

軌道構造におけるレール締結装置の役割に関する一考察

日本工営(株) 正会員 石田 誠

1. はじめに

現在、海外において鉄道（ここでは、差し当たり鉄レール・鉄車輪系のシステムに限定する）に関する建設・リハビリテーション・安全対策など様々なプロジェクトが進められている。その様々なプロジェクトの対象となる軌道構造に関しては、まだまだ従来からのバラスト道床を用いたバラスト軌道が対象となることも多いが、最近建設された、あるいは現在建設中の都市鉄道（一般的に”Mass Rapid Transit”の略称である MRT と呼ばれている）では、コンクリート道床を用いたまくらぎ直結軌道やスラブ軌道のようなバラストレス軌道が本線に採用されることがむしろ基本になっている。もちろん、高速鉄道や貨物専用鉄道（一般的に軸重が大きく輸送量の大きい場合に Heavy Haul と呼ばれている）も海外プロジェクトにおいて重要なシステムであるが、都市鉄道システムとは規格等も異なる。そこで、本論文では、鉄レール・鉄車輪系の都市鉄道を対象に、より品質の高い軌道構造を設計するため、さらには標準・規格が今後改良される際に、考慮することが重要であると考えられるレール締結装置の役割について、改めて注目すべきであると考えられるいくつかの点を紹介する。

2. レール締結装置の役割

そもそも、なぜ改めてレール締結装置の役割を考察するかということであるが、我が国では設計標準が定められており、その標準に基づき設計が行われ、その際に使用する部材・材料は JIS(日本規格)やそれを補う各事業者や建設主体の指定する仕様に基づき調達されるため、適用される理論と許容値や判断基準となる経験（実務）が標準や規格の作成委員会等で共有され、安全性とある一定以上の品質が確保されている。一方、海外では様々な規格 (ISO, EN(欧州), AREMA(米国), 各国家規格や JIS など) や標準が用いられる場合があり、我が国における場合と異なり、統一された理論や共通認識された技術を背景に開発されたとは限らない。むしろ国により地域により、それぞれ独自に発展させてきた技術やその技術の下での経験を背景に、標準や規格が開発されてきたことが多いことが考えられる。そのような状況で、例えば欧州規格(EN)は文字通り欧州連合内の統一した規格として作成されている。一方、国際規格として ISO が改めて注目され、ISO の整備により、欧州連合に限らない世界の標準や規格の統一が図られている。このことは、本論文でも紹介する様々な国や地域の標準や規格を用いることにより、例えば軌道と構造物の境界面での伝達力の共有など容易でない点などの課題を解消する重要な取り組みであると考えられる。ここでは、筆者の経験から軌道設計においてレール締結装置の役割を十分に理解して進めることの重要性について紹介する。

2.1 一般要求事項¹⁾

はじめに、レール締結装置の一般要求事項に関して、ここで話題にするいくつかの点に関して EN(欧州規格)で規程されている内容を紹介する。

1) Longitudinal rail resistant (レールふく進抵抗): コンクリートまくらぎ用締結装置において、一般的には 7kN/組以上でカテゴリ D(250km/h 以上で走行)の場合には 9kN/組以上とする。ただし、長大橋梁等において、軌道と構造物間で伝達されるこのレールふく進抵抗は購入者と製造者間の合意に基づき、レールふく進抵抗の最小要求値は下げられ得る。また、スラブ軌道用締結装置においても一般的には 7kN/組以上でカテゴリ D(250km/h 以上で走行)の場合には 9kN/組以上とコンクリートまくらぎ用の場合と同様になっている。ただし、ここでも購入者と製造者間の合意に基づき、レールふく進抵抗の最小要求値は下げられ得ることが記述されている。

キーワード レール締結装置, ロングレール, 欧州規格, レールふく進抵抗, バラストレス軌道, 設計標準

連絡先 〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6 日本工営(株)鉄道事業部 鉄道技術部 TEL 03-5276-2561

2) Torsional resistance (レール小返り抵抗)& Clamping force (レール押え力) 等：この二つの項目に関しては、測定方法が規格(EN13146-2 と 7)で指定され測定値を求めて性能を把握するものの、最小・最大要求値等は購入者が必要な場合に指定することになっている。欧州規格では、性能の具体的な規格値が記されているのはレールふく進抵抗と電気抵抗くらいで、他は購入者が製造者との合意の下で指定できることになっている。

2.2 構造物の設計とロングレール管理

構造物の設計においてロングレール縦荷重は重要な設計荷重の 1 つである。このロングレール縦荷重は、バラスト軌道においては、レールとまくらぎは一体となってバラスト道床の中を移動する際のバラスト道床縦抵抗であり、一方、バラストレス軌道においては、レール締結装置のふく進抵抗と等しい。したがって、スラブ軌道等のバラストレス軌道においては、構造物の損傷・破壊を避けるために、ロングレール縦荷重を抑制する必要がある。一方、ロングレール管理において、ふく進抵抗が小さいと可動区間の延長が長くなり、その間のレール伸縮量やロングレール破断時開口量が大きくなるなど、ある一定のふく進抵抗を確保する必要がある。

つまり、バラストレス軌道においては、レールふく進抵抗を設計とロングレール管理の面からある適正な範囲とすることが望まれ、まさにレール締結装置の役割が大きいことが理解できる。

2.3 バラストレス軌道におけるレールふく進抵抗の影響因子

バラストレス軌道においてその役割が大きいレールふく進抵抗に影響する因子を以下に示す。

- 1) レール締結間隔：レール締結間隔が大きくなるとレールふく進抵抗は小さくなる。近年は従来より拡大した締結間隔の軌道も敷設されているため、その効果も考慮する必要がある。
- 2) レール押え力：締結ばねとレールとの接点で作用する力であり、レールふく進抵抗の基本となる。
- 3) レールと締結ばね間摩擦係数：この摩擦係数が大きいとふく進抵抗も大きくなるが、絶縁材がこの間に挿入される場合は、絶縁材と金属(レールとばね)の摩擦係数が対象になる。
- 4) レールと軌道パッド間摩擦係数：3)同様にこのパッド材と金属(レール)間の摩擦係数が大きいとふく進抵抗が大きくなるため、例えば、スラブ軌道ではパッドにステンレス鋼板を装着し摩擦係数を下げている。

以上より、バラストレス軌道においては、締結間隔を広げる、レール押え力を下げる、レール/締結ばね間とレール/軌道パッド間の摩擦係数を下げることでレールふく進抵抗を下げる事が可能である。このような影響因子を考慮し、構造物の設計とロングレール管理の両面からふく進抵抗を制御することを検討することが重要である。

ちなみに、欧州規格(EN)¹⁾では、レールふく進抵抗はバラストレス軌道においても購入者からの指定があるとは言うものの 7kN/組以上が基本であり、軌道当たり 14kN /締結間隔(締結間隔を 0.6m とすると 23kN/m)で、我が国のバラストレス軌道の設計²⁾では、軌道当たり 10kN/m 程度を基本にしているので、2 倍以上の違いがある。このような点を十分考慮して、伸縮継目のストロークなども設計する必要がある。

おわりに

ここでは、レール締結装置をひとつの例に挙げたが、そもそも ISO の規格が定められる過程を専門家あるいは議長として経験してきたが、異なる背景の国と技術者が集まって議論し、合意に達すること自体容易なことではない。海外の鉄道プロジェクトでは、ISO に限らず様々な標準や規格が使われるのであるから、それらの内容を十分に理解でき、その相互間の矛盾を調整し、一定のレベルの解を導き出せる技術力が専門技術者には求められているのである。これからの我が国の鉄道技術者の奮起を大いに期待したい。

参考文献

- 1) EN132481-2&5 :2012 Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems Part 2: fastening system for concrete sleepers & Part 5: Fastening system for slab track with rail on the surface or rail embedded in a channel
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造：.国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編，平成24年1月