

表 2-1 國內潛盾工程施工實績

(摘自 廖銘洋, 1993)

工程名稱	年份	施工地點	長度(m)	土質狀況			使用潛盾機		施工承商技術協商	備註
				開挖土質	覆土厚度(m)	地下水位(m)	型式	外徑(mm)		
台北市(民族路)衛生下水道B主幹管	1976	台北市	100	Silt Sand, Sand	8~9.5	GL -2.5	手挖式	4,530	王大同營造廠	2台(日)KHI
台北市建國北路暨辛亥路衛生下水道第一標工程	1979	台北市	808	Silt Sand, Silt Clay	6~9	-3.0	土壓平衡式	4,350	榮工處	(日)KHI
高雄市污水下水道成功路主幹管工程	1980	高雄市	3,356	Silt Sand, Sand	7.5~11	-1.0	泥水加壓式	3,270	榮工處	(日)KHI
台北市(民族路)衛生下水道B主幹管	1980	台北市	2,558	Silt Sand, Sand	8~9.5	-2.5	機械式	4,422	榮工處	兩台(日)KUMAGA
高雄市污水下水道擴建路及過港段主幹管工程	1981	高雄市	2,055	Silt Sand, Sand	7.5~11	-1.0	土壓平衡式	3,914	中華工程公司	(日)HKM
台北市民權東路主幹管第一標工程B段	1982	台北市	1,444	Silt Sand, Sandy Silt	7.5~8.5	-3.5	土壓平衡式	4,350	榮工處	(日)IHI
台北市撫遠街主幹管工程(民權東路段)	1984	台北市	1,530	Silty Sand, Clayey Silt	7~9	-3.0	土壓平衡式	3,930	榮工處	(日)MHI
台北市撫遠街主幹管工程(撫遠街段)	1984	台北市	1,170	Silty Clay, Clayey Silt	7~9	-2.0	擠壓式	3,730	榮工處	
台北市近郊衛生下水道設計劃特一幹線工程一標	1987	台北縣	2,528	Silty Sand, 砂岩	11.5~16	-1.0	土壓平衡式加泥中折	4,830	榮工處	(中)新峰機械
台北市近郊衛生下水道設計劃特一幹線工程二標	1987	台北縣	2,362	Silty Sand	10~11	-1.0	土壓平衡式加泥	4,830	榮工處	(中)新峰機械
台北市近郊衛生下水道設計劃特一幹線工程三標	1987	台北縣	2,170	Sand Stone	10~11	-2.0	泥水加壓式	4,630	中華工程公司	(日)MHI
台北市近郊衛生下水道設計劃特一幹線工程四標	1987	台北縣	1,705	Silty Sand	10~11	-2.0	泥水加壓式	4,130	展毅工程公司(日)鐵建建設	(日)日本鋼管
大同區越淡水河幹管工程第二標	1988	台北縣 市	1,139	Silty Sand	20~25	0	土壓平衡式加泥	3,530	中鹿營造	(日)鹿島
台北市放流幹管工程一標	1988	台北縣	1,318	Silty Sand	9~9.5	-1.5	土壓平衡式加泥	4,630	新亞工程公司	(日)HZI
台北市放流幹管工程二標	1988	台北縣	1,457	Silty Sand	9.5~10	-1.5	土壓平衡式	4,630	泛亞工程公司	(日)HZI
台北市放流幹管工程三標	1988	台北縣	1,380	Silty Sand	10~11	-2.0	土壓平衡式	4,630	豐順營造	(日)IHI
台北市放流幹管工程四標	1988	台北縣	1,375	Silty Sand	10~11	-2.0	土壓平衡式	4,630	豐順營造	(日)KOTC
台北市放流幹管工程五標上游段	1989	台北縣	845	Silty Sand, Sand	11.5~16	-0.3	土壓平衡式加泥	4,630	榮工處	(日)MHI
台北市放流幹管工程五標下游段	1989	台北縣	545	SM, 礫石, 泥砂岩	12~16	-3.0	土壓平衡式加泥中折	4,630	榮工處	(日)MHI
南港主幹管工程一標	1989	台北市	996	Silty Caly, Clay	6~8	-2.0	土壓平衡式	3,730	新台灣基礎(日)大豐	(日)HCM
高雄污水下水道凱旋路幹管工程一標	1990	高雄市	1000	SM, ML	9~15	-3.0	泥水加壓式	3,730	東鴻建設	(日)HCM

表 2-1 (續) 國內潛盾工程施工實績

(摘自 廖銘洋, 1993)

工程名稱	年份	施工地點	長度(m)	土質狀況			使用潛盾機		施工承商技術協商	備註
				開挖土質	覆土厚度(m)	地下水位(m)	型式	外徑(mm)		
高雄市污水下水道凱旋路主幹管工程二標	1992	高雄市	1,264	SM, ML	9~16	-3.0	泥水加壓式	3,730	東鴻建設	
高雄市污水下水道凱旋路主幹管工程三標	1993	高雄市	1,895	SM, ML	10~16	-3.0	土壓平衡式	3,730	茂順工程	(日)IHI
高雄市污水下水道凱旋路主幹管工程四標	1993	高雄市	1,115	SM, ML	10~16	-3.0	土壓平衡式	3,730	奇育營造	
台北市近郊特一幹線工程五標	1992	台北縣	1,427	SP, SM	3~21	0	土壓平衡式	3,930	嘉連營造	(日)HCM
台北市近郊特一幹線工程六標	1992	台北縣	1,376	SP, SM/CL	8~18		土壓平衡式	3,930	珠江營造	(日)KOTO
台北市近郊特一幹線工程七標	1992	台北縣	1,650	SP, SM/CL			土壓平衡式	3,930	珠江營造	(日)KOTO
台北市近郊特一幹線工程八標	1992	台北縣	1,335	SM, ML			土壓平衡式	3,930	基泰營造	(日)IHI
台北市景美木柵次幹管工程一標	1992	台北市	1,381	SM/SP	10~14	-2.0	土壓平衡式	3,330	碩建營造 (日)日本鑽探	(日)OKUMURA
台北市景美木柵次幹管工程二標	1992	台北市	1,391	SM, ML	8~12	-2.0	土壓平衡式	3,330	九聯營造 (日)東海興業	(日)HZI
台北市景美木柵次幹管工程三標	1992	台北市	1,591 1,400	SP, SM CL, GP	12	-2.0	土壓平衡式	3,330	榮工處	(日)IHI, MAEDA
台北市雙溪C2幹管工程二標	1992	台北市	1,018	Silty Sand, Silty Clay	10~13	-1.5	土壓平衡式	3,630	榮工處	
台北市雙溪C2幹管工程三標	1992	台北市	984	Silty Sand	9~15		土壓平衡式 中折	3,630	豐順營造	(日)MAEDA
台北市雙溪C2幹管工程四標	1992	台北市	1,200	Silty Sand			泥水加壓式 中折	3,630	聚力營造 (日)大豐建設	(日)HZI
台北市雙溪C2幹管工程六標	1992	台北市	954	Silty Sand				2,830	全德營造 (日)大阪建設	
台北市雙溪C2幹管工程七標	1992	台北市						2,830	全德營造 (日)大阪建設	

表 2-1 (續) 國內潛盾工程施工實績

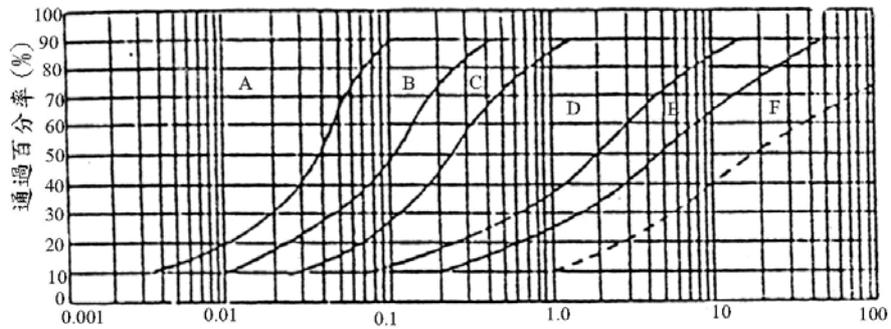
(摘自 廖銘洋, 1993)

工程名稱	年份	施工地點	長度(m)	土質狀況			使用潛盾機		施工廠商技術 協商	備註
				開挖土質	覆土厚度(m)	地下水位(m)	型式	外徑(mm)		
台北市捷運系統淡水線 CC2101A新公園站-台北車站	1991	台北市	370*2	粉質黏土 粉質砂土	10~12	-1.5	土壓平衡式 前端壓氣	6,085	理成營造 德瑞林韓三星	(德) HERRENKECHT
台北市捷運系統南港線 CN251愛國站-西門站	1991	台北市	504*2	SM, CL	8~14	-2.2	土壓平衡式 加泥壓送	6,250	榮工處	(日)OKUMURA
台北市捷運系統南港線 CN253A西門站-台北站	1992	台北市	769*2	SM, CL	10~14	-2.0	土壓平衡式	6,040	偉盛營造 (法)Montcocol	(日)HZI
台北市捷運系統南港線 CN253B台北站-林森站	1991	台北市	411*2	粉質黏土 粉質砂土	11	-1.0	土壓平衡式	6,040	太平洋建設 (日)清水建設	(日)HKM
台北市捷運系統南港線 CN254林森站-新生站	1991	台北市	1,351*2	粉質黏土 粉質砂土	10~12	-2.0	土壓平衡式	6,010	新亞建設 (日)青木建設	(日)HZI 2台
台北市捷運系統南港線 CN256敦化站-國紀站	1991	台北市	1,720*2	粉質黏土 粉質砂土	9~12	-1.2	土壓平衡式	6,040	大陸工程 (日)鐵建建設	(日)MHI 2台
台北市捷運系統南港線 CN257基隆站-虎林站	1992	台北市	525*2	粉質黏土 粉質砂土	8~10	-1.2	土壓平衡式	6,040	泛亞建設 (日)地崎工業	(日)HZI
台北市捷運系統南港線 CN258虎林站-永吉站	1992	台北市	561*2	粉質黏土 粉質砂土	8~13	-1.0	土壓平衡式	6,100	珠江營造 (美)Harrison W	(加)Robbat
台北市捷運系統新店線 CH218新公園站-中紀站	1991	台北市	675*2	粉質黏土 粉質砂土	8~10	-1.9	土壓平衡式 氣泡壓送	6,040	互助營造 (日)大林組	(日)MHI
台北市捷運系統新店線 CH219中紀站-古亭站	1991	台北市	504*2	粉質黏土 粉質砂土	8~10	-2.0	土壓平衡式 加泥	6,040	互助營造 (日)大林組	(日)HH
台北市捷運系統新店線 CH221公館站-台電站	1991	台北市	498*2	SP, CL, ML	14~28	-1.5	泥水加壓式	6,040	新亞建設 (日)青木建設	(日)KOMATSU
台北市捷運系統新店線 CH222公館站-萬隆站	1991	台北市	1,220*2	GM, SM, 凝灰岩礫	9~18	-0.5	土壓平衡式	6,040	唐榮營建 (美)邁凱	(加)Lovat 2台
台北市捷運系統新店線 CH223萬隆站-景美站	1992	台北市	669 697	卵礫石夾中 粗砂土	9~11	-9.0	土壓平衡式	6,040	泛亞建設 (日)地崎工業	(日)HZI
台北市捷運系統新店線 CH224景美站-大坪林站	1992	台北市	903 898	卵礫石夾中 粗砂土	8~20	-9.0	土壓平衡式	6,040	新亞建設 (日)青木建設	(日)HKI
台北市捷運系統板橋線 CP261西門站-龍山寺站	1992	台北市	1,787 1,510	SP/SM	10~25	-1.3	土壓平衡式	6,250	大陸工程 (日)鐵建建設	(日)MHI 2台
台北市捷運系統板橋線 CP262龍山寺站-江子翠站	1992	台北市	1,915 1,929	SP/SM	9~5	-2.5	土壓平衡式	6,250	大有為營造 (日)鹿島建設	(日)KHI 2台
台北市捷運系統板橋線 CP263江子翠站-新埔站	1992	台北市	608*2	SM, CL	9~10	-1.2	土壓平衡式	6,250	工信營造 (星)福聯盛	(日)KOMATSU
台北市捷運系統板橋線 CP264新埔站-漢生東路站	1992	台北市	1,030*2		10~13	-2.0		6,250	達新工程 (日)鴻地組	
台北捷運系統中和線	1992	台北市	5,150						東怡營造 (德)直布林	

表 2-2 潛盾機分類與特性 (摘自 蔡茂生, 1985)

機 型		構 造		適 用 土 質	特 性
開放式	手挖式	以人工至開挖面進行挖掘，開挖面呈開放狀態，以半月型、面型千斤頂為主要擋土措施。		適用於自立性高之地盤、硬質黏土及緊密砂層。	(1)構造簡單，機具費最低。 (2)對開挖土質之變化及障礙物清除等應變能力最強。 (3)開挖面不安定時，需採用壓氣工法，祛水工法，或灌漿等輔助工法。
	半機械式	將手挖部分加以機械化，依據土質狀況需採用機械臂或旋轉切土器等以提高工作效率。		與手挖式相同。	比人力開挖效率較佳，縮短後續作業時間。
	機械式	在機身前方設置面鈸(Disk)，其上裝設切刀齒(Cutter Bit)以切刀盤之迴轉對開挖面進行連續之開挖。土渣由取土口進入土倉(Chamber)，再經由輸送帶排至機身後方。		適用於較手挖式及半機械式軟弱之土層。	(1)面鈸可對開挖地層提供擋土之效果，並依地質狀況決定取土口開口率之大小，以控制開挖土量，安全性較高。(2)簡單機械式常須配合壓氣、抽水、灌漿等輔助工法。
擠壓式		在潛盾機前方裝設隔鈸(Bulkhead)，其上方開設取土口，當潛盾機推進時，推力經由隔鈸傳遞至開挖地層，使土壤受擠壓而自取土口流入機內。		軟弱略具流動性(L.L.=80%以上)含砂量低(30%以下)之沉泥質地盤。	(1)依地質狀況決定開口位置及大小，以調整排土量及推進方向。 (2)開挖面施行輔助工法之需要性較開放式低。
密閉式	土壓平衡式	傳統土壓平衡式	以切刀盤之切削齒掘削地層，將開挖之土壤堆積於面鈸與隔鈸間之土倉，以貫穿隔鈸之螺旋輸送機內之土壤排出，排土時須保持螺旋輸送機內充滿土壤，並使開挖面內側與外側之土壓及水壓保持平衡。	沉泥質砂至沖積層之砂、砂礫層及其互層均可適用。	原則上部需要以輔助工法維持開挖面之自立性。為使螺旋輸送機確實發揮壓力傳達及止水效果，必須使開挖土砂孔隙減少，在含砂量較高的地層，常須加入水、泥水、黏土等予以混合以提高開挖之安全性。
		加泥土壓平衡式	可由盾首的魚尾版(Fish Tail)將細顆粒之泥土漿或泡沫材料(Foam)注入開挖面，以提高土倉內土壤之流動性與止水性，土倉內之泥水壓(Mud Pressure)須與盾首之土壓及地下水壓平衡，並使土渣之粒徑分佈較均勻。	此機型適宜在砂質土含量甚高之地層。	(1)輔助工法之需要性較低。 (2)不需要泥水處理設備，但混入泥土增加排土量，其處理與價格有關。
	泥水加壓式	在盾首和切刀盤間設置土倉，於倉內以泥水(Slurry)填充，使開挖面加壓以平衡土壓和水壓作用而維持安全，以流體運輸方式將土渣排出。		儲水性砂層、砂礫層或穿越河川、湖泊等水壓較高之地層。	(1)以比重大、黏性高之白皂土等材料作成泥水以填充地層中之 (2)依地質狀況中原有構造，故其變形沉陷現象最小。(3)對輔助工法的需要性最低。

表 2-3 土壤粒徑分佈與潛盾機適用範圍
(摘自 朱旭, 1984a)



型式 輔助工法 粒徑分佈領域	密閉式潛盾機		手挖式、半機械式、機械式潛盾機		泥水加壓式 潛盾機	土壓平衡 式潛盾機
	壓氣	降低水位	壓氣	灌漿		
A 領域	◎ N<5		◎		△	○
B 領域			◎		△	○
C 領域		○	○		○	◎
D 領域		○	○	△	◎	◎
E 領域				△	○	○
F 領域				△		

註：◎表示最適用。 ○表示適用。 △表示適用但不經濟

表 2-4 潛盾機型式與適用土質、輔助工法之關係

(摘自 日本土木學會，1987)

地質		潛盾機型式		手挖式潛盾機			半機械式潛盾機			機械式潛盾機			擠壓式潛盾機			土壓平衡式潛盾機						泥水加壓式潛盾機					
		分類	土質	N值	Wn (含水比)	輔助工法			輔助工法			輔助工法			輔助工法			基本式			加泥式			輔助工法			
						無	有	種類	無	有	種類	無	有	種類	無	有	種類	無	有	種類	無	有	種類	無	有	種類	無
沖積黏土層	腐植土	0	300以上	X	X		X	X		X	X		X	△	A	X	△	A	X	△	A	X	△	A	X	△	A
	粉土、黏土	0~2	100-300	X	△	A	X	X		X	X		○	-		X	△	A	△	○	A	△	○	A	△	○	A
	砂質粉土、黏土	0~2	80以上	X	△	A	X	X		X	X		○	-		△	○	A	△	○	A	△	○	A	△	○	A
	粉值砂土、黏土	0~5	50以上	△	○	A	X	△	A	△	○	A	△	○		○	-		△	○	A	△	-		△	-	
洪積黏土層	壩埤 (Load)、黏土	10~20	>50	○	-		○	-		△	-		X	X		○	-		○	-		○	-		○	-	
	砂質壩埤、黏土	15~25	>50	○	-		○	-		○	-		X	X		○	-		○	-		○	-		○	-	
	砂質壩埤、黏土	20以上	>50	△	-		○	-		○	-		X	X		○	-		○	-		○	-		○	-	
軟岩	泥岩	50以上	<20	X	-		△	-		○	-		X	X		-	-		○	-		-	-		-	-	
砂質土	粉土質砂、黏土質砂	10~15	<20	△	○	A	△	○	A	△	○	A	X	X		○	-		○	-		○	-		○	-	
	鬆砂層	10~30		X		A、B	X	X		X	△		X	X		△	△	A	○	-		△	○	-	△	○	A
	固結砂層	30以上		△	○	A、B	△	○		△	○		X	X		△	△	A	○	-		○	-		○	-	
砂礫石層	鬆砂層	10~40		X	△	A、B	X	△	A、B	X	△	A、B	X	X		△	△	A	○	-		△	○	-	△	○	A
	固結砂層	40以上		△	○	A、B	△	○	A、B	△	○	A、B	X	X		△	△	A	○	-		○	-		○	-	
	夾雜卵石之砂層			X	△	A、B	△	○	A、B	X	X		X	X		△	△	A	○	-		△	△	-	△	△	A
	卵石層			X	△	A、B	X	△	A、B	X	X		X	X		△	△	A	△	-		△	△	-	△	△	A

○：原則上適合之條件 無：未使用輔助工法時 手挖式、半機械式、擠壓式潛盾機原則上採用壓氣工法
 △：需檢討其適用性 有：使用輔助工法時
 X：原則上條件不適用 A：化學灌漿工法
 -：特殊情形外不使用 B：地下水降低工法

表 2-5 藥液灌漿種類

(摘自 林耀煌，1994)

灌漿劑名稱	使用材料	主劑之物理性	標準濃度(普通)	
CEMENT	水泥(飛灰、皂土，穩定劑)	乾燥粉末	水泥：水=1：1~1：10	
CLAY BENTONITE	黏土、皂土	乾燥粉末	W/C=0.2	
BITUMEN	瀝青材、保護膠質凝結劑	瀝青之乳濁液		
SODIUM SILICATE	JOOSTEN	矽酸鈉，氯化鈣	液狀	
	JAHDE	矽酸鈉，Im	液狀	
	LABIRES WASSERGLAS	矽酸鈉，水泥	液狀	水：水玻璃=7：3~8：2 W/C=300~1000%
	improve LABIRES WASSERGLAS	矽酸鈉，水泥，皂土	液狀	水：水玻璃=7：3~8：2 W/C=300~1000%，皂土=C×0.1
	HYDOROCK	矽酸鈉，碳酸氫鈉 矽氟酸鈉	液狀	
	CHEMIJECT	矽酸鈉，鋁酸鈉	液狀	
	SILICATE BICAR BONATE	矽酸鈉，碳酸氫鈉	液狀	水：水玻璃=7：3 水-碳酸氫鈉=2500%
	SANSOLT	SANSOLT No1(矽酸鈉) No2(反應劑) No3(觸媒劑)	液狀	SANSOLT No1：No2：No3：水 60：10：15：15
LIGNIN	TERRA FIRMA	木質磺酸鈉，重鉻酸鉀， 氯化鈉，氯化鐵	黃褐色粉末	TF：水 1：3 1：4 1：5
	T·D·M	木質磺酸鈉，重鉻酸鉀 其他	液狀	
	SANGROUT	木質磺酸鈉，重鉻酸鈉 氯化鐵，硫酸鋁	液狀	A B C 100：20：100(容積比)
ACRYLAMIDE	AM-9	丙稀酰胺，NN乙稀基二 丙稀酰胺，DMAPN AP, KF。	乾燥粉末	AM-9 DM AP 10% 0.4% 0.5%
	NITTO-SS	丙稀酰胺，NN乙稀基二 丙稀酰胺，TEA, AP, KF。	乾燥粉末	SS ⁻ , TEA, AP 10% 0.4% 0.5%
	SUMISOIL	丙稀酰胺，硫酸亞鐵 抗壞血酸鈉 TEA, AP	乾燥粉末	主：促：助：抑：水：開 100：0.025：6：0.5：400：5
OTHERS	ACRYLATESACID	丙稀酸鈣，丙稀酸鎂 丙稀酸鋅，AP 硫代硫酸鈉	液狀	Mg=1000：100：3 Zn=1000：20：40 (普通)
	PHENOL RESIN	石炭酸樹脂，硬化劑 鹼性硬化促進劑	液狀	樹：硬：促：水 100：20：5：30 (容積比)
	XK-1002 (POLYAMINE) CEMEX-A	主劑：聚胺化合物 硬化劑：甲脞	液狀	主：硬：水 50：3.6：46.4
	POLYTHIXOW	高級烯類 脂肪性芳香族之混合物	液狀	

AP：過硫酸胺，DMAPN：二丙基胺基丙酸酯，KFe：赤血鹽，TEA：三乙醇胺

表 2-6 藥液灌漿工法分類表

(摘自 林耀煌，1994)

灌注管方式	膠凝時間		膠凝時間	材料混合方式	灌注管操作方式
單管灌漿工法	鑽桿工法		中	1.5 shot	上昇式
	多孔管工法				下降式
雙重管灌漿工法	二重管雙環塞注入工法	Soletanche	長	1.0 shot	任意式
		Double Sbrainer			
		Sleeve Grouting			
	二重管鑽桿復合工法	Multilizer	短	2.0 shot	上昇式
		Unipack			
	二重管鑽桿瞬結工法	L.A.G.	短	2.0 shot	上昇式
		D.D.S.			
S.G.R.					
M.T.					

註：表內膠凝時間 短：數十秒以內
 中：數分單位
 長：數十分單位

表 2-7 各種藥液灌漿工法之特徵與比較

(摘自 注入設計施工指針，1986)

灌漿工法	混合方式	適用材料	可靠性	施工性、單價	其 它	土質	灌 漿 效 果	固結形態
單管鑽桿工法	1.5 徑 (2液1系統注入)	C _t C _m M	• 易形成不均勻之改良體，缺乏可靠性。	• 最簡便，容易施工。 • 單價便宜。	• 藥液易從鑽桿周圍迴流逸出。 • 改良範圍不易設定。 • 藥液易在某一特定地方固結。	粘土層	形成較粗之脈狀灌漿、改良效果不佳。	△ e
						砂層	形成較粗之脈狀灌漿、改良效果不佳。	△ e
						礫石層	有時可獲得較佳之改良效果。	○ c
						互層	藥液僅灌入某特定地點，全體改良困難。	△ -
單管多孔管工法	1.5徑	C _m M	• 比單管鑽桿工法較具可靠性。	• 灌漿管之設置及阻塞清洗等手續麻煩，且灌漿深度較淺。 • 單價較高。	• 灌漿管之設置與灌漿工程可分開施工，故容易施工管理。 • 灌漿管容易夾置。	粘土層	形成較粗之脈狀體、改良效果不佳。	△ e
						砂層	可獲致較良好之改良效果	◎ a、b c
						礫石層	可獲致較良好之改良效果	○ c
						互層	易形成不均勻之改良體，不易獲致均勻良好效果。	△ -
雙重管雙環塞工法	1.0 徑 (1液1系統注入)	C _t + M C _t + L	• 可靠性高。	• 灌漿管之設置、環塞材料之灌入、護護等手續不可避免。 • 與其它工法比較，鑽孔徑較大，單價最貴。	• 藥液確實混合，藥液性質穩定。 • 環塞容易形成，灌漿精度高。 • 外管不回收，較不經濟。	粘土層	形成較粗之脈狀體、改良效果不佳	△ e
						砂層	易達成均勻滲透，可獲致較良好之改良效果。	◎ a、b
						礫石層	可獲致較良好之改良效果	◎ a、b
						互層	可獲致較良好之改良效果	◎ -
雙(重瞬)管結鑽工法	2.0 徑 (2液2系統注入)	C _s S	• 可靠性較高。	• 施工簡便。 • 單價較便宜。	• 膠凝時間短，可防止藥液逸出改良範圍外。 • 以2.0徑方式施灌漿液可能未充分混合、反應。 • 施灌壓力較高。	粘土層	形成較密之脈狀體、改良效果普通	△ d
						砂層	兼具脈狀貫入及滲透固結，可獲致較良好之改良效果。	○ c、d
						礫石層	可獲致較良好之改良效果	◎ a、b
						互層	可獲致較良好之改良效果	○ -
雙(重複)管合鑽灌桿工法	1.0徑 1.5徑 2.0徑 (徑：shot)	C _s + M C _s + L S+ M S+L	• 可靠性高。	• 施工較複雜。 • 單價較貴。	• 視土質不同，可組合各種膠凝時間不同之藥液施工。 • 使用各種膠凝時間不同之藥液之比例可任意調整	粘土層	形成較粗之脈狀體、改良效果不佳	△ e
						砂層	可進行良好之滲透，改良效果佳。	◎ a、b c
						礫石層	可獲致較良好之改良效果	◎ a、b
						互層	可獲致較良好之改良效果	◎ -

附註：(1)適用材料：

懸濁型 { 膠凝時間極短(數秒至數十秒)：C_s
膠凝時間短(數十秒至數十分鐘)：C_m
膠凝時間長(數十分鐘至數日)：C_t

溶液型 { 膠凝時間極短：S
膠凝時間短：M
膠凝時間長：L

(2)改良體之固結形態：



(3)灌漿改良效果：△：不良、○：良、◎：佳

表 2-8 高壓噴射工法常用施工參數

(摘自 中國土木水利工程學會，1995)

高壓噴射種類		單管法	雙重管法	三重管法	
漿液材料及其配方		以水泥為主要材料，加入不同外劑後可具有速凝、早強、抗蝕、防凍等性能，常用水灰比 1：1。亦可用化學材料。			
高壓噴射注漿參考值	水	壓力 (kg/cm ²)	—	200~400	
		流量 (l/min)	—	80~120	
		噴嘴孔徑 (mm) 及個數	—	直徑 2~3 (一或二個)	
	空氣	壓力 (kg/cm ²)	—	7~8	7~8
		流量 (l/min)	—	1~2	1~2
		噴嘴間隙 (mm) 及個數	—	1-2 (一或二個)	1-2 (一或二個)
	漿液	壓力 (kg/cm ²)	150~200	200	10~30
		流量 (l/min)	80~120	80~120	100~150
		噴嘴孔徑 (mm) 及個數	直徑 2~3 (二個)	直徑 2~3 (一或二個)	直徑 10 (二) ~14 (一)
	噴射管外徑 (mm)		42 或 45	42、50、75	75 或 90
提升速度 (cm/min)		20~25	約 10	約 10	
旋轉速度 (rpm)		約 20	約 10	約 10	

表 2-9 SJM 工法施工機具及規格

(摘自 Superjet 研究會，2002)

名稱	規格	形狀 長×寬×高 (m)	重量 (kg)	動力 (KW)
SJM 鑽孔兼 施工機	自動控制 全油壓式	2.3×1.8×1.52	1200	11
超高壓大流量 泵浦	流量 400L/min 壓力 300kg/cm ²	17×1.7×2.2	12500	311
空氣壓縮機	流量 8.5 m ³ /min 壓力 7~10.5 kg/cm ²	3.8×1.64×2.07	3400	140
材油發電機	125 KVA 及 600KVA	1.3×3.35×1.6 及 1.6×5.13×2.35	2130 及 9000	117 及 514
加壓泵浦	80 mm	0.89×0.5×0.51	110	—
自動漿液 攪拌機	30 ton	6.5×2.5×2.6	4500	—
橫型水中抽砂 泵浦	100 mm	0.64×0.64×0.91	510	—
水槽	30 m ³ ×2	7×2.2×2.2	7600	—
輪型油壓式 吊車	50 ton	—	—	—

表 2-10 Superjet-Midi 漿液配比
 (摘自 Superjet 研究會, 2002)

名稱	細目	對象土質	主材名	比重	添加劑	使用目的	配比			
							水灰比	SJ 用量(kg)	水(kg)	共計 (l)
SJ-1	H 型	砂質土	特殊固化材	3.10 ± 0.05		強度發揮型	W/C=135%	600	806	1000
	L 型			2.96 ± 0.05		強度抑制型	W/C=135%	590	801	1000
SJ-2	-	黏性土 $C \leq 80 \text{ KN/m}^2$	黏性土用 特殊固化材	3.04 ± 0.05		-	W/C=150%	550	819	1000
SJ-3	-	黏性土 $C \geq 80 \text{ KN/m}^2$	特殊固化材	3.09 ± 0.05		-	W/C=150%	550	822	1000
SJ-4	-	腐植土	腐植土用 特殊固化材	2.91 ± 0.05		-	W/C=100%	745	744	1000

表 2-11 SJM 固化材設計基準強度

(摘自 Superjet 研究會，2002)

項目		設計基準強度 (MN/m^2)	
		強度發揮型	強度抑制型
		SJ-1-H SJ-2 SJ-3 SJ-4	SJ-1-L
砂質土	單軸抗壓強度	3	2
	黏著力	0.5	0.4
	變形係數 E_{50}	300	200
黏性土	單軸抗壓強度	1	0.7
	黏著力	0.3	0.2
	變形係數 E_{50}	100	70
腐植土	單軸抗壓強度	0.3	-
	黏著力	0.1	-
	變形係數 E_{50}	30	-

◎ 強度抑制型固化材原則上是用砂質土。但是在互層地盤等狀況，需要適用於黏土層時，以強度發揮型強度折減做計算

SJ-2 強度抑制型 = 強度發揮型強度 × 70%

SJ-3 強度抑制型 = 強度發揮型強度 × 50%

表 2-12 Superjet-Midi 施工規格

(摘自 Superjet 研究會，2002)

名稱	項目	單位	規格
超高壓噴射	噴射壓力	<i>MPa</i>	30
	單位噴射量	<i>kl/min</i>	0.2 × 2 方向
壓縮空氣	噴射壓力	<i>MPa</i>	0.7 ~ 1.05
切削與灌漿	拔升時間	<i>min/m</i>	12
	預先噴射拔升時間		6

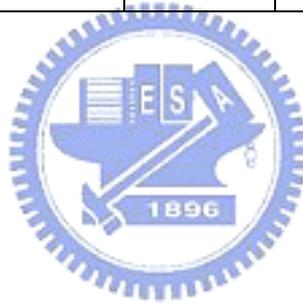


表 2-13 Superjet-Midi 灌漿孔基本配置

(摘自 Superjet 研究會，2002)

改良目的	基本配置	改良率 %	適應條件
Type A		100	<ul style="list-style-type: none"> * 地盤補強 * 地中樑 * 支持地盤 * 抗液化 * 止水
Type B		90	<ul style="list-style-type: none"> * 地盤補強 * 支持地盤 * 抗液化
Type C		78.5	<ul style="list-style-type: none"> * 地盤補強 * 支持地盤 * 抗液化
Type D		α $\alpha = b / L$	<ul style="list-style-type: none"> * 地盤補強 * 地中樑 * 支持地盤 * 抗液化 * 止水

表 2-14 噴射灌漿工法比較

工法	CCP 工法	JSG 工法	SJM 工法	CJG 工法
鑽桿型式	單孔管	二重管	二重管	三重管
鑽桿直徑 (mm)	40.5	60.5	90.0	90.0
噴漿壓力 (kgf/cm ²)	200	200	300	400
噴嘴口徑 (mm)	1.2	2.0	5.0	1.8 ~ 2.3
吐出量 (l/min)	25	60	200 × 2	70
空氣壓力 (kgf/cm ²)	不使用	7.0	7.0 ~ 10.5	7.0
鑽桿回轉數 (rpm)	20	5 ~ 10	2 ~ 5	5
造成徑 (m)	0.4 ~ 0.5	0.8 ~ 2.2	2.4 ~ 3.5	1.5 ~ 3.0
適用地盤	N < 15 砂質土	N < 20 黏性土 N < 50 砂質土	N < 7 黏性土 N < 100 砂質土 N ≤ 50 砂礫	N < 10 黏性土 N < 50 砂質土
注入劑	懸濁型藥液	水泥、水玻璃	固化材料、 黏性低下劑	水泥、水玻璃
改良強度 (MN/m ²)	黏性土 2.5~3.0 砂質土 3.0~4.0	黏性土 1.0 砂質土 2.0~3.0	黏性土 0.7~1.0 砂質土 2.0~3.0	黏性土 1.0~5.0 砂質土 5.0~1.5
適用深度 (m)	0 ~ 20	0 ~ 25	0 ~ 30 及 30 以上	0 ~ 40

表 2-15 各種纖維 NEFMAC 格網性質 (摘自 NEFCOM Co, 1996)

Fiber	Density g/cm ³	Texture g/1000 m	Fiber Diameter mm	Tensile Strength kg/mm ²	Young's Modulus kg/mm ²	Elongation %
E-GLASS	2.54					
Monofilament				350	7,400	4.8
Roving		2,220	22	200	7,400	2.8
T-GLASS	2.49					
Monofilament				475	8,600	5.5
Roving		2,240				
CARBON						
High Strength (HS)	1.80	800	7	500	23,500	1.4
High Modulus (HM)	1.81	364	6.5	270	40,000	0.6
	1.78	750	6.7	270	35,000	0.77
	1.85	900	8	260	36,500	0.7
ARAMID						
Kevlar 49	1.45	1,267	11.9	280	13,000	2.4
Technora (HM-50)	1.39	167	12	310	7,100	4.4
STEEL						
SD-35	7.8			50	21,000	18
Stainless Steel	7.83			176	20,300	2.0

表 2-16 強化碳纖維束 (Carbon Fiber Cables) 之基本材料性質

(摘自 WTEC, 2003)

Material Form	Diameter (mm)	Cross-Sectional Area (cm ²)	Tensile Strength (kN)	Elastic Modulus (kN/mm ²)
Rod	4.4	0.152	23.52	205.8
37 Rod Cable	30	5.383	457.66	166.6

