程公司技师, 台北.