

出國報告（出國類別：考察）

考察捷運地下車站共構工程技術及 工程管理

服務機關：交通部高速鐵路工程局

職 稱：正工程司兼主任 正工程司

姓 名：郭 林 堯 張 哲 榮

派赴國家：馬來西亞

出國期間：103 年 9 月 24 日至 9 月 27 日

報告日期：103 年 12 月 17 日

摘 要

緣於本次赴馬來西亞吉隆坡考察重點包含 KVMRT SBK LINE 地下車站於不同地質所使用不同開挖方式，隧道開挖配合地質而使用不同形式潛盾機及為了配合進度亦在工法及順序上做了調整，其他包括施工人員進出管制規劃，工區整理整頓執行狀況，BIM 的使用執行情況等，分別參訪吉隆坡 KVMRT SBK LINE COCHRANE STATION 及 MERDEKA STATION。並瞭解 BIM 建模技術應用於捷運工程之實際情形。

本次行程有賴 CECI 成俊斌主任工程師，海外部業務經理熊濱成，業務資深協理劉念平及董事長李建中之安排及親自接待，在此特別感謝。

目 錄

壹、 目的.....	2
貳、 參訪行程摘要.....	3
參、 參訪人員.....	4
肆、 參訪重點內容整理.....	5
一、 考察捷運地下車站共構工程技術.....	5
(一)、 吉隆坡捷運簡介	5
(二)、 吉隆坡特殊地形說明	6
(三)、 新型潛盾機使用	8
A. 土壓平衡潛盾機	8
B. 混合密度型潛盾機 Variable Density(VD)TBM.....	8
(四)、 七座地下車站施工方式說明.....	11
A. MUZIUM NEGARA STATION.....	11
B. PASAR SENI STATION	12
C. MERDEKA STATION	12
D. BUKIT BINTANG STATION.....	13
E. TUN RAZAK EXCHANGE(TRX) STATION	13
F. COCHRANE STATION.....	14
G. MALURI STATION	14
二、 捷運地下車站共構工程管理	15
(一)、 吉隆坡捷運 BIM 應用情形.....	15
A. BIM 簡介.....	15
B.吉隆坡捷運工程 BIM 建模及使用情形.....	18
伍、 參訪心得及建議.....	21

目的

參觀由馬來西亞首相納吉於(2011)年 7 月 8 日主持大吉隆坡捷運系統計畫奠基禮時指出，由雙溪毛糯(Sungai Buloh)至加影(Kajang)之捷運路線全程長達 51 公里，將建設 31 個捷運站；其中 7 個為地下站，另外 4 個為交通轉運站(由雙溪毛糯及加影站可轉結電動火車、馬魯里站可轉結安邦路線輕快鐵，以及吉隆坡中環廣場則可銜接單軌火車。該捷運系統工程計畫將於 2011 年 11 月完成投標後啟動，預計於 2017 年竣工，並於 2018 年開始營運。

納吉首相續稱，該捷運系統將成為馬國歷史的一個重要里程碑，改變吉隆坡基本建設及帶動吉隆坡成為全球 20 個最適宜居住及經濟蓬勃發展城市之一。

依據該計畫，預計至 2011 年至 2020 年可為馬國每年創造 30~40 億馬幣(1 馬幣約 9.7 台幣)約等於 9.97~13.29 億美元之國內生產毛額(GNI)，施工期間將創造 13 萬個就業機會，許多衍生項目將貢獻 80~120 億馬幣收入。馬國市場分析師咸認，該捷運路線附近之房地產發展計畫將倍增，預計總值 150 億馬幣之新發展計畫將於未來 10 年內完成；同時期，在捷運路線 0.5~1 公里範圍內之 120 萬平方公尺商業單位及民宅將增值 20%，產生總值 30 億馬幣之國內生產毛額。

壹、參訪行程摘要

本次參訪馬來西亞吉隆坡 COCHRANE STATION，PUDU LAUNCH SHAFT 及 MERDEKA STATION，行程摘要如下：

月	日	起	訖	行程說明	參訪及接待單位
9	24	台北	吉隆坡	去程	
9	25	吉隆坡		參訪 COCHRANE STATION <ul style="list-style-type: none"> • 工程人員工程概要簡報及施工規劃說明 • 施工區整理整頓規劃及人員進出管制 • 站體結構及潛盾隧道施工參觀 	MMC-GAMUDA Eric Foong Vooi Lin Head of Commercial Department Tunnel Construction Manager 陳利民 (詳照片 1~4)
9	26	吉隆坡		參訪 PUDU AUNCH SHAFT 及 MERDEKA STATION <ul style="list-style-type: none"> • 站體結構及潛盾隧道施工參觀 	CEC 大陸工程 (詳照片 5~6)
9	27	吉隆坡	台北	回程	



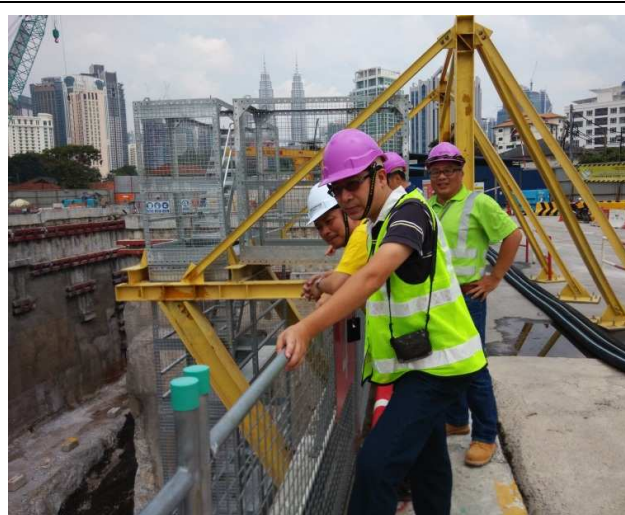
照片 1



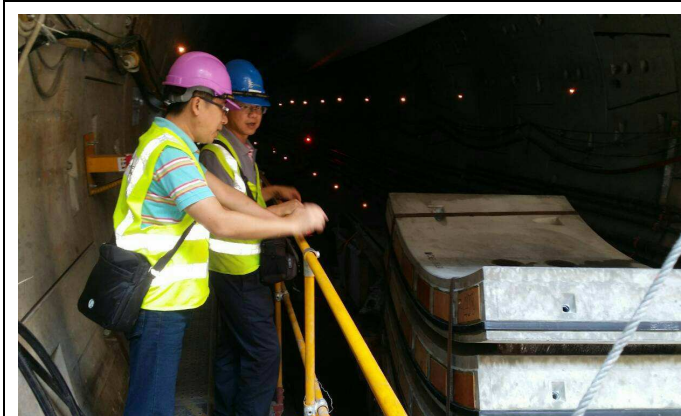
照片 2



照片 3



照片 4



照片 5



照片 6

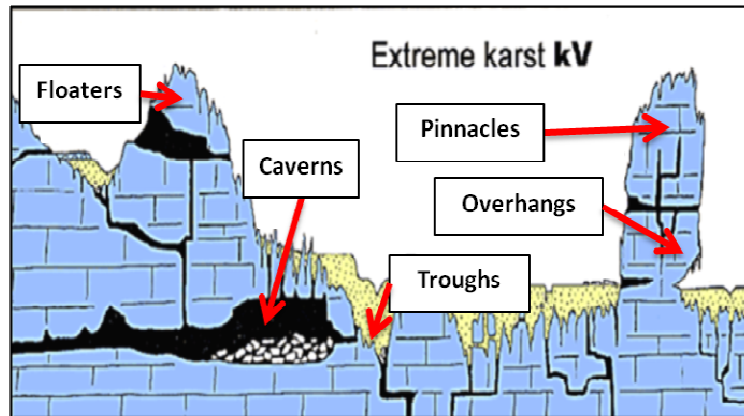
(二) 吉隆坡特殊地形說明

吉隆坡主要的地質為石灰岩及沈淀岩(Silty Sand)。因為它長期受到變質環境的影響，由原先的石灰石變成大理石，它性質細，帶淺灰色，紋理分明，曾被鑑定為世上優質的大理石之一。吉隆坡石灰岩地層的分布面積廣大、多年來已風化嚴重，其中也包含相互關聯的裂縫和孔洞且大多是類似迷宮般不穩定的洞穴、懸崖和石峰。在KVMRT SBK線地下隧道所經之區域包含了兩種完全不同的地質，一是完整的Kenny Hill形成的地質，一是強度高但破碎帶多的石灰岩地質。因此，維護包含地下水庫和充水腔的表面地質系統的平衡是一個挑戰，因為任何從地下活動的干擾可能導致岩溶天坑及地面坍塌。

Table 1. Interpreted geotechnical parameters

	Overburden	Bedrock
Material type	Silty sand	Limestone
Average depth	0m – 5m	5m below
Unit weight	18 kN/m³	24 kN/m³
SPT N	2 - 4	-
RQD	-	0 – 100%
Average UCS	-	50 MPa
Effective shear strength	c' = 1 kPa φ' = 29°	c' = 400 kPa φ' = 32°
Elastic Modulus, E' (kPa)	4000 - 12000	1.0E6
Hydraulic conductivity, k	1.0E-5 m/s	0 – 31 Lugeon

Kuala Lumpur Geology



吉隆坡特殊地形



吉隆坡石灰岩地質



地下施工造成路面塌陷

(三) 新型潛盾機使用

A. 土壓平衡潛盾機

KVMRT SBK線有四個地下車站包括KL SENTRAL STATION、PASAR SENI STATION、MERDEKA STATION、BUKIT BINTANGSTATION 都位於Kenny Hill地質上，因該地質為一完整且連續性穩定的地質，故地下隧道開挖潛盾機採用土壓平衡潛盾機(簡稱EPB TBM)，出土方式採用台車運送，並於工作井上方安裝天車來吊放台車。

B. 混合密度型潛盾機Variable Density(VD)TBM

VD 潛盾機基本上是由泥水加壓潛盾機改造而來(詳照片7~10)，能使用於泥水加壓及土壓平衡模式，它是世界上第一台可運用於不同模式的潛盾機，依據(SMART Project)在吉隆坡附近於類似地質進行隧道開挖施工的經驗，以泥水加壓方式施作，容易因遇到孔隙或斷層而造成盾面壓力無法保持穩定，泥漿竄升至地面造成41處坍孔或坍方，導致民眾生命財產損失及潛盾機的損壞。而在KVMRT SBK線，相同地質的施工範圍內以VD潛盾機開挖僅造成了2個小坍孔，並未對民眾造成不便，潛盾機亦未受損，其中最主要原因為1.機體高黏性穩定液可避免流失到斷層或孔隙中造成失壓而引起坍孔2.高黏性穩定液可避免進入地表水層，因此可維持盾面壓力不致造成地表塌陷情形發生。



照片 7



照片 8



照片 9



照片 10

以下為VD潛盾機的規格:

Diameter(直徑) : 6,620 mm

Cutterhead power(鑽頭能量) : 1,280 Kw

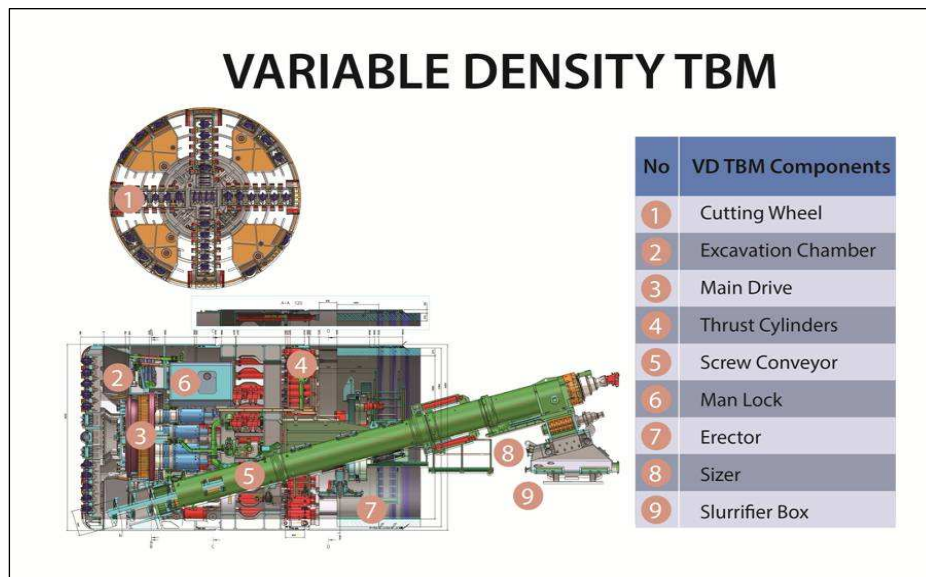
Max. thrust force : 42,751 kN (350 bar)

Cutting wheel torque : 4,239 kNm (kilonewton metre)

Cutting tools : 33 single discs, 4 double discs, 54cutting knives, 8 buckets

Total weight : Approximately 1,100 tonnes

Total length : 135 m



(四) 七座地下車站施工方式說明

KVMRT (SBK 線)於 9.5 公里地下段沿線興建了七個地下車站，包括有MUZIUM STATION、PASAR SENI STATION、BUKIT BINTANG STATION、MERDEKA STATION、TRX STATION、COCHRANE STATION、MALURI STATION，完成後，從位於吉隆坡中環廣的地下捷運站到MALURI STATION，通勤者將僅需要16分，SBK 線地鐵站將讓搭乘旅客享受的不僅是充滿活力且功能性屬世界一流的地鐵車站，亦具有獨特人文氣息的車站。所有七個地下車站將會採用切割和覆蓋方法。對於那些在Kenny Hill地質區域的開挖施工方式將採逆打工法施作，而位於石灰岩地質區則以順打方式施作。KVMRT (SBK 線)地下車站結合推動能源效率和更方便快捷的綠色技術車站功能並為殘疾人士提供專門照顧殘障的同類最佳設施，除此之外，包括：

- (1) 檢票口有足夠寬度，以便容納得下輪椅。
- (2) 電梯從地面上升到大廳平臺在控制按鈕上有盲文標記。

KVMRT SBK LINE 的每個站將兼任新聞中心，為其他地鐵線、交匯處和轉運站提供資訊。在轉駁站，將會有明顯的提供過境乘客的轉乘路線資訊。KVMRT SBK LINE 提供同類最佳安全系統用以確保快速、高效地管理緊急情況。所有地下車站將都配備自動滅火和自動噴灑水系統，以及公共位址系統來大規模疏散乘客。KVMRT 不會是孤立的運輸系統。按照設計，KVMRT 將結合現有的輕便鐵路系統、ktm 車隊和單軌列車線，創建在巴生谷內的綜合的運輸體系。

A. MUZIUM NEGARA STATION

Muzium Negara Station 位於 Negara 博物館旁，Jalan Damansara 下方，當初設計是以博物館為主題，並以對博物館最小破壞的方式施工，它提供了二到通道用以連結博物館及未來的商業大樓，並且與既有的中環轉運站亦可相通。

地質狀況: Kenny Hill Formation。

站體尺寸: 24m 寬, 150m 長, 19m 深。

開挖方式: 逆打工法。

站體結構: 島式月台。

運輸連結: 包括與 Putra LRT、KL monorail、城市火車及到吉隆坡國際機場的高速列車的連結。

B. PASAR SENI STATION

Pasar Seni Station 位於城市的唐人街區上，該站的區域範圍位於蘇丹街以南，下方為 Jalan Tun H.S.Lee 和 UO 超市，廣場 Warisan 酒店和巴生谷巴士總站。該站包括四個的水平空間，即中央大廳，上部設備室，下部設備室和月台層。該站有三（3）行人通道連接到現有的中央藝術坊站，蘇丹街及未來的發展廣場。

地質狀況: Kenny Hill Formation。

站體尺寸: 21m 寬, 161m 長, 31m 深。

開挖方式: 半逆打工法。

站體結構: 島式月台。

運輸連結: 與 Pasar Seni LRT 連結。

C. MERDEKA STATION

Merdeka Station 位於惹蘭漢惹拔和未來發展 100 層高的獨立遺產大廈的旁邊。該站包括五個的水平層，即零售層面，匯合，上層設備室，下層設備室和月台層。該站配有兩條行人平通道接到基督教女青年會的一側，以及未來發展獨立遺產大廈。

地質狀況: Kenny Hill Formation。

站體尺寸: 24m 寬, 148m 長, 31.3m 深。

開挖方式: 半逆打工法。

站體結構: 島式月台。

運輸連結: 與 Plaza Rakyat LRT 連結。

D. BUKIT BINTANG STATION

Bukit Bintang Station 位於中央商務區的心臟地帶。該站包括四個（4）的水平，即中央大廳，上平台，設備室平台和下部平台。該站有 5 個入口通道，並與現有的武吉免登站無縫銜接。

地質狀況: Kenny Hill Formation。

站體尺寸: 23m 寬, 137.5m 長, 33m 深。

開挖方式: 逆打工法。

站體結構: Stacked running tunnels to split platforms。

運輸連結: To the monorail。

E. TUN RAZAK EXCHANGE(TRX) STATION

TRX Station 是在敦拉薩交易所旁是未來的綠線之間的轉乘站，位於吉隆坡的石灰岩七個地下車站中最大的車站。該站由五水平層，即較低的平台，降低夾層，上層平台，廣場和上夾層水平。該站有三（3）行人通道連接到鄰近區域以促進的發展。

地質狀況:吉隆坡石灰岩地質。

站體尺寸: 30m 寬, 168m 長, 44.5m 深。

開挖方式: 無支撐開挖順打工法。

站體結構: Stacked running tunnels to split platforms。

運輸連結: 與第二條捷運線連結。

F. COCHRANE STATION

Cochrane 站位於 JALAN Cochrane 和 JALAN SHELLEY 之間。附近車站目前是大型重建計畫的一部分。車站分為三個 3 層，即月台層、設備層和大廳層。車站配備了兩個 2 行人通道。

地質狀況: 吉隆坡石灰岩地質。

站體尺寸: 21m 寬, 176m 長, 35m 深。

開挖方式: 無支撐地錨灌漿開挖順打工法。

站體結構: 島式月台。

運輸連結: 無。

G. MALURI STATION

Maluri 酒店站和橫渡線位於 Jalan Cheras 下方並在與 Jalan Peel 交界處。這一站是 Maluri 酒店 AEON 購物中心今後，Maluri 酒店地鐵站將通過現有的 Maluri 酒店站輕軌安邦線集成“支付給支付”連接。一個停車轉乘將成為 Maluri 酒店站的一部分，並提供 265 停車位的汽車，166 停車格的摩托車和 126 組的自行車托架。

地質狀況: 吉隆坡石灰岩地質。

站體尺寸: 21.3m 寬, 300.5m 長, 21m 深。

開挖方式: 無支撐地錨灌漿開挖順打工法。

站體結構: 島式月台。

運輸連結:與 MALURI LRT 連結。

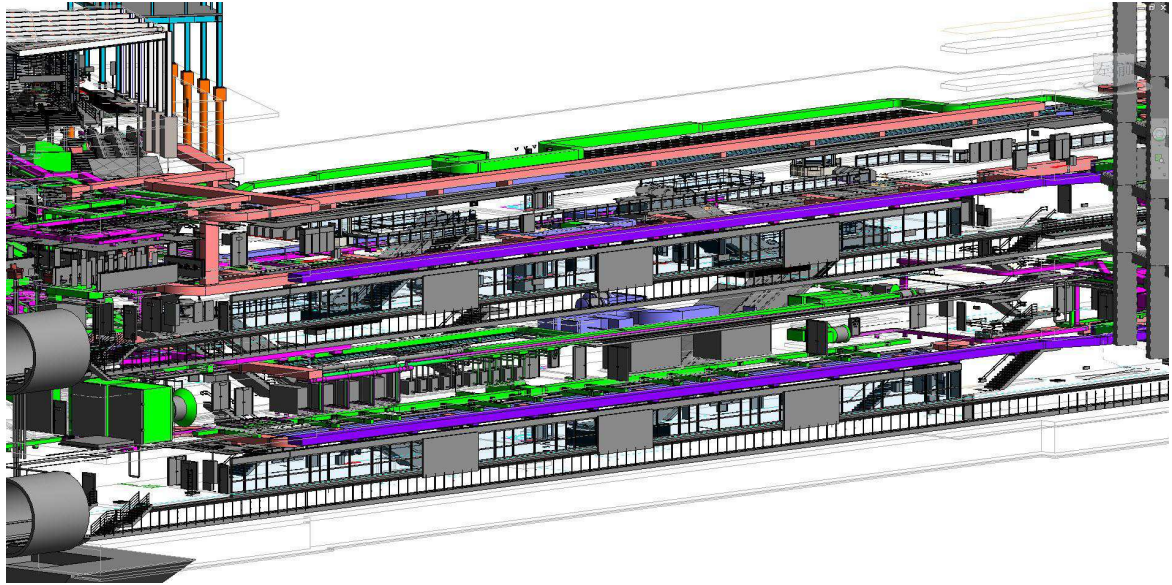
二、捷運地下車站共構工程管理

(一) 吉隆坡捷運BIM應用情形

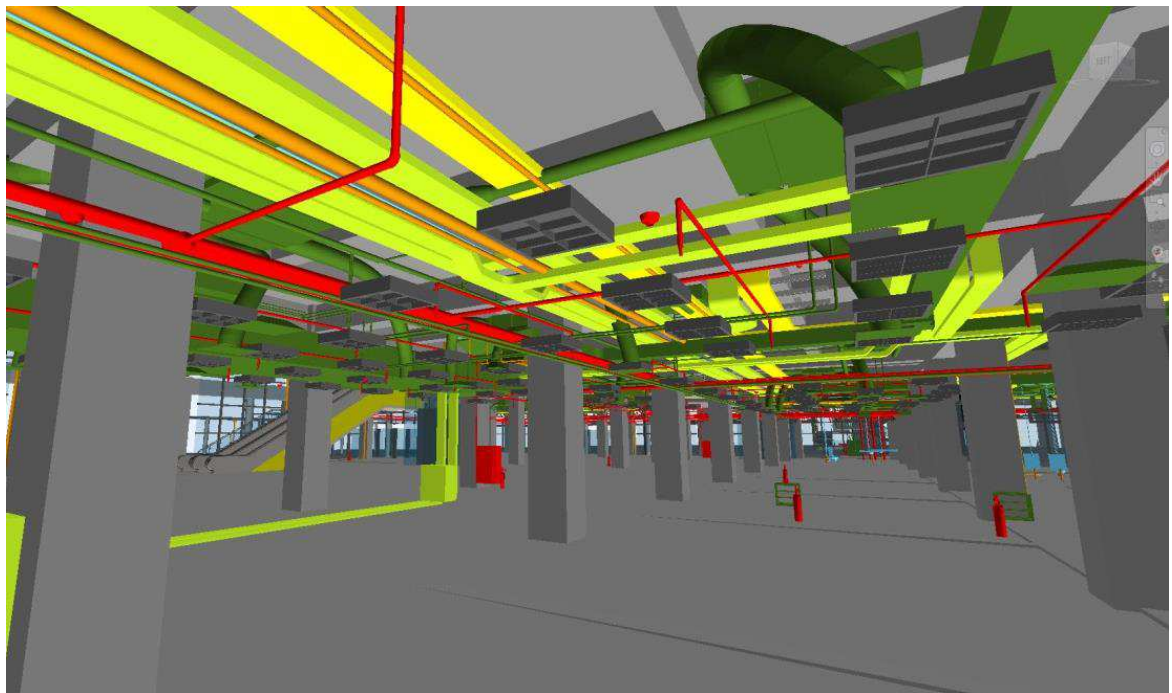
A.BIM簡介

所謂「建築資訊模型 Building Information Modelling ,BIM」包括工程設施(如建築物、橋梁、道路、隧道等)生命週期資訊集結與永續性運用、3D視覺化的呈現與跨專業跨階段的協同作業、幾何與非幾何資訊的繫結、靜態與動態過程資訊的即時掌握、微觀與巨觀空間資訊的整合等。簡而言之，BIM技術就是在電腦虛擬空間中模擬真實工程作為，以協助工程生命週期規劃、設計、施工、營運之新技術、新方法與新概念。於工程生命週期各階段導入BIM技術之運用可有效促進工程品質提昇、減少設計錯誤變更的成本浪費、提昇施工管理及介面整合效率、有效縮短工期並可達成永續經營與工程設施資產管理等目標。

目前國際各先進國家均視導入BIM技術發展與應用為產業升級與跨專業領域整合之國家級重要發展趨勢潮流。如臺灣桃園國際機場聯外捷運系統延伸至中壢火車站工程、台北捷運系統萬大線計畫、新北市國民運動中心、國內醫院等皆將 BIM作業導入工程計畫內執行，並已有初步成效。



國內北捷萬大線DQ121/123標案



國內高鐵苗栗站

B. 吉隆坡捷運工程BIM建模及使用情形

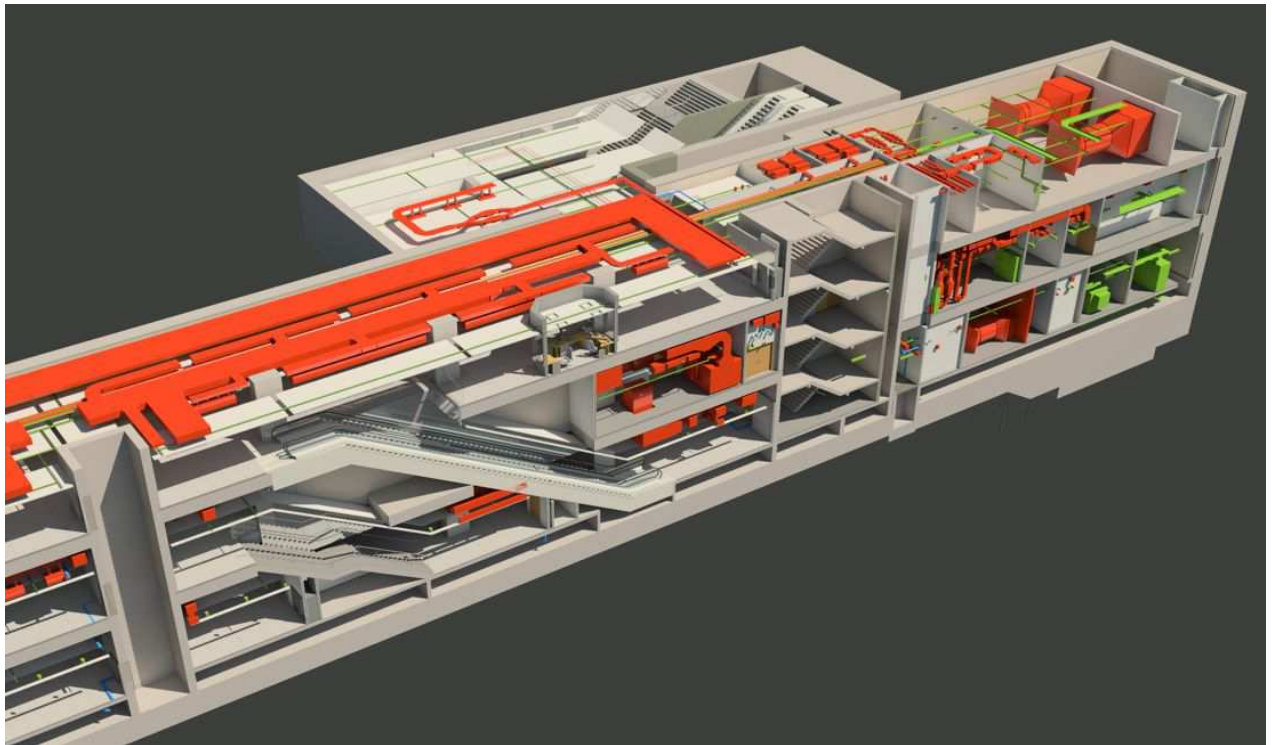
本次參訪瞭解吉隆坡捷運目前一號線有一個車站（COCHRANE STATION）應用BIM在基本設計上。因為當初(2010年)合約沒有強制要求，且相關軟硬體及人員技術並未成熟，故細部設計及施工階段並未導入BIM作業繼續發展及修模。現階段BIM發展成熟且Gamuda公司了解到BIM的優勢，在二號線的設計上應該會要求顧問公司全面性的使用BIM。



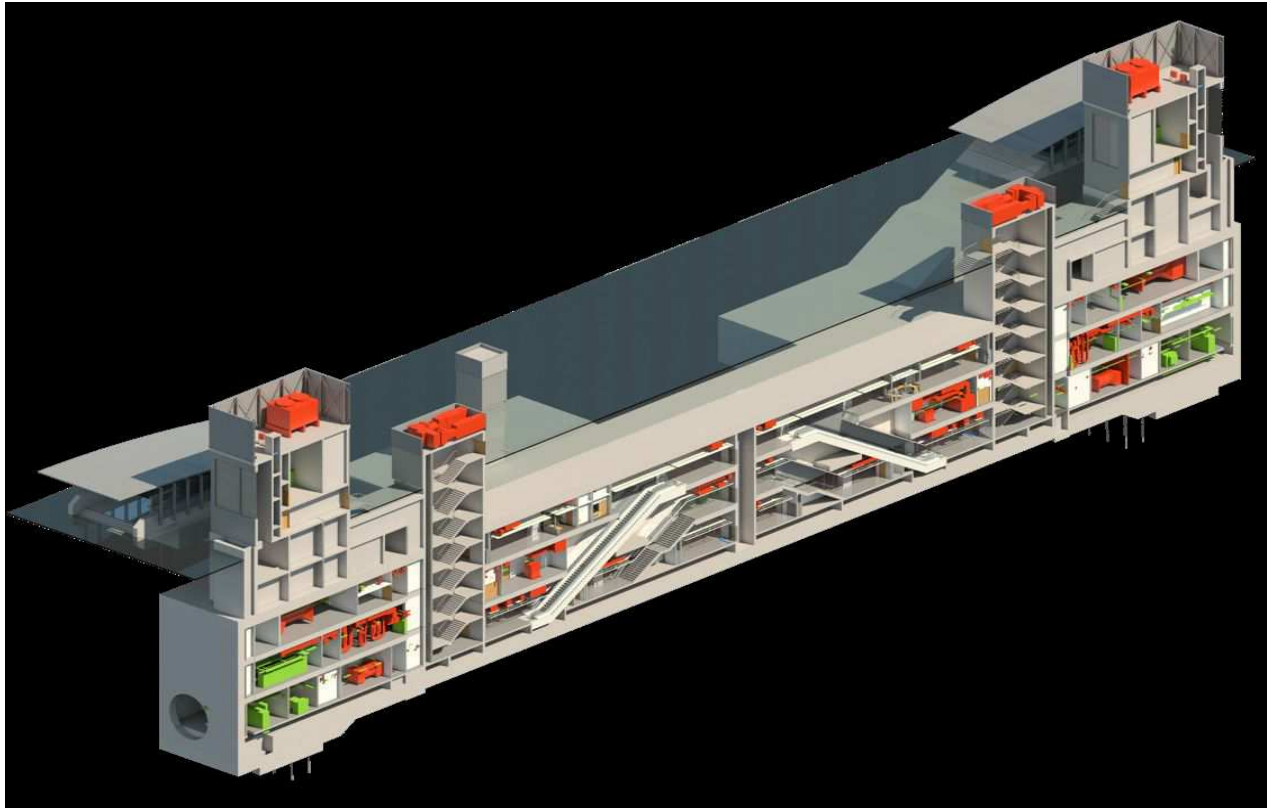
COCHRANE STATION剖面圖-1



COCHRANE STATION剖面圖-2



COCHRANE STATION剖面圖-3



COCHRANE STATION剖面圖-4

肆、參訪心得及建議

- 1.外賓參訪時，受訪單位會為外賓做安衛勤前教育(詳照片11~12)，告知施工場地目前施工現況及參訪動線，避免參訪人員受傷，且受訪單位會為參訪人員準備相關的安衛防護裝備以保護參訪人員的安全。另對於施工人員進出施工場所，施工廠商亦使用刷卡方式來管控(詳照片13~16)，此方式可對施工人員進出時間，人員上工數量管制達到很好效果。
- 2.VD潛盾機為全世界第一台可使用不同模式的潛盾機，包括泥水加壓及EPB二種模式，這是廠商為解決吉隆坡特殊地質所做的創新改變，而這改變不僅解決了推進時所造成的地面沉陷，亦讓整體工進大大提升。這種求新求變精神值得我們學習。
- 3.在7個地下車站中，屬於Kenny Hill地質的都是以逆打或半逆打方式施作，而屬於吉隆坡石灰岩地質的都是以順打方式施作(詳照片17~18)，而如此的規畫皆是以工進來考量，與台灣思考模式不同，另外隧道環片的材料是以鋼纖為主，並無鋼筋綁紮在內，如此規畫可減輕環片的重量，強度亦可達到標準，可是，鋼纖的攪拌若不均勻，則容易造成結球而影響了施工品質。
- 4.GAMUDA廠商在潛盾隧道人才養成方面非常注重，該廠商成立了潛盾隧道開挖訓練學校，培養人才，因為潛盾機的操作及整個施工流程是很專業的，這是台灣廠商無法做到的，也難怪潛盾隧道施工都是日本人主導，確實值得我們學習改進。
- 5.BIM作業方式可比照本案莫特麥克唐納（**Mott MacDonald**）伺服器設於英國伯明翰（**Birmingham**）的辦公室內，而員工在吉隆坡（或全球任

何地方)“登錄進入”BIM電腦。且可同時容納6位工作人員登錄到同一電腦工作。

6.BIM建模後業主於細部設計及施工階段應編列費用,以利BIM模型能持續維護及使用。

7.目前國內BIM建模技術已趨成熟,政府及民間企業應掌握時機,儘早將BIM技術導入政府公共工程。



照片 11



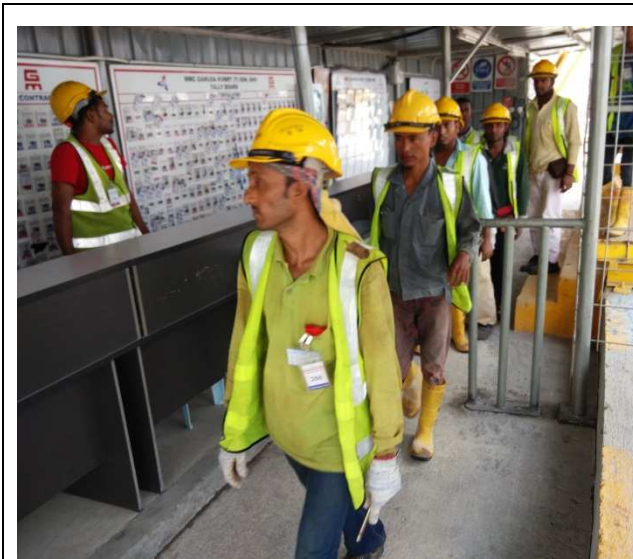
照片 12



照片 13



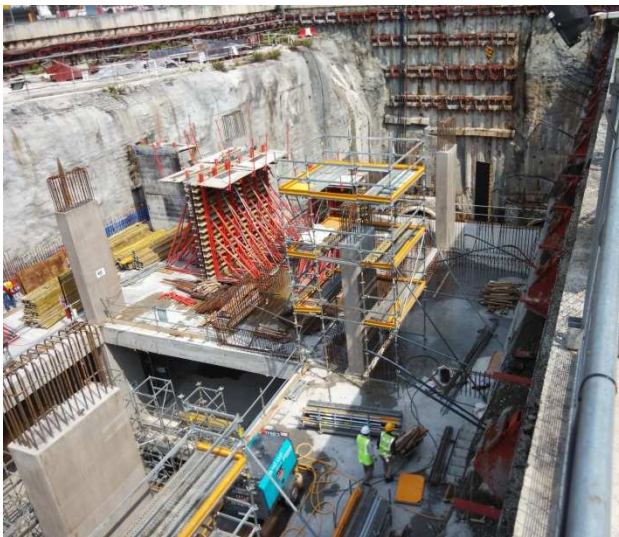
照片 14



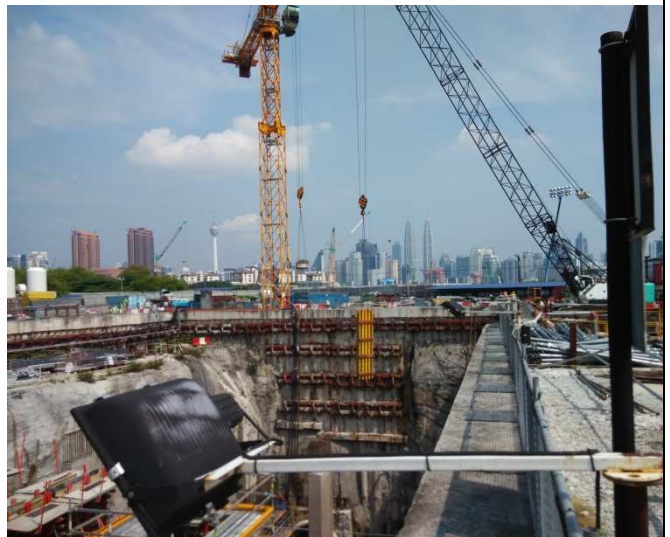
照片 15



照片 16



照片 17



照片 18