

# 台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績

## 台湾・大安電力シールド工事

石丸 裕・巴 紀行・大隈 充浩

当工事では、地下電力ケーブルトンネルの付帯設備として沈設深さが45～55 mに達する2基の圧入ケーソンを施工した。今回報告する第2立坑は、掘削・圧入工が困難なN値15以上の硬質粘土層や台北特有の「景美層」と呼ばれる玉石層が存在する困難な地質条件にあり、オフィス群と高級住宅地が共存する台北市中心部を南北に横断する幹線道路（敦化南路）の中央分離帯に建設するため、都市部特有の制約条件の中での施工であった。このような施工条件下での施工実績を安全、品質、工期の確保のために取った対応策を交えその施工記録を報告する。

キーワード：立坑、圧入ケーソン、大深度、台北、景美層

### 1. はじめに

台湾大安電力シールド工事は、電力需要の増加が著しい台北市内の電力の安定供給を目的として、台北市内湖区松湖変電所と大安区大安変電所の間、約4.6 kmを345 kVケーブルで結ぶためのシールドトンネルを建設するものである（図-1）。立坑配置およびシールドトンネルルートを図-2に示す。

立坑工事の諸元を表-1に、シールドトンネル工事の諸元を表-2に示す。本稿では、当工事における4基の立坑の内、圧入ケーソン工法を採用し施工深度が最深となる第2立坑の工事実績について紹介する。

第2立坑は、第3立坑から発進した3号シールドトンネルと非開削地中切開き工にて連絡横坑により接続する人孔用立坑で、3号シールド施工深度が、途中交差する台北地下鉄（信義線）@忠孝東路、台鉄・新幹線@市民大道のそれぞれ連壁、基礎深度との離隔確保



図-2 立坑配置・シールドトンネルルート

により土被り50 m以上の大深度となっているため立坑床付深度がGL-56.8 mの大深度立坑となっている。

### 2. 地質条件

第2立坑の土質柱状図および立坑断面図を図-3に示す。土質は地表面から順に、埋戻し土砂（GL±0.0～-3.3 m）、砂礫および砂層（GL-3.3～-12.0 m、N=6～63）、シルト砂混じり粘土層（GL-12.0～-53.3 m、N=5～27）、玉石層（GL-53.3 m以深、N=88～100以上）である。また、ケーソンの床付深さはGL-56.8 mである。これらの内、N値15以上を示すGL-46.0～-53.3 mに存在する硬質粘土層（シルト砂混じり粘土層）とGL-53.3 m以深の「景美層」と呼ばれる玉石層でのケーソン掘削・圧入が施工上の課題であった。



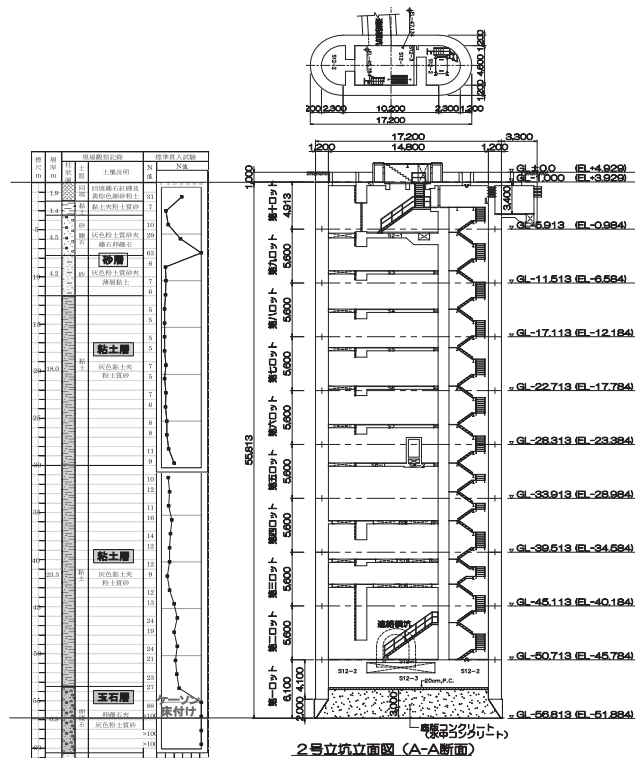
図-1 台北市現場位置図

表一 立坑工事

立坑 No.	平面形状：寸法	床付深度	備考	工法
第1立坑	円形：外径φ 17 m	GL-49.1 m	1号シールド機発進	圧入ケーソン
第2立坑	小判型：17.2 × 7.0 m	GL-56.8 m	3号シールド機中間連絡横坑	圧入ケーソン
第3立坑	矩形：20.0 × 10.6 m	GL-31.8 m	3号および4号シールド機発進	開削工法(地中連続壁)
Y2立坑	円形：外径φ 5.1 m	GL-49.0 m	2号シールド機到達	圧入ケーソン

表二 シールドトンネル工事

トンネル No.	シールド機 No.	トンネル寸法	掘進長	備考
1号トンネル	1号シールド機	内径φ 4.6 m	L = 2,675 m	1号立坑発進～3号シールド機と地中接合
2号トンネル	2号シールド機	内径φ 2.4 m	L = 279 m	トンネル内 Y1 分岐点発進～Y2 立坑到達
3号トンネル	3号シールド機	内径φ 4.6 m	L = 1,959 m	3号立坑発進～1号シールド機と地中接合
4号トンネル	4号シールド機	内径φ 5.5 m	L = 966 m	トンネル内 Y9 分岐点発進～3号立坑到達



図一 土質柱状図および第2号立坑断面図

### 3. 用地条件

第2立坑は、台北市中心部を南北に横断する幹線道路の中央分離帯内に建設するため工事用地が狭小（幅9.7～13.4m）で掘削土の場内仮置きや複数台のクレーンによる同時作業が困難であった。また、幹線道路の両側には10階建て以上のマンションやオフィスビルが林立しており、掘削による周辺地盤への影響を最小限とする必要があると同時に、住居への配慮から夜間作業は原則として行うことができなかった。さらに当該用地は、交通ラッシュ時の混雑の緩和を目的とした大型車両の通行規制（朝7:00～9:00、夕17:00～

19:00）の適用対象地区内に位置していた。

このように、工事用地は、狭小な施工用地であることに加え、幹線道や周辺の建物の存在、場内作業や掘削土搬出への時間的制約といった施工条件が重なる厳しい施工環境での施工であった。

### 4. 施工計画

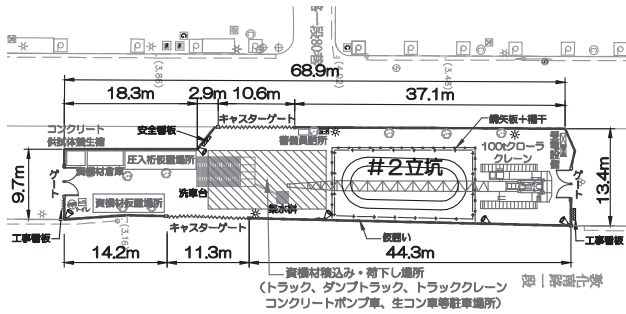
#### (1) 工法選定（圧入ケーソン工法）

第2立坑の施工深度、地質条件及び工事用地の制約から立坑の施工法は、狭小な施工用地内で所要の精度内での施工が可能で、工期短縮、周辺建物への影響低減の観点から圧入ケーソン工法が指定されていた。台湾では深度40mを超えるケーソンの施工前例が少ないことに加えて、ケーソンの施工には難しい地質条件であり、工事用地の制約も大きかったが、種々の対策工を併用することにより、大深度での圧入ケーソン工法での施工を実現した。

#### (2) 施工ヤード計画

第2立坑工事現場の全体平面図を図一4に、施工状況を写真一1に示す。

狭小な施工ヤード内での躯体工及び掘削工の機械配置が課題であった。これに対し、立坑奥に100tクローラクレーンを配置し手前の出入り口側のスペースを資機材の積み込み、荷降ろし、掘削土の搬出に活用するヤード計画とした。なお、鉄筋加工及び型枠整備は、本施工ヤード内でのスペースを確保できないため第1立坑ヤードで行い、各ロット施工時にトラックで搬入する計画とした。圧入設備のうち加圧桁（H-900 × 300, L = 9.5 m）は、トレーラーによる夜間道路規制を伴う搬入出が必要であったため、場内に仮置きした。そ



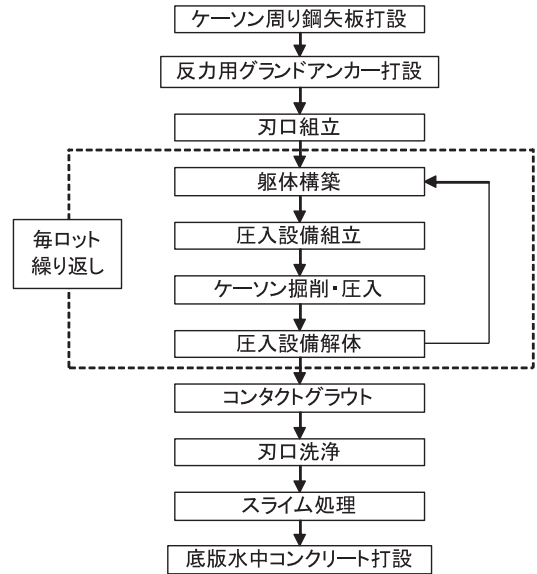
図一4 第2立坑工事用地(全体平面図)



写真一1 第2立坑施工状況



写真一2 加圧桁仮置き状況



図一5 圧入ケーソン施工フロー



写真一3 クラムシェル型0.8m³級バケット

れ以外（油圧ジャッキ、支圧板等）は1号ヤードに仮置きした（写真一2参照）。

(3) 施工フロー

施工フローを図一5に示す。第2立坑ケーソンは全10ロットからなり、ロットごとに躯体構築と掘削・圧入を繰り返した。

(4) 掘削設備

第2立坑はケーソン内空幅が狭いことから、その形状に適合したクラムシェル型0.8m³級バケット（写真一3）による水中掘削を行うこととした。また、施工用地が狭小で、掘削土の場内仮置きが困難であることから、掘削土はダンプトラックへの直接積み込みとした（写真一1）。

(5) 圧入設備

圧入は、ケーソンの周囲に配置したグラウンドアンカーを反力として、加圧鋼桁を介した油圧ジャッキに

表一3 圧入力検討結果による仕様及び設備

No.	項目	単位	数量
1	最大圧入力	kN	18,665
2	油圧ジャッキ仕様	kN	3,000
3	同上 台数	台	8
4	アンカー仕様	-	19本よりφ21.8×7本
5	同上 引張強度	kN/本	4,011
6	同上 本数	本	8
7	同上 全長	m	80.0
8	同上 定着長	m	24.0
9	同上 自由長	m	56.0



写真一4 ケーソン圧入設備全景

より行うこととした。圧入設備の能力は、ケーソンの刃先抵抗力、周面摩擦力、躯体重量および躯体浮力から算出される必要圧入力に対応したものである。圧入力検討結果による仕様及び設備を表一3に、圧入設備全景を写真一4に示す。

(6) 圧入補助工

ケーソンの刃口先端深度まで掘削した時点で圧入を行うことを基本とするが、その時点での圧入が困難な場合には、より深い先行掘削を行う。この先行掘削は、ケーソン躯体壁の厚さと同等の深さ（1.2 m）を限度として、ジャッキ圧力の低下やケーソン沈下量の増大がみられるまで継続する。先行掘削が、その限度深さ（1.2 m）に達しても、なお圧入が困難な場合には、高圧水（30 MPa）による補助工法を併用することとした。これは、事前にケーソン躯体壁内に鉛直方向に埋設した6インチ鋼管10本（約4 m 間隔）を通して、刃口テーパー部に設けたジェットグラウト用のロッドから適宜、高圧水を噴出することで行うものである（写真一5）。



写真一5 ケーソン躯体壁6インチ鋼管埋設

(7) 掘削作業サイクル

現場は、大型車両の通行規制の適用対象地区内にいることからダンプトラックなどの大型車両が出入場できない時間帯（朝 7:00～9:00、夕 17:00～19:00）が存在した。また、住居用建物に近接していることから夜間作業も原則として行わないこととした。これらの時間的制約から、掘削作業時間は表一4の通り設定した。掘削土は、場内仮置きが困難なことからダンプトラックへの直接積込みとなっており、ダンプトラッ

表一4 掘削作業サイクル

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
7:00以前にダンプ入替え		1台目掘削開始		ダンプ入れ替え		ダンプ入れ替え		ダンプ入れ替え		ダンプ入れ替え		5台目をいっばいにして作業終了		20:00以降夜間作業規制禁止			
7:00以前早断作業原則禁止		台北市街地大型車規制		2台目掘削開始		3台目掘削開始		4台目掘削開始		5台目掘削開始		台北市街地大型車規制					

クの入替えサイクルが掘削効率に直結していた。

このような時間的制約と狭小な用地条件から目標掘削量は78 m<sup>3</sup>/日（≒ 18 m<sup>3</sup>/台×4.5台/日）となった。

(8) 躯体構築工～掘削・圧入工の計画施工サイクル

1ロットあたりの施工期間は、表一5に示すように29日と設定した。掘削・圧入工は8日を見込んでいた。

表一5 圧入ケーソン計画施工サイクル

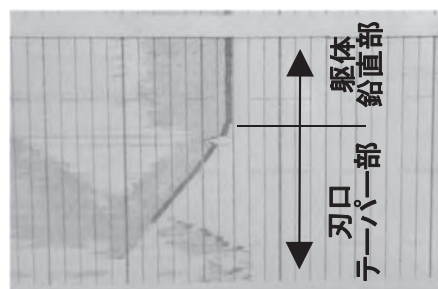
No.	項目	単位	数量	日数
1	足場組立	式	1	2
2	内型枠組立	m <sup>2</sup>	195	1
3	鉄筋組	t	40	6
4	外型枠組立	m <sup>2</sup>	237	2
5	コンクリート打設	m <sup>3</sup>	260	1
6	同養生	式	1	2
7	脱型・防水	式	1	3
8	足場解体	式	1	1
9	圧入設備組立	式	1	2
10	掘削・圧入	m <sup>3</sup>	627	8
11	圧入設備解体	式	1	1
	計	ロット	1	29

(9) ケーソン刃口の洗浄

所定深度へのケーソン沈設後、ケーソン刃口内面の状況を確認し、付着した硬質粘土を必要に応じて高圧水（30 MPa）にて洗浄、除去した（写真一6）。また、ケーソン刃口内面の状況は超音波と水中カメラにより確認した（写真一7、8）。



写真一6 高圧水による刃口洗浄



写真一7 刃口洗浄後超音波観測結果



表一七 ケーソン掘削・圧入工所要日数実績

ロットNo.	深さ (m)	所要日数(日)	備考
第1ロット	6.1	11	作業の立上り
第2ロット	5.6	7	通常の土質 平均：7.1日
第3ロット	5.6	3	
第4ロット	5.6	8	
第5ロット	5.6	8	
第6ロット	5.6	10	
第7ロット	5.6	6	
第8ロット	5.6	8	
第9ロット	5.6	13	硬質粘土
第10ロット	4.9	17	硬質粘土+玉石



写真一十 掘削された硬質粘土



写真一一 掘削された玉石

している。それに対して、第9ロットは13日（第2～8ロット平均の約1.8倍）、最終ロット（第10ロット）は17日（同平均の約2.4倍）の所要日数となっている。この原因は、第9ロットでは硬質粘土層の、また、最終ロット（第10ロット）では硬質粘土層および玉石層（景美層）といった2つの地層の掘削・圧入に時間を要したためである。なお、両ロット共に圧入に補助工法を併用するまでには至らなかった。掘削された硬質粘土を写真一十に、玉石を写真一一に示す。

### (3) 施工精度実績

第2立坑は、品質管理基準値に対し実測値の比較表（表一八）の通り無事故にて完成した。

## 6. おわりに

現在工事は、第1立坑からは1号シールド機が、第3立坑からは3号シールド機および4号シールド機がそれぞれ発進し、シールドトンネルを掘進中である。また、第2立坑～シールドトンネル間の連絡横坑の施工が進行中である。今後は、Y2立坑構築工、1号シールド機と3号シールド機の地中接合工、2号シールド機の分岐発進および到達工、4号シールド機の到達工が順次行われる予定である。台北市における硬質粘土層および玉石層（景美層）への圧入ケーソンの施工事例は、今回紹介した第2立坑の他には、当工事における第1立坑しかなく、これらの地質への圧入ケーソン工法の適用は、まだ手探りの状態といえる。一方、台北ではシールドトンネルの大深度化が今後も続くと考えられ、それに伴って、これらの地質への圧入ケーソン工法の適用は重要度を増すものと考えている。今後も事例を積み重ね、施工の効率化と品質のさらなる向上に尽力したい。

JCMA

#### 【筆者紹介】



石丸 裕 (いしまる ゆたか)  
鹿島建設㈱  
台湾大安電力シールド工事事務所  
所長



巴 紀行 (ともえ のりゆき)  
鹿島建設㈱  
台湾統括営業所  
副所長



大隈 充浩 (おおくま みつひろ)  
鹿島建設㈱  
台湾大安電力シールド工事事務所  
次長

表一八 品質管理基準値／実測値一覧表

管理項目	基準値	実測値
ケーソン沈設後天端高	EL = +3.939 m ± 0.2 m	EL = +3.921 m
ケーソン立込鉛直度	深度 d の 1/300 以下	1/1,867 (= 3/5,600)
ケーソン躯体中心沈設後水平誤差	深度 d の 1.5% (Max = 10 cm)	2.5 cm ≤ 10 cm