

國道6號石灼高架橋及雙冬高架橋 變位監測技術服務工作



FREEWAY
BUREAU
M O T C
高公局

簡報大綱

儀器安裝種類及目的

既有儀器監測成果

車載試驗說明

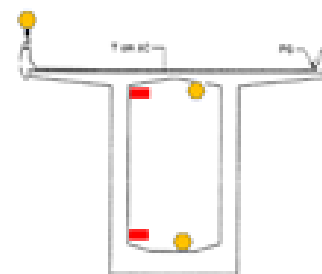
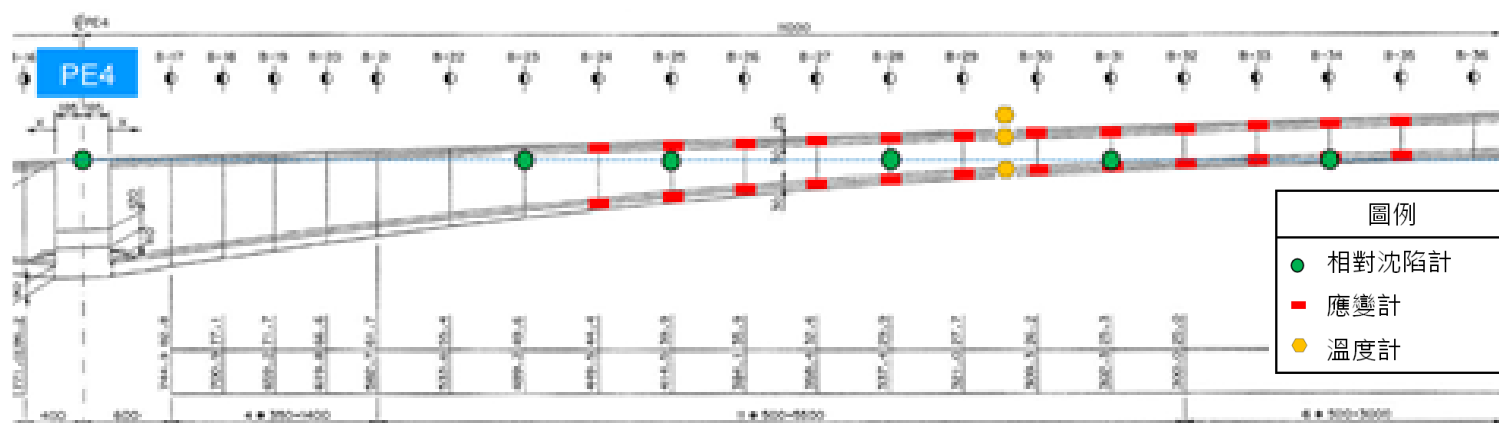
新設儀器監測成果



儀器安裝種類及目的

儀器裝設內容(既有儀器)

以其中某跨儀器建置為例



相對沉陷計

每跨安裝6組，其中1組為參考點。

6個測點儀器須安裝在同一高程，監測橋梁上部結構沉陷變化。

6組/跨×8跨=48組

振弦式應變計

每跨安裝24個應變計。
監測箱梁應變變化。

24個/跨×8跨
=192個

溫度計

每跨安裝3個溫度計
監測斷面的箱梁內頂版、底版及箱梁部大氣溫度。

3個/跨×8跨=24個

靜態資料擷取器

每跨安裝1個，依現地調整安裝位置。

1個/跨×8跨
=8個

儀器裝設內容(新設儀器)

石灼高架橋PE4~PE7三跨

動態應變計

每跨安裝1組
石灼高架橋
PE4~PE7三跨
共計3組。以
石灼高架橋
PE4~PE5為例
安裝位置為箱
梁斷面B-31與
B-32外側梁腹
底部。

$$1\text{組/跨} \times 3\text{跨} = 3\text{組}$$

石灼高架橋PE4~PE5動態應變計安裝位置示意圖(圖中黃色+字處)

石灼高架橋PE5~PE6動態應變計安裝位置示意圖(圖中黃色+字處)

石灼高架橋PE6~PE7動態應變計安裝位置示意圖(圖中黃色+字處)

儀器規格與原理 - 動態應變計

- 採用無線電阻式動態應變計可定量且即時監控之優點為：(1)不受溫度變化影響；(2)可以直接感應各類型車輛通過引起之動態應變；(3)可監控橋梁預力損失情況。
- 利用物聯網邊緣運算技術，將原本3分鐘內需要輸出18,000筆資料大幅下降只要輸出3筆，可減少耗電及系統不穩定之問題，並可與管理值比對，確保橋梁安全

無線動態應變計規格表

項次	需求規格項目	需求規格內容	採用儀器規格
1	量測範圍	$\pm 2500 \mu\text{strain}$	$\pm 2500 \mu\text{strain}$
2	解析度	$\leq 0.2 \mu\text{strain}$	$\leq 0.2 \mu\text{strain}$
3	精確度	$1 \mu\text{strain}$	$1 \mu\text{strain}$
4	溫度操作範圍	$-10^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$	$-10^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$
5	動態取樣	100 Hz	100 Hz



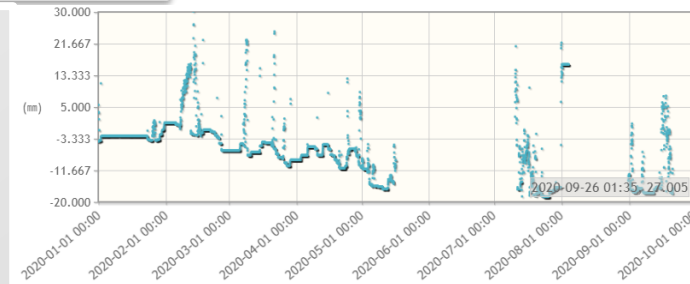


交通及建設部高速公路局
FREEWAY BUREAU, MOTC

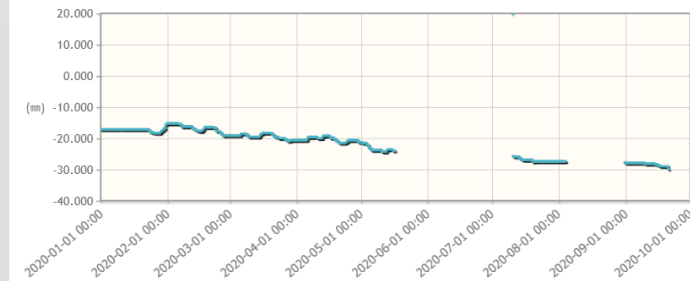
既有儀器監測成果 (2020/01/01~2020/09/20)

橋梁之變位監測資料(1/2)[雙冬高架橋]

- 雙冬PE5-PE6所有沉陷計於3月22日停止運作，而雙冬三跨度之監測儀器於5月16日全部停止訊號回傳，由剩餘的監測資料顯示橋跨之各點相對變位量都在35 mm以內。監測儀器出現異常現象，應該與儀器使用超過三年感測器或其設備損壞所致，雙冬高架橋於本期僅收集監測數據，並未包含儀器維護。



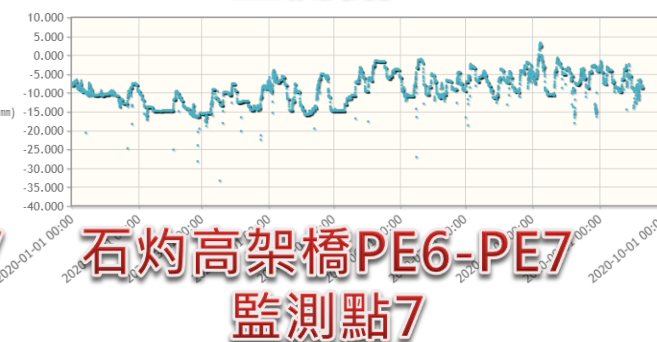
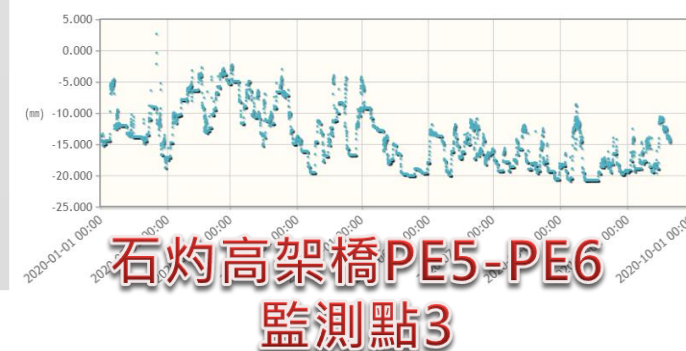
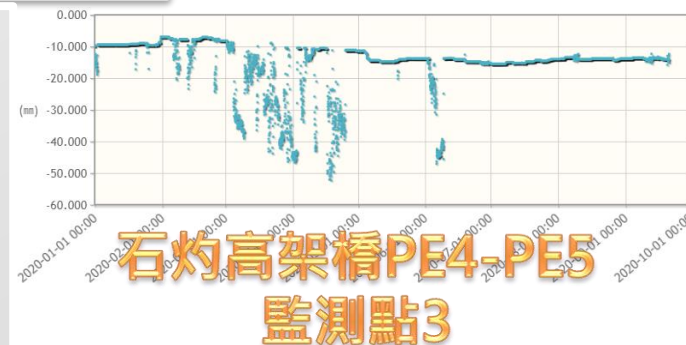
雙冬高架橋PW2-PW3
監測點4



雙冬高架橋PW3-PW4
監測點3

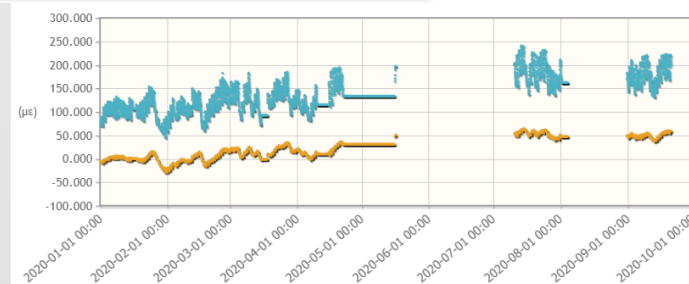
橋梁之變位監測資料(2/2)[石灼高架橋]

- 石灼高架橋東向PE4-PE5、PE5-PE6、PE6-PE7與西向PW5-PW6、PW6-PW7五跨度之大梁垂直變位監測資料，各跨大梁之相對沈陷變位都在30 mm以內。石灼高架橋PE4-PE5監測點3出現異常，已於7月7日修復。

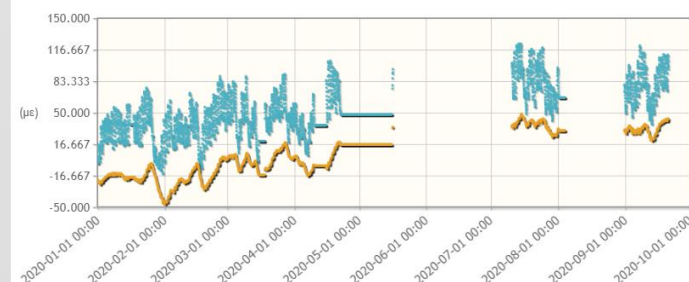


橋梁應變歷時資料分析(1/2)[雙冬高架橋]

- 雙冬高架橋東向PE5-PE6與西向PW2-PW3 PW3-PW4三跨度各監測點之應變，PE5-PE6於3月底失去訊號，PW2-PW3及PW3-PW4兩跨度於4月初出現異常，並於5月16日失去訊號，此三跨按契約僅收集監測數據，並未包含儀器維護。
- 依剩餘監測資料進行判斷，由於振弦式應變計跳動太大，故以其**平均值**來進行**計算**，各點位之應變的升幅介於30 ~ 150 $\mu\epsilon$ ，應未超過前期80 ~ 200 $\mu\epsilon$ 之範圍。



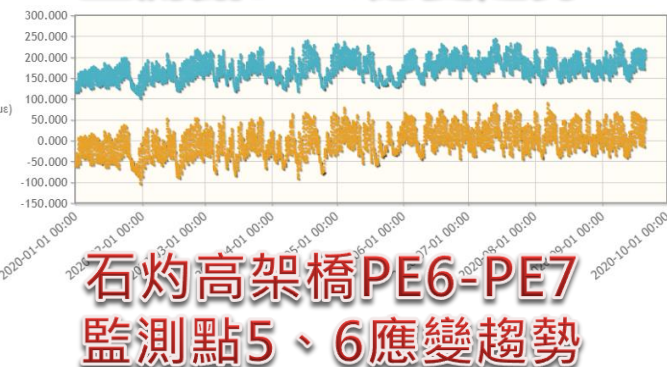
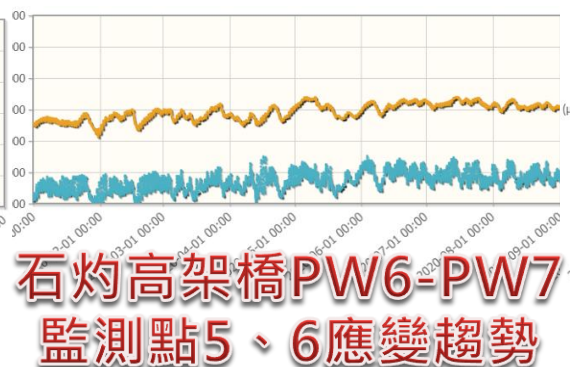
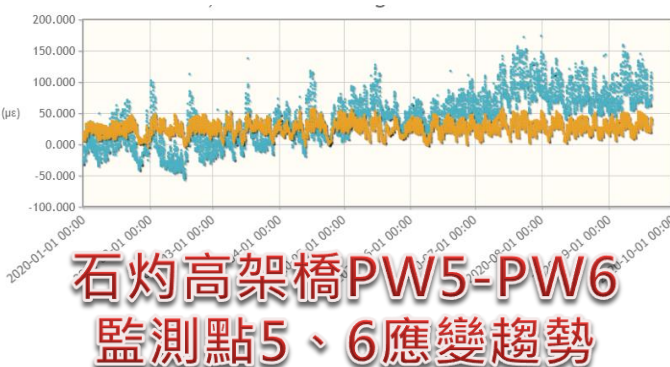
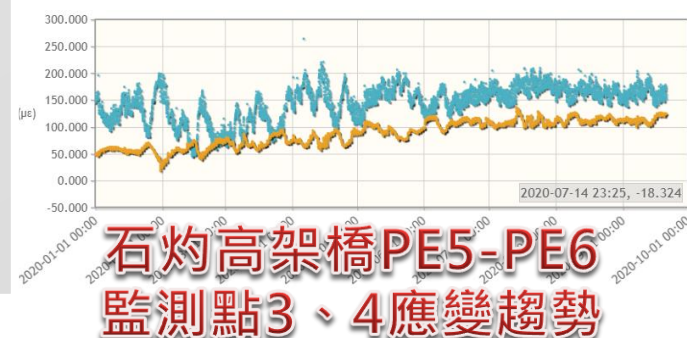
**雙冬高架橋PW2-PW3
監測點13、14應變趨勢**



**雙冬高架橋PW3-PW4
監測點11、12應變趨勢**

橋梁應變歷時資料分析(2/2)[石灼高架橋]

- 石灼高架橋東向PE4-PE5、PE5-PE6、PE6-PE7與西向PW5-PW6、PW6-PW7五跨度各監測點之應變歷時變化，由於振弦式應變計跳動太大，故以其平均值來進行計算，各點位之應變的升幅介於 $60 \sim 180 \mu\epsilon$ ，並未超過前期 $80 \sim 220 \mu\epsilon$ 之範圍。



雙冬高架橋既有儀器檢修

- **雙冬高架橋三跨按契約僅收集監測數據，並未包含儀器維護**，因前述監測資料與每月提供資監測資料(南投段要求增加項目)均提及**5/16失去訊號**，南投段請本團隊協助檢修，如儀器或設備需更換則會另行報價。
- 本團隊於**7/10進場檢修**，發現於雙冬高架橋東行A1橋台所設置之變電箱(電桶)有另行接電之情形(如右圖)，故造成跳電影響本案所建置之監測系統
- 已經本團隊重新回復供電，並告知南投段後續如有相同情形，請告知本團隊。





交通及建設部高速公路局
FREEWAY BUREAU, MOTC

車載試驗說明

(2020/04/07)

橋梁動態應變資料分析-車載試驗(1/5)

- 車載試驗目的與方式：目前安裝於石灼高架橋東向PE4~PE7(3跨)動態應變計數據輸出方式為某特定時間範圍內輸出關鍵數據(由1秒100筆變為1分鐘1筆)，經由已知重量之車輛通行來確認各跨度之動態應變反應，該動態應變值可以作為後續監測結果比較之用，以研判所監測橋跨每日通行車輛之重量分布情形，更重要的是，**不同時間點進行同樣車輛之車載試驗**，可以**研判監測期間橋梁是否有出現因預力損失所導致的抗撓剛度改變現象**。

橋梁動態應變資料分析-車載試驗(2/5)

- 儀器設備：除了原本已經安裝的**NB-IoT動態應變計**(每分鐘輸出一筆關鍵數據)外，在其旁邊另外配置一個連續輸出5分鐘動態應變波形的應變計，作為相互比對之用。
- 試驗時間：109年4月7日(二)下午2:00。
- 試驗區域：國道6號東向「東草屯交流道」至「國姓交流道」。



橋梁動態應變資料分析-車載試驗(3/5)

• 試驗人員配置

1. 石灼高架橋PE4~PE7三跨橋梁**箱室**：於橋梁箱室確認監測數據，共計**3人**。
2. 重車**隨車人員**：負責提醒駕駛保持車速，並於重車(32噸橋檢車)進入東草屯交流道、接近或離開石灼高架橋時，通知於石灼高架橋箱室內負責監測數據人員。

• 試驗步驟：重複進行4次，2次於外車道，2次於中間車道。

重車**上東草屯交流道**，隨車人員**通知於橋梁箱室內監測數據成員**

重車由東草屯交流道往東行方向前進，**保持車速約70 km/h**

重車**接近石灼高架橋**，隨車人員**通知於橋梁箱室內監測數據成員**

重車**離開石灼高架橋**，隨車人員**通知於橋梁箱室內監測數據成員**

橋梁動態應變資料分析-車載試驗(4/5)

• 試驗經過與量測成果

	橋跨		
	PE4-PE5	PE5-PE6	PE6-PE7
第1次試驗 [外側車道]	最大應變11.90 $\mu\epsilon$ 通過時間14 : 19 : 57	最大應變10.07 $\mu\epsilon$ 通過時間14 : 20 : 08	最大應變11.22 $\mu\epsilon$ 通過時間14 : 20 : 09
第2次試驗 [中間車道]	最大應變11.44 $\mu\epsilon$ 通過時間14 : 45 : 08	最大應變9.16 $\mu\epsilon$ 通過時間14 : 45 : 19	最大應變10.99 $\mu\epsilon$ 通過時間14 : 45 : 20
第3次試驗 [中間車道]	最大應變11.67 $\mu\epsilon$ 通過時間15 : 11 : 21	最大應變8.47 $\mu\epsilon$ 通過時間15 : 11 : 32	最大應變10.53 $\mu\epsilon$ 通過時間15 : 11 : 32
第4次試驗 [外側車道]	最大應變13.28 $\mu\epsilon$ 通過時間15 : 38 : 45	最大應變9.61 $\mu\epsilon$ 通過時間15 : 38 : 49	最大應變11.99 $\mu\epsilon$ 通過時間15 : 38 : 55

橋梁動態應變資料分析-車載試驗(5/5)

- 試驗結果討論：

1. 本次**車載試驗**乃用**32噸**重的橋檢車來進行，其行走在**外側車道**或是**中間車道**引起之**最大動態應變差異不大**(都在平均值的 $\pm 1 \mu\epsilon$ 內)。PE4-PE5、PE5-PE6與PE7-PE7三跨引起之最大動態應變平均值分別為 $11.67 \mu\epsilon$ 、 $9.33 \mu\epsilon$ 與 $10.93 \mu\epsilon$ 。
2. 本次已進行第1次車載試驗，並藉由定重車輛量測其引起之動態應變，後續會**在第4季再進行同樣試驗**，以便**比較與研判**此期間石灼高架橋東向**PE4~PE7三跨橋梁**是否有出現**抗撓剛度改變**現象，第2次車載試驗預計於10/5進行。
3. 本次試驗成果，連續5分鐘動態應變波形與每分鐘輸出關鍵數據之動態應變進行比對，得到驗證NB-IoT動態應變計監測數據的準確性。

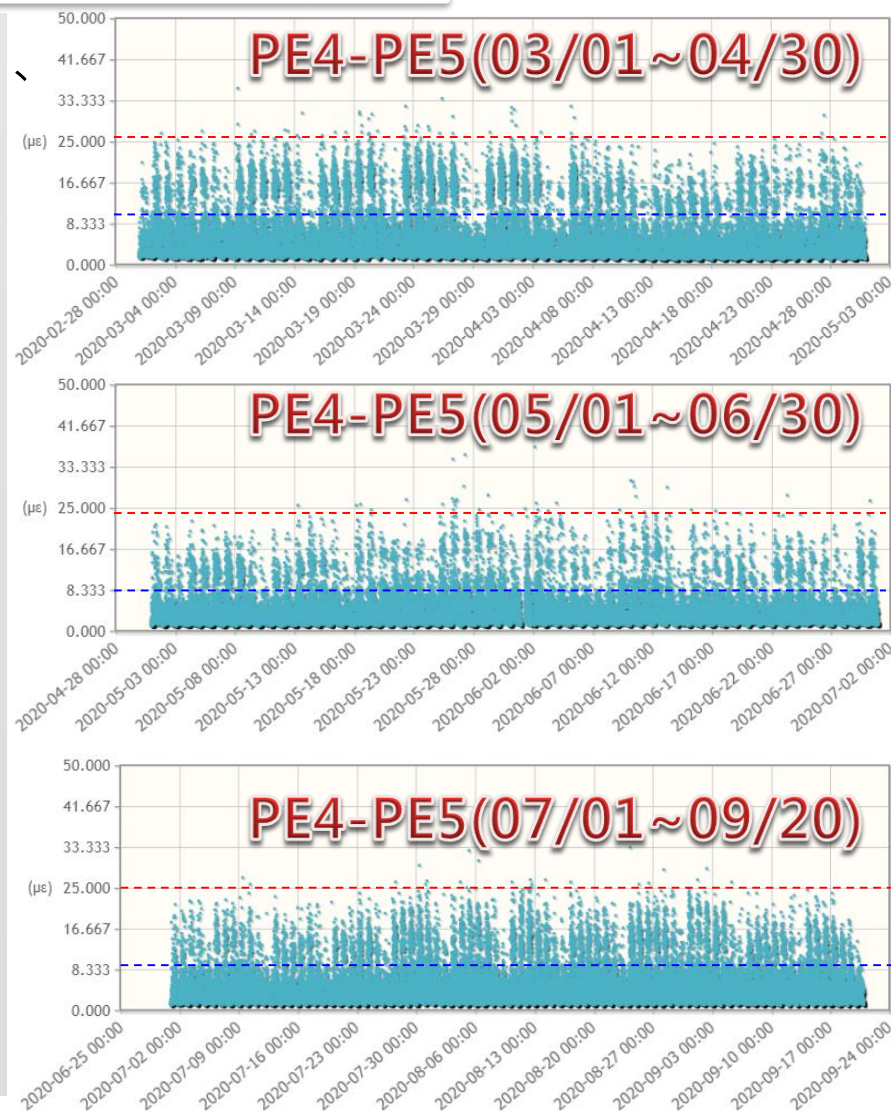


交通及建設部高速公路局
FREEWAY BUREAU, MOTC

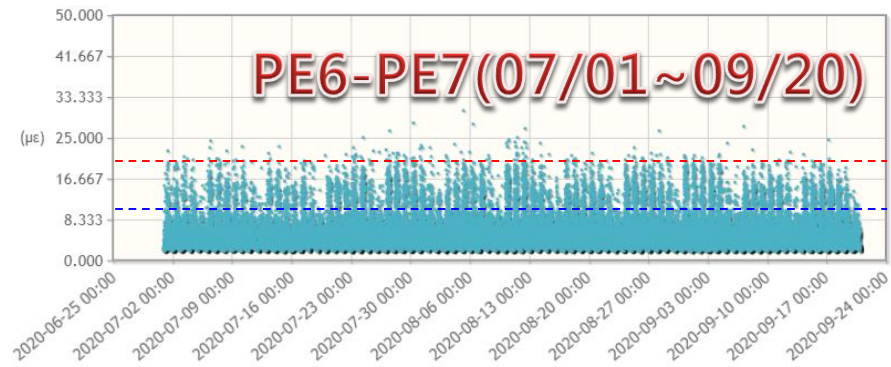
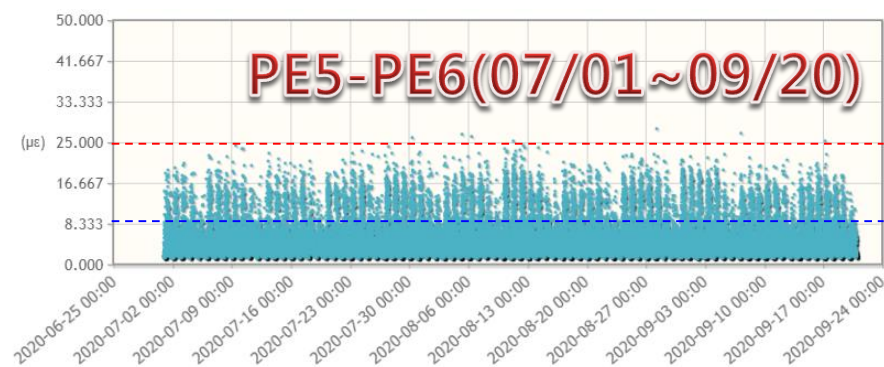
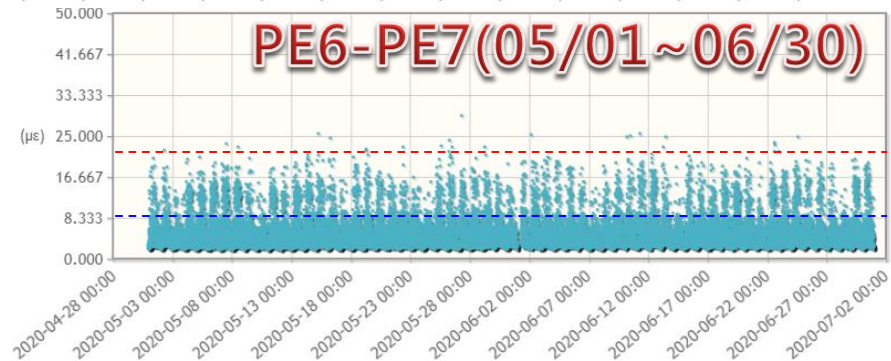
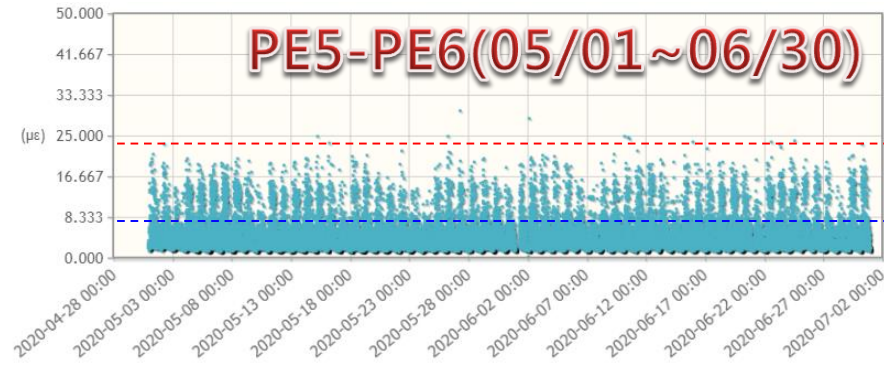
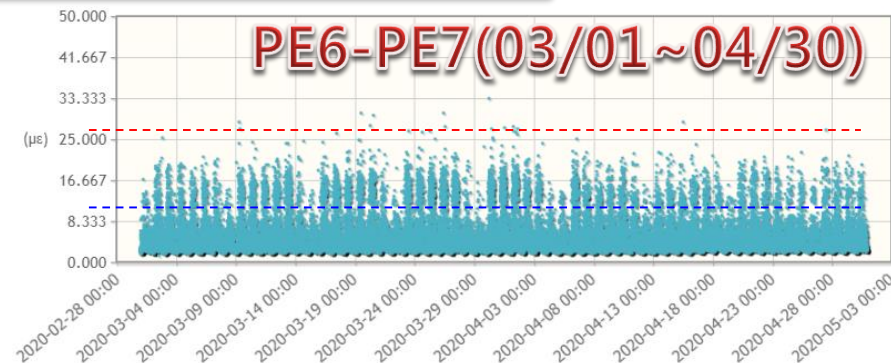
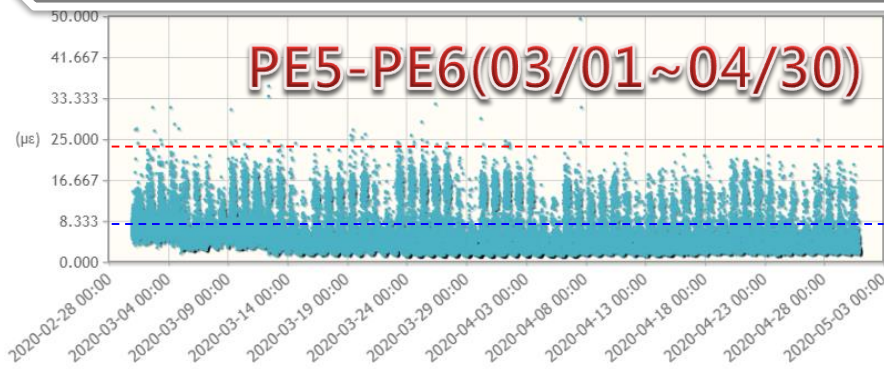
新設儀器監測成果 (2020/03/01~2020/09/20)

橋梁動態應變資料分析-監測資料分析(1/4)

- 石灼高架橋東向PE4~PE5(如右圖)、PE5~PE6 與 PE6~PE7 三跨於2020/03/01至2020/09/20之監測資料。由監測資料可以看出每日例行車輛通過的動態應變反應可以**分成三個等級**，以藍色虛線以下的動態應變之車輛通過頻率最高，其次為介於藍色虛線與紅色虛線之間的車輛，而紅色虛線以上之動態應變反應為零星出現。



橋梁動態應變資料分析-監測資料分析(2/4)



橋梁動態應變資料分析-監測資料分析(3/4)

- 本團隊將引起藍色虛線與紅色虛線之間的動態應變歸類為重車通過引起之動態應變。對石灼高架橋PE4~PE5橋跨而言，重車引起之動態應變約在13~26 $\mu\epsilon$ 之間；PE5~PE6橋跨約在11~21 $\mu\epsilon$ 之間；PE6~PE7橋跨約在10~20 $\mu\epsilon$ 之間。
- 根據車載試驗結果顯示32噸重的橋檢車行走在外側或是中間車道引起之最大動態應變幾乎相同，平均約為11.67 $\mu\epsilon$ 。以石灼高架橋PE4~PE5橋跨而言，重車通過引起之動態應變約在13~26 $\mu\epsilon$ 之間，可以估算這些重車的重量都大於32噸甚至有些已經超過60 噸。

橋梁動態應變資料分析-監測資料分析(4/4)

- 以前期所建置之應變管理值進行檢核，**PE5~PE6與PE6~PE7皆低於警戒值 $35\ \mu\epsilon$** ；而對**PE4~PE5而言**，重車通過引起之**動態應變大都低於警戒值 $27.9\ \mu\epsilon$** ，但是少部分重車通過引起之動態應變**有高於警戒值 $27.9\ \mu\epsilon$ 之情況**
- 目前該**警戒值**乃假設該橋跨之相對沈陷量皆歸因於預力損失，忽略潛變變位之影響，有**過度保守**之可能，因此PE4~PE5橋跨值得進一步檢討其管理值。目前各橋跨**動態應變整體趨勢並未持續增大**，故依此監測結果可說明**此三跨橋梁仍屬穩定**。

感謝聆聽
敬請指教

better technologies for a better life

