

道路トンネル分岐合流部（その3） 棲部構造変化点の影響を考慮したセグメント設計

大成建設(株) 本社土木設計部 正会員 日高 直俊 ○岡嶋 和義 西岡 尊寿
 大成建設(株) 東京支店 正会員 亀岡 廉

1. はじめに

道路トンネル分岐合流部工事（以降，本工事）の本線ランプセグメント接合区間（以降，接合区間）は，本線シールドとランプシールドを地中で切抜けてランプトンネル分岐部を構築する。図1に示す接合区間の終点側は，切抜け構造とシールド単円構造の接続部にRCの棲壁を構築するため，図2(a)～(d)に示すように縦断方向に構造が変化することが特徴である。本稿では構造変化点において構造特性を考慮した多リング解析を実施し，その設計成果について報告する。

2. 構造変化点における課題

接合区間では構造が扁平であるため横潰れの挙動を示す。一方，中柱区間ではRC柱により横潰れの挙動が抑制される。そのため接合区間－中柱区間の境界部でリング間の相対変位が大きくなり，単リングのみの解析結果の比較では図3に示すように約100mmの相対変位差が生じる。これより構造変化点でのリング間せん断力が大きくなることから，構造変化点を対象に多リング解析を実施した。

3. 設計手法

(1) 多リング解析モデル

解析モデル図を図4に示す。構造変化点の前後約10リングを対象としてモデル化する。セグメントは完全剛性一様リングの梁要素で，RC柱は平面ひずみ要素でモデル化する。各リング間はリング継手をモデル化したせん断ばねで接続する。

(2) リング継手のせん断ばね定数の設定

従来のリング継手のせん断ばね定数は，リング間せん断力が主桁面摩擦より小さくリング継手のせん断ずれが生じないとして，セグメントの曲げ剛性やせん断剛性のみを考慮して設定することが多い¹⁾。しかし，本構造ではリング間の相対変位が大きく，主桁間摩擦が切れてボルトとボルト孔の接触により荷重が伝達すると考えられるため，リング継手のせん断ばね定数は，縦リブおよびボルトの剛性に依存すると考えられる(表1)。よって，せん断ばね定数は，縦リブおよびボルトの剛性をパラメータとして定式化し，3次元FEM解析による検証を踏まえて設定した。

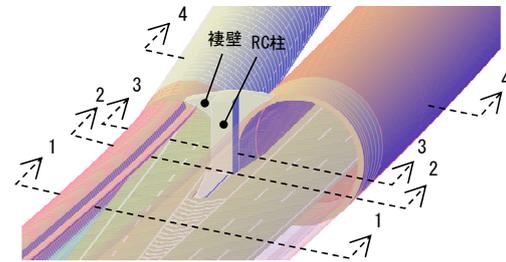


図1 棲部構造変化点鳥瞰図

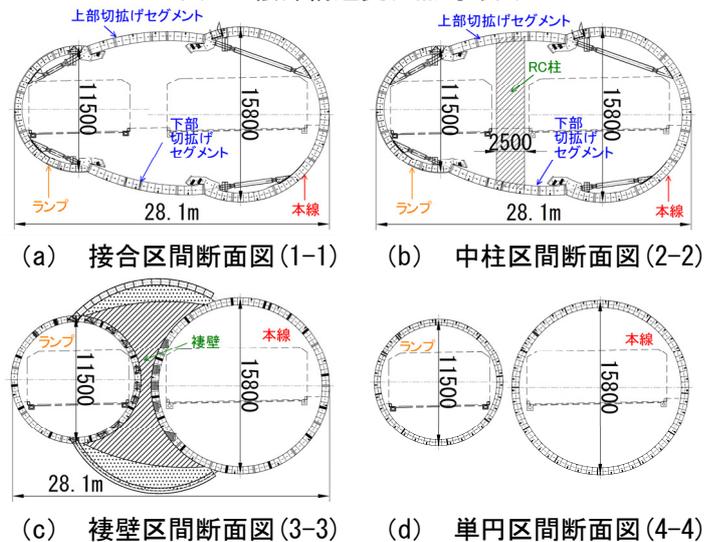


図2 構造変化点鳥瞰図および断面図

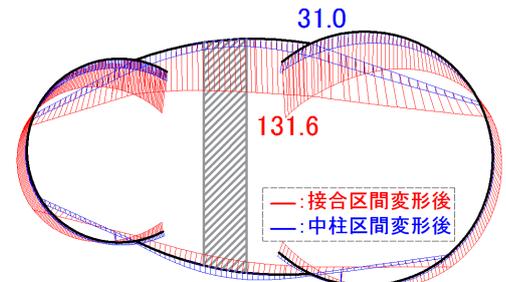


図3 単リング解析変形図(単位:mm)

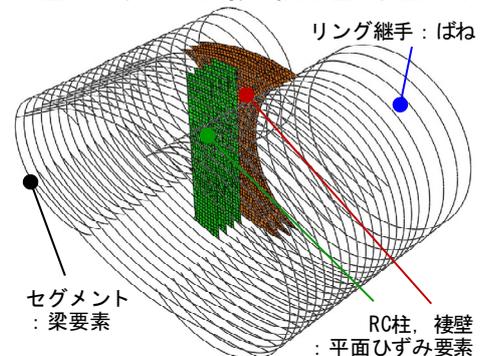


図4 解析モデル図

キーワード 分岐合流部，非開削切抜け工法，構造変化点，鋼製セグメント，多リング解析，リング継手
 連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) 土木設計部都市土木設計室 TEL:03-5381-5417

(3) 初期状態の違いを考慮したせん断ばね値の設定
セグメントとリング継手の両者に対して安全になるよう表 2 に示す 2 種類のせん断ばねで検討を行う。
TypeA は初期状態でボルトと孔壁が接触しているケースであり、セグメントの変形が抑制されてリング間の力のやりとり(リング間せん断力)が大きくなるためリング継手の負担が大きくなる。TypeB は初期状態でボルトと孔壁が最も離れており、セグメントがある程度変形した後にリング間の力のやりとりが生じるため、TypeA と比較してセグメントの負担が大きくなる。

4. 解析結果

TypeA と TypeB での構造変化点の解析結果を表 3 に示す。TypeA では TypeB と比較してリング間せん断力の総和が約 3 倍となり、さらに表 3 の  で示す本線とランプでリング間せん断力が大きくなる。一方、TypeB では発生曲げモーメントが大きくなり、特に表 3 の  で示す中柱区間の切抜げセグメントで TypeA と比較して曲げモーメントが約 2 倍となる。

リング継手の仕様を表 4 に示す。接合区間の 3 リング解析では各部材においてボルト 1 本の仕様で構造成立していたが、多リング解析で棲部の影響を考慮した結果、リング継手の仕様を上げる必要がある。リング継手の補強が必要な箇所はせん断伝達部材として挿入型のせん断ピンを追加することでせん断耐力の増強を行う。

以上より、切抜げ構造の構造変化点においては、構造特性を考慮した 2 種類のリング継手のせん断ばねを用いて多リング解析を実施することにより、セグメントとリング継手の両者に対して安全な設計を行うことが可能となる。

表 1 リング継手のせん断ばね(半径方向)定数の比較

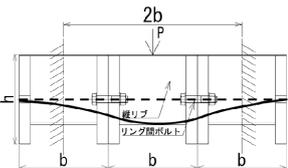
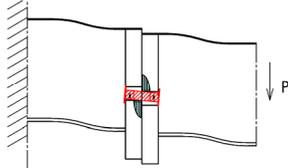
項目	従来方式	本設計
リング継手概要		
リング間せん断力	主桁間摩擦力 > リング間せん断力	主桁間摩擦力 < リング間せん断力
ばね定数パラメータ	縦リブ曲げ剛性のみ	縦リブおよびボルトの曲げ・せん断剛性

表 2 初期状態を考慮したせん断ばね値の設定

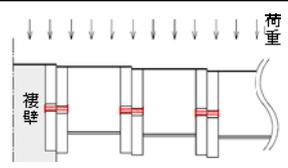
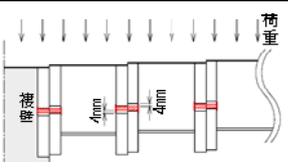
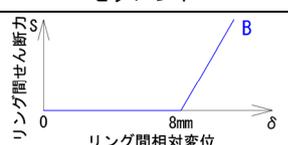
ばねタイプ	TypeA	TypeB
リング継手概要		
初期状態	ボルトと孔壁が接触	ボルトと孔壁の離隔最大
応力負担	リング継手	セグメント
ばねのモデル化		

表 3 TypeA と TypeB での解析結果

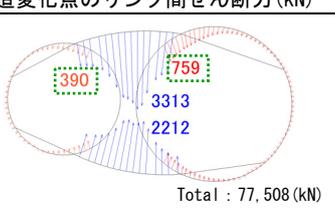
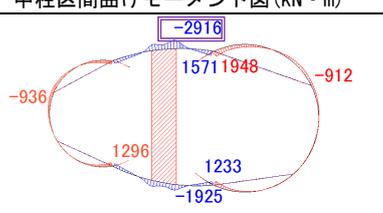
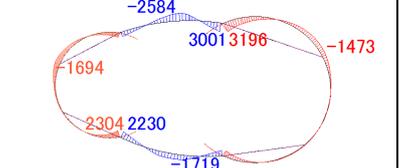
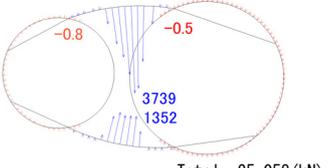
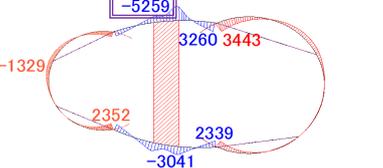
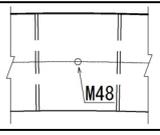
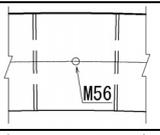
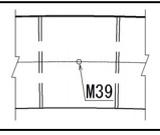
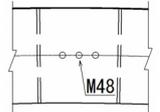
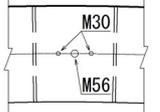
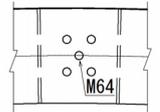
解析ケース	接合区間曲げモーメント図 (kN・m)	構造変化点のリング間せん断力 (kN)	中柱区間曲げモーメント図 (kN・m)
TypeA (せん断ばね：線形)		 Total : 77,508 (kN)	
TypeB (せん断ばね：非線形)		 Total : 25,058 (kN)	

表 4 3 リング解析結果と多リング解析結果でのリング継手仕様

	本線	ランプ	切抜げセグメント
3 リング解析	M48-1 本 	M56-1 本 	M39-1 本 
多リング解析	M48-3 本 	M56-1 本 M30-2 本 	M64-5 本 

(参考文献) 1) 鉄道総合研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説-シールドトンネル, pp. 159-160, 2002. 12
2) 横山：軸直角方向外力を受けるボルト締結体挙動の力学モデルの構築, 東京大学博士論文, pp. 26-29, 2010. 3