

国道25号御堂筋共同溝立坑工事における 上向きシールド工法による立坑築造について

内田 泰彦・井櫻 潤示

大成・五洋特定建設工事共同企業体 御堂筋シールド作業所

(〒556-0016大阪府大阪市浪速区元町1-11-8)

御堂筋(一般国道25号)は、そのイチョウ並木が文化財にもなっている大阪のシンボルストリートであり、その地下には大阪市営地下鉄御堂筋線をはじめ、多くの地下構造物が築造されている。御堂筋共同溝は、この御堂筋の地下に、大阪市水道局の水道管(φ1500)と関西電力㈱の電力ケーブル(154,000V、77,000V)を収容する幹線共同溝である。25号御堂筋共同溝工事は、御堂筋共同溝をシールド工法で築造する工事として高度技術提案Ⅱ型で発注され、途中で計画される8か所の分岐立坑も含めて実施設計まで行うものである。今回は分岐立坑の施工方法として採用された上向きシールド工法の特徴と交通規制に伴う社会損失の試算について報告する。

キーワード 上向きシールド、シャフト用RSFセグメント、FFUセグメント

1. 工事概要

工事名称: 25号御堂筋共同溝工事

施工場所: 大阪市浪速区難波中一丁目地先

～ 大阪市北区曾根崎二丁目地先

御堂筋共同溝は、御堂筋(一般国道25号)の地下に、大阪市水道局の水道管(φ1500)と関西電力㈱の電力ケーブルを収容する幹線共同溝である。

この御堂筋の道路機能としては、全長約4,027m、幅43.6m、中央の走行4車線と両側緑地帯と側道及び歩道で構成されている幹線道路で、国道1号・2号が交差する梅田新道交差点より難波西口交差点までの全車線が南の

一方通行道路となっている。平日の昼12時間の交通量は、28,000～38,000台、歩行者10,000～26,000人となっている。本工事では、シールド到達及び分岐室構築(8箇所)の施工に伴い、御堂筋での路上占用工事が必須であるが、地上の作業を極力少なく、省スペース且つ短時間で終わらせるための分岐室築造の施工方法を提案する必要性が要求されていた。地上から山留等を行い施工する従来工法よりも共同溝内から上向きシールド工法にて施工の方が交通規制や規制期間の抑制が見込まれる。分岐室の構造を考慮し、8箇所のうち7箇所を上向きシールドによるシャフトの構築を提案し採用された。図-1に御堂筋共同溝の縦断線形図及び分岐室位置図を示す。

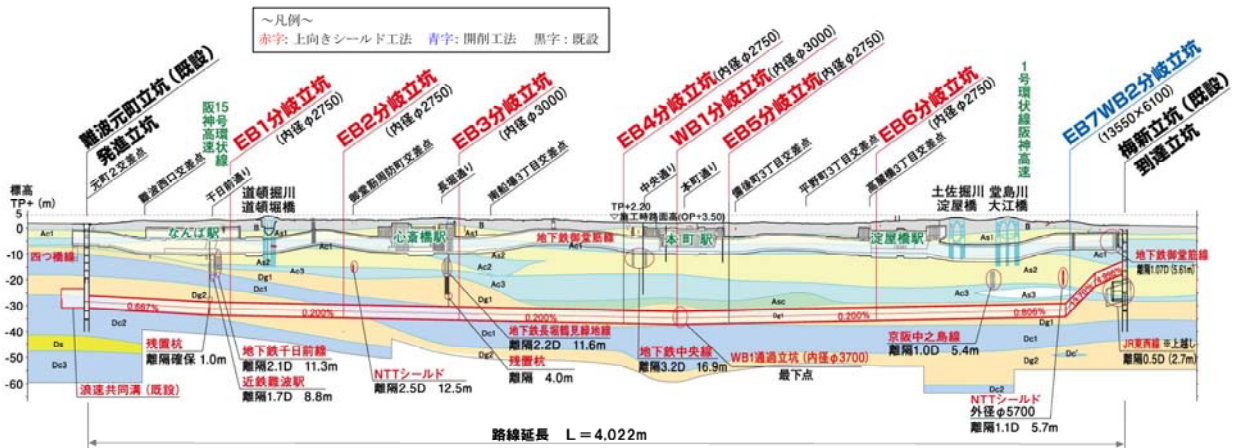


図-1 御堂筋共同溝の縦断線形図及び分岐室位置図

2. 1) 国道25号御堂筋共同溝立坑工事上向きシールド

ド工法の特徴

(1) 上向きシールド工法による効率的な施工

上向きシールド工法を採用することで、掘削土砂の搬出、資機材の供給は発進立坑～坑内にて行えるため、シャフト施工中の分岐室部での地上作業は、シールド機回収作業のみとなり、大幅な地上作業の短縮が可能であることが最大の特徴である。

回収したシールド機は、繰り返し使用することが可能で、また掘削するための機械設備が収容されている前胴部は最小径シャフトの内径に合わせ、その前胴部に鋼殻を組付することで掘削外径を拡張し、それに合わせた後胴部を組付することでシャフト内径に応じたシャフト施工が可能である。図-2に上向きシールド工法の概念図を示す。

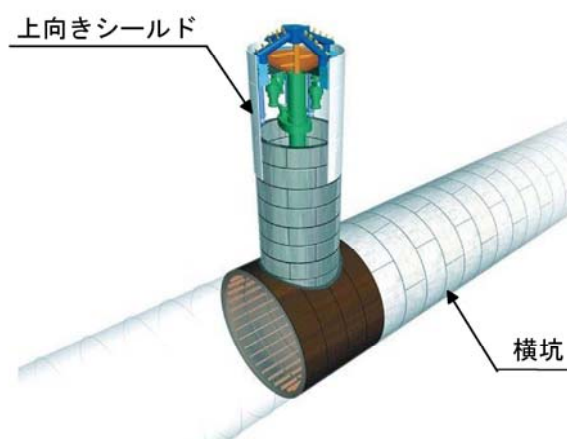


図-2 上向きシールド工法概念図

(2) 直接切削セグメント(FFUセグメント)の採用

通常のシールド発進では、発進防護工、鏡切工といった補助工法が必要であるが、上向きシールド工法では、横坑施工中に予め直接切削可能なセグメントを組立することで鏡切を省略し、安全性の向上を図れる。また、転用可能なエントランスパッキンを設置することで経済性を、特殊エントランスパッキンは経済性に含め発進防護を省略できるとともに、高い止水性を確保できる。

施工における注意点として、横坑のセグメントを組立した時点で上向きシールドの坑口位置が決定するため、この直接切削セグメントを組立する前に、セグメントのローリングの修正をしなければならない。

写真-1に当工事で組立が完了しているシャフト部の写真を添付する。

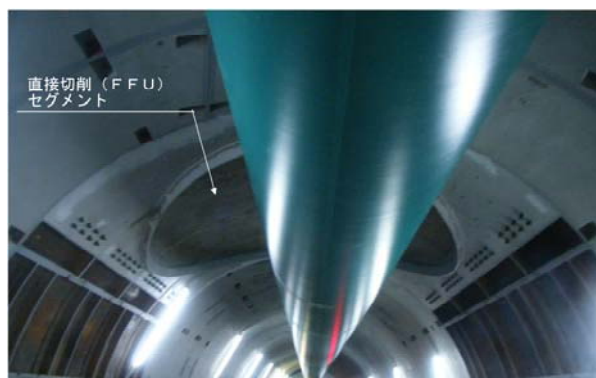


写真-1 直接切削(FFU)セグメント【25号御堂筋共同溝工事】

(3) ピンチバルブによる安定した土圧管理

ピンチバルブは、排土管内部に設置されており、空気圧によりゴムスリーブを加圧するものである。このゴムスリーブにエアを供給し膨らませることによって、排土管内を一時的に閉塞させる構造となっている。

ピンチバルブ圧を設定土圧に保持し、切羽土圧がこのピンチバルブ圧より大きくなった際に緊急圧抜きの解放され、土砂を搬出する。図-3にピンチバルブの模式図を示す。

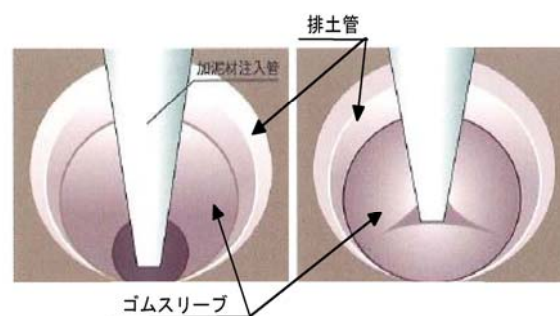


図-3 ピンチバルブ模式図

(4) シャフト用RSFセグメントの採用

当工事では、これまでの上向きシールドで採用していたスチールセグメントではなく、シャフト用RSF(鋼繊維補強鉄筋コンクリート)セグメントを採用し、シャフト部二次覆工のための地上作業工程の短縮を図る。

シャフト用RSFセグメントは、スチールセグメントと違い、6分割で最大320kg/ピースと重量物である。このセグメントは、シャフト内を約30m揚重して安全に切羽まで供給しなければならない。揚重設備は、シャフト施工サイクルに影響を与えないように計画する必要がある。図-4にシャフト用RSFセグメントの組立図を示す。



図-4 シャフト用R/SFセグメント組立図

3. 交通規制に伴う社会損失の試算

(1) 路上占用計画

路上占用は、昼間は緑地帯のみの固定占用とし、夜間に限り側道および中央の走行1車線を占用する計画とした。図-5にEB2立坑部における路上規制図を示す。

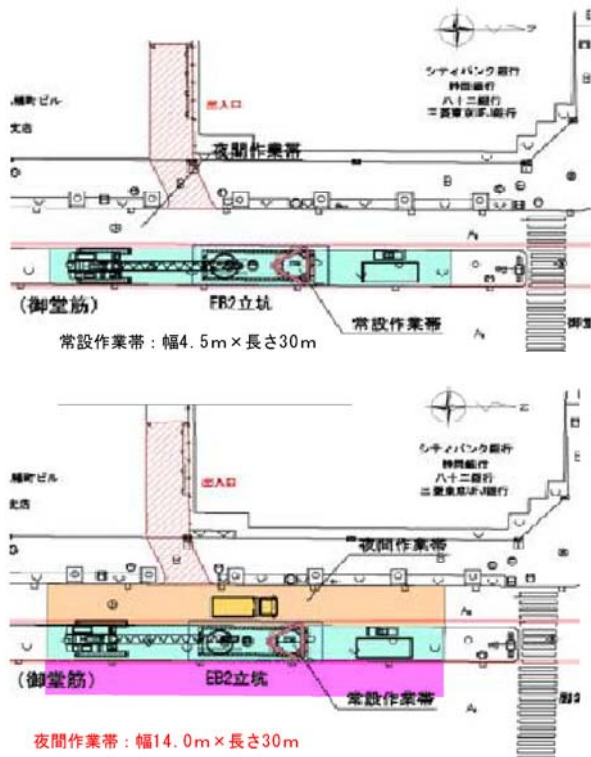


図-5 EB2立坑路上規制図 (上: 昼間、下: 夜間)

(2) 交通規制に伴う社会損失の算出

御堂筋での路上占用作業を考える上で、規制を行わない中央4車線と側道2車線の計6車線と、(1)で仮定した交通規制を行う中央3車線と側道1車線の計4車線での社会

損失を算出した。工事による交通規制により走行車両の速度低下が発生するため、速度低下による損失時間を現場内通過の車種別に算出して集計することにより貨幣価値に換算し、これを社会損失額とした。算出に当たっては、道路に関する国勢調査と呼ばれる²⁾道路交通センサデータをを用いることとし、当工事に当たっては、心齋橋交差点の北側でセンサ区間「1016」を使用した。表-1に区間1016の2005年道路交通センサデータの抜粋を示す。

表-1 2005年道路交通センサデータ (区間 1016)

区間	項目	データ	単位	備考
1016	24時間自動車類交通量	55,615	台/日	推定値
	ピーク時間交通量	3,605	台/時	
	混雑度	0.72	-	
	混雑時旅行速度	16.5	km/h	

区間番号1016						
時間	乗用車 (台)	バス (台)	小型貨物 (台)	大型貨物 (台)	4輪合計 (台)	速度 km/h
7-8	1,474	16	460	222	2,172	29.1
8-9	1,940	15	627	184	2,766	23.9
9-10	2,283	10	738	223	3,254	19.6
10-11	2,488	12	741	217	3,458	17.8
11-12	2,609	10	733	225	3,577	16.7
12-13	2,085	12	540	168	2,805	23.5
13-14	2,280	16	550	199	3,045	21.4
14-15	2,549	11	711	190	3,461	17.8
15-16	2,551	11	824	108	3,494	17.5
16-17	2,696	14	754	141	3,605	16.5
17-18	2,414	15	724	90	3,243	19.7
18-19	2,310	10	371	52	2,743	24.1
19-20	2,166	9	302	77	2,554	25.7
20-21	1,972	16	170	15	2,173	29.1
21-22	2,039	7	105	21	2,172	29.1
22-23	1,540	1	222	21	1,784	32.5
23-24	1,348	0	179	14	1,541	34.6
0-1	1,239	0	61	27	1,327	35.5
1-2	1,132	0	60	27	1,219	35.5
2-3	1,020	0	24	19	1,063	35.5
3-4	865	0	81	43	989	35.5
4-5	596	0	70	73	739	35.5
5-6	555	1	94	142	792	35.5
6-7	1,041	15	336	247	1,639	33.8
合計	43,192	201	9,477	2,745	55,615	

24時間観測: 昼夜率1.53

道路の走行条件は、交通量 (Q) と速度 (V) の関係 (Q-V式) で与えており、今回の検討においては一般的に用いられているQ-Vモデルで設定した。このQ-Vモデルは、交通量 (Q) が変化しないものと仮定し、段階的に変化する交通量により、その道路の走行速度の変化をグラフで表現したものであり、表-2にセンサ区間1016におけるQ-V曲線の算定値、図-3にそのQ-V曲線を示す。

表-2 区間 1016 の Q-V 曲線の算定値

	Q	V	備考
6車線 (規制なし)	min	1,442	35.5
	max	3,605	16.5
	m	5,408	5.0
4車線 (交通規制)	min	961	35.5
	max	2,403	16.5
	m	3,605	5.0

備考: Qmin=Qmax*0.4 V:一般国道DID内のVmax
 Q:ピーク時間交通量 V:実測(混雑時旅行速度)
 Q:1.5×Qmax V:Vm=5km/h
 Qmin=Qmax*0.4 V:一般国道DID内のVmax
 基本交通容量からの推定※1 V:実測(混雑時旅行速度)
 Q:1.5×Qmax V:Vm=5km/h

道路交通センサでは、1方向1車線当りの基本交通量を2,500 (台/時・2車線) としている。御堂筋は1方通行であることから、2倍した値が4車線にした場合の基本交

通量であり、6車線時のピーク時交通量と基本交通量の比から4車線時のピーク時交通量を決定した。

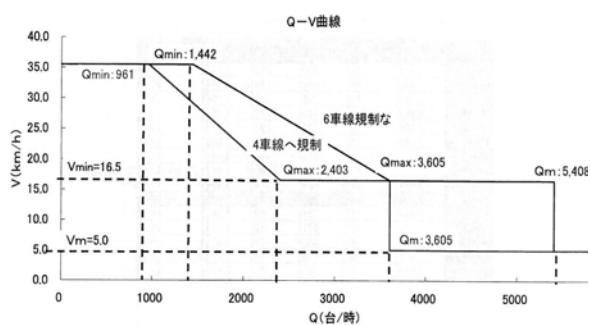


図-6 センサ区間 1016 における Q-V 曲線

道路交通センサでは、1方向1車線当りの基本交通量を2,500(台/時・2車線)としている。御堂筋は1方通行であることから、2倍した値が4車線にした場合の基本交通量であり、6車線時のピーク時交通量と基本交通量の比から4車線時のピーク時交通量を決定した。

このセンサデータを基にして、交通規制の有無に伴う速度低下による損失時間と金額の算定する。各時間当たりの作業場所通過速度を求め、これに車種毎の通過台数と平均乗車率を乗して交通規制区間における速度低下損失時間を決定し、車種別の時間評価原単位を乗して損失金額を決定した。表-3、表-4に集計結果を示す。

表-3 交通規制無(6車線)の損失時間と金額

	時間帯	損失時間 (時間)	損失金額 (円)
昼間	8:00~17:00	247	499,497
	7:00~19:00(終日)	289	582,996
夜間	23:00~6:00	0	690
	19:00~7:00(終日)	21	41,075
終日	24時間	310	624,071

表-4 交通規制無(4車線)の損失時間と金額

	規制時間	損失時間 (時間)	損失金額 (円)
昼間	8:00~17:00	491	990,630
	7:00~19:00(終日)	573	1,156,148
夜間	23:00~6:00	8	14,435
	19:00~7:00(終日)	83	160,032
終日	24時間	656	1,316,179

6車線時の損失と、4車線時の損失の差が交通規制による損失で、5車線の場合はこの半分とした。表-5に5車線時の損失金額差を示す。

表-5 交通規制(6→5車線)による損失時間と金額差

	規制時間	損失時間差 (時間)	損失金額差 (円)
昼間	8:00~17:00	122	245,566
	7:00~19:00(終日)	142	286,576
夜間	23:00~6:00	4	6,872
	19:00~7:00(終日)	31	59,478
終日	24時間	173	346,054

上向きシールドと従来工法(PCウェル)で施工した場合、それぞれの交通規制期間を算定すると、上向きシールドでは1.5ヶ月、従来工法(PCウェル)では5.5ヶ月を見込む。表-6に工法の差による損失時間と金額を示す。

表-6 工法の差による損失時間と金額

施工工法	損失時間		損失金額	
	(時間)	(%)	(円)	(%)
①:上向きシールド	4,586	27	9,160,255	27
②:PCウェル	16,814	100	33,587,601	100
差分(②-①)	12,229	73	24,427,346	73

以上により、上向きシールドで施工することで、従来工法(PCウェル)に比べ『損失時間は73%減(約12,000時間減)』、『社会損失額は73%減(約2,400万円減)』という結果を得た。

(3) 交通規制に伴うCO2排出量の算出

同様の道路交通センサデータを基に、上向きシールド工法で施工した場合に、従来工法(PCウェル)に対して交通規制に伴うCO2排出量がどの程度低減されるかの検討を行った。(2)で求めた作業場所通過速度に対し、車種別のCO2発生量原単位(2000年値)を用いて算出した。表-7、表-8に算出結果を示す。

表-7 交通規制無(6車線)のCO2排出量

	時間帯	CO2排出量 (kg)
昼間	8:00~17:00	2,215
	7:00~19:00(終日)	2,745
夜間	23:00~6:00	400
	19:00~7:00(終日)	981
終日	24時間	3,726

表-8 交通規制有(4車線)のCO2排出量

	規制時間	CO2排出量 (kg)
昼間	8:00~17:00	2,671
	7:00~19:00(終日)	3,292
夜間	23:00~6:00	455
	19:00~7:00(終日)	1,117
終日	24時間	4,408

4車線のCO2排出量と6車線のCO2排出量の差がCO2排出量であり、5車線の場合はこの半分とした。表-9に交通規制(6→5車線)によるCO2排出量を示す。

表-9 交通規制(6→5車線)のCO2排出量

	規制時間	CO2排出量 (kg)
昼間	8:00~17:00	228
	7:00~19:00(終日)	274
夜間	23:00~6:00	28
	19:00~7:00(終日)	68
終日	24時間	341

上向きシールドと従来工法(PCウェル)で施工した場合、それぞれの交通規制期間は前述のとおりで、集計は表-10に示す。

表-10 工法の差によるCO2排出量

施工工法	CO2排出量	
	(t)	(%)
①:上向きシールド	9.032	27.3
②:PCウェル	33.117	100.0
差分(②-①)	24.085	72.7

以上により、上向きシールドで施工することで、従来工法(PCウェル)に比べ『CO2発生量は73%減(約24t減)』という結果を得た。

路上工事の短縮が求められる中で、大幅な工期短縮が可能であり、社会損失やCO2排出量が抑制され、安全性が向上する上向きシールドを当工事で提案することとした。

4.おわりに

上向きシールド工法は、本工事のように路上での工事に制約がある場合に非常に有効な立坑築造工法である。

今後は、大深度化に向けたエントランスの止水性の向上や立坑と横坑との合理的な止水構造等が課題と考えられる。

謝辞：論文作成に当たり当工事関係者には、多大なご指導を賜りました。末筆ながらお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 上向きシールド工法による地中管(新設シールド)からの分岐立坑築造, 電力土木, No. 344, 2008.
- 2) 道路交通センサスデータ(2005年, 区間1016)