

本資料のうち、枠囲みの内容は
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

資料番号 TK-1-668 改0

平成30年5月28日

常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）構造の解析モデルについて

1. トンネル構造の解析モデル

(1) トンネル構造の基本モデル

常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の構造はトンネル覆工、隔壁及びインバートからなる。トンネルの断面の概要及び配筋イメージを図1及び図2に示す。

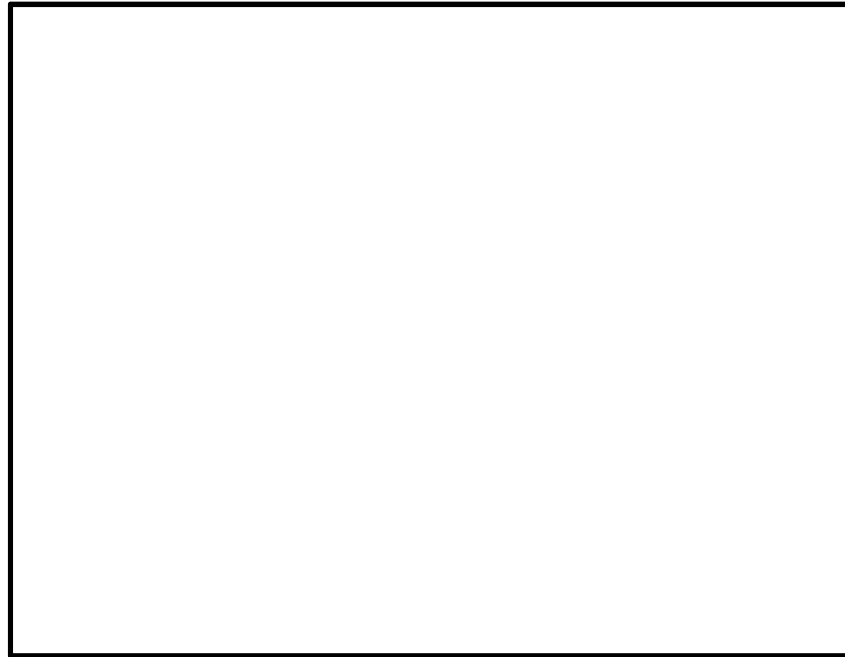


図1 トンネル断面の概要

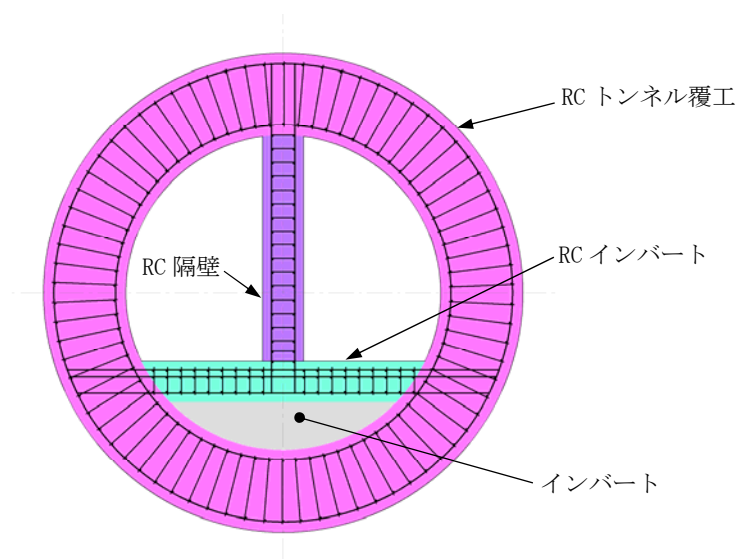


図2 トンネルの配筋イメージ

トンネルの構造部材のモデル化にあたり、鉄筋コンクリート部材であるトンネル覆工及び隔壁は、線形はり要素によりモデル化する。一方、インバートは上部の鉄筋コンクリート部と下部の無筋コンクリート部を考慮し、線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。基本とするトンネル構造の解析モデルを図3に示す。

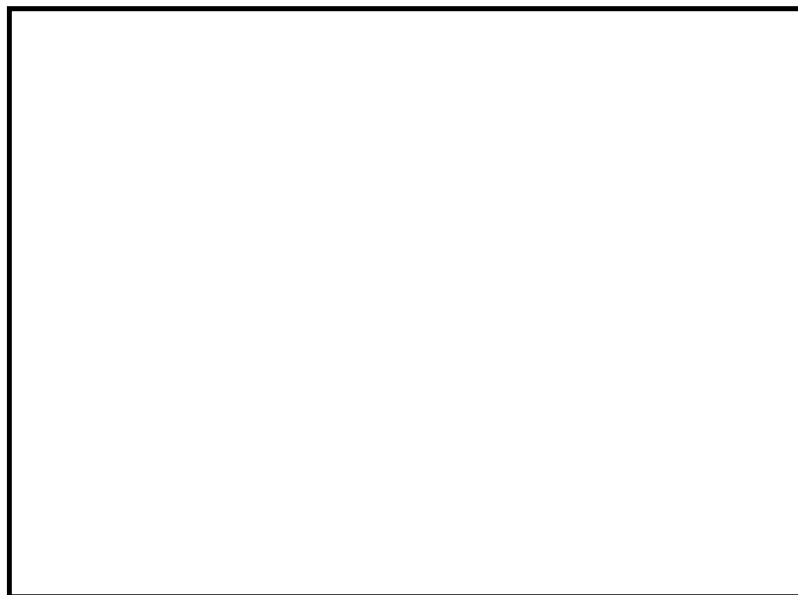


図3 トンネル構造の解析モデル（基本）

なお、上記構造モデルの平面ひずみ要素と線形はり要素で剛性が重複している箇所の影響を考慮して、図4に示す平面ひずみ要素全域の面積と無筋部の面積の比率でインバートの平面ひずみ要素の剛性及び質量を低減する。

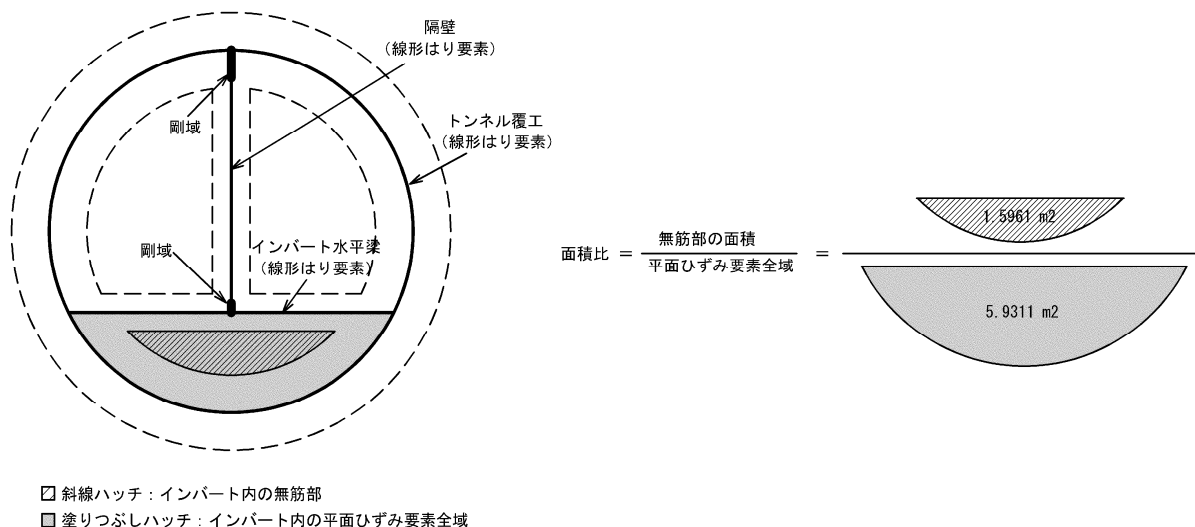


図4 インバート要素の剛性低下の算定

(2) トンネル構造の基本モデルと保守的な配慮として評価するモデルについて

インバートの剛性の設定方法が構造全体に与える影響を確認するため、基本のモデルに対しインバートの剛性を実際よりも硬く仮定したモデルと軟らかく仮定したモデルで地震応答解析を実施し、各部材に発生する応力を比較する。

インバートの剛性の設定方法が構造全体に与える影響のケーススタディの地震応答解析には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」を使用する。

地盤物性値には、原地盤の物性値を用いた解析ケース（基本ケース）の解析用物性値を用いる。

地震動には、部材の照査に最も厳しい条件となったS_g-31を用いる。

その他の解析条件は、この度の工事計画認可申請における耐震計算書と同じある。

トンネルを含む全体の地震応答解析モデルを図5に、比較するトンネル構造解析モデルを表1に示す。

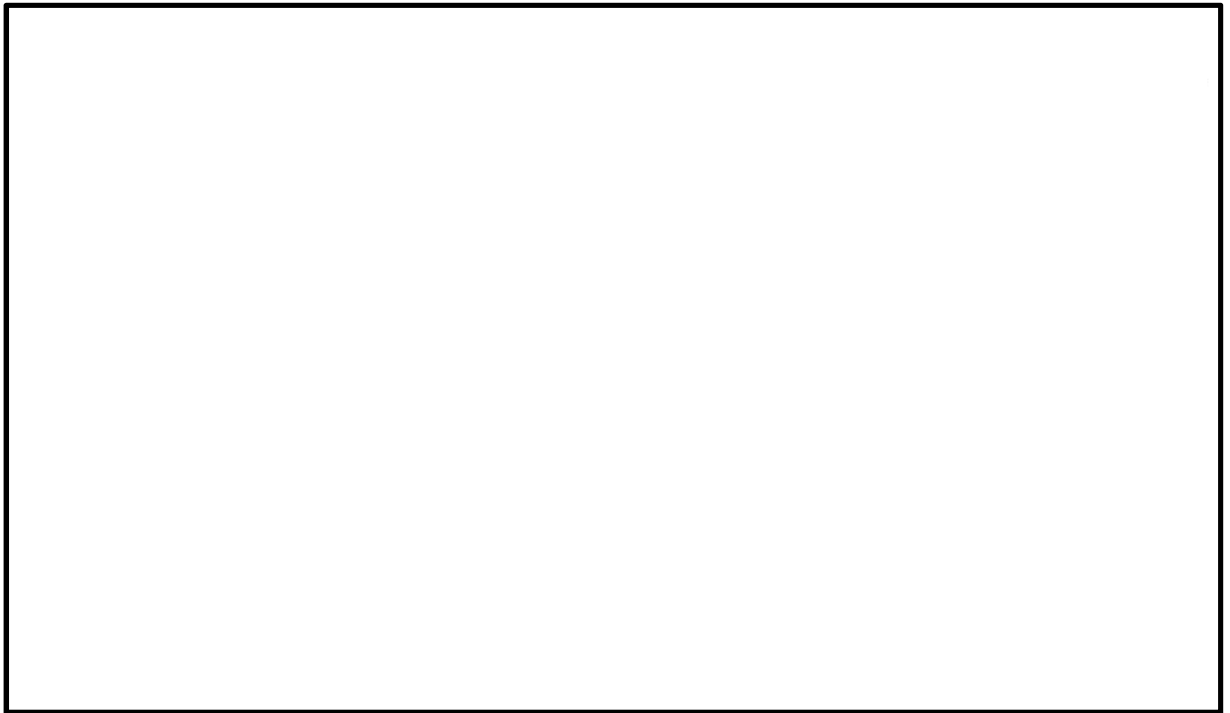


図5 トンネルの地震応答解析モデル

表 1 解析モデルの比較

<p>解析モデル 1 (基本モデル)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RC インバートを線形はり要素によりモデル化 • 無筋インバートを平面ひずみ要素によりモデル化 • RC インバートと無筋インバートの剛性及び質量に重複が生じないようモデル化 	
<p>解析モデル 2 (インバートの剛性を実際よりも硬く仮定したモデル)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RC インバートを線形はり要素によりモデル化 • 無筋インバートを平面ひずみ要素によりモデル化 • RC インバートと無筋インバートの剛性及び質量に重複があるモデル化 	
<p>解析モデル 3 (インバートの剛性を実際よりも軟らかく仮定したモデル)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RC インバートのみを線形はり要素によりモデル化 • 無筋インバートはモデル化せず、空洞と仮定 • 無筋インバートの質量は RC インバートの中央に付加質量としてモデル化 	

各モデルでの地震応答解析結果により求められた各部材の応力の照査値を表2に示す。

表2 部材の照査値の比較

		解析モデル1 (基本モデル)	解析モデル2 (インバートの剛性を 実際よりも硬く仮 定したモデル)	解析モデル3 (インバートの剛性 を実際よりも軟らか く仮定したモデル)
インバートのモデル化		平面ひずみ, 水平梁	平面ひずみ, 水平梁	水平梁
入力地震動		$S_s - 31$ (++)	$S_s - 31$ (++)	$S_s - 31$ (++)
インバート無筋部の剛性		重複がない 現実的な剛性	重複した硬い 剛性と仮定	ゼロと仮定
覆工	コンクリートの圧縮	0.47	0.54	0.37
	内側鉄筋の引張	0.51	0.51	0.44
	外側鉄筋の引張	0.25	0.35	0.12
	せん断	0.69	0.69	0.56
隔壁	コンクリートの圧縮	0.55	0.53	0.59
	右側鉄筋の引張	0.40	0.36	0.58
	左側鉄筋の引張	0.31	0.28	0.55
	せん断	0.51	0.49	0.57
インバート	コンクリートの圧縮	0.44	0.31	0.74
	上側鉄筋の引張	0.38	0.41	0.62
	下側鉄筋の引張	0.32	0.13	0.35
	せん断	0.30	0.34	0.44

注1 : 照査値=発生応力/許容限界

注2 : 網掛けした照査値は各行の項目で最大のものを示す。

解析モデル1はインバートに現実に近い剛性を適切に考慮した基本となるモデルである。一方で、解析モデル2はインバートの剛性を実際よりも大きく考慮しており、解析モデル1と比較しトンネル覆工の照査値が厳しくなる傾向にある。解析モデル3はインバートの剛性を実際よりも小さく考慮しており、隔壁及びインバートの照査値が厳しくなる傾向にある。

以上より、常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震健全性評価においては、基本モデルである解析モデル1にて全地震動において地震応答解析を行い、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

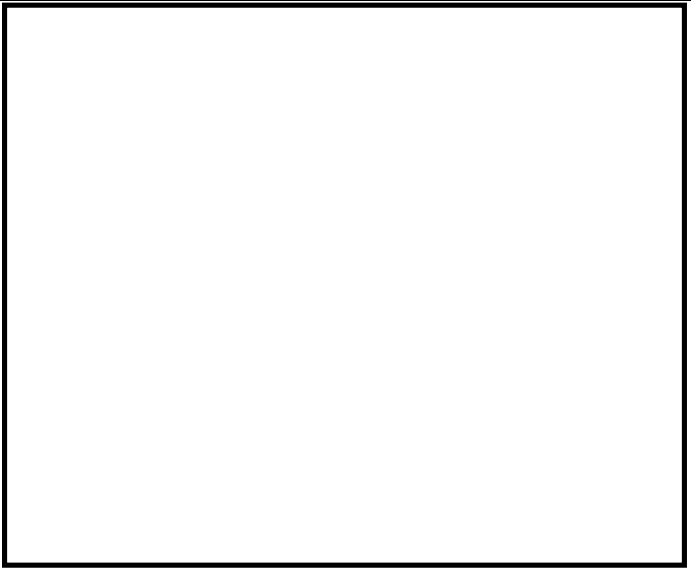

また，基本モデルの検討において最も厳しい照査値となる解析ケースについて，解析モデル2及び解析モデル3による照査も実施し，照査値が許容限界以内であることを確認する。

2. 剛域の有無による影響について

線形はり要素の交点には、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき、剛域を設ける。ただし、インバートの線形はり要素については、平面ひずみ要素と節点を共有しているため、剛域を設けなくても十分に剛な状態にあると考えられる。そこで、基本モデルに対しインバート水平梁に剛域を設定したモデルで地震応答解析を実施し、各部材に発生する応力を比較する。

地震応答解析の条件及び地盤のモデルは、「1. 解析モデルの適切性について」と同様である。比較するトンネル構造部材の解析モデルを表 3 に示す。

表 3 解析モデルの比較

<p>解析モデル 1 (基本モデル)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RC インバートを線形はり要素によりモデル化 • 無筋インバートを平面ひずみ要素によりモデル化 • RC インバートと無筋インバートの剛性及び質量に重複が生じないようにモデル化 • 水平梁には剛域を設定しない 	
<p>解析モデル 4 (剛域モデル)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RC インバートを線形はり要素によりモデル化 • 無筋インバートを平面ひずみ要素によりモデル化 • RC インバートと無筋インバートの剛性及び質量に重複が生じないようにモデル化 • 水平梁に剛域を設定 	

各モデルでの地震応答解析結果により求められた各部材の応力の照査値を表4に示す。

表4 部材の照査値の比較

		解析モデル1 (基本モデル)	解析モデル4 (剛域モデル)
インバートのモデル化		平面ひずみ, 水平梁	平面ひずみ, 水平梁
入力地震動		$S_s - 31$ (++)	$S_s - 31$ (++)
インバート無筋部の剛性		重複がない 現実的な剛性	重複がない 現実的な剛性
覆工	コンクリートの圧縮	0.47	0.50
	内側鉄筋の引張	0.51	0.50
	外側鉄筋の引張	0.25	0.29
	せん断	0.69	0.69
隔壁	コンクリートの圧縮	0.55	0.55
	右側鉄筋の引張	0.40	0.39
	左側鉄筋の引張	0.31	0.33
	せん断	0.51	0.52
インバート	コンクリートの圧縮	0.44	0.38
	上側鉄筋の引張	0.38	0.44
	下側鉄筋の引張	0.32	0.17
	せん断	0.30	0.34

注 : 照査値 = 発生応力 / 許容限界

表4において、解析モデル1（基本モデル）と解析モデル4で全体的に各部材の照査値に大きな差はない。インバートの照査値でやや差があるのは、断面力の発生傾向の違いではなく、剛域の有無により部材端の照査に用いる断面力の位置が異なるためである。したがって、剛域の有無による解析結果への影響には有意な差がないことを確認した。