



4 工作心得及研究報告

「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程(第一期)第M13A標」 橋台基礎補強工程替代方案報告

一、緣起

本標工程範圍，包含林口交流道至頭份交流道北側(40K+900~110K+300)路段所有國道1號中山高速公路橋梁耐震補強，其中橋台基礎補強主要採增設基樁方式增加橋台之強度及承載力。

惟承包商於前置作業階段發現，部分橋台因施作位置位於陡峭邊坡高處或空間狹小處(詳照片01~照片06)，大型機具進場進出工區之交通維持及假設工程作業，其所需之費用將會有高出主體工程之不合理現象，此外機具及假設工程之施作將會破壞較大範圍之現地地貌或既有結構設施，造成環境嚴重衝擊，故依一般條款第E.7節內容規定擬定替代方案，以降低對現場環境之衝擊及相關復舊費用。原設計預計相關施作位置及補強內容整理如下表所示：



施作位置		樁長 (M)	支數	直徑 (cm)	總長 (M)
橋梁名稱	橋台編號				
湖口交流道STA.83K+760連絡道跨越橋	A1、A2	14	4	100	56
渡槽橋STA.86K+782	A	17	2	80	34
	B	14	2	80	28
新竹系統交流道STA.100K+638匝道A橋	A1、A2	16	4	100	64
新竹系統交流道STA.100K+638匝道C橋	A2	15	2	100	30
新竹系統交流道STA.100K+638匝道H橋	A1	15	2	100	30
跨越橋STA.107K+986	A、B	13	4	100	52
總計：(φ 80cm)					62
總計：(φ 100cm)					232



越橋橋台A1現況



橋台現況



新竹系統交流道橋台現況



新竹系統交流道橋台現況



新竹系統交流道橋台現況

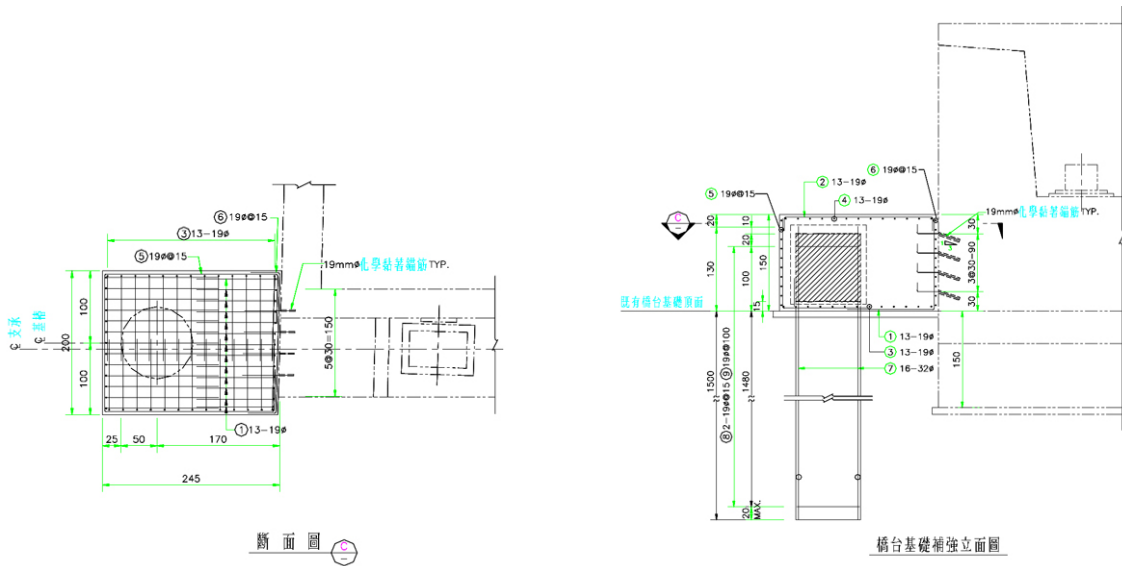


107K+986跨越橋橋台現況



二、原設計方案

本標橋台基礎補強方式，主要使用樁徑80cm ϕ 或100cm ϕ 之全套管基樁，於橋台之兩側各加設乙支，長度13M~17M，其主要結構配置如下圖所示(以新竹系統交流道STA.100K+638環道C橋為例)。



一般來說，全套管基樁係採用搖管式全套管工法施工，將使用多部大型機具施作，而其機具進場施作之方式不外乎以下兩種，其一為將機具置於高速公路上進行作業，如此勢必將佔用高速公路至少二車道，以每處施工14天計，對交通衝擊太大，社會成本高；另一方式則由平面道路開闢便道或搭設施工便橋，但由於本標橋台施作位置大多位於陡峭邊坡高處，此方式將大規模破壞現地之護坡及植栽，除造成環境衝擊外，假設工程及復舊費用將相當可觀。



以新竹系統交流道STA.100K+638環道C橋15m全套管基樁之橋台基礎補強為例，補強費用估計約為60萬元(表2.1)，而若以開闢便道方式施作，初步估計單是串方塊護坡拆除及復舊費用即高達84萬元〔 $30\text{M} \times 20\text{M} \times 1400(\text{元}/\text{M}^2) = 840000$ 〕，遠高於補強主體工程之費用。

表2.1 橋台基礎補強(15m全套管基樁)費用計算

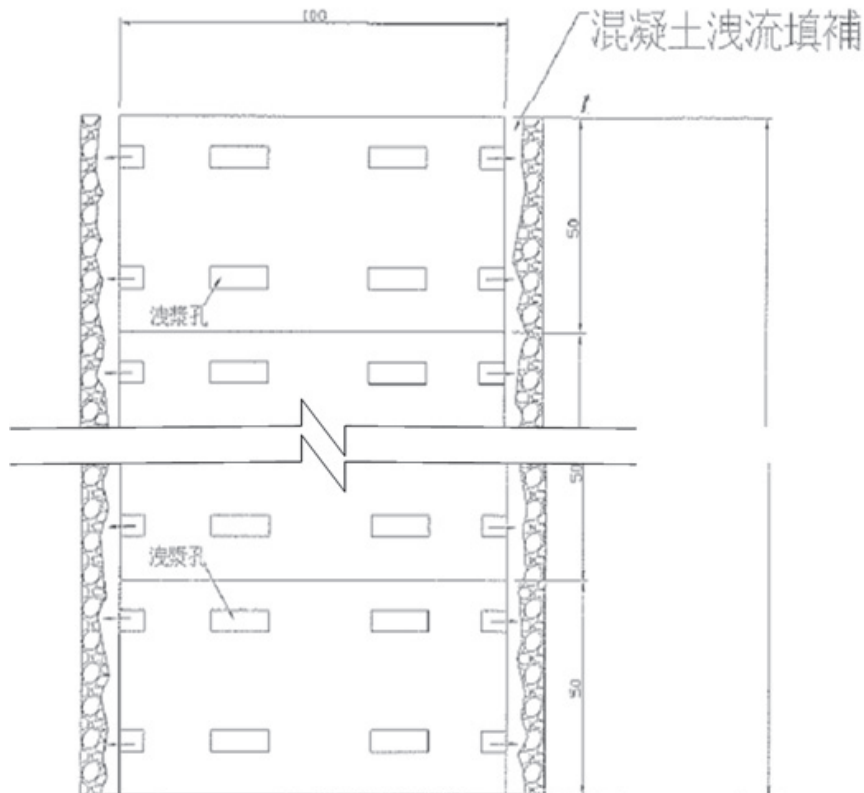
工作項目	單位	數量	單價	複價
全套管鑽掘樁(100cm ϕ)(橋下限高 $h > 12\text{M}$)	M	15	12,000	180,000
混凝土，280kgf/cm ²	M ³	14.7	4,000	58,800
竹節鋼筋，SD420	T	1.4	24,000	33,600
超高壓水刀處理	M ²	5.3	1,200	6,360
基礎模板	M ²	20	350	7,000
化學黏著錨筋，19mm ϕ	支	32	350	11,200
小計				296,960
總計(共2處)				593,920



三、替代方案

基於考量降低高速公路交通維持所造成的交通影響及社會成本，並減少對環境的衝擊及假設工程費用過高的現象，經與監造單位及承包商現場會勘並充分討論後，由承包商依一般條款第E.7節內容規定擬定替代方案，以降低對現場環境之衝擊及相關復舊費用。

針對前述全套管基樁施工所可能造成之影響，承包商研提手掘式基樁之替代方案，其所稱手掘式基樁係指採用波浪鋼環片作為擋土設備，配合人工挖掘逐層組裝，因此不需使用大型機械，待挖掘至設計深度後，吊裝鋼筋籠後進行混凝土澆置，即完成基樁施作之工法。另為考量人員施作之空間需求，原設計樁徑 $\phi 80\text{cm}$ 基樁一併改為樁徑 $\phi 100\text{cm}$ 基樁施作。



手掘式基樁側視圖(每組鋼襯板設置1處洩漿孔)



四、施工方法與流程

手掘式基樁施作之特點在於鑽掘過程，係採人工進行挖掘及擋土支撐架設，施工方法與流程整理如圖4.1所示，相關說明如下：

1. 整地：施工前確認障礙物排除，管線遷移。
2. 放樣及樁位測定。
3. 波浪鋼板圈擋土設備施作
 - (1) 先行開挖，再組鋼板圈，採漸進方式施工。
 - (2) 擋土支撐使用一般鋼板(板厚2mm)或補強式鋼板圈(板厚3mm)視地質變化及土側壓力施作，自第一圈(以每圈高約50cm)往下組合，並每隔50cm使用開口式波浪鋼板圈，其它為一般式波浪鋼板圈。
 - (3) 開口部周圍最上層波浪鋼板圈頂應露出地面1公尺以上，圈外周圍開挖部份須以低強度混凝土回填以防止雨水流入孔內。
 - (4) 每層波浪鋼板圈除了以螺絲接合外，尚須利用鋼索固定在地面，以防止安裝時滑落。
 - (5) 混凝土澆置時，波浪鋼板圈不予拆除，並利用開口式波浪鋼板圈之開口處將混凝土擠至鋼板圈外側之土壤縫隙。
 - (6) 應隨時注意地質及地下水位之變化，並採必要之安全設施。



人工挖掘過程



挖掘取土



鋼筋籠吊放

4. 挖掘取土

- (1) 依地質變化採用不同手工具，並配合破碎機打碎巨石或岩盤。
- (2) 開挖作業以人工挖掘，挖掘時應注意垂直度、直徑及圓度是否偏差，挖掘至適當深度即應組設鋼板圈，使與土層面密接，若挖掘浮石或岩塊土層孔壁有鬆動及坍塌之慮時，則應即時施作背填灌漿。
- (3) 挖掘進行中，須隨時注意及記錄地質變化、湧水及挖掘面之土質，以作為鋼板圈是否該補強或以較厚之鋼板圈施工之參考依據。



- (4) 挖掘土方搬出如使用起重機、自動升降機等，均須注意安全，並應配合挖掘進度，設置防護網(必要時採金屬材質)以防止落石擊傷人員。
- (5) 開孔之周邊需設防護欄柵，開口孔上方需設安全網，以防止人員墜落或落石，並預先備妥與孔內之連絡通訊設備，以及照明、排煙換氣、人員上下梯等設備。
- (6) 挖掘進行中應隨時注意檢測開挖深度，以免挖掘過深，應依設計樁底高程為基準。



人工挖掘過程



挖掘取土

- 5. 承載層及樁深確認。
- 6. 紅外線垂直儀檢測或垂球垂直檢測。
- 7. 鋼筋籠加工及吊放
- 8. 灌漿管安裝
- 9. 混凝土澆置及灌漿管拆除
- 10. 回填
 - (1) 地面以上之鋼板圈須拆除。
 - (2) 以現場土方回填至地面。

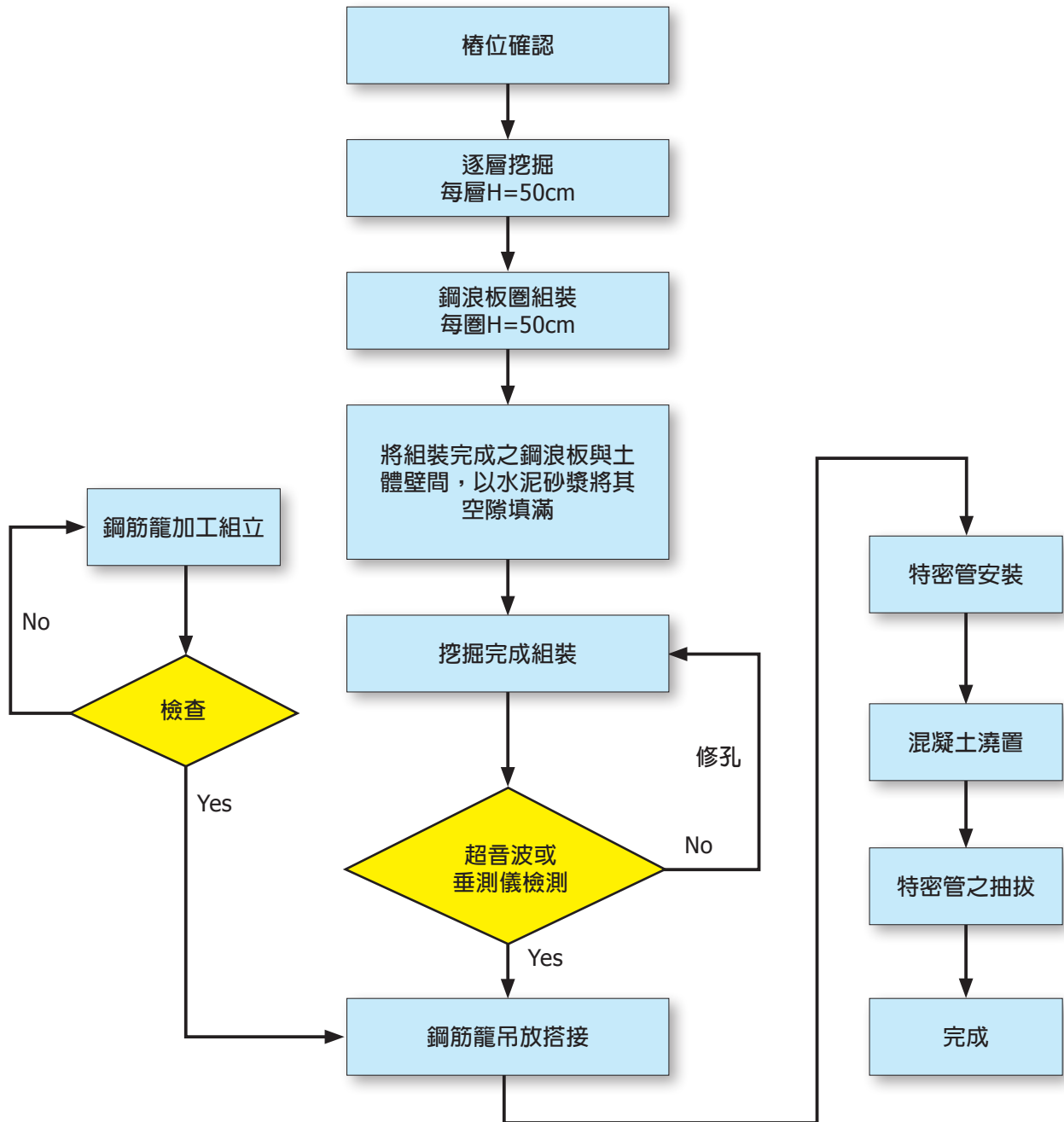


圖4.1 手掘式基樁施工流程圖



五、經費評估

本案採手掘式基樁替代原設計之全套管基樁，考慮人員施作之空間需求，原設計樁徑 $\phi 80\text{cm}$ 基樁一併改為樁徑 $\phi 100\text{cm}$ 基樁施作。

若不考慮交通維持及假設工程費用，替代方案所需工程費用較原設計多約437萬元(本案承包商承諾願自行吸收採用替代方案所需增帳金額)，但若將交通維持及假設工程費用併入計算，則本替代方案所實際減少之工程經費及社會成本應較原設計為佳。

表5.1 原設計費用計算

工作項目	單位	數量	單價	複價
全套管鑽掘樁(100cm ϕ) (橋下限高 $h > 12\text{M}$)	M	176	12,000	2,112,000
全套管鑽掘樁(100cm ϕ) (橋下限高 $h \leq 12\text{M}$)	M	56	19,000	1,064,000
全套管鑽掘樁(80cm ϕ) (橋下限高 $h > 12\text{M}$)	M	62	11,000	682,000
總計				3,858,000

表5.1 替代方案費用計算

工作項目	單位	數量	單價	複價
手掘式基樁(100cm ϕ)(無橋下高度限制)	M	294	28,000	8,232,000
總計				8,232,000



六、工期評估

本標依據已核定之整體工程施工計畫施工進度，基礎補強之每支基樁工期預定平均為5工作天(一套設備作)，全部20支基樁施工工期為100天。

而以手掘式基樁施工，基礎補強之每支基樁工期為15工作天，但以4組工班同時施作，全部20支基樁施工工期為75天。故本替代方案並不會影響整體工期。

七、結論

本標係屬於既有橋梁之耐震補強工程，在維持原有高速公路交通之條件下，部分補強位置之施工難度高、工率低，且補強位置普遍空間狹窄、淨高及寬度皆受限制。本案因施工地點可及性較差，若以傳統方式進行補強工程作業，其全套管基樁所需費用雖較替代方案之手掘式基樁低，但若考慮交通維持所導致的社會成本增加、假設工程費用及環境衝擊影響等，則本替代方案之採用不啻為一較佳之選擇。