

## 巻厚不足対策における内巻補強工の設計

(株) 中日本高速道路 正会員 田尻丈晴 松村健人  
 (株) 熊谷組 正会員 垣見 広 森 康雄 今井裕之  
 パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 ○前田洸樹 重田佳幸

### 1. はじめに

中央自動車道辰野トンネル下り線（以下、辰野トンネルと呼ぶ。）において、有効巻厚が設計巻厚に満たないスパンが確認され、覆工耐力が低下していると考えられることから、覆工の有効断面を増加させることにより、トンネルの機能を回復させる必要があった。

表-1 有効巻厚の不足又は減少に対する判定例（矢板工法）<sup>1)</sup>

場所	主な原因	有効巻厚／設計巻厚			判定区分
		1/2 未満	1/2～2/3	2/3 以上	
アーチ側壁	経年劣化 凍害 アルカリ骨材反応 施工の不適切等			○	A2
			○		A1
		○			AA

そこで、本報告では、巻厚不足対策として内巻補強工を採用し、骨組み構造解析により対策効果を確認した結果を報告する。

### 2. 巻厚不足について

NEXCO では、巻厚不足の判定について表-1 のように判定区分<sup>1)</sup>が定められており、（有効巻厚／設計巻厚）が 2/3 未満である場合、判定区分 AA あるいは A1 と判定され、将来的に対策が必要とされる。本設計では、スパン毎の平均有効巻厚と最小有効巻厚の関係から、補強対策工の選定を行った。

辰野トンネルの諸元およびスパン A の設計巻厚、有効巻厚を表-2 に示す。スパン A は平均有効巻厚 32.4cm、最小有効巻厚 18.0cm であり、いずれも、設計巻厚の 2/3 未満となることから、巻厚不足量かつ範囲が比較的大きく、覆工耐力が低下していると考え内巻補強工を採用した。

表-2 辰野トンネル諸元とスパン A の有効巻厚

施工方法		矢板工法
延長, 供用年		262m, 1988 年
スパン A	設計巻厚	60cm
	平均有効巻厚	32.4cm
	最小有効巻厚	18cm

### 3. 設計方針

本設計では、内巻補強工として支保工+埋設型枠・モルタル充填工法を採用して、骨組み構造解析により対策工の補強効果を確認した。設計フローを図-1 に示す。本設計において、内巻補強工に期待する効果は、巻厚不足箇所の覆工耐力が設計巻厚相当の覆工耐力以上となることである。各 STEP について以下のように解析を実施する。

STEP1：スパン A の天端部に発生する縦断方向クラックを巻厚不足モデルで再現する荷重を求める。

STEP2：設計巻厚覆工に対して、STEP1 の荷重を増加させていき引張あるいは圧縮破壊するときの荷重を目標耐力とする。

STEP3：内巻補強工モデルに対して、STEP1 の荷重を増加させていき、覆工あるいは内巻補強工が引張もしくは圧縮破壊するときの荷重（対策後耐力）が目標耐力を上回るか確認する。

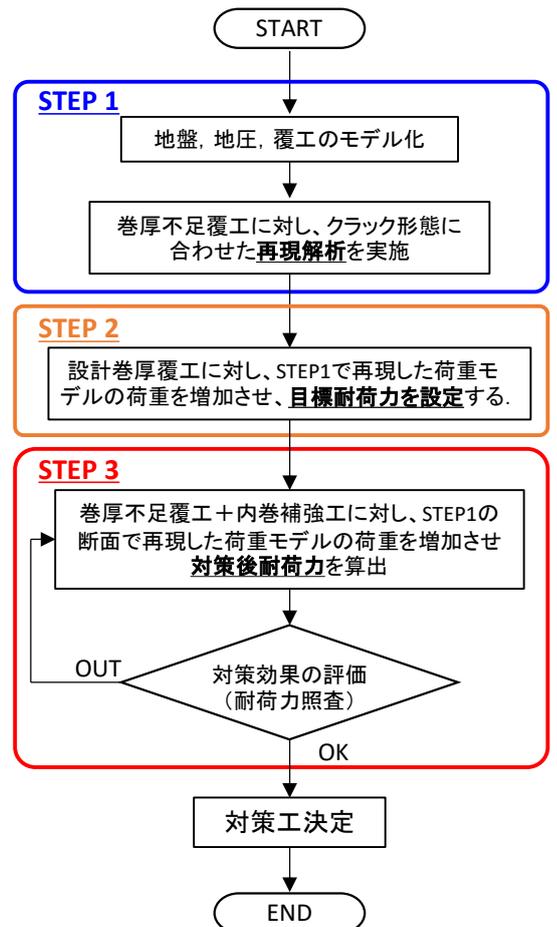


図-1 設計フロー

キーワード：トンネル補強 巻厚不足 内巻補強工 骨組み構造解析

連絡先：〒101-8462 東京都千代田区神田錦町 3-22 TEL 03-6777-4763 FAX 03-3296-0516

4. 骨組み構造解析

4-1 解析条件

表-3 に解析 STEP におけるモデル図を示す。巻厚不足モデルは天端で最小巻厚となるように設定し、内巻補強工モデルは、巻厚不足モデルに内巻補強工を対策したモデルである。

また、図-2 のように荷重は緩み荷重を再現し、側圧係数は 0.5 とした。地盤ばね（引張無視）は構造全体に与え、固定条件は鉛直・水平固定とし、水平打継ぎ目は剛結とした。

内巻補強体の部材構成は、図-3 に示すように、支保工（SS400, 100H）+ダクタル板（ $t=30\text{mm}$ ）+裏込め充填（無収縮モルタル））である。本解析では、覆工と内巻補強工を重ね梁としてモデルとした。このとき、既存覆工と内巻補強工間は圧縮のみ伝達し、せん断方向は考慮しない。また、内巻補強工は支保工+ダクタル板+無収縮モルタルの等価合成断面とし、支保工ピッチは 1.06m とした。解析物性値を表-4 に示す。

4-2 解析結果

表-5 に解析結果を示す。解析の結果、内巻補強工モデルの対策後耐荷力は  $170\text{kN/m}^2$  となり、設計巻厚モデルの目標耐荷力  $150\text{kN/m}^2$  に対して上回る結果を得た。このとき、内巻補強工モデルの支保工、ダクタル板、無収縮モルタルの発生応力はいずれも設計強度以下の値となった。以上より、巻厚不足断面に対し内巻補強工を対策することで、設計巻厚覆工以上の耐荷力を得ることができ、対策効果が得られていることを確認できた。

5. まとめ

本報告では、辰野トンネルの巻厚不足に対する補強対策として、内巻補強工の対策効果を骨組み構造解析によって評価したものである。今後、高速道路リニューアルプロジェクト等における補修・補強設計に本手法を活かしていきたい。

【参考文献】

- 1) 東日本高速道路（株），中日本高速道路（株），西日本高速道路（株）：保全点検要領構造物編，2017.4

表-3 解析モデル（単位：mm）

解析ケース	ケース 1	ケース 2	ケース 3
解析モデル	巻厚不足モデル	設計巻厚モデル	内巻補強工モデル
断面図			
天端部			

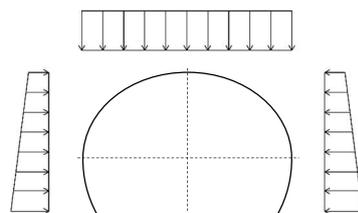


図-2 荷重モデル図

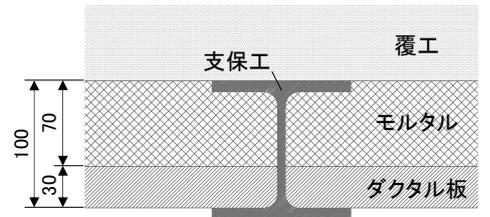


図-3 内巻補強工断面概略図

表-4 解析物性値

構造部材	仕様 (mm)	設計強度 (MN/m <sup>2</sup> )	変形係数 (MN/m <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	
地山 (D 級)			100	20.0	
覆工	180~600	18	22,000	23.0	
内巻補強工	無収縮モルタル	70	50	18,200	21.0
	ダクタル板	30	160	50,000	25.0
	支保工(SS400)	100	235	200,000	77.0

表-5 解析結果

解析ケース	ケース 2	ケース 3
解析モデル	設計巻厚モデル	内巻補強工モデル
引張破壊時緩み高さ	h = 7.5 m	h = 8.5 m
覆工耐荷力	150 kN/m <sup>2</sup> (目標耐荷力)	170 kN/m <sup>2</sup> (対策後耐荷力)
覆工引張強度 (1.58N/mm <sup>2</sup> ) 超過時の応力状態		