

電力中央研究所 正会員 ○ 遠藤 達巳
 東京電力株式会社 正会員 西脇 芳文
 東京電力株式会社 正会員 山崎 剛

1. はじめに

NATMによるトンネルの建設において、従来、吹付けコンクリートは仮設構造物として取扱われているが、コストダウンの観点からこれを本体構造として組み込み、巻立コンクリートとの合成構造として設計することが考えられている。その際、吹付けコンクリートと巻立コンクリートとの合成構造に関する特性に関して確認しなければならない。本報告はこの一体性を検証するためFEM解析によって覆工コンクリートの耐力に関する数値シミュレーションを行った結果の概要について述べるものである。

2. 解析概要

解析については、Smeared Crack Model を用いたFEM解析により実施した。解析に使用した要素はコンクリート要素、鉄筋要素、および吹付けコンクリートと巻立コンクリート間の接合要素である。

解析モデルの形状・寸法および要素分割図は図-1に示すとおりである。吹付けコンクリート厚が7cm、および巻立コンクリート厚が20cmの断面である。コンクリートの物性は、Kupferの実験式を基にした構成則ならびに2軸応力破壊規準による特性とした。圧縮強度は吹付けコンクリートで222kgf/cm²、巻立コンクリートで182kgf/cm²とした。鉄筋の変形特性はバイリニアとし、降伏強度は3900kgf/cm²とした。

解析ケースは表-1に示す3種類とした。吹付けコンクリートと巻立コンクリート間のせん断破壊特性は、一面せん断実験結果を参考にして表-1に示すようにクーロン則で定めた。ケース1の場合は接合面を無処理にした実験結果を基に定めており、ケース2は接合面をビニールシートにより絶縁した実験結果によっている。また、ケース3においては、天端部の吹付けコンクリートと巻立コンクリート間に生ずる可能性のある空洞を模擬して、中心の左右30cmのコンクリート要素を欠損させた。

解析における荷重は、鉛直土被り圧、側方土圧および水圧で構成される。設計荷重を10stepに分割し、荷重増分法により加えた。

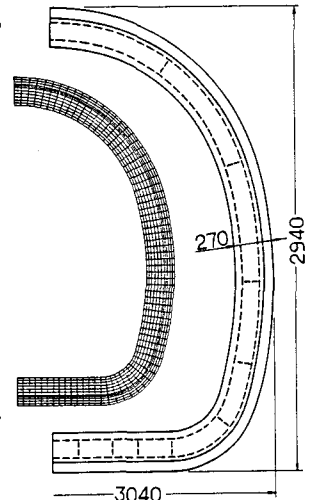


図-1 実機トンネルの形状及び要素分割図

表-1 解析ケース一覧

	打継部せん断破壊規準	天端の空洞の有無
CASE-1 (NORMAL)	大 ($\tau > 30.9 + 1.2 \times \sigma$)	無
CASE-2 (打継部強度小)	小 ($\tau > 3.6 + 0.44 \times \sigma$)	無
CASE-3 (空洞有)	大 ($\tau > 30.9 + 1.2 \times \sigma$)	有

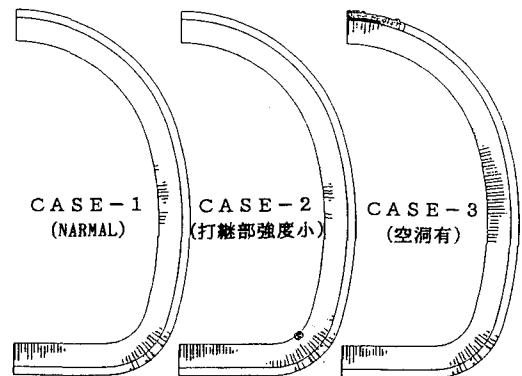


図-2 ひびわれ性状の解析結果

3. 解析結果

1) ひびわれ性状

設計荷重の2.4倍に相当する荷重時のひびわれ性状は図-2に示すとおりである。ケース1とケース2を比べた場合、側壁部およびインパート部のひびわれ性状はほとんど相違ないが、隅角部のひびわれ範囲は打継部せん断強度の小さいケース2の方が広く巻立コンクリートに多数ひびわれが発生しており、重ね梁の挙動を示している。ただし、ひびわれの進展深さはほとんど同じである。これらに対し、空洞の存在を模擬したケース3では天端部にひびわれが発生しており、さらに、側壁部のひびわれ進展が大きくひびわれ範囲も広い結果となった。

2) 終局耐力と破壊モード

いづれのケースにおいても隅角部のひびわれが最も大きく、その部分のコンクリート圧縮破壊で終局状態に達している。

また、終局耐力は、ケース1で設計荷重の2.7倍、ケース2で2.4倍、およびケース3で2.0倍であった。

3) 変形状

水平方向変位および天端とインパート部の鉛直方向相対変位は、それぞれ図-3、図-4に示すとおりである。水平方向変位はケース1とケース2でほとんど差がなく、同等の変形状を示しているが、ケース2の鉛直変位はケース1に比べ大きく、ひびわれ性状が同等であることを考えあわせれば、吹付けコンクリートと巻立コンクリートとのすべりに起因すると考えられる。また、ケース3はケース1、2に比べ鉛直変位は小さいものの、逆に水平方向変位は大きくなっている。これは、空洞の存在により側壁部の剛性低下が著しいためである。

4) 吹付けコンクリートと巻立コンクリートのすべり破壊性状

ケース2におけるすべり破壊が生じたステップは図-5に示すとおりである。すべり破壊が生じているのは、トンネルの下半部である。隅角部付近で設計荷重の約80%ですべり破壊が生じており、徐々にその範囲が広がっていくものの、全域がすべり破壊となるのは設計荷重の2倍程度になってからである。

4. まとめ

本検討により、吹付けコンクリートと巻立コンクリートは一体構造と評価できコストダウンを図れることが解析的に確認できた。

今後は、耐力に関する実験的な検討を進めたいと考えている。

(参考文献)土屋、西脇：都市NATM工法の設計と施工、電力土木、No.196, pp.21~22, 1985年5月

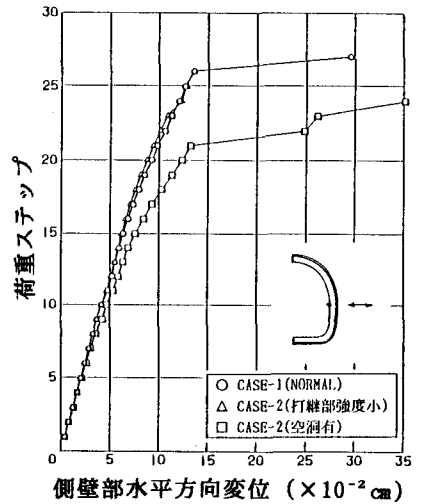


図-3 側壁の水平方向変位の荷重歴

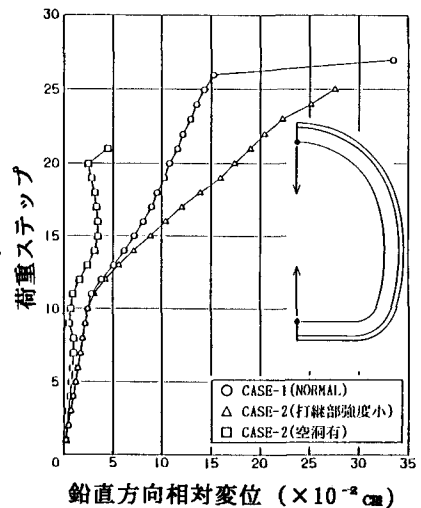


図-4 天端とインパート部の鉛直方向相対変位の荷重歴

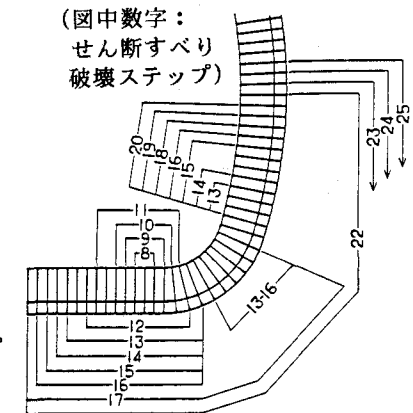


図-5 接合面のせん断すべり破壊ステップ