

III-400

地中送電用トンネル分岐部の設計について

東京電力（株） 正会員 西脇 芳文
 東京電力（株） 正会員 山崎 剛
 東京電力（株） 大井手 温

1. はじめに

地中送電用トンネルには、内部に収容する送電用ケーブルを各方面に分配する必要上、随所に分岐部が設けられる。分岐部は送電容量の増大に伴い、その規模も大型になってきている。分岐部では一般に覆工のリング効果を乱すことによる応力集中を考慮した設計が必要となる。分岐部の設計については、分岐による断面欠損部がトンネル軸方向に連続していると仮定した平面ひずみ状態で解析されていることが多い。この場合、実現象に近い断面力の分布が予測できないため、設計の際に着目すべき断面力の妥当性が確認できず合理的な設計ができないことが問題点である。このため設計にあたっては、より安全性の高いものを目指すようになり、分岐部規模の大型化とあいまって補強構造が大掛りなものとなってきている。本報告は、適切な分岐部の設計を検討するために実施した3次元解析より得られた断面力分布を用いて、断面力の集中傾向と集中度合について述べるものである。

2. 解析条件

検討モデルは、図-1に示すとおりであり、分岐部は内径6100mmのメイントンネル（以下M.T.と記す）、鉛直方向に立ち上がる内径3500mmのシャフト（以下S.T.と記す）および内径2300mmのトンネル（以下B.T.と記す）とからなっている。土被りは、M.T.の天端付近で15m程度である。周辺地質は主にN値50程度の洪積細砂層である。

解析にあたっては検討位置における状態を忠実にモデル化することとし、解析方法はシェル要素を用いた線形弾性解析とした。解析モデルは図-2に示すとおりである。M.T.の解析領域は、S.T.による応力集中の範囲を考慮して、S.T.の約3倍とした。モデルの詳細は次のとおりである。

① 作用断面力の検討の中心となるM.T.の構造は、鋼製セグメント、覆工コンクリート（以下両者併せて覆工とする）および中床版よりなる。セグメントは主桁に断面を集中させた梁要素とし覆工コンクリートの要素に付加させた。梁要素のピッチは分岐部で45cm、一般部で90cmとした。覆工モデルの概念図は図-3に示すとおりである。覆工コンクリートおよび中床版はシェル要素でモデル化した。

S.T.およびB.T.はシェル要素でモデル化した。

② 入力物性値および境界条件はそれぞれ表-1および表-2に示すとおりである。

③ 荷重については土圧、水圧および自重を考慮した。M.T.の天端において鉛直荷重は31tf/m²、水平荷重は22tf/m²程度である。

3. 解析結果

M.T.の覆工コンクリートに生ずる断面力の集中傾向が現れるのは、S.T.との分岐部である。その内、断面力が最大となるS.T.の中心を通過するM.T.天端部のトンネル軸上の断面力分布について述べる。S.T.の中心を通過するM.T.天端部の、トンネル軸に沿ったトンネル周方向断面力分布およびトンネル軸方向断面力分布は、図-4および図-5に示すとおりである。

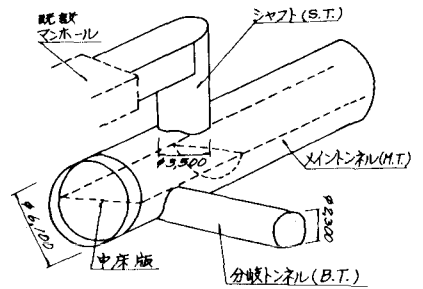


図-1 検討モデル

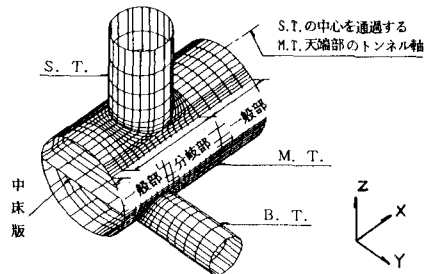


図-2 解析モデル

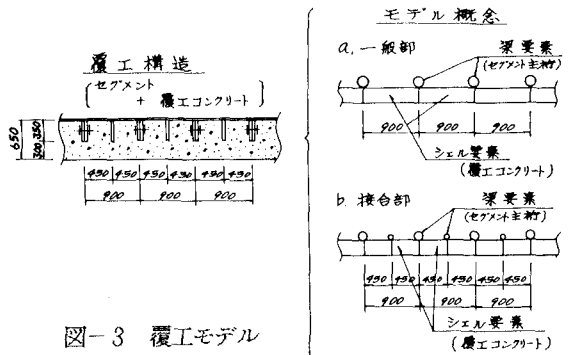


図-3 覆工モデル

なお、B.T.周辺のM.T.の覆工コンクリートに生ずる断面力については紙面の都合上割愛した。

表－1 入力物性値

	ヤング係数 tf/m ²	断面積 cm ²	断面2次 モーメント m ⁴	部材厚 m	ポアソン比	要素モデル
M.T. ・セグメント主桁 一般部 分岐部	2.1 × 10 ⁷ 2.1 × 10 ⁷	228 152 & 76	0.000278 0.000185 & 0.000093	— —	— —	梁
・覆工コンクリート、中床版	2.1 × 10 ⁸	—	—	0.300	0.167	シェル
S.T. & B.T. ・覆工	2.1 × 10 ⁸	—	—	0.325	0.167	シェル

(1) トンネル周方向断面力分布

① 軸力分布；分岐点で最も大きく、分岐点から離れるに従い減少しており、S.T.トンネル径の約1/2倍の所で収束している。分岐点での軸力は、分岐の影響を受けない部分の約3.3倍になっている。

② 曲げモーメント分布；分岐点から離れるに従い増加しており、S.T.トンネル径の約1倍で収束している。

③ せん断力分布；分岐点と分岐の影響を受けない部分とはほとんど変化がなく一定である。

(2) トンネル軸方向断面力分布

① 軸力分布；分岐点から離れるに従い増加し約1.0mの所で最大値を示し、S.T.トンネル径の約1/2倍の所で収束している。分布状態に大きな変化は見られない。

② 曲げモーメントの分布；分岐点で最大値となり、分岐点から0.4m離れた所で最小値を示し、S.T.トンネル径の約1倍で収束している。曲げモーメントは最大点および最小点でそれぞれ分岐の影響を受けない部分の約5倍および約2.6倍になっている。

③ せん断力分布；分岐点で最も大きく、分岐点から離れるに従い減少しており、S.T.トンネル径の約1倍の所で収束している。分岐点でのせん断力は分岐の影響を受けない部分の約300倍になっている。

4. 考 察

解析結果より得られた考察は次に示すとおりである。

① M.T.とS.T.の分岐部においては、M.T.の断面力分布に示すとおり、分岐点からS.T.トンネル径の約1倍の範囲まで接合による影響が現れている。

分岐点においては、軸力、曲げモーメントおよびせん断力の集中度が高いが、集中度の高い断面力の種類は、M.T.の周方向と軸方向とで異なる。

② 2次元で分岐部の設計をする場合の解析モデルとしては、集中度の高い断面力を表現できるものを選択する必要がある。

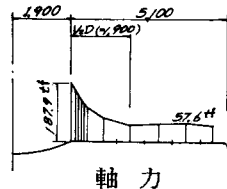
5. おわりに

今回実施した3次元解析により、断面力の集中傾向と集中度合について確認できた。

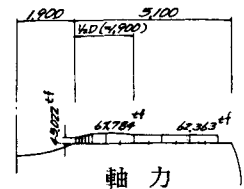
今後は、得られた断面力に基づいた適切な分岐部の設計方法の検討および現場計測による断面力分布の妥当性の確認を行うこととしている。

表－2 境界条件

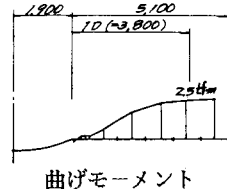
	変位拘束	回転拘束
M.T.左端部	—	$\theta_x, \theta_y, \theta_z$
M.T.右端部	x	θ_y, θ_z
S.T.端部	—	θ_x, θ_y
B.T.端部	y	θ_x, θ_z
M.T.周囲 B.T.周囲	弾性支承 (半径方向) 1200~4800 tf/m ³	



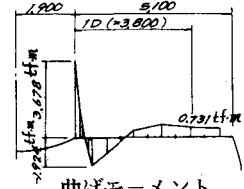
軸力



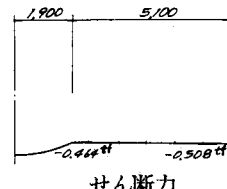
軸力



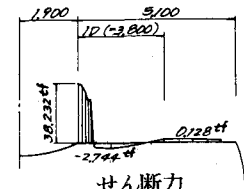
曲げモーメント



曲げモーメント



せん断力



せん断力

図－4 トンネル周方向断面力

図－5 トンネル軸方向断面力