

ハーモニカ工法における継手部の性能評価

大成建設株式会社 正会員 ○伊藤 友一

大成建設株式会社 正会員 小柳 善郎

大成建設株式会社 正会員 下村 泰造

大成建設株式会社 正会員 田島 潤

1. ハーモニカ工法概要

複数の小断面トンネルを隣合わせて推進工法により施工し、内部に場所打コンクリートで大断面のトンネルを構築する工法がハーモニカ工法である。ハーモニカ工法の詳細概要については第 59 回土木学会年次講演集 6-062～6-064 において記述している。

この工法においては、隣合う鋼殻同士の位置を保持することと同時に、鋼殻間の止水性の確保が要求される。以上の要求を満たす新たな継手形式を今回開発した。（図-1）鋼殻の継手のタイプは図-2 に示すようにレールの形状が Y 字、溝の形状が C 字である Y 型タイプと図-3 に示すようにレールの形状が T 字、溝の形状が C 字である T 型タイプがあり、いずれの継手もレールと溝の嵌合部に止水を施せるスペースを設けている。

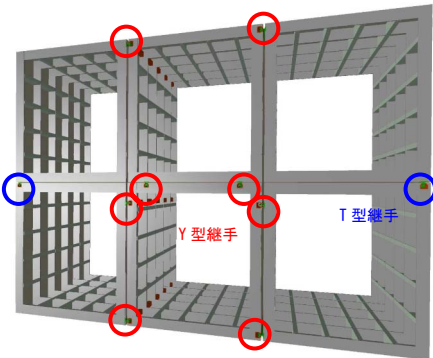


図-1 継手位置及び継手形状

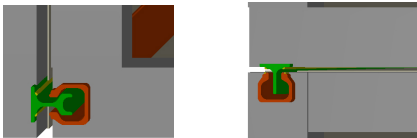


図-2 Y型継手 図-3 T型継手

2. 継手部構造実験の目的

函体推進中、函体が上下左右方向に蛇行する場合においても継手部がその健全性を保つことが要求され、継手部のレールと溝が接触して各部に発生する曲げ及びせん断力に対して、適切に設計することが必要とされる。

しかしながら、函体推進中に継手部に発生する作用力については未解明な点が多く、本継手を設計するにあたって継手部に発生した応力が三次元的に継手嵌合部を介して主桁及びスキンプレートにどのように伝達されるのか、さらには継手部と主桁、主桁とスキンプレートの溶接部の挙動、製作誤差の影響をすべて解析的に検証することは困難である。そこで、継手部の曲げ・せん断性状を把握し、さらに継手嵌合部の主桁・スキンプレートへの応力伝達性能を確認することを目的とし、鋼殻函体継手部をモデル化した構造実験を行い、同時に有限要素法による解析を行い、継手部の性能を評価することとした。

3. 実験供試体及び実験ケース

実験供試体は Y 型継手タイプのレール側と溝側をもつ二函体接面部についてモデル化したものである。1 函体（函体長 2500mm：5 本主桁を想定）の主桁間 1 スパン分（625mm）を実験供試体とした。

ハーモニカ工法において継手部に曲げ及びせん断力が発生すると考えられる函体の挙動を表-1 に示す。

表-1 函体の挙動

函体が左右方向に蛇行した場合	函体が上下方向に蛇行した場合	函体がローリングした場合	函体がピッチングした場合

表-1 の挙動を再現するように実験ケースは以下の 4 ケースとした。表-2 に各実験ケースの概要図を示す。

キーワード ハーモニカ工法，矩形推進，継手

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 土木設計部設計計画室 TEL03-5381-5420

表-2 実験ケース

	CASE1：標準水平方向載荷	CASE2：上下偏心水平方向載荷	CASE3：斜偏心水平方向載荷	CASE4：鉛直方向載荷
供試体概要図				

4. 実験結果及び考察

実験結果として CASE2 の結果を抽出して以下に述べる．Y 字継手部の荷重-歪関係を図-4 に示す．

荷重載荷直後より Y 字継手部の上面に引張歪，下面に圧縮歪が均等に発生した．これは，Y 字継手部を鉛直方向にずらして供試体をセットしたために Y 字継手部に曲げ応力が卓越して現れているものと考えられる．そのまま載荷を続け Y 字継手部の歪が 800μ 程度（荷重：50kN）になったところで載荷を終了した．S1,S3 及び S1',S3' の歪の発生には同様の傾向がみられる．主桁の中間点に位置する S2,S2' の歪は他の点の 1/4 程度しか発生していないが，これは主桁に溶接されている S1,S3 及び S1',S3' で主に応力を分担しているためと考えられる．

計測された点の平均値は引張歪，圧縮歪共に 600μ 程度であり，想定荷重（10.8kN）の約 5 倍の荷重を載荷しても降伏しておらず十分な耐力を有していることが確認された．

5. 二次元有限要素法解析

鋼殻継手部の応力-歪性状を把握することを目的として，継手部をモデル化した二次元有限要素法による平面歪解析を行った．Y 字継手部，C 字継手部をそれぞれ単独でモデル化し，該当荷重を作用させ継手部に発生する応力及び歪を算出した．CASE2 における Y 字継手部の荷重-歪関係について実験結果と解析結果の比較を図-4 に，想定荷重時（10.8kN）における応力分布図及び変形図を図-5 に示す．

図-4 に示すように，実験結果において最大歪を与える S1,S1' と解析結果は圧縮側，引張側とも非常に良い一致が見られる．しかしながら実験においては三次元的な応力伝播が生じ，特に主桁と主桁の中間点に位置する S2,S2' においてはひずみ（応力）が小さく，解析結果の 1/5 程度である．

6. まとめ

- ・ 想定される最大推進力に対し，どのケースにおいても，継手部，主桁部，スキンプレート部とも十分な耐力を有していることが確認され，部材の降伏荷重に対して，5 倍以上の安全率を見込むことが可能である．
- ・ 実験においては，局所的に継手部材が降伏歪を超えても，継手全体の機能が失われるような急速な変形や，大変形は計測されず，想定最大推進力以上の荷重に対しても継手の健全性を確保できることが確認された．
- ・ 継手部の挙動を再現した二次元平面歪有限要素法においては，Y 字継手の最大ひずみ発生位置での実験値と解析値とに非常に良い一致が見られ，本実験の妥当性が確認された．
- ・ 今回の実験により，継手部が十分な耐力を有することが確認され，今後さらなる継手部材のスリム化，最適形状へのフィードバックが可能である．

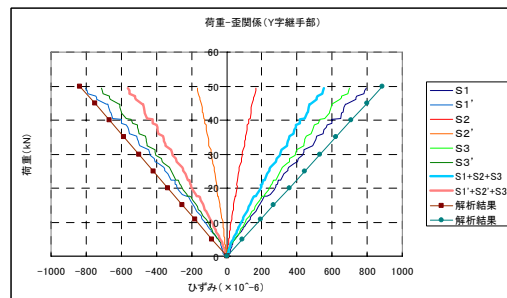


図-4 荷重-歪関係（Y字継手部）

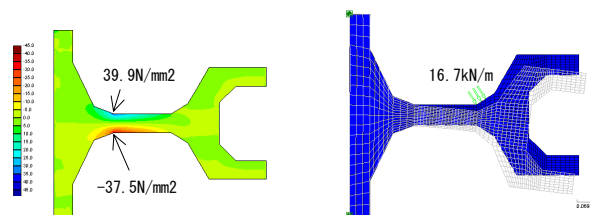


図-5 応力分布図及び変形図