

新幹線スラブ軌道ボルト緊解機の開発

東日本旅客鉄道株式会社	正会員○	山口 賢太郎
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	佐竹 宣章
東日本旅客鉄道株式会社		原田 彰久
第一建設工業株式会社		米山 泰広

1. 背景

現行のレール交換は、2名体制で、ボルト緊解機を使用して締結ボルトを緩解・緊締をする人員1名、電源である低圧回線を差し替える人員1名の合計2名で行っている。交換延長が長くなると、交換は班編成に分けて作業を行うが、一班あたり平均で約100mの範囲を2名で交代しつつ緩解・緊締を行っている。

また、緊締には締付けトルクの規定値が定められており、ボルト緊解機にはトルクの設定機能がないため、ボルト緊解機で緊締後再度トルク設定機能を持った緊解機にてトルク設定を行い時間を要している。限られた時間の中で緩解・緊締・トルク管理をする必要がある。

2. 開発の目的

東日本旅客鉄道株式会社管内の新幹線軌道は大きく分けると、スラブ軌道とバラスト軌道の2種類分けられ、割合としてはスラブ軌道が約80%、バラスト軌道が約20%敷設されている。

今回の開発では敷設割合の多いスラブ軌道用直結8型レール締結装置の締結用ボルトを対象とし、作業人員の削減と、緩解緊締時間の短縮を目的とし開発を行った。

3. 要素開発

3.1 開発課題

経年の劣化及び度重なる補修によってタイププレートに位置ずれや製作誤差が想定される。タイププレートが均一にずれなく敷設されていれば、簡単にボルトを捉えることが可能であるが、位置ずれしている場合はソケットとボルトをあわせる時間が必要となる。

以下の想定される要因によりボルトの位置ずれが生じている。

- (1) 材料の製作許容誤差、調整量(遊び)
 - 1) 締結装置のタイププレート、ボルト、板バネ、カラーの製作許容誤差や調整量。
 - 2) スラブのスラブ板、埋め込み栓の製作許容誤差や軌道整備のための調整量。
- (2) 締結用ボルトのたて込み具合
 - 1) タイププレートショルダーに締結用ボルトを板バネ寄り、レール寄りにたて込んだ時のレールとボルトの相対位置のずれが生じる。(図1)



図1 たて込み状況

以上の位置ずれに追従可能な機構の検討を行った結果、振り子方式、ジョイント方式、ボルト検知方式の3つの方式によるボルト追従機構の検討を進めた。(図2)

追従の評価については、ボルトの緩解・緊締緩解時間で判断することとした。現在のボルト緊解機を使用しているボルト緊解作業では、1つのタイププレート内の2つの締結ボルトを5秒程度で緊締または緩解を実施しているため5秒以内に緊締、緩解を条件とした。

図2 追従機構の検討



3.2 性能確認試験

検討したそれぞれの追従機構の性能確認試験を行った。位置ずれしている場合でも、作業速度が変わらないことを確認するため、考えられる条件で試験を行い緩解・緊締可能な有無、作業速度について測定を行った。

試験結果

それぞれの試験結果について以下に示す。ボルトの追従性はボルトの追従の有無、作業速度は5秒以内に緊締・緩解の有無で測定回数より割合で算出した。

試験の結果ボルトの追従性、作業速度ともに結果が良好な振り子方式を採用することとした。(表1)

表1 試験結果

項目		ジョイント方式	振り子方式	ボルト検知方式
ボルトの追従性	緊締	100%	100%	100%
	緩解	100%	100%	95.8%
作業速度 (5秒以内)	緊締	74.5%	100%	63.9%
	緩解	100%	100%	56.5%
総合評価		○	◎	△

測定回数(72条件×3回=216回)

4. 振り子追従機構

振り子方式は、ソケットの六角部より直径が大きい円の切り欠け(偏芯)でボルトをソケット中央に引き寄せ、上部に水平に自由に揺動可能となる振り子機構である。

追従から緩解・緊締までの流れ

- 1) ソケットが締結用ボルトに接触し、ジョイント部が縮むまで電動シリンダで締結用ボルトへ降下させる。
- 2) 最初の一回転で、ソケット六角部より直径が大きい円の切り欠け(偏芯)でボルトをソケット中心に引き寄せる。
- 3) ジョイント部のスプリングの力でボルトをテーパ部に沿って六角部に落とし込み、ボルトを捕捉。
- 4) 上部を上下左右に自由に揺動させることにより、部材に負担をかけることなく緩解・緊締を実施。

5. 本開発

要素開発として検討した振り子方式の緊締・緩解機構を移動式として、締結装置のボルト緩解・緊締を現行と同等以上の作業速度とするためには、1度に複数のボルトを緩解・緊締する必要がある。また緊締にはトルク管理も可能な機構とし、現行のボルト緊解機の緊締+トルク管理から開発品一台でトルク管理可能な機構とした。

(1)作業速度

現在ボルト緊解機を使用して1つのタイププレートにつき2つの締結用ボルトを5秒程度で実施しているため、2つのタイププレートの緩解・緊締を10秒以下とした。

(2)作業人員

現行2名/1組で実施されているボルト緩解・緊解作業を1名での実施を目標とした。

(3)締結トルク

緊締した際の締結トルクは直結8型締結装置の標準トルク60N・m(許容トルク50N・m~70N・m)とした。

(4)軌道変位

軌道状態の違いでも作業可能である。(軌間・水準)

6. 全体構成

開発目標を満たすため、4締結同時に締結緩解を実施することとした。1つの締結ユニットで1つのタイププレート内側、外側用として、合計2つの締結ユニットを構成した。また締結トルクを管理するため締結コントローラ合計2つ構成した。全体を制御する制御装置の合計5個で構成する。以下に全体構成について図を示す。(図3)



図3 スラブ軌道用多頭式ボルト緊解機

7. 開発結果

試験軌道5mスラブを模擬してタイププレートを左右レール片側8枚ずつ敷設を行った。

レール端部より緊解機を操作していき、8枚のタイププレートに対して緩解・緊締を行う。1つの条件につき5回実施し時間を測定した。2タイププレートを同時に緩解・緊締するため、操作は5mの場合4回となる。

試験条件

- ①軌間1435mm、水準0mm、高低0mm
- ②軌間1435mm、水準155mm、高低0mm

試験結果

測定結果について以下に示す。(表2)

表2 測定結果

サイクル	作業条件①		作業条件②	
	作業サイクル(秒)以内	40秒以内	作業サイクル(秒)以内	40秒以内
1	緊締	33○	36○	
	緩解	33○	32○	
2	緊締	40○	39○	
	緩解	37○	35○	
3	緊締	38○	35○	
	緩解	34○	34○	
4	緊締	36○	33○	
	緩解	34○	34○	
5	緊締	36○	34○	
	緩解	39○	34○	

いずれの条件においても、1回あたりに換算すると、目標時間である一箇所10秒以内の目標を達成できた。

締結トルク

締結トルクが標準トルク60N・m(許容トルク50N・m~70N・m)を満たすため、締結可能トルクが、100N・mまで出力可能な締結ユニットとトルクを制御する制御装置を選定した。

8. まとめ

今回の開発において、以下を確認した。

- ①作業速度については、5mの試験線にて40秒以内であることを確認した、2タイププレートの緩解・緊締時間に換算すると、10秒以下となり、目標を達成できた。
- ②作業人員については、緊解機操作を1名にて操作可能。各装置は5個に分けられ、重量については、135kg(エンジン含む)となった。単体では25kg以下となった。
- ③トルクについては標準トルク60N・m(許容トルク50N・m~70N・m)出力可能であり、トルクのデータは記録し、プリンター等で出力が可能である。
- ④軌道状態の違いについては、性能確認試験において100%のボルト追従を確認できた。

今回の開発により作業人員の削減および緩解時間の短縮可能な緊解機を開発し、性能を確認することができた。今後は新幹線の施工会社で試施工にて、耐久性や操作性を確認する予定である。