

北宜高速公路坪林隧道鉆炸段

檢測資料表示的意義

古元豐

摘要

詳細的地質調查及準確的檢測記錄研判分析是 NATM 工法隧道施工兩項不可或缺的工作，尤其初期支撐工的隧道變化，可以適時的予以補強甚而由於檢測資料的詳實反應，可用來回饋設計，以為未來路段或將來其他隧道支撐工設計的參考。

坪林隧道由於距離長達 12.9 公里且斷面大，為台灣首座平行三孔隧道，（即兩平行雙孔隧道中間有一較小之導坑隧道）其相互間的干擾互制，再加上雪山山脈複雜多變的地質，隧道淨空的變化，頂拱的沈陷變化多端，是極值得深入探討的一項課題。

一、前言

國內隧道施工技術自從民國六十八年初，鐵路局為延伸北迴鐵路至台東之東部鐵路拓寬計畫，自強一號隧道開挖遭遇惡劣地質，使用傳統工法（底導坑先進工法）全面失敗。經委請日本、德國等國內外隧道專家，討論結果，由德國鐵路工程顧問公司（DEC）研究規畫，決定引進新奧工法，因為在此之前新奧工法曾在許多國家的隧道經驗中，克服傳統工法所未能突被之困境。

隨著自強一號隧道採用新奧工法理念（當時僅略具雛型）施工，成功克服極惡劣地質的鼓舞，隨後的佳山計畫、南迴鐵路長大隧道及台電各引水隧道施工等的成功實例，國內幾已全面採用新奧工法理念作為隧道工程之施工圭臬；近年國內大型交通建設次第展開，北二高速公路及北宜高速公路的隧道工程都以新奧工法的精神施工，尤以北宜高速公路坪林隧道最為落實，為徹底瞭解大地應力應變行為，除了於設計規劃階段，在現地做地工試驗及採樣做室內試驗以求得更正確之參數，並於坪林隧道鉗炸段佈置一有系統的隧道監測儀器，本研究報告即利用現有之計測資料做一初步評估介紹，以供各界及未來隧道施工之參考。

二、施工概況

北宜高速公路坪林隧道，由於長度達 12.9 公里，且開挖斷面大，若以傳統的 NATM 工法鉗炸施工，將緩不濟急、工期無法撐握且工區位於大台北區水源保護區，受制於各法規條件的限制，國工局乃大膽引進在國外已使用多時且曾有效率的完成工程的 TBM（隧道全斷面鉗掘機）工法，由東口單向開挖施工。

此工法的引進對國內隧道工程施工技術的提昇不啻為向前邁進一步且對於將來全國國道路網的興建，（如中橫高速公路及南橫快速公路隧道工程），提供最佳的施工經驗。

坪林隧道為國內首座平行三孔大斷面設計（如圖一）即左右各開挖一較大之主坑隧道，中間稍低部位設置一較小之導坑隧道，以供探查地質之用。兩主坑隧道分為東、西行線，開挖斷面直徑約 14 公尺，其中心與中心之間距由東洞口的 42 公尺漸變至進入岩層的 60 公尺，導坑開挖斷面約略為 6 公尺，前段都以 NATM 鉗炸工法施工，平

均一天完成一輪，一輪長度為 1~1.5 公尺，導坑先行施工開挖至 522 公尺後改以 TBM 施工，目前 TBM 段已完成 990 公尺，累計完成 1512 公尺。東行線於 82.08.23. 進洞，至目前已開挖完成 720 公尺；西行線稍後開挖進洞，目前亦已完成 880 公尺。等待 TBM 組裝完成後繼續以 TBM 工法開挖前進，本報告僅就東、西行線鉆炸段檢測資料各選變形較嚴重之計測斷面提出介紹評估。

三、隧道工程地質

依據路線評選階段及基本設計之地質調查結果，本段地層為乾溝層屬硬頁岩，單壓強度小於 250kg/cm²，洞口段部份屬崩積層岩盤較弱；由於本區斷層帶發育相當發達，岩盤節理密集剪裂頻繁岩體破碎，岩體分類以 V~VI 類居多，部份路段因完成後噴凝土受擠壓變形龜裂為加強支撐，改以 V a 類支撐，於變形入侵嚴重路段，施以固結灌漿改良地質，加噴混凝土及打設 6M 預力岩栓，予以補強。岩體分類等級及支撐等級(如表一、表二)。

由於導坑開挖超前主坑開挖數百公尺，且就地勢而言位於主坑下方 5 公尺，地下水已先於導坑施工時排洩，所以主坑開挖僅見零星滴水情形並無大量湧水情況，雖曾發生抽坍及造成部份路段擠壓變形外，於開挖施工中並未遭遇多大困難。

四、檢測儀器佈置

坪林隧道主坑鉆炸段檢測儀器安裝位置(如圖二)，原則為間距 50 公尺即設置一處，並依地質狀況增減其間距；開挖斷面順序分區及安裝佈置情形(如圖三)，主坑東西行線檢測儀器共裝設 30 個斷面(如表三)，囿於篇幅所限謹就各主坑隧道變形較大之斷面(如圖四至九)，提出介紹說明如后：

各分析斷面之綜合評估

1. 東行線里程 39K+596

(1) 地質狀況：

為灰黑色硬頁岩，節理發達，岩盤受剪裂影響，岩體破碎，海側二點鐘方向有一角度平緩之剪裂帶（厚約5~8cm）向中心延伸。中心線至山側部份，岩盤剪裂破碎，局部裂縫為剪裂泥填充頂拱靠山側有少量滲水，岩體評分（RMR值）：6，支撐型式：VI+系統岩栓。

(2)開挖日期：

上半斷面 83 年 8 月 22 日

洞台 I：山側 84 年 6 月 13 日

海側 84 年 6 月 27 日

洞台 II：山側 84 年 8 月 8 日

海側 84 年 7 月 27 日

(3)補強措施：海側 83 年 11 月 25 日打設 6M 岩栓一支。

(4)綜合評估

本斷面自 83 年 8 月開挖通過後頂拱沉陷逐步增加至-80mm，頂拱靠海側部位噴凝土產生縱向龜裂延伸近廿餘公尺，其附近區段（39K+605~39K+650）則發生鋼筋挫曲，入侵隧道造成淨空不足，頂拱沈陷達-256mm H1 水平測線亦達-370.9mm，經敲除重噴噴凝土，及打設岩栓後變形量方遭抑制而漸趨平緩。

2. 東行線里程 39K+850

(1).地質狀況：

本段地質為灰黑色硬頁岩，節理稍為發達，部份節理面為方解石充填，海側側壁有一道剪裂通過，開挖面中央近山，

海側處各有一條寬約 2 ~ 5cm 之泥縫，地下水微量，岩體評分 RMR 值：16，支撐型式為：V a 類。

(2) 開挖日期：

上半斷面 83 年 4 月 7 日

洞台 I：山側 83 年 7 月 14 日

海側 83 年 7 月 4 日

洞台 II：山側 84 年 4 月 20 日

海側 83 年 12 月 12 日

仰 拱：山側 84 年 4 月 22 日

海側 84 年 4 月 27 日

(3). 補強措施：

83 年 12 月 05 日洞台 I 山側補強岩栓打設山側三支。

84 年 04 月 24 日洞台 I 海側補強岩栓設山側一支、海側二支。

(4). 綜合評估：

本斷面於上半斷面開挖即持續變形，頂拱沈陷由初期的 -67mm 發展到 -92mm， H_1 水平測線由初期的 -25mm 發展到 -42mm，洞台 I 降挖後急速沈陷收斂至 -160mm 及 -100mm，經於山側打設岩栓後，始趨緩，但 H_2 水平測線仍持續收斂至 -246mm，始於 84 年 2 月 24 日山側驗海側再補強 3 支 6M 岩栓後始趨緩，至目前總變形量頂拱沈陷已達 -279mm， H_1 水平線 -136mm， H_2 水平測 -439mm；造成 H_2 水平測線大量收斂的主因為洞台 II 降挖，其山、海側相隔太久（達 129 天）的關係。

3. 東行線里程 40K+120

(1). 地質狀況：

本段地質為風化硬頁岩，局部出現火山凝灰岩層，岩體為中度至高度風化，膠結極差呈鬆散，強度及自持力均甚差，由紊亂的劈理位態及多道厚層的粘土，軟泥顯示，本區段岩體受到相當程度之擾動。岩體分類（RMR值）：12為第VI類，支撐型式為第VI類。

(2) 開挖日期：

上半斷面 82 年 10 月 29 日

洞台 I：山側 83 年 3 月 16 日

海側 83 年 3 月 21 日

洞台 II：山側 83 年 6 月 21 日

海側 83 年 7 月 4 日

仰 拱：山側 83 年 7 月 17 日

海側 83 年 7 月 11 日

(3) 補強措施：

83 年 9 月 25 ~ 26 日頂拱固結灌漿

83 年 12 月 9 日海側及洞台 II 施作 3M 及 6M 固結灌漿

83 年 10 月 8 日洞台 II 山側補強岩栓長 6M 四支

(4) 綜合評估：

本斷面之變形量受各階段施工影響，上半斷面開挖後頂拱沈陷量持續約-70mm H1 水平收斂約 -26mm。洞台 I 降挖，頂拱沈陷初期即驟變為-88mm 至-246mm H1 水平收斂亦即反應增至

-56mm 至目前的-81mm，顯現比預估變形量高出甚多。

4. 西行線里程 39K+378

(1). 地質狀況：

本斷面位在金盈斷層帶內，開挖面頂拱及中央部位為破碎硬頁岩塊夾泥縫，兩側為厚層受剪磨作用之斷層泥，頂拱偏山側 10 點鐘方向有少量滲水，岩體評分 RMR 值：9，支撐型式為第 VI+ 系統岩栓。

(2) 開挖日期：

上半斷面 84 年 3 月 24 日

洞台 I：山側 84 年 5 月 18 日

海側 83 年 5 月 22 日

洞台 II：山側 84 年 7 月 20 日

海側 84 年 7 月 20 日

仰拱：山側 84 年 7 月 22 日

海側 84 年 7 月 22 日

(3) 補強措施：

84 年 5 月 22 日 洞台 I 山側支保腳補強岩栓 1 支。

84 年 5 月 24 日 洞台 I 海側支保腳補強岩栓 1 支。

(4) 綜合評估：

由於本斷面位於金盈斷層帶內，上半斷面開挖後頂拱沈陷及 H1 水平收斂量達-51mm 及-63mm，洞台 I 開挖後變形量及變

形速率驟增，經指示承商施作臨時仰拱閉合後，變形速率方逐漸趨於緩和，但頂拱沈陷及 H1 水平收斂之累計變位量已高達-127mm 及-236mm。

5. 西行線里程 39K+649

(1) 地質狀況：

本斷地質為灰黑色硬頁岩，因受剪裂作用影響節理發達岩體破碎，開挖面頂拱附近有一灰色火山岩脈通過，無顯著地下水活動，岩體評分 RMR 值：16，支撐型式為第 V a 類。

(2) 開挖日期：

上半斷面 83 年 9 月 6 日

洞台 I：山側 83 年 12 月 5 日

海側 83 年 12 月 6 日

洞台 II：山側 84 年 5 月 24 日

海側 84 年 5 月 16 日

仰拱：山側 84 年 6 月 12 日

海側 84 年 6 月 11 日

(3) 補強措施：

84 年 10 月 28 日 上半斷面補強岩栓打設 5 支。

84 年 3 月 5 日 上半斷面山側 6M 固結灌漿。

(4) 綜合評估：

上半斷面施工後，頂拱沈陷即達-80mm，且局部噴凝土有龜裂情形，經以岩栓補強後，變形略緩。洞台 I 開始降挖後，

頂拱沈陷變形量增至-185mm 後趨於穩定，84 年 5 月中旬至 6 月洞台 II 及仰拱降挖，頂拱沈陷及水平收斂持續增加，並發生頂拱海側支保變形及噴凝土龜裂剝落等現象支撐工需進一步修改補強，計測岩栓。量測結果亦顯示岩栓普遍有超應力之現象；伸縮儀量測結果顯示水平收斂量甚大，部份位置之岩盤鬆動深度可能超過 6M，經固結灌漿後變形曾顯現趨穩現象。

6. 西行線里程 40K+113

(1) 地質狀況：

本斷面為風化硬頁岩，節理發達岩盤破碎，偶夾泥縫，因岩覆薄開挖面微濕，岩體評分 RMR 值：10，支撐型式為第 VI 類。

(2) 開挖日期：

上半斷面 82 年 12 月 21 日

洞台 I：山側 83 年 5 月 8 日

海側 83 年 5 月 6 日

洞台 II：山側 84 年 11 月 12 日

海側 84 年 10 月 25 日

仰 拱：山側 84 年 11 月 21 日

海側 84 年 11 月 21 日

(3) 補強措施：

84 年 4 月 16 日 洞台 II 山側支保腳補強岩栓 2 支。

(4) 綜合評估：

由於本斷面為風化硬頁岩，上半斷面開挖後頂拱沈陷及 H_1 水平收斂分別達 -48mm 及 -65mm ，洞台 I 開挖後，曾驟增至 -168mm 及 -155mm 後變形趨緩至 84 年 4 月 16 日洞台 II 始降、挖， H_2 水平測線已收斂近 -300mm 經打設、補強岩栓 2 支後，漸趨穩定至 84 年 11 月 21 日仰拱開挖打設完成後目前累計變形量頂沈沈陷已達 -234mm H_1 水平收斂 -205mm ， H_2 水平收斂 -368mm ，但已趨於穩定。

五、影響隧道施工之變形機制

由於坪林隧道主坑鉆炸段狀似馬蹄型（如圖三），於上半開挖時變形量並不大，但於降挖洞台 I 時變形量即驟增，甚至超出預估變形量，至降挖洞台 II 時，變形總量往往為預估變形量 3~4 倍，這種超忽尋常的變形情況，大致可歸類為下列數項：

1. 地質惡劣：剪裂帶、斷層帶岩體破碎。
2. 支撐時機：開挖後立即上支撐可減低初期變形量及岩盤鬆動範圍。
3. 導坑迂迴坑的開挖：隧道側壁間之間距已超過岩盤因開挖鬆動範圍。
4. 支撐工設計問題：由隧道噴凝土之龜裂及擠壓入侵，不禁令人懷疑是否應該加強支撐。（如：加大鋼支保及加密或加長岩栓打設，加厚噴凝土。）為回饋設計似應予重視檢討。
5. 施工問題：施工順序應否調整，亦將是未來檢討深思的課題。

六、結論與建議

由附錄（四至九圖）檢測數據圖型可知隧道變形常因降挖洞台而增大，另由於附近隧道施工動作的影響亦增加隧道的變形，尤以導坑曾開挖迂迴坑之區段處及主坑降挖洞台時，變形最為明顯，顯示相鄰兩隧道間，側壁間距應予檢討；亦已要求施工單位將迂迴坑回噴

噴凝土完畢。另外對於隧道初期變形，以立即上支撐及打設較密或較長之岩栓最能達到抑制變形效果。依現場施工經驗及檢測資料比對結果，於降挖洞台時分階開挖較洞台以山海側分半開挖變形量為小。

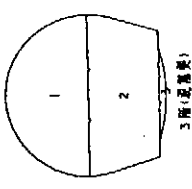
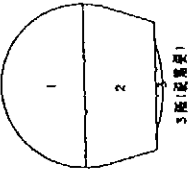
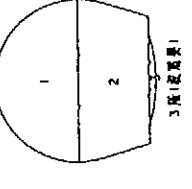
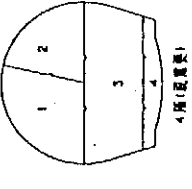
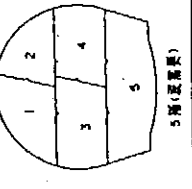
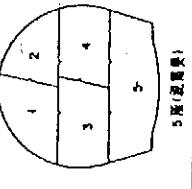
至於事後補鑽設長岩栓雖可明顯抑制變形量但仍易產生持續變形；固結灌漿雖可達到改良地質的效果，但大都在發現變形量已嚴重造成隧道淨空不足後才加以施灌，其效益無形已大打折扣，建議於未來開挖遭遇惡劣地質段應先施行預灌以便降低隧道變形量。

洞台II降挖時，發現 H_2 水平收斂值亦較 H_1 為大，可能與開挖面分區施工，支保腳向內彎曲，側壓力及上舉應力影響所致。

表一 坪林隧道岩體分類與支撐等級關係表

岩體分類	RMR	支撐等級	預估變形量 (cm)
I	100 ~ 81	I	0
II	80 ~ 61	I	0
III	60 ~ 41	II	5
IV	40 ~ 21	III	5
V	20 ~ 11	IV	10
VI	10 ~ 0	IV	15

表二 坪林隧道主坑鑽炸段支撐等級表

支撐等級	I	II	III	IV	V	VI
開挖順序						
輪道	≤3.0m	≤3.0m	≤2.5m	1.5-2.0m	1.0-1.5m	0.8-1.0m
岩栓	C: 25mm φ, L: 4.0m 局部視需要	C: 25mm φ, L: 4.0m @2.0mx2.0m	C&W: 25mm φ, L: 4.0m @2.0mx2.0m	C&W: 25mm φ, L: 6.0m @2.0mx1.5~2.0m	C&W: 25mm φ, L: 6.0m @1.5mx1.0~1.5m	—
噴凝土	C: 5cm W: 5cm	C: 10cm W: 5cm	C: 15cm W: 15cm	C: 15cm W: 15cm I: 15cm	C: 20cm W: 20cm I: 20cm F: 5cm, 視需要	C: 25cm W: 25cm I: 25cm F&TI: 15cm, 視需要
鋼線網	—	C: 1-5mm φ (100x100)	C&W: 1-5mm φ (100x100)	C, W&I: 1-5mm φ (100x100)	C, W&I: 2-5mm φ (100x100)	C, W&I: 2-5mm φ (100x100) F&TI: 1-5mm φ (100x100) 視需要
鋼肋	—	—	—	H100x100x6x8 φ 1.5~2.0m	H100x100x6x8 φ 1.0~1.5m	H150x150x7x10 φ 0.8~1.0m
支撐鋼管	—	—	—	32mm φ, L: 2.0-3.0m, 局部視需要	32mm φ, L: 2.0-3.0m, 局部視需要	32mm φ, L: 2.0-3.0m, 0.3~0.5mx0.8~1.0m

附註:

1. 頂拱C·CROWN, 側壁W·WALL, 仰拱I·INVERT ARCH, 開挖面F·FACE, 臨時開挖仰TI, TEMPORARY INVERT。
2. 每一等級之支撐得經工程師指示調整符合現場地質情況。
3. 支撐等級I~IV, 使用SN預力岩栓, 支撐等級V, 使用SN非預力岩栓。
4. 岩栓打設距開挖面不得超過3公尺。
5. 第IV類支撐, 仰拱應於台階開挖後20天或工程師指示之天數內閉合, 第V、VI級支撐拱應於台階開挖後15天或工程師指示之天數內閉合。
6. 開挖階段及順序, 可依實地情況經工程師同意後而調整。

表三 坪林隧道主坑東西行線頂拱沉陷及水平收斂計測結果統計表

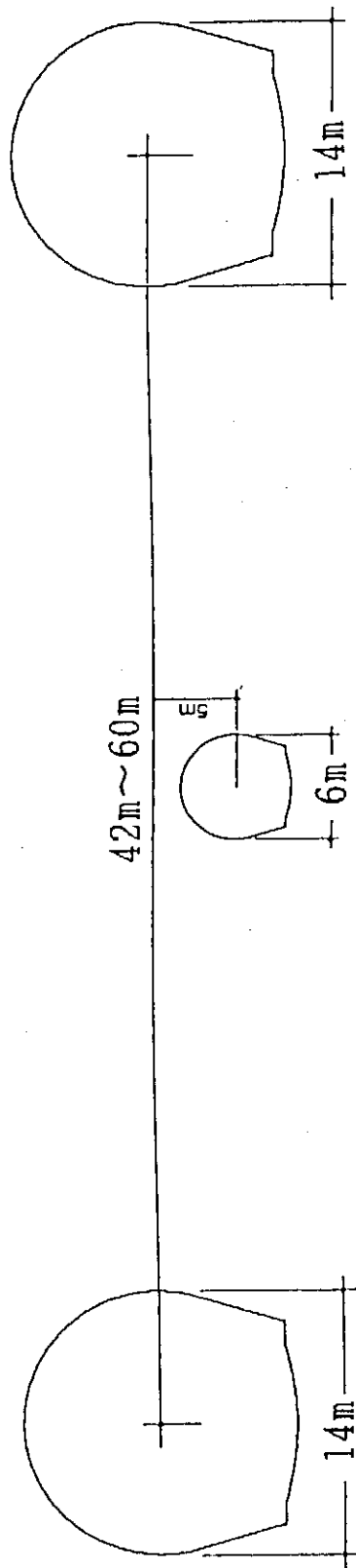
資料統計至84年12月03日

断面	RMR值	支撐型式	岩質厚度	與各開挖面距離(M)		變形量(mm)				最近計測日期				變形量管理				備註	
				上半	下半	頂拱沉陷	H1收斂	H2收斂	頂拱沉陷	H1收斂	H2收斂	頂拱沉陷	H1收斂	H2收斂	頂拱沉陷	H1收斂	H2收斂		
東行線	40K+214	9	V	18	702	702	-190	-27.00	-95.91	84/9/14	84/5/31	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	0.00	-0.07	-0.06	仰拱
	40K+202	9	V	24	690	690	-209	-35.01	-125.74	84/9/14	84/5/30	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	0.00	-0.10	0.00	仰拱
	40K+160	10	V	44	648	648	-100	-6.52	-124.39	84/9/14	84/5/30	83/9/28	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.04	-0.30	仰拱
	40K+120	12	V	58	608	608	-246	-81.43	-377.52	84/9/14	84/5/30	84/1/28	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.04	-0.12	仰拱
	40K+035	10	V	81	523	523	-350	-314.44	-404.85	84/9/14	83/12/28	83/12/28	仰拱	阻擋	異常	-0.04	0.01	-0.31	仰拱
	39K+972	18	V	89	460	460	-218	-96.47	-184.60	84/9/15	83/9/23	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	0.00	-0.44	-0.08	仰拱
	39K+915	13	V	101	403	403	-217	-245.50	-294.31	84/8/30	84/1/10	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	0.00	-0.41	-0.15	仰拱
	39K+850	16	Va	115	338	338	-279	-136.55	-438.90	84/9/14	84/9/12	84/1/28	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.15	-0.11	仰拱
	39K+779	13	Va	133	267	267	-443	-431.54	-130.17	84/9/15	84/4/20	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	-0.03	-1.06	-0.07	仰拱
	39K+771	15	Va	132	259	259	-108	-94.10	-167.88	84/9/15	84/4/14	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	-0.06	-0.48	-0.11	仰拱
西行線	39K+727	14	Va	147	215	215	-83	-91.18	-92.15	84/9/15	84/8/16	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	-0.06	-0.42	-0.04	仰拱
	39K+694	15	Va	155	182	182	-100	-255.47	-195.80	84/1/4	84/7/20	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	0.00	-0.36	-0.09	仰拱
	39K+651	15	Va	168	139	139	-15	-268.74	-488.91	84/1/4	84/8/10	84/1/28	仰拱	阻擋	異常	-2.00	-3.95	0.01	仰拱
	39K+596	6	V	189	84	84	-256	-382.90	-383.88	84/4/4	84/7/29	84/1/28	仰拱	阻擋	異常	0.00	-4.44	0.00	仰拱
	39K+560	10	V	206	48	48	-143	-220.18	-	84/5/23	84/5/23	84/1/28	仰拱	損毀	異常	0.00	-0.87	-	仰拱
	40K+232	--	V	9	874	874	-200	-71.33	-111.15	84/1/20	84/7/26	84/1/20	仰拱	阻擋	正常	0.00	-0.01	-0.05	仰拱
	40K+188	9	V	38	830	830	-188	-122.45	-239.65	84/1/20	84/2/16	84/1/20	仰拱	阻擋	正常	0.00	-0.03	-0.22	仰拱
	40K+130	13	V	63	772	772	-313	-222.00	-275.11	84/10/18	83/7/28	84/12/1	仰拱	阻擋	正常	-0.22	-0.41	-0.30	仰拱
	40K+113	10	V	64	755	755	-234	-205.41	-368.57	84/12/1	84/10/18	84/12/1	仰拱	阻擋	異常	0.00	0.02	-0.29	仰拱
	40K+042	8	V	65	684	684	-361	-288.57	-376.10	84/12/1	84/12/1	84/12/1	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.02	-0.38	仰拱
西行線	40K+005	10	V	73	647	647	-263	-267.57	-493.70	84/1/21	83/12/14	84/1/21	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.29	-0.32	仰拱
	39K+948	12	Va	95	590	590	-144	-198.85	-207.87	84/1/21	84/1/21	84/1/21	仰拱	阻擋	異常	-0.10	-0.10	-0.25	仰拱
	39K+895	16	Va	104	537	537	-262	-65.95	-157.86	84/7/8	83/7/22	84/1/28	仰拱	阻擋	正常	-0.64	-0.30	-0.23	仰拱
	39K+860	12	Va	110	502	502	-235	-227.99	-247.32	84/10/10	84/8/23	84/1/28	仰拱	阻擋	異常	-1.00	-1.55	-0.18	仰拱
	39K+807	16	Va	116	449	449	-331	-337.04	-202.07	84/9/23	84/3/16	84/2/23	仰拱	阻擋	異常	-0.36	-1.19	-1.01	仰拱
	39K+731	15	Va	130	373	373	-179	-198.80	-44.80	84/10/9	84/4/16	84/3/17	仰拱	阻擋	異常	0.00	-1.17	-0.58	仰拱
	39K+649	16	Va	153	291	291	-403	-367.64	-616.07	84/10/9	84/10/9	84/1/28	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.48	-0.23	仰拱
	39K+552	14	V	197	194	194	-354	-369.44	-647.74	84/9/6	84/9/20	84/1/11	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.78	-0.19	仰拱
	39K+480	13	V	220	122	122	-219	-254.8	-154.4	84/9/20	84/8/28	84/6/10	仰拱	阻擋	異常	-0.20	-0.61	-2.30	仰拱
	39K+433	13	V	256	75	75	-83	-247.7	-471.58	84/9/1	84/9/1	84/1/11	仰拱	阻擋	異常	-0.09	-0.32	-0.10	仰拱
39K+387	6	V	257	29	29	-273	-479.2	-500.26	84/8/8	84/8/8	84/9/7	仰拱	阻擋	異常	-0.25	1.44	-0.64	仰拱	
39K+378	9	V	260	20	20	-175	-373.2	-384.74	84/8/8	84/8/8	84/1/28	仰拱	阻擋	異常	0.00	-0.53	-0.28	仰拱	

說明: 1. 頂拱沉陷量管理基準: 上半断面為預估變形量*0.8; 洞台I為預估變形量*0.9; 洞台II為預估變形量*0.95; 仰拱為預估變形量*1.0. (水平收斂假設為頂拱沉陷*2)

2. 各工作面里程(12/03): 上半: EB 39K+512; WB 39K+358 洞台I: EB 39K+512; WB 39K+358 洞台II: EB 39K+512; WB 39K+358

仰拱: EB 39K+512; WB 39K+358



圖一、坪林隧道(三孔平行位置)圖

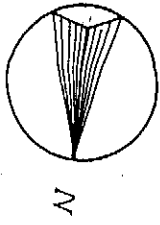
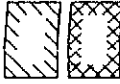


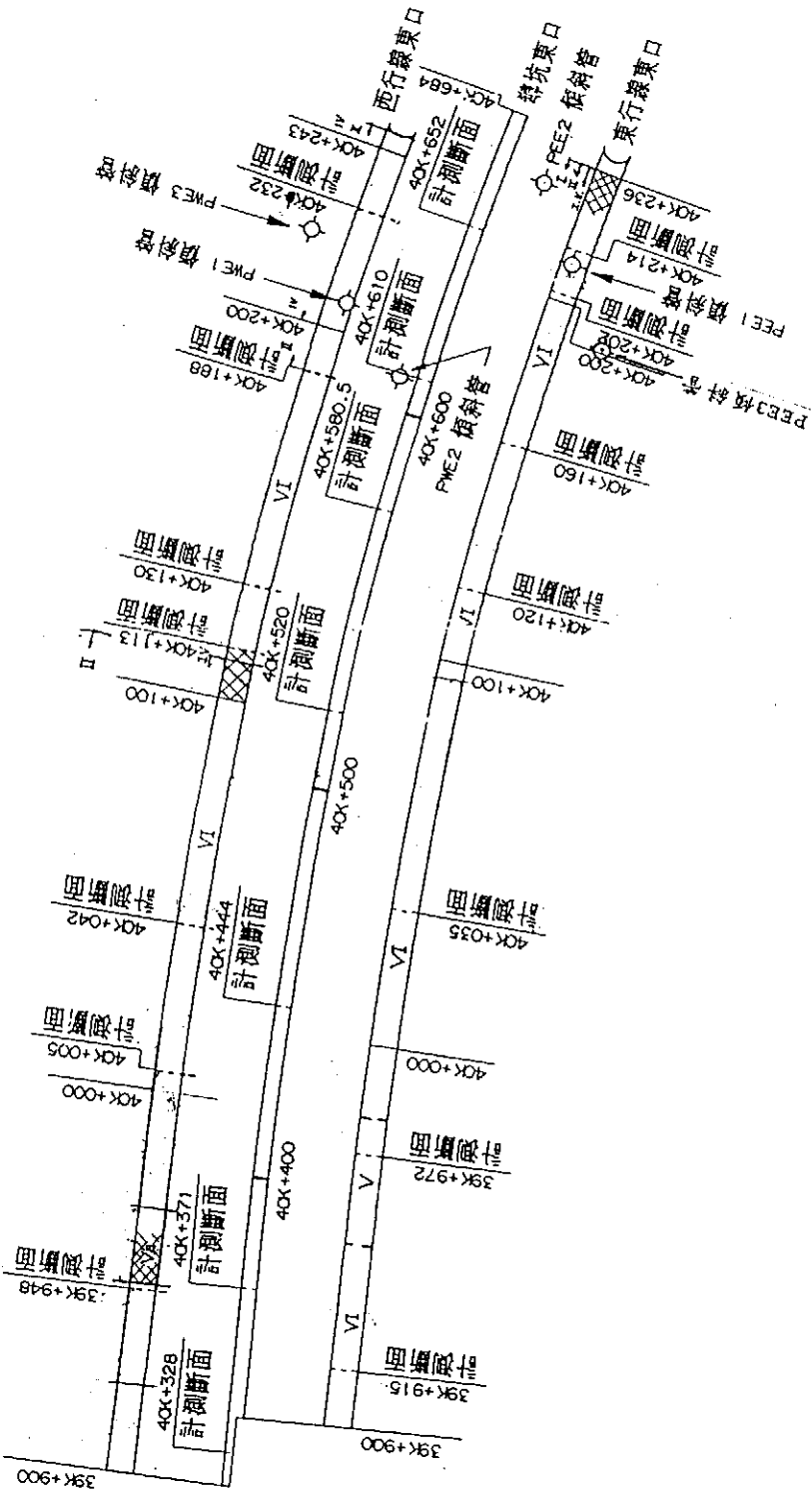


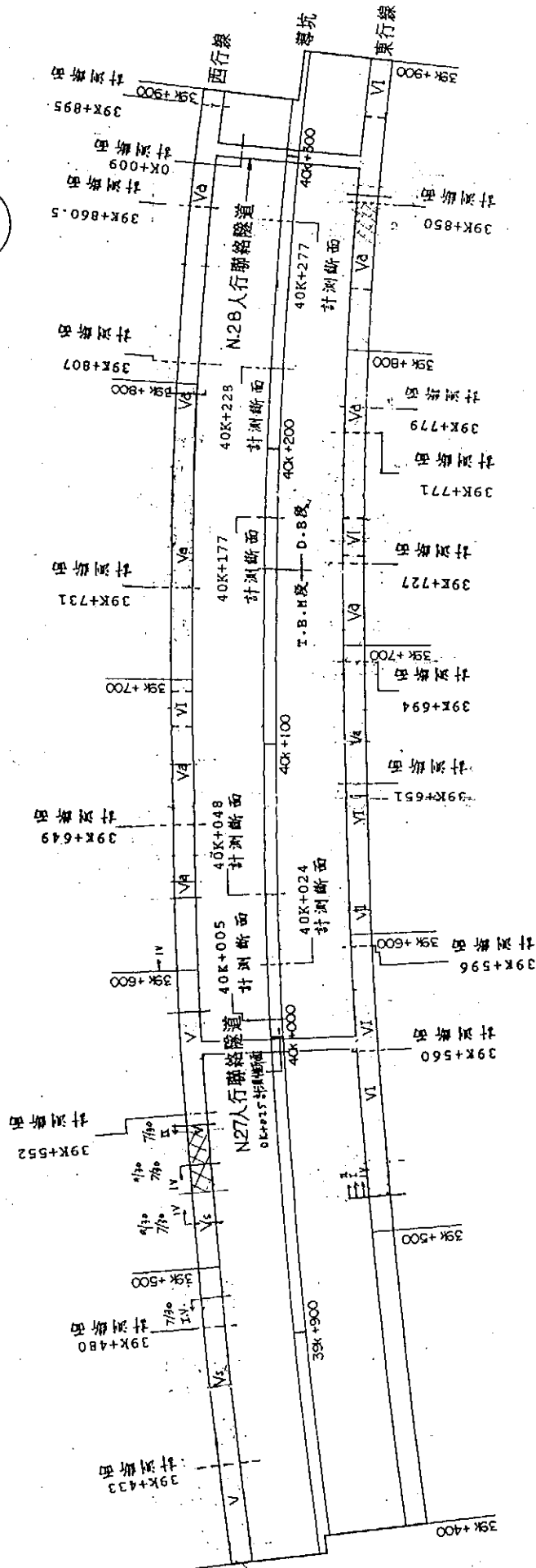
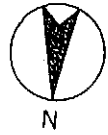
圖 例

- 傾斜管
- 支撐型式以 IV、V、VI 等數字表示
- 隧道內計測断面
-  上半開挖工作面施工區段
-  洞台 I 開挖工作面施工區段
-  洞台 II 開挖工作面施工區段



1:50m = 20公尺
 1:3.0cm = 40公尺

圖二、坪林隧道鑽炸段檢測儀器佈置位置圖



圖例 V_a

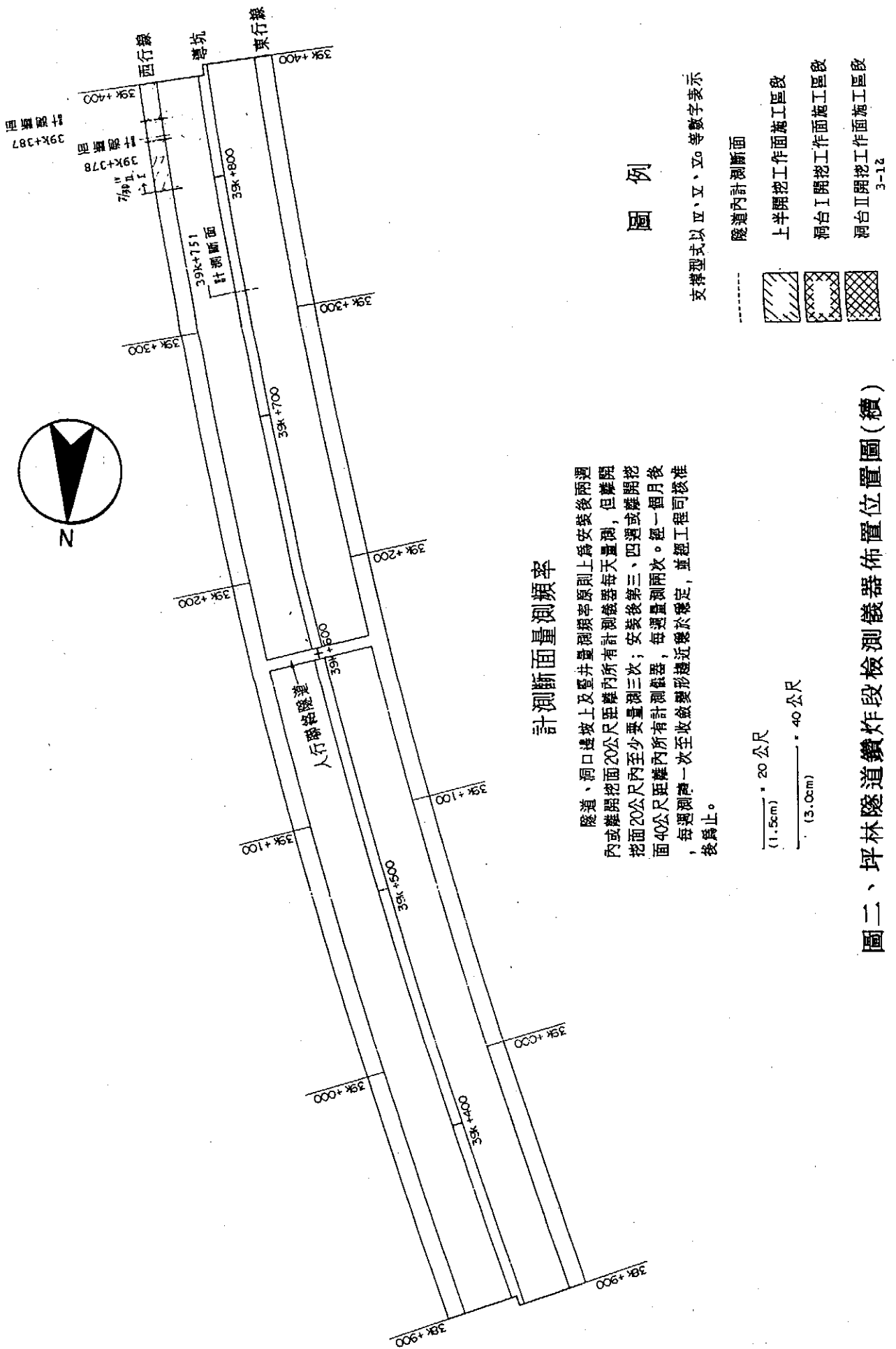
支撐型式以 IV、V、V_a 等數字表示
 隧道內計測断面

本期上半開挖工作面施工區段

本期下半開挖工作面施工區段

本期酒台工開挖工作面施工區段

圖二、坪林隧道鑽炸段檢測儀器佈置位置圖(續)



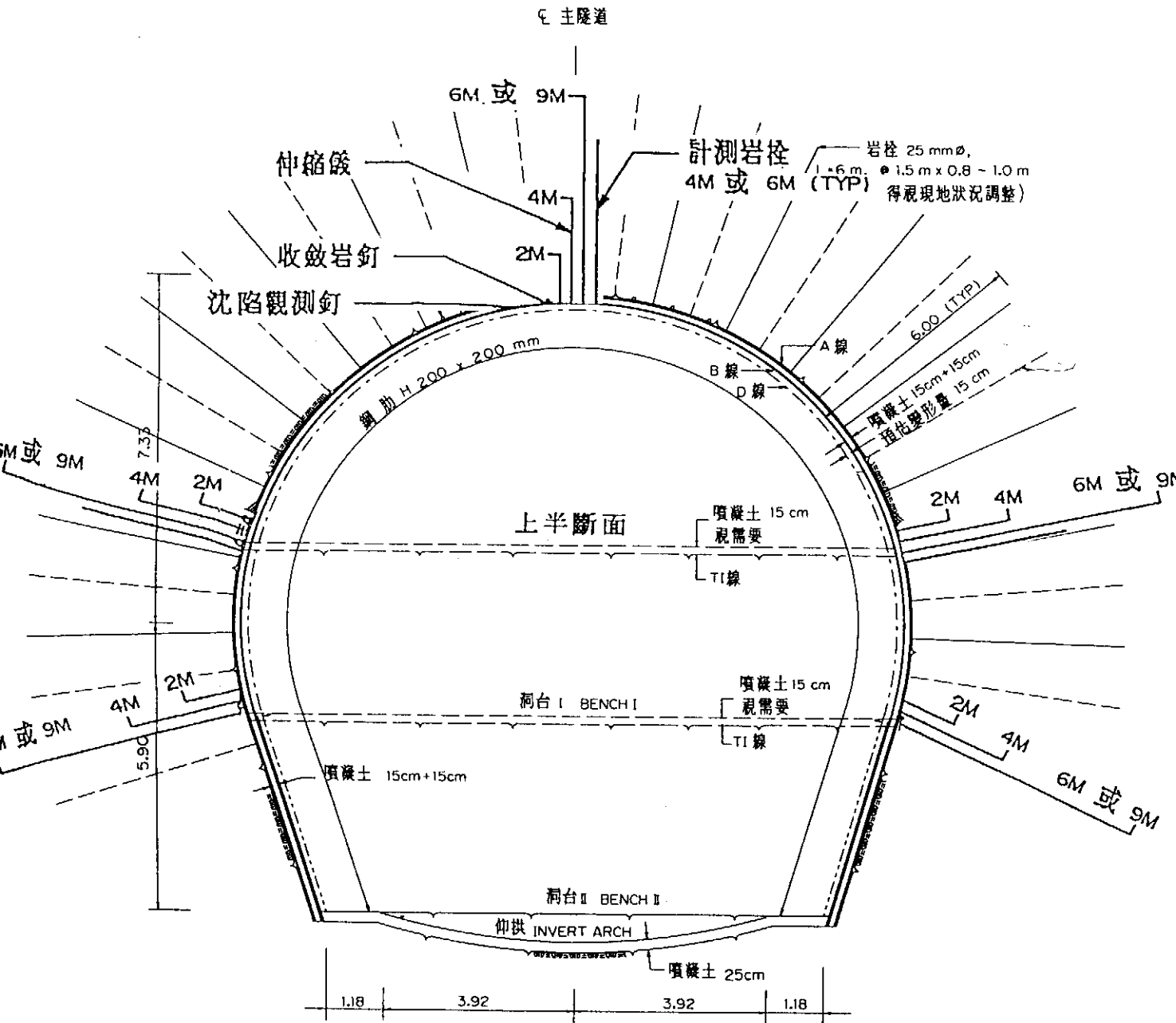
計測斷面量測頻率

隧道、洞口邊坡上及壘井量測頻率原則上為安裝後兩週內或離開挖面 20 公尺距離內所有計測儀器每天量測，但離開挖面 20 公尺內至少要量測三次；安裝後第三、四週或離開挖面 40 公尺距離內所有計測儀器，每週量測兩次。經一個月後，每週測一次至收斂變形趨近穩定，並經工程同核准後為止。

1.5cm = 20 公尺

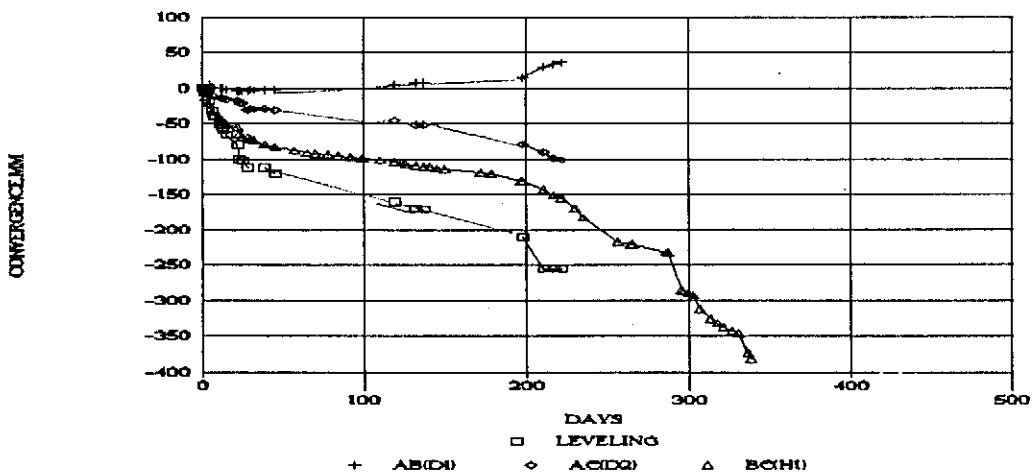
3.0cm = 40 公尺

圖二、坪林隧道鑽炸段檢測儀器佈置位置圖(續)

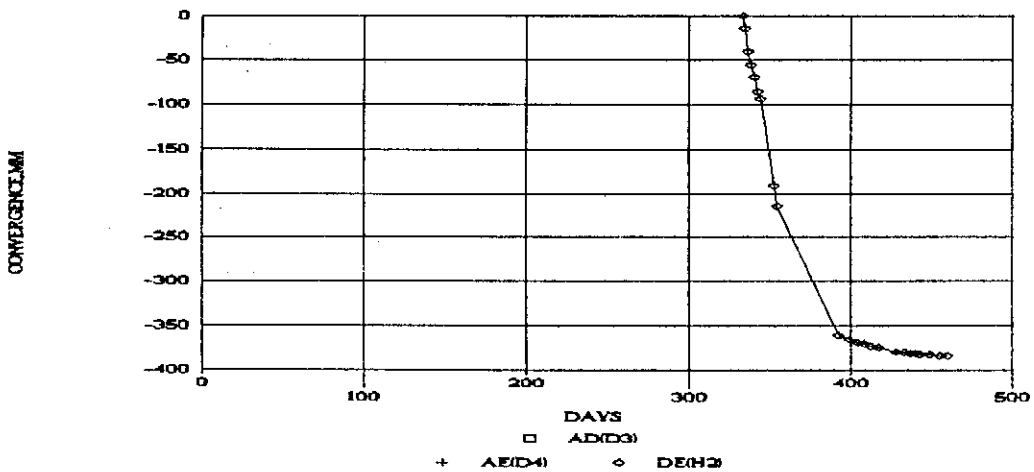


圖三、坪林隧道鑽炸段開挖面分區及計測儀器佈置圖

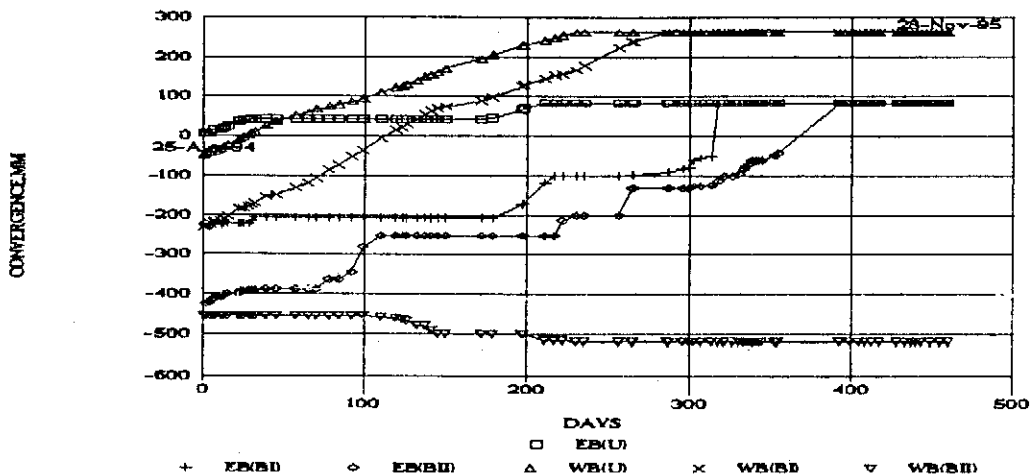
圖四 SECTION EB39596, LEVEL & CONVERGENCE
PINGLIN TUNNEL MONITORING



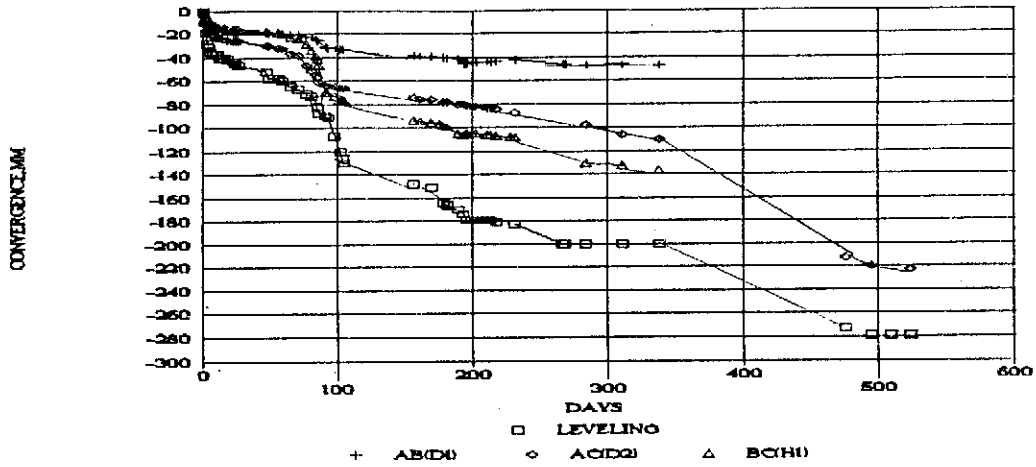
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION EB39596, CONVERGENCE



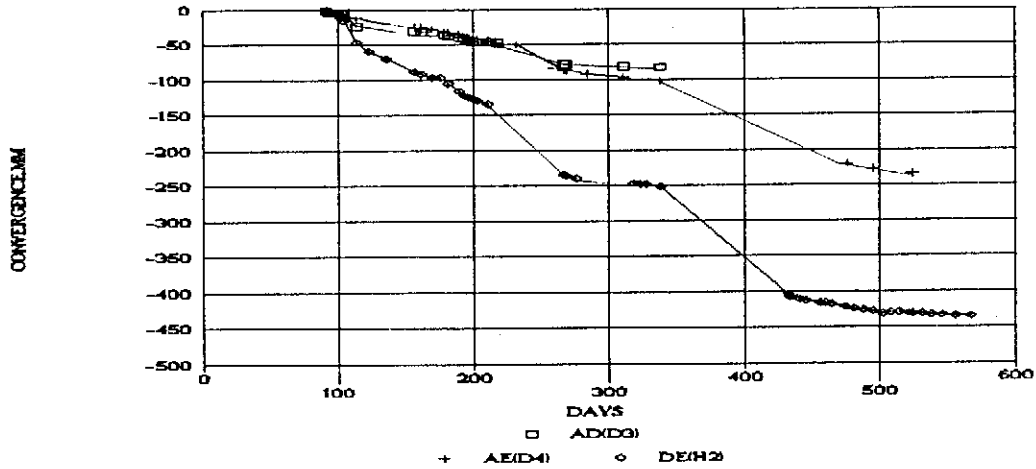
SECTION EB39596, CONVERGENCE
PINGLIN TUNNEL MONITORING



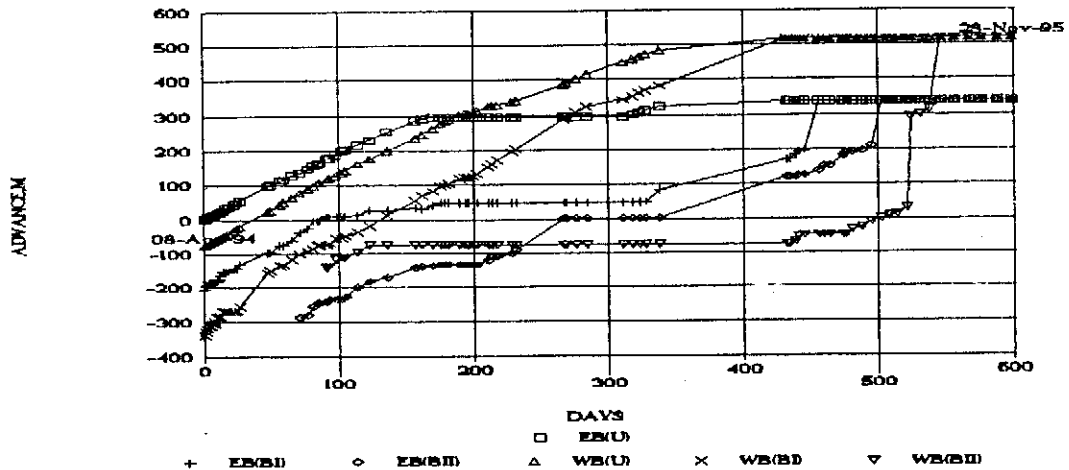
圖五 SECTION EB39850, LEVEL & CONVERGENCE
PINGLIN TUNNEL MONITORING



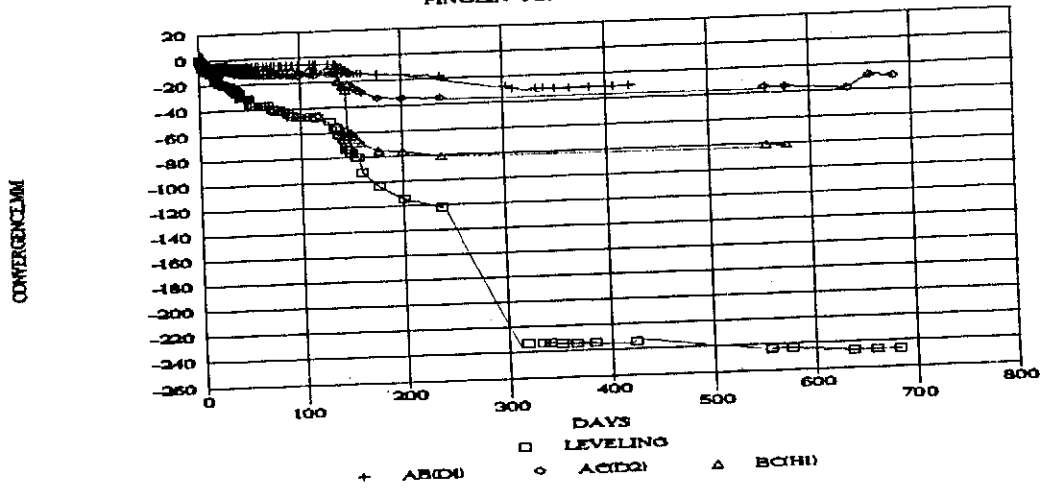
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION EB39850, CONVERGENCE



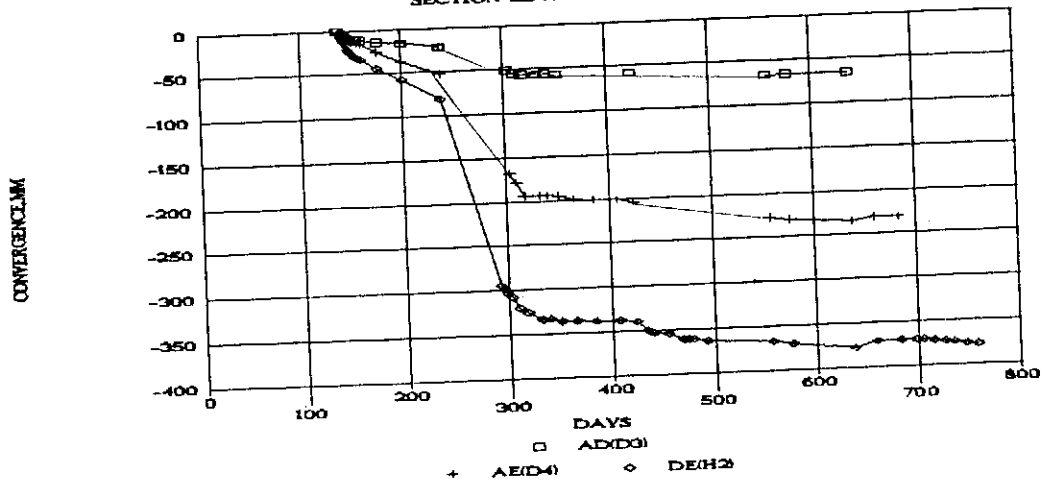
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION EB39850, CONVERGENCE



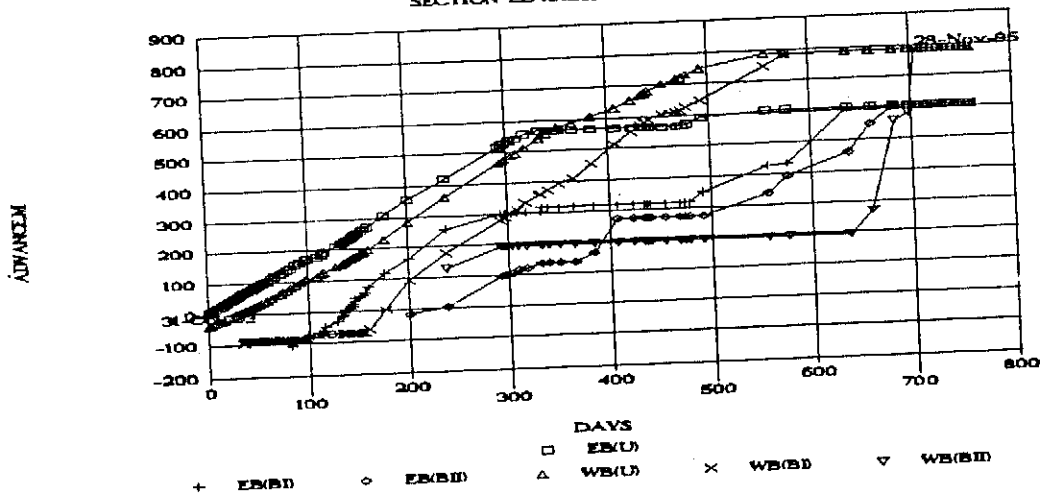
圖六 SECTION EB40120. CONVERGENCE
PINGLIN TUNNEL MONITORING



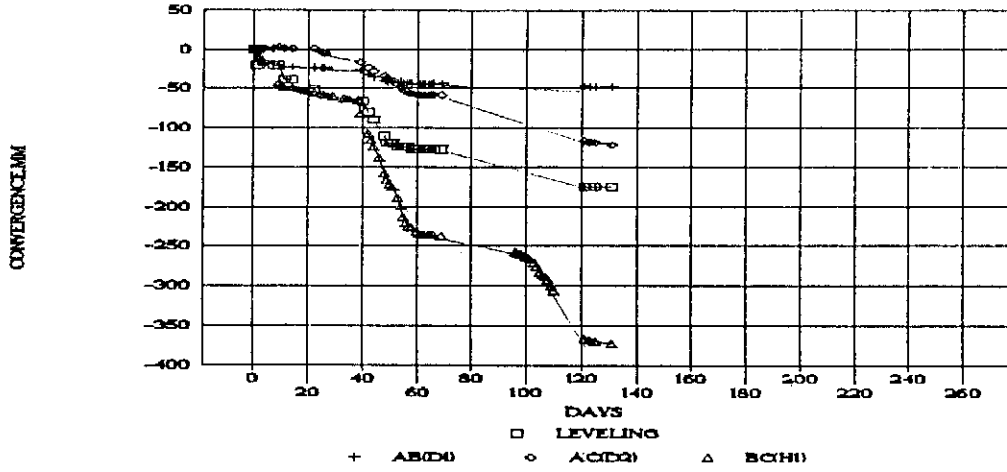
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION EB40120. CONVERGENCE



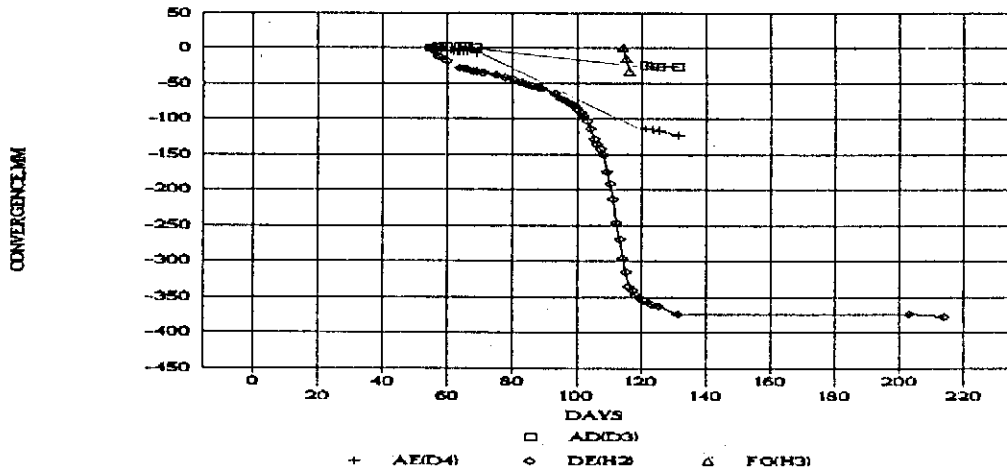
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION EB40120. CONVERGENCE



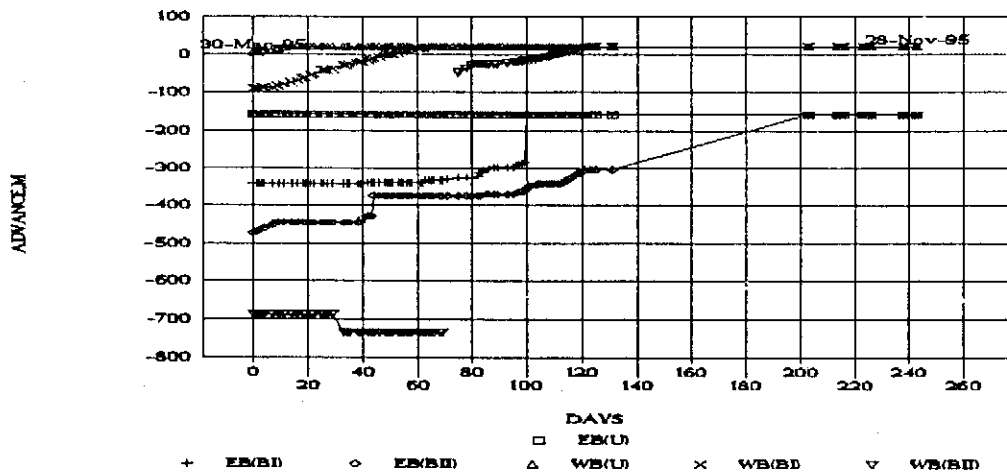
圖七 SECTION WB39378 LEVEL & CONVERGENCE
PINGLIN TUNNEL MONITORING



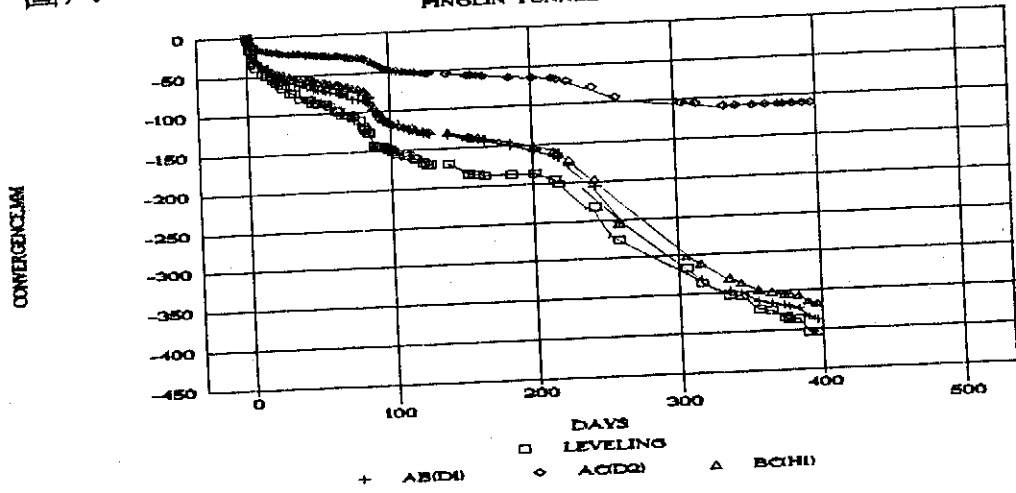
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION WB39378, CONVERGENCE



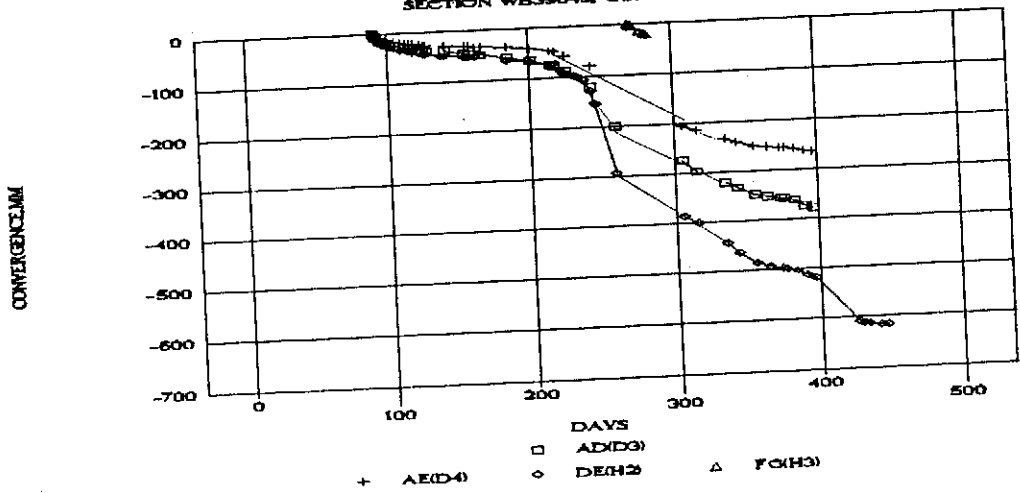
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION WB39378, LEVEL & CONVERGENCE



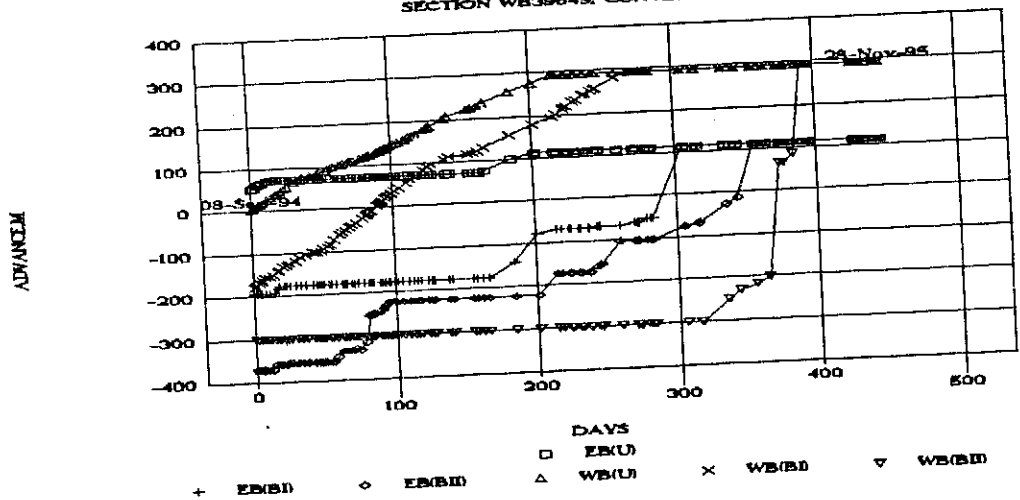
圖八 SECTION WB39649, LEVEL & CONVERGENCE
PINGLIN TUNNEL MONITORING



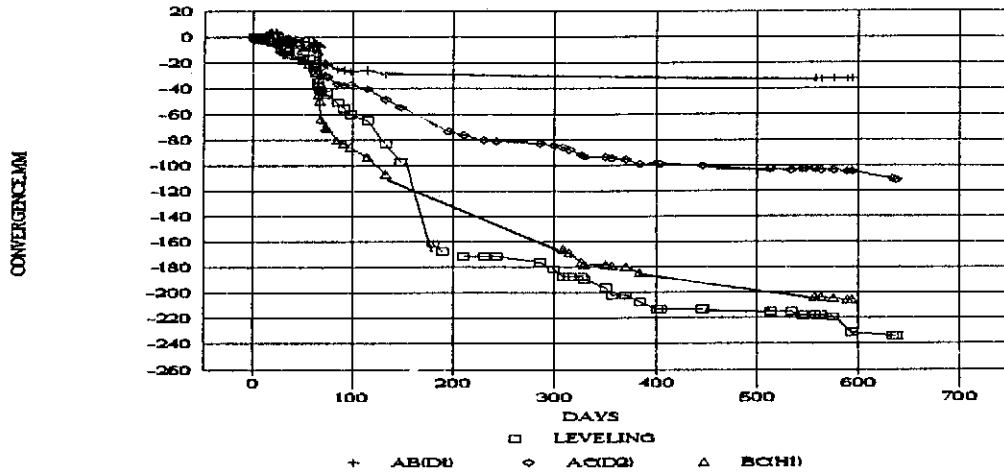
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION WB39649, CONVERGENCE



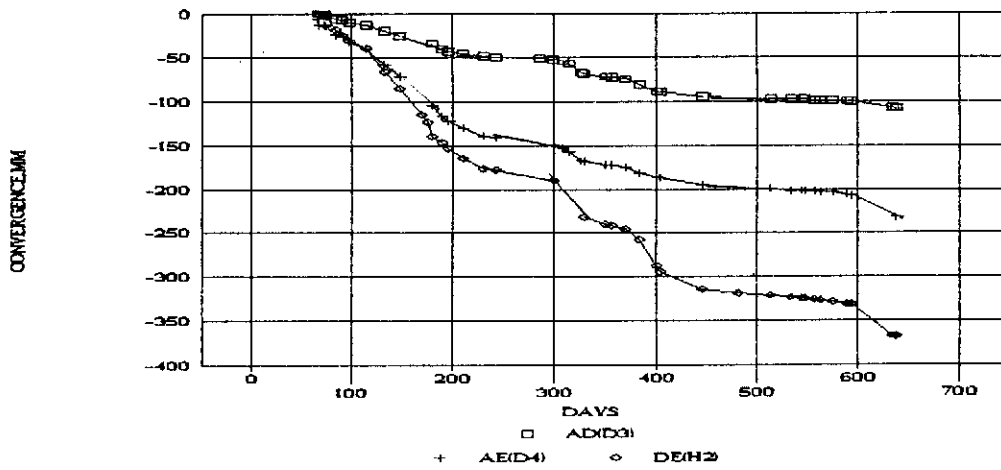
PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION WB39649, CONVERGENCE



圖九 SECTION WB40113, CONVERGENCE
PINGLIN TUNNEL MONITORING



PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION WB40113, CONVERGENCE



PINGLIN TUNNEL MONITORING
SECTION WB40113, CONVERGENCE

