

(VI-12) 市街地道路下におけるNATM施工について

日本鉄道建設公団 関東支社 正会員 前田昌康
正会員 菅野勝広

1、はじめに

東葉高速線は、営団地下鉄東西線の延伸として計画され、西船橋駅を起点とし、京成電鉄勝田台駅に至る延長16kmの鉄道新線である。このうち習志野台トンネルは、西船橋起点7km500m付近より9km860mまでの延長2360mの市街地道路直下を掘削する都市トンネルで、その大部分の区間をNATMにより施工するものである。今回の報告は習志野台トンネルの施工にあたり、地上の道路、建物等への影響を極力抑制するために開発したNATM-CRD工法について報告する。

2、習志野台トンネルの地形・地質概要

地形は、標高25m前後の緩やかな起伏面をなす洪積台地で、この台地を構成する地質は、上部より表土（盛土層）、関東ローム層、下末吉粘土層及び成田層と重なりいずれも第4紀洪積世に堆積したものであり、また、自然地下水位は、地表面下8～14mに分布している。トンネル土被りが5～12mであることから地下水位は、トンネル肩部からクラウン部に位置する。

3、NATM施工について

習志野台トンネルにおけるNATM適用についての主要要素は、地下水対策、掘削対象である成田層の掘削性（切羽自立性）及び薄い土被り下での地表面沈下の見極めが挙げられる。

①地下水対策……地下水位低下工法（ディープウェル）、圧気排水及び止水工法としての薬液注入が考えられるが、現地試験結果より地下水位低下工法（ディープウェル）を採用した。

②切羽の自立性……成田層の砂は流砂が懸念されるが、水対策・含水位比対策を実施することで可能である。

③切羽の沈下対策……土砂山でのNATM施工実績から、50～60mmの沈下が見込まれる。補助工法による効果として20mm程度の沈下抑制効果が見込まれる。

4、CRD工法の開発と設計・施工法

本トンネルの直上部5～10mの所は、幅10mの道路に隣接して木造の家屋が整然と立ち並んだ住居地域である。これら建物へ影響がないと考えられる許容値は、建築学会の基準から沈下

勾配 $=2 \times 10^{-3}$ RAD

と設定されていることから、トンネル直上における沈下は30mm程度に抑える必要がある。そこで、本トンネルでは本線の一部の山林下（土被り10m）を利用し試験工区を設け、支

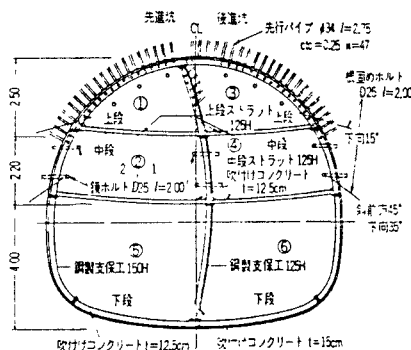


図-1 CRD区間支保

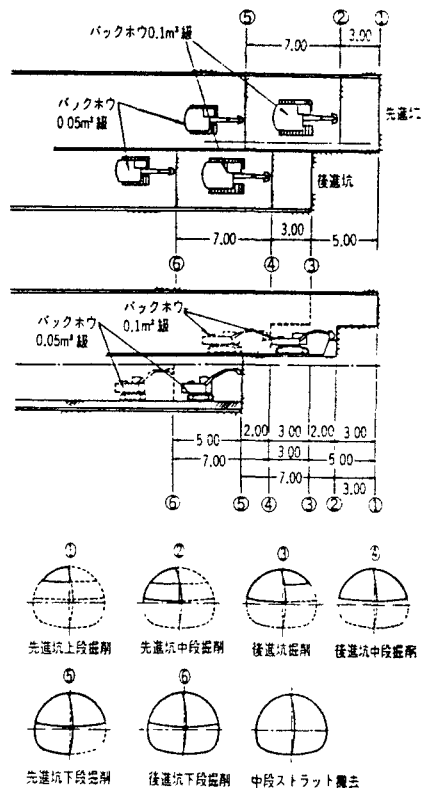


図-2 CRD区間掘削標準図

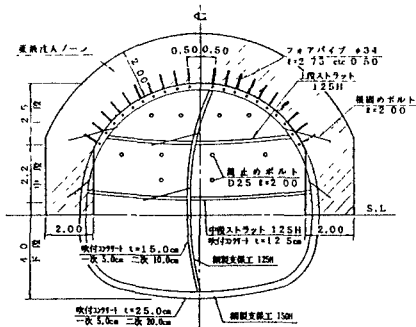
保沈下特性及び施工性について検討した。最初に地表面沈下実績のあるCD工法で30m間施工したが、地表面沈下は60～80mmに及び、沈下勾配も 6×10^{-3} RADに及んだ。CD工法での施工データの分析結果、N値20程度の地山の地耐力不足に対する対策、及び施工途上における縦長の先進坑の側圧に対する対策改善が必要と考えられた。これを盛り込んだ新工法—CRD (Cross Diaphragm) 工法にてさらに30m施工した結果、目標の地表面沈下量30mm、沈下勾配 2×10^{-3} RADを満足する結果を得たものである。CRD工法の施工手順は図－1，2によるが、特長として ①上段中段にストラットを入れ、各加背ごとに閉合する施工法をとった。②施工手順として先進坑の中段掘削後は後進坑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時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。

次に中壁てっ去であるが、本トンネルは地下水位対策等から、完全防水型トンネルとし又、覆工も鉄筋コンクリートの施工が計画された、このため中壁てっ去方法、時期等の詳細な検討をするため、支保工の軸力測定を実施し、中段ストラットの影響、中壁吹付コンクリートてっ去の影響、中壁支保工切断の影響を検討した結果、中壁軸力は、先進坑及び後進坑の掘削時には、有効に働いているが、トンネル全断面閉合時には、中壁の支保機能は重要でないものと推察された。このことから全断面閉合後、早期にインバートを先行打設し、トンネルの安定性を向上させた後に、中壁をてっ去することとした。

5、道路下CRD工法の本格的施工

試験工区においてCRD工法の設計・施工方法が確立されて、道路下部の設計は、試験工区CRDを基本としているが、地表面沈下は、建物への影響がないと考えられる、許容限界一杯の30mm程度であったこと又、中壁支保工の軸力負担が、掘削途上の一時的段階とはいえず、外周部支保工と同一レベルであったことから、トンネル施工による地表へのトラブル防止を絶対条件とするため、さらに安全性をたかめることとした具体的に講じた対策は、①トンネルアーチ部分外周にカバーリングとして2mの薬液注入を施工する。②外周支保の剛性を高めるため吹付厚を20cmから25cmとする。なお注入薬材は水ガラス系で、瞬結タイプと緩結タイプを併用する二重管複合注入とし、ステップアップ注入とした。(図－3参照)

これにより、62年12月より施工を開始したが、現在まで約300m進捗しているが、直上の地表面沈下は20mm前後で収束し、建物位置における沈下勾配も 2.0×10^{-3} RAD以下に収まっている。



図－3 道路下支保

測定位置	9k120m	9k110m	9k100m	9k090m	9k080m	9k070m
土被り(m)	10.1	9.8	9.8	9.8	9.9	9.9
① : 土	3	1	-1	3	5	2
② : 土	0	0	0	0	2	2
③ : 土	12	13	13	9	9	3
④ : 土	15	14	12	12	16	7
⑤ : 土	16	18	10	12	16	8
⑥ : 土	16	17	17	18	17	12
⑦ : 土	3	2	2	0	2	2
⑧ : 土	19	19	19	18	19	14
最終	20	20	19	19	20	22

図－4 各断面到達時の地表面沈下量

6 おわりに

習志野台トンネルは従来の常識からすれば、当然開さく、シールド工法といったジャンルに分類される代表的な、都市トンネルであるが、今日、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面沈下抑制について、これまでに実績のあるCD工法を改良して開発したCRD工法を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。