

III-393

地表沈下抑制を目的として開発したCRD工法について

日本鉄道建設公団関東支社 正員 高瀬 昭雄
日本鉄道建設公団関東支社 正員 菊地 正

1. はじめに

習志野台トンネルは、交通の輻輳する市道および住宅密集地直下の未固結砂層を土かぶり 5~12m で掘削する典型的な都市トンネルであり、掘削時の地表沈下を極力抑制することが重要な課題である。今回は道路直下における NATM 施工にあたって、従来の中壁工法=CD 工法に工夫を加えた CRD 工法を考案・適用することにより、地表沈下抑制に良好な成果を得たので、その内容を報告する。なお CD 工法とは Center Diaphragm 工法、CRD 工法とは Cross Diaphragm 工法の略である。

2. CRD 工法開発の経緯

掘削は、土かぶり約 10m の空地を CD 工法にて 30m 掘削後、CRD 工法にてさらに 30m 掘削してその効果を確認した。図-1, 2 に、実際に適用した両工法の支保を示す。図中の切羽のナンバーは、掘削順序を表している。

掘削に先だち、今後の家屋の近接した道路下掘削時を考慮した地表変形に対する管理目標値は、家屋位置での沈下勾配を $2/1000\text{rad}$ 以下、トンネルセンター直上での沈下量を 30mm と設定したのに対し、CD 工法施工区間では沈下勾配が $6.0/1000$ 、沈下量が 80mm 近くに達した。この結果、習志野台トンネルの施工環境下にあつては、CD 工法の特長を活かすとともに、以下の点を改善することが必要と判断され、その結果考案されたのが CRD 工法である。

CD 工法の改善すべき点

- ① 先進坑は縦長の形状のため、側圧の影響を受けやすい。
- ② 先進坑の下半掘削時に、上半部分の沈下に対する断面内の支えを失う。
- ③ 先進坑の上段切羽と後進坑の上段切羽の離れが大きいため（今回は 30m）、先進坑掘削によって応力再配分された地山を再度乱すことになる。

これに対して、CRD 工法では以下の改善をはかった。

- (i) ①に対して）上段と中段にストラットを入れて、各加背ごとに閉合する。
- (ii) ②, ③に対して）施工手順として先進坑の中段掘削後は後進坑の上段を掘削することにより、両坑の切羽の離れを 5m と縮小する。これにより中段盤から上部を一次閉合できるため、側圧に対して強い構造系を得ることができる。

この結果、CRD 工法施工区間では地表沈下勾配は最大で $2.3/1000$ 、沈下量も 26~30mm とほぼ目標に近い変形で施工された。

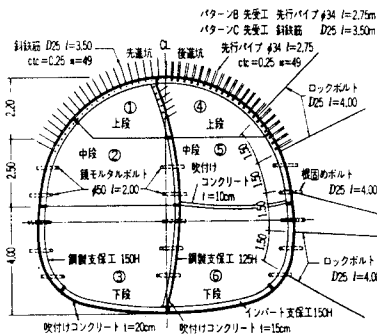


図-1 CD区間支保

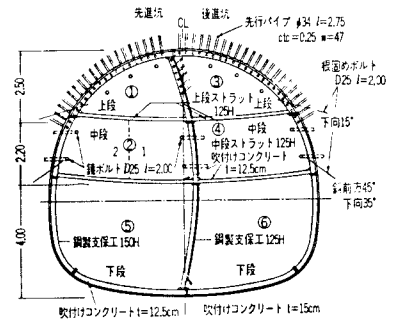


図-2 CRD区間支保

3. CRD工法による沈下抑制効果の検証

CRD工法による地表沈下抑制効果について、ほぼ同一条件下におけるCD工法施工時の地表沈下量との比較より報告する。

図-3は、両工法施工時のトンネルセンター直上での各切羽到達時の地表沈下量を表している。最終沈下量はCD工法区間では60～80mm程度に達しているのに対して、CRD工法区間ではほぼ30mm以内と、CD工法区間の1/2～1/3程度に減少していることが明白にわかる。また各掘削段階における沈下量の増加はCD工法区間ではばらつき・絶対値とも大きく、特に中段および下半切羽到達後に大きな沈下量が現れているのに対して、CRD工法区間ではその増加は各掘削段階で平均化されている。

図-4, 5は、横断方向の沈下曲線および測点間の沈下量の差により求めた沈下勾配を示している。沈下はともに、トンネルセンターより左右に15～20m間で発生している。また最大沈下量の発生位置は、ともに先進坑側に現れているが、特にCD工法では、その傾向が顕著である。沈下曲線の最大勾配は、CD工法では後進坑側3～6m間で 6.0×10^{-3} であるのに対して、CRD工法では後進坑側3～6m間で 2.3×10^{-3} となだらかな曲線になっており、目標値にほぼ近い値となっている。

以上、両工法区間の地山の物性値については顕著な差はないことから、CRD工法考案にあたって工夫した対策が着実に沈下抑制に効果をもたらしたものと想定される。

CD工法各断面到達時の地表面沈下量

測定位置	9k170m	9k175m	9k180m	9k185m	9k190m
土かぶり (m)	10.3	10.5	10.4	10.3	10.5
①	1	1	5	6	5
	0	3	4	5	4
②	1	4	9	11	9
	12	22	20	18	16
③	13	26	29	29	25
	11	9	26	17	19
④	24	35	55	46	44
	1	0	3	2	5
⑤	25	35	58	48	49
	23	25	11	17	9
⑥	48	60	69	65	58
	13	17	15	12	6
最終	61	77	84	77	64

CRD工法各断面到達時の地表面沈下量

測定位置	9k200m	9k205m	9k210m	9k215m	9k219m
土かぶり (m)	10.2	10.0	9.8	9.8	10.2
①	4	4	2	4	8
	1	4	6	4	2
②	5	8	8	8	10
	3	4	3	4	6
③	8	12	11	12	16
	6	5	5	4	3
④	14	17	16	16	19
	2	3	2	4	5
⑤	16	20	18	20	24
	4	5	7	5	2
⑥	20	25	25	25	26
	5	8	5	1	4
最終	25	33	30	26	30

図-3 各断面到達時の地表面沈下量

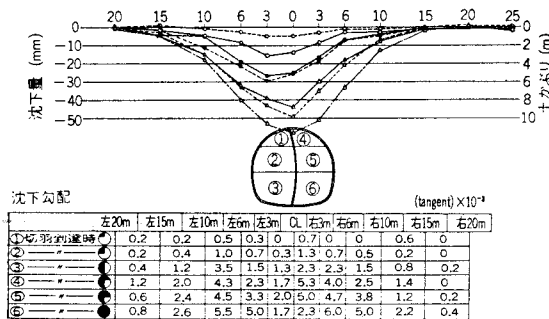


図-4 9k190m地点横断方向地表沈下図(CD工法)

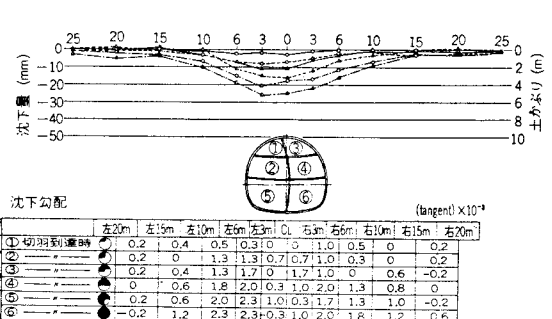


図-5 9k210m地点横断方向地表沈下図(CRD工法)

4. おわりに

習志野台トンネルは、従来の常識からすれば当然、開削・シールド工法といったジャンルに分類される極めて代表的な都市トンネルであるが、今日の山岳トンネル掘削技術は、これをも経済性に優れたNATMで施工する領域に取り組んでいる。今回は都市トンネルの重要課題である地表沈下抑制について、これまでに実績のあるCD工法に施工データ面から工夫を加えたCRD工法を開発・適用することにより極めて良好な結果が得られたことを報告させていただいた。