

3次元数値解析による中央中壁工法の効果に関する研究

(株) カテックス 正○奥村正樹
(株) K F C 正 岡部 正
山口大学工学部 正 中川浩二

1. はじめに

近年、都市部における軟弱地山の大断面トンネルにおいて、その合理性から山岳トンネル標準工法が広く用いられるようになってきている。そこで課題となる切羽の自立、地山応力の解放抑制を可能にする掘削工法としてCD（中壁）工法が有効であることが知られているが¹⁾、その効果が3次元的であることから、十分に明らかにされているとはいえない。本研究では数値解析によってその効果のメカニズムを検討することを目的とする。なお数値解析には3次元解析コードであるFLAC3D²⁾を用いた。

2. 対象とするトンネル地山のモデル化

地山の物性は日本道路公団によって分類されている地山等級のDⅡ地山の物性値を参考にして $E=1500\text{kgf/cm}^2$ 、 $\gamma=2.1\text{g/cm}^3$ 、 $\nu=0.35$ 、 $c=0.08\text{kgf/cm}^2$ 、 $\phi=30^\circ$ として軟質な砂層地山を想定した。トンネル断面は第二東名高速道路の静岡第二トンネルを対象としてモデル化を行い（上半掘削幅 $D=14\text{m}$ ）、土被りは1D程度となる16mに設定した（図-2参照）。初期応力状態は重力解析を実施し、設定するものとした。なお解析は弾性解析と弾完全塑性解析を行い、弾完全塑性解析ではMohr-Coulombの破壊基準に基づくものとした。

3. CD工法のモデル化

CD（Center Diaphragm）工法は図-1に示すように切羽断面を先進坑、後進坑であるD部、C部に分割して掘削を行い、先進側掘削時に中壁を建て込み、後進側の掘削後に中壁を撤去するものである。ここでアーチ部における吹付けコンクリートと鋼製支保工は、組み合わせ部材としてモデル化した。各部材の物性値は、第二東名高速道路の静岡第二トンネルにおける事前検討資料に従うものとする（表-1参照）。中壁は厳密なモデル化が困難であるため直壁として、解析の簡素化を図り、先進距離および中壁撤去の距離はともに10mとし、10mごとの逐次掘削解析を行った。なお比較対象となる上半について掘削断面の分割を行わない全断面掘削のモデル化も同時に行った。アーチ部における吹付けコンクリート、鋼製支保工の物性値はCD工法と同様なものとし、10mごとの逐次掘削解析を行った。なお各支保部材の配置を図-3に示す。

4. 解析結果

4-1 弾性解析による解析的検討

図-4に両工法における変位ベクトル図を示す。これを見るとトンネル底盤部が盛り上がり挙動を示し、最大変位となっている。切羽面については微少な変位しか見られず、挙動に顕著な差は見られない。このことから弾性的に評価する限りにおいては、本工法の切羽変位抑制効果は見られない。

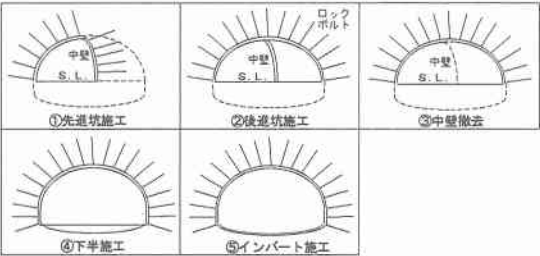


図-1 CD工法施工順序図

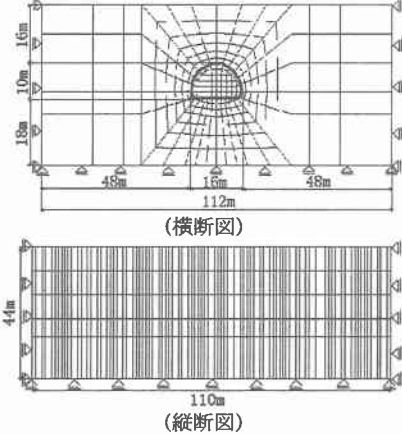


図-2 解析領域図

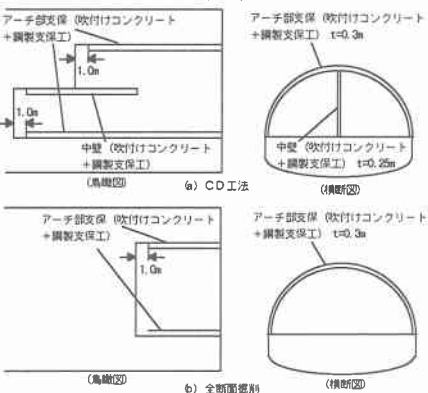


図-3 支保の部材配置図

表-2 支保部材の物性値

	構造要素	単位体積重量 $\gamma(\text{tf/m}^3)$	弾性係数 $E(\text{tf/m}^2)$	ポアソン比 ν	厚さ $t(\text{cm})$
アーチ部支保	shell	2.35	9.4×10^5	0.2	30
中壁	shell	2.35	8.4×10^5	0.2	25

図-7 (a), (b)にトンネル天端位置および天端真上の地表点の沈下量を示す。掘削0m地点から縦断方向に30m離れた地点を検討地点とする。図より、弾性解析では全断面掘削に比べて、CD工法における最終変位量はともに若干大きなものとなっているが、掘削距離が長いことを考慮に入ると、最終変位量に顕著な差は見られないといえる。またCD工法においては中壁の撤去後に天端が落ち込む傾向が見られる。

4-2 弾完全塑性解析による解析的検討

図-5に両工法における塑性領域図を示す。全断面掘削では切羽奥の上部にせん断破壊が生じている。これより切羽に不安定な変位挙動が予想されるが、CD工法では塑性領域が抑制されており、切羽の自立保持効果が期待されると考えられる。しかし後進坑側地山では先進坑側地山ほどの抑制効果が見られない。これは先進坑側地山の掘削時の変位を保持したまま閉合された影響であると思われる。

図-6に両工法における変位ベクトル図を示す。図を見ると、切羽に最大変位を示す。全断面掘削では最大変位量が5cm程度であるのに対し、CD工法では先進坑側で2cm程度、後進坑側では3cm程度に抑制されている。これはCD工法では掘削幅が小さいことから、全断面掘削に比べて有利な条件で掘削できることにあると考えられる。

図-8 (a), (b)にトンネル天端位置および天端真上の地表点の沈下量を示す。掘削0m地点から縦断方向に30m離れた地点を検討地点とする。図より全断面掘削に比べてCD工法における最終変位量は掘削距離が長いにもかかわらず小さなものとなっている。また弾完全塑性解析でもCD工法において、中壁の撤去後に天端が落ち込む傾向が見られるが、中壁撤去後は全断面掘削と同じ断面形となるためであると考えられる。地表点の沈下量についてはCD工法を採用したことによる顕著な差は見られなかったが、掘削距離が長いことを考えると多少の有利性が見られる。

5. おわりに

以下に本解析において比較した結果について述べる。

- ・全断面掘削と比べて、CD工法による顕著な変位抑制効果を見ることができない。
- ・弾性解析の限りでは、切羽の自立保持効果の評価には不十分である。
- ・弾完全塑性解析において、CD工法は全断面掘削に比べて掘削幅が小さいことに起因して、切羽の自立保持効果が見られる。またこれより地山の応力解放部分となる天端付近の変位抑制にも効果がある。

参考文献

- 1) 野宮正好, 田川秀一: 住宅地直下を大断面CDで掘る〜京都地下鉄東西線 東山トンネル〜トンネルと地下 pp. 7~13 1995. 6
- 2) FLAC3D ver2.0 マニュアル vol. I~IV, ITASCA, 1997

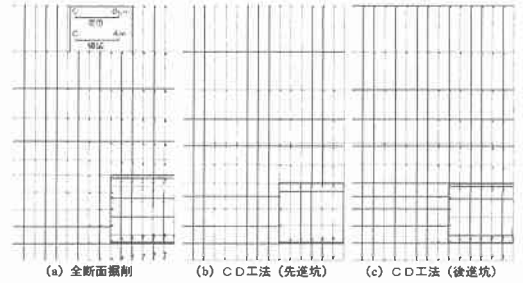


図-4 変位ベクトル図 (弾性解析)

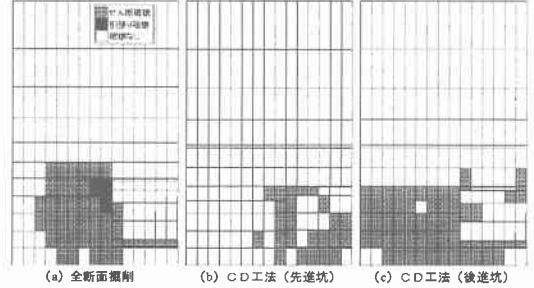


図-5 塑性領域図 (弾完全塑性解析)

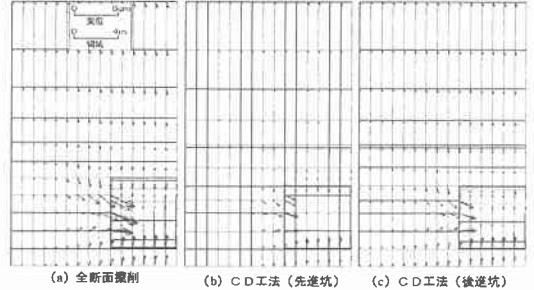


図-6 変位ベクトル図 (弾完全塑性解析)

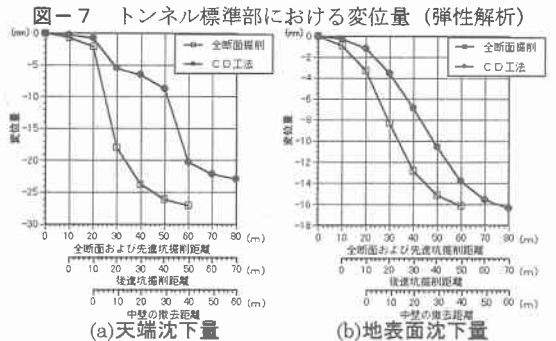
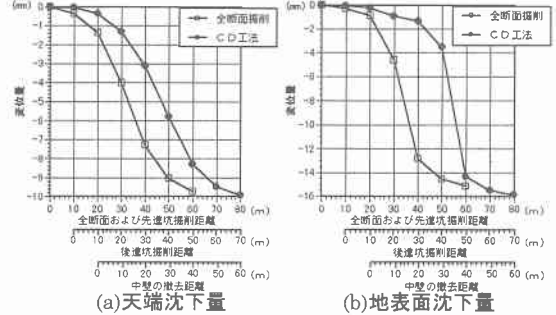


図-8 トンネル標準部における変位量 (弾完全塑性解析)