# 免震構造物上の軌道構造の概要について

東京地下鉄株式会社　正会員　○　磯崎　光
東京地下鉄株式会社　　佐藤　大祐
東京地下鉄株式会社　　義本　秀一

## 1.はじめに

東京メトロでは，免震機能を備えた構造棟（以下免震構造物）を建設しており，1 階は軌道を敷設し，保守用車用の器材線として計画した．免震構造の機能を最大限に活かし，構造物に負担をかけないためには，免震構造物から地面に乗移る区間でレール軸方向，レール直角方向のいずれにおいても，地震発生時に免震構造物との縁を切る必要が生じる．

そのためには，軌道が水平方向へ摺動する必要がある．また，地震発生時において免震構造物の変位量が一定値を超えると免震構造物の周りにある桁が上部に競り上がる構造のため，免震構造物から地面に乗移る区間では，左右レールの高低差（水準）が生じることから，上下方向移動時に軌間を保持する必要がある．以上の条件から，免震軌道は，レール軸方向に摺動，レール直角方向へ摺動，軌間を保持した状態で水準が可変する軌道構造を基本とし，免震構造区間，免震構造乗移り区間，地面区間の 3 区間で検討をした．今回，免震構造物上の軌道構造（以下免震軌道構造）についての概要と，地震時の挙動についての分析結果を報告する．

## 2.免震軌道構造の概要

免震軌道構造の概要図を図-1 に示す. 免震構造区間での左右のレールは，免震構造に追従するものとし，曲線区間であるため軌間の調整が可能で，分岐器への影響を考慮してレール押さえ力を有する締結構造（橋上 A 型）とした．（図-2）

免震構造乗移り区間では，レール受け鋼材に固定された免震構造部と地面部に分かれた構造であり，地震発生時には免震構造部と地面部の互いに追従しない動きにより，大きな動きが予想される．

このため，地面部は地震時に地面と縁切りを行い，地震の動きに追従させるため，短まくらぎ下にステンレス板を巻立て，下床にはステンレス板を設置し，滑動が可能な構造とした．また，左右のレールの挙動が異なることを考慮し，滑動締結装置（橋上 B 型）とした．加えて，左右レールの高低差（水準）が生じる際，軌間が変位することを防ぐために，水準が可変可能である特殊ゲージタイを用いて，軌間を保持する構造とした．（図-3）

地面区間は，乗移り区間での変位の影響を受ける

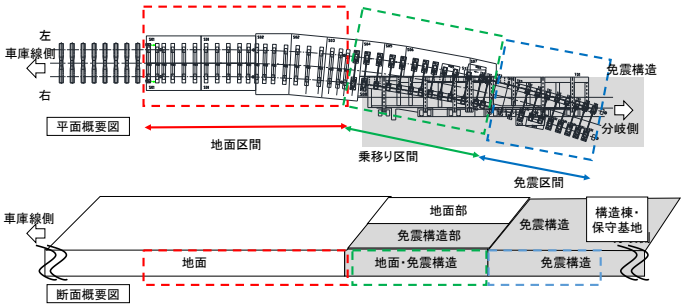


図-1　免震軌道構造概要図

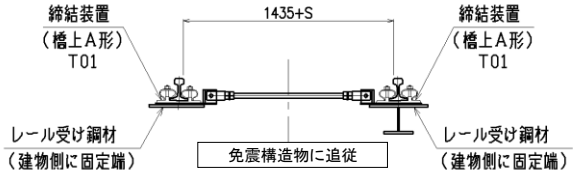


図-2 免震区間の主な構造

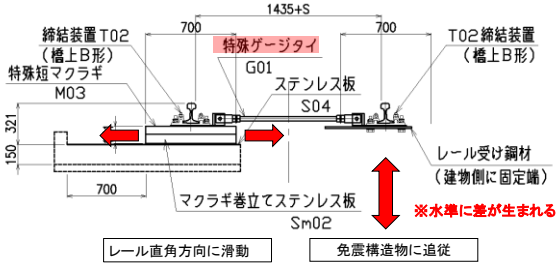


図-3 免震構造乗り移り区間の主な構造

キーワード　免震, 軌道構造, 道床抵抗力, 座屈安定性
連絡先　　〒110-8614　東京都台東区東上野三丁目 19-6　東京地下鉄株式会社　ＴＥＬ03-3837-7092

緩衝区間となる．地面区間の軌道構造は，レール軸方向及びレール直角方向に対して摺動し，免震構造の変位を緩衝する構造とする必要がある．よって，滑動締結装置（橋上 B 型）とし，上記乗り移り区間地面部のステンレス板の構造を合成まくらぎの全面に配置し，レール直角方向の摺動が可能な構造とした．なお，この区間は免震構造に固定されていない区間であり，通常の軌道よりも拘束力が弱いため，軌道の急激な左右変位，座屈安定性に関する照査及び試験敷設を実施し，照査結果を満たすことを確認している．（表-1）

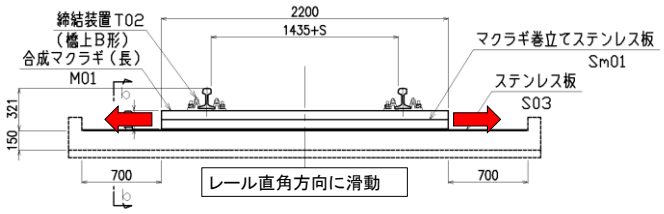


図-4 地面区間の主な構造

表-1 主な設計照査条件

| | |
|---|---|
| レール種別 | 50Nレール |
| レール延長 | 20m（5mレール4本） |
| まくらぎ種類 | 合成まくらぎ |
| 締結装置 | 橋上AおよびB |
| 締結装置間隔 | 0.7m |
| 道床横抵抗力 | 1.8kN/m |
| 最低座屈強度 | 106kN |
| 遊間（25℃時） | 9mm |
| 継目板 | 50N用4本ボルト |
| 締結トルク | 2000kgf・cm |
| 軌間 | 1435mm |
| 半径 | 62m |
| カント | 0mm |
| 車両条件 | 器材線のため、保守用車（20t相当）通過のみ |

## 3.地震の挙動に関する分析

地震時に発生する振動の方向を制御することはできないため，レール軸方向，レール直角方向のいずれに移動が生じる可能性がある．検討した軌道構造は，レール直角方向の力を逃がすことはできるが，レール軸方向の動きは継目遊間，継目板拘束力，継目板ボルトの曲げ抵抗力で対応する必要があるため，各レール温度時においてレール軸方向に地震発生時の圧縮力又は引張力が発生した場合の検討を行った．圧縮力に関しては地震時の構造物変位を免震軌道の遊間 5 箇所（25℃時に遊間 9mm，締結トルク 2000kgf・cm）で吸収し，超過分の変位が軸力として影響するとして算出すると，震度 4 相当の地震で，軸力が最低座屈強度である 106kN を超え，張出しが発生する．（表-2）また，引張力に関しては，地震時の構造物変位が設計上の遊間の限度値である 15.3mm を超過すると，軸力がボルトへのせん断力として影響するとして算出すると，震度 4 相当の地震で継目板ボルト抵抗力の限度値である 186kN（うち，継ぎ目板の拘束力 88.2kN）を超え，ボルト損傷が発生する．（表-3）また，内方変位発生の限度値を算出（まくらぎ配置間隔 0.7m，まくらぎ道床横抵抗力 1.8kN/m，曲線半径 62m）すると 159kN と上記の値と近似した値となるため，内方変位も同時に発生する可能性もある．

表-2 レール温度別圧縮力検討結果

| 震度相当 | 地震時構造物変位 (mm) | 補正遊間 (mm) | 地震時 S(mm) | 発生軸力 P(kN) |
|---|---|---|---|---|
| レール温度60℃ | | | | |
| 2 | 25.1 | 35.0 | 0 | 0 |
| 3 | 33.9 | 35.0 | 0 | 0 |
| 4 | 60.7 | 35.0 | 25.7 | 1819.0 |
| 5 | 109.6 | 35.0 | 74.6 | 5115.3 |

※レール温度25℃、40℃も検討したが、より条件の厳しいレール温度60℃のみ記載

表-3 レール温度別引張力検討結果

| 震度相当 | 地震時構造物変位 (mm) | 1遊間当たり移動量(mm) | 遊間限度15.3mmとの差(mm) | 発生軸力 P(kN) |
|---|---|---|---|---|
| レール温度-10℃ | | | | |
| 2 | 25.1 | 15.0 | 0 | 0 |
| 3 | 33.9 | 16.8 | 1.5 | -79.5 |
| 4 | 60.7 | 22.1 | 6.8 | -368.6 |
| 5 | 109.6 | 31.9 | 16.6 | -896.0 |

※レール温度25℃も検討したが、より条件の厳しいレール温度-10℃のみ記載

検討結果から震度 3 相当までは，継目遊間，継目板拘束力，継目板ボルトの曲げ抵抗力で地震による変位を吸収し，震度 4 以上では張出し・各ボルト損傷等が免震軌道区間で発生することで変位を吸収し，免震構造物に負担をかけない構造となっていることが確認できた．

## 4.まとめ

今回の検討の結果，免震構造区間，免震構造乗移り区間，地面区間の 3 区間において検討し，各震度別の地震時における変位吸収の挙動を確認することができた．当社では震度 5 弱以上を巡回の基準としているが，今後，震度 4 発生時には張出し・各ボルト損傷等の点検・補修を実施し，軌道保守の安全性向上を目指していく．

参考文献

公益財団法人鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（軌道構造）pp173-186

国土交通省鉄道局監修：鉄道に関数技術基準（土木編）第二版 p300-303