

トンネル緩衝工における回転架設時の解析検討

東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正会員 ○杵屋 溪造
 東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正会員 大塚 隆人

1. はじめに

新幹線の速度向上に向けてトンネル緩衝工（以下：緩衝工）の延伸工事を計画している¹⁾。緩衝工とは、トンネル微気圧対策の一環として設置する図-1のようなフード状の構造物である²⁾。緩衝工延伸箇所ではトンネル坑口に高低差がある場合等、現場条件により、大型のクレーンが必要となる。使用クレーンの小型化や線路上空での作業削減を目的に開発した回転架設工法の導入に向け、架設時に緩衝工本体に発生する応力の確認を行ったので報告する。

2. 回転架設工法の概要

回転架設工法は、図-2のように線路外で上下反転した状態で緩衝工を組み立て、クレーンと仮設の反転装置を用いて反転させ、軌道側の受桁上に載せる。クレーンで一括架設を行う場合に比べ、反転装置に荷重を受け持たせることでクレーン吊荷重の低減を図り、クレーンの小型化が可能となる。この時、図-2の1の状態を0°、2の状態を90°、緩衝工が受桁上に載った3の状態を180°とする。図-3に角度ごとの反転装置状況を示す。緩衝工を起す際は緩衝工本体をクレーンで吊り上げる。緩衝工の重心が軌道側に移行した後は、緩衝工本体とワイヤーでつながれた反転装置の一部である主塔をウインチによる引き留めで架設を行う。なお、主塔は全長9mの折り曲げ可能な構造としており、クレーンで吊り上げ後空間のできる60°付近で伸びきる計画である。

3. 事前解析の取り組み

3-1. 解析角度の検討

回転架設工法について、60°以降緩衝工本体に加え、主塔の荷重を緩衝工本体にある吊り点からクレーンで吊り上げることとなり、吊荷重が大きくなると考えられる。そこで、60°から80°まで10°ごとにクレーンの吊り点の位置の違いによる緩衝工本体の発生応力に着目して解析を行った。



図-1 トンネル緩衝工¹⁾

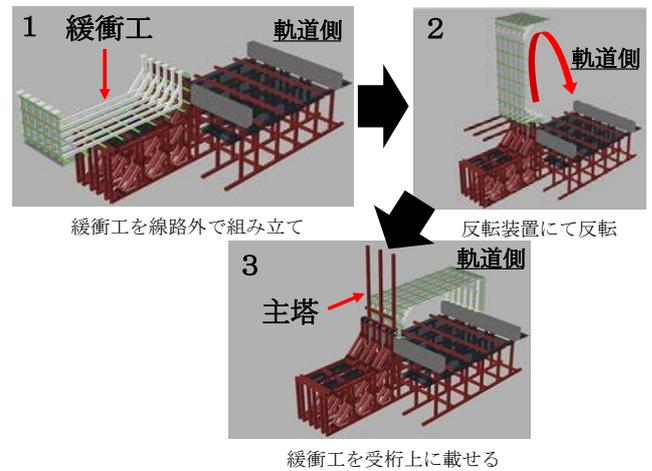


図-2 回転架設工法の概要

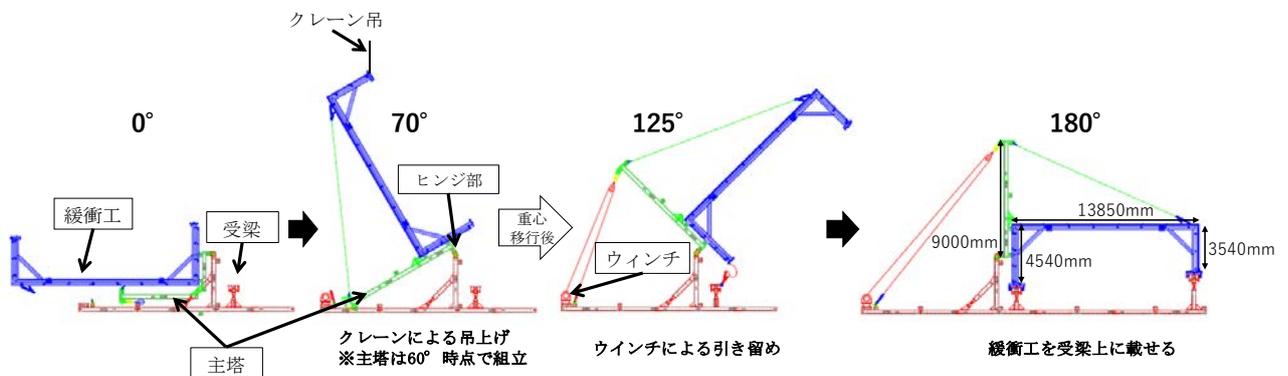


図-3 角度ごとの反転状況

キーワード トンネル緩衝工, 回転架設, 発生応力, tunnel porous hood, rotation erecting, stress

連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目1番1号

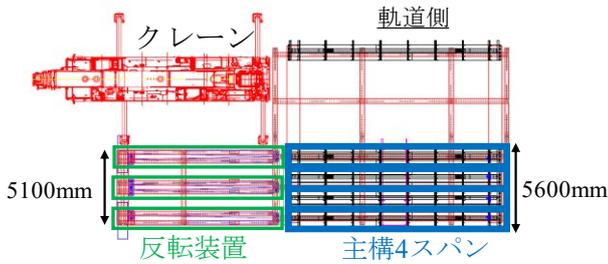


図-4 回転架設工法の平面図計画

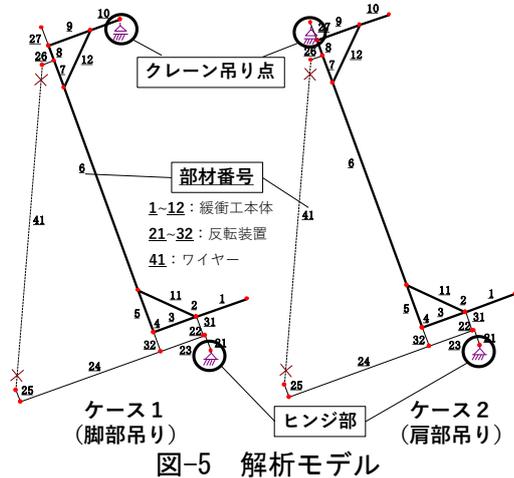


図-5 解析モデル

3-2. 解析条件

図-4 に回転架設工法の平面図を示す。1 回の回転架設で新幹線複線断面を想定した図-3, 4 に示す条件で緩衝工は主構 4 スパン，反転装置は主塔 3 スパンで検討することとする。これを図-5 のように二次元断面でモデル化し，クレーン吊り点を緩衝工の脚部（図-5: ケース 1）と肩部（図-5: ケース 2）に設定し，発生応力を確認することとした。その際，クレーン吊り点の位置を可動支点，ヒンジ部を回転支点とした。各部材の物性値及び断面係数は表-1 の通りである。緩衝工本体（部材番号 1～12）の使用部材は H250，主塔を含む反転装置等（番号 21～32）は H300 など対応する単位重量を分布荷重として入力した。また，緩衝工 4 スパンを繋ぐ縦材（H125）など，奥行方向の部材は集中荷重として入力した。さらに，施工時に緩衝工や主塔にかかる荷重の不均等性を考慮し，不均等係数を 0.2 として各荷重を 1.2 倍することで断面力の算出を行った。

3-3. 解析結果

ケース 1, 2 の緩衝工本体と主塔に発生する角度毎の曲げ応力の最大値を表-2 に，図-6 に各ケースの曲げ応力が最大となる位置を示す。吊り点を脚部に設定した場合，70°時点で緩衝工本体に発生する曲げ応力が許容値（154N/mm²）を超えることとなった。

表-1 断面諸元

部材	部材番号	弾性係数 (kN/m ²)	断面積 (m ²)	断面2次 モーメント (m ⁴)	線膨張係数 (1/°C)	単位体積 重量 (kN/m ³)
主構	1～12	2.00E+08	9.14E-03	1.07E-04	1.20E-05	77
主塔	22～24	2.00E+08	1.19E-02	2.02E-04	1.20E-05	77
接続 金物等	21, 25～32	2.00E+08	1.19E-02	6.75E-05	1.20E-05	77
ワイヤー	41	2.00E+08	4.91E-04	1.92E-08	1.20E-05	77

表-2 解析結果

解析 角度	ケース1 (脚部)				ケース2 (肩部)			
	曲げモーメント (kN・m)		曲げ応力度 (N/mm ²)		曲げモーメント (kN・m)		曲げ応力度 (N/mm ²)	
	緩衝工	主塔	緩衝工	主塔	緩衝工	主塔	緩衝工	主塔
60°	115.0	48.3	133.8	35.7	38.7	81.5	45.0	60.4
70°	183.1	132.5	212.9	98.2	33.0	62.9	38.4	46.6
80°	462.5	462.9	537.8	342.9	25.7	36.6	29.9	27.1

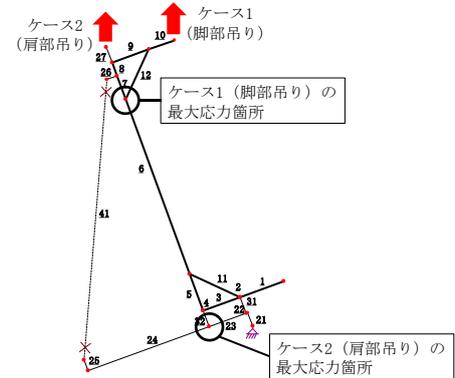


図-6 各ケースの最大応力箇所

一方で，クレーン吊り点を肩部に設定すると，発生する曲げ応力は小さくなり，許容値以下になった。以上の結果から，肩部付近で吊ることで緩衝工本体への影響が小さくなることを確認した。これらは本設として供用時にかかる応力に対して十分小さく，緩衝工本体には強度を増すような補強をせずに回転架設による施工が可能となる。

4. まとめ

本稿では，緩衝工における回転架設工法施工時の発生応力を確認した。結果として，クレーン吊り点を脚部でなく肩部付近とすることで緩衝工本体への影響を小さくできることを確認した。

参考文献

- 1) 新幹線の速度向上に向けた取り組みについて，東日本旅客鉄道（株），2020.10.
https://www.jreast.co.jp/press/2020/20201006_ho01.pdf
- 2) 清野幹夫，小泉一人：新幹線速度向上に伴う微気圧波対策の設計・施工，平成 22 年度土木学会東北支部技術研究発表会，2011.3.