

薄型合成橋まくらぎの性能検証

東京地下鉄株式会社 正会員 ○阿部 正和
 東京地下鉄株式会社 正会員 小林 実
 東京地下鉄株式会社 河野 陽介
 東京地下鉄株式会社 森 信治

1. はじめに

東京地下鉄(株)(以下、東京メトロ)日比谷線南千住駅-三ノ輪駅間の南千住第一架道橋は、経年とともに木製橋まくらぎが劣化してきており、合成橋まくらぎに改良を予定している。無道床橋りょう区間は、振動・騒音対策として、弾性型の締結装置を推奨している。しかし、弾性型の締結装置は、タイプレートが厚くなるが、本区間では、縦断勾配の逓減距離を確保することができないので、タイプレートが厚くなった分、橋まくらぎを薄くする必要がある。本区間は、曲線半径が171mと急曲線なので、カント量を確保するため、一部の内軌側でまくらぎ厚が鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造(以下、設計標準)¹⁾に示されている140mmを下回る箇所が発生する。そこで、薄型合成橋まくらぎの性能検証を行った。

2. 薄型合成橋まくらぎの解析

薄型合成橋まくらぎの性能検証をするために解析を行った。解析条件を表1に、解析モデルを図1に示す。実際に敷設する合成橋まくらぎは、カントがあるため、内軌側のみ薄くなるが、解析では簡易的に左右同じ形状とした。過去の知見から片側レールのみ輪重と横圧が作用するより、両側レールに輪重のみが作用した場合の方がレール沈下量及び橋まくらぎの発生応力が大きくなることから³⁾、ここでは、輪重のみを作用させることとした。また、軌道パットの支持ばね係数を考慮しない場合の方が荷重条件として厳しくなるため³⁾、軌道パットは考慮しないこととした。荷重条件は、日比谷線の車両重量から輪重を77.5kNとし、これに普通継目の速度衝撃率を乗じて算出した。

表1 解析条件

列車速度 V	35km/h
列車輪重	77.5kN
速度等の割増込輪重	91.1kN
主桁間隔	1800mm
まくらぎ間隔	440mm
まくらぎ幅	200mm
曲げヤング率	7,590MPa

$$\text{速度衝撃率 } i = 1 + \frac{0.5V}{100} \quad \dots \text{ 式1}$$

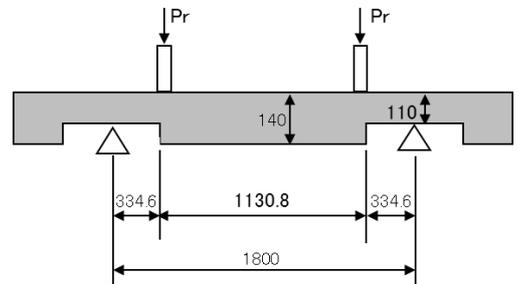


図1 解析モデル

3. 解析結果

レール沈下量及びまくらぎに発生する曲げ応力を表2に示す。橋まくらぎ区間におけるレール沈下量の限度は明らかにされていないため、橋まくらぎの厚さ200mm、幅200mmで、主桁間隔2.0mの場合のレール沈下量から、4.0mmを目安とされている³⁾。本解析結果では、わずかに超えているが、東京メトロの防振軌道区間では、レール沈下量が5.0mm程度で設計されている実績もあることから、4.4mmでも、性能上問題ないと考えられる^{*}。

表2 解析結果

	解析結果	目安値	判定
レール沈下量	4.4mm	4.0mm	※
曲げ応力	14.1MPa	25MPa	○

まくらぎに発生する曲げ応力は、100万回の疲労試験で破壊しない75MPaに対し、安全率を3とした25MPaを目安値とすると、解析結果は14.1MPaであり、目安値以下であった。

キーワード 合成まくらぎ, 強度試験, 疲労試験

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3丁目19番6号 東京地下鉄株式会社

4. 薄型合成橋まくらぎの材料試験概要

薄型合成橋まくらぎを採用するにあたり、設計標準及び JIS E 1203 に準じて、耐曲げ荷重試験及び耐疲労性能試験を行った。

耐曲げ荷重試験の供試体は、まくらぎ厚が最小で 110mm 程度になることから、厚さ 110mm とし、図 2 に示すように、供試体スパンの中央部に集中荷重を加えて、供試体が破壊した時の最大荷重を読み取った。載荷速度は 2.0 ± 0.5 mm/分とし、測定項目は、最大荷重及び最大荷重時のたわみ量とした。

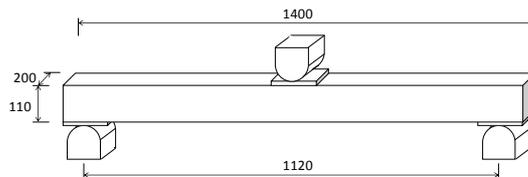


図 2 耐曲げ荷重試験

耐疲労性能試験は、実際に敷設する区間の主桁間隔 (1800mm) となるように、供試体寸法を幅 200mm×厚 110mm×長 2200mm とした。そして、図 3 に示すように支持スパンの中央に 2~5Hz で 100 万回載荷した。JIS では、繰り返し荷重の大きさは、最大曲げ応力が 28.0MPa 発生する荷重と

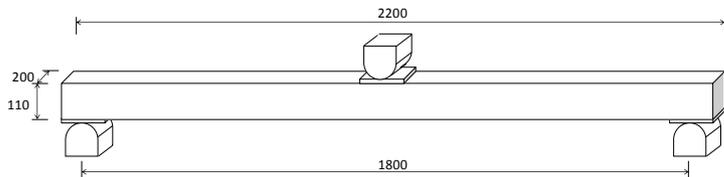


図 3 耐疲労性能試験

されているが、試験機の性能から曲げ応力を定常的に与えることは難しいため、応力発生条件のたわみ量を求めて、変位制御により載荷を行った。測定項目は、試験後の損傷状態及びたわみ量とする。

5. 材料試験結果

耐曲げ荷重試験、耐疲労性能試験の試験結果を表 3 に示す。耐曲げ荷重試験では、196.5kN 載荷した時点で上部が圧壊し、破壊に至った。設計標準では、耐曲げ荷重は 170kN 以上としているため、十分な強度を有していることが分かった。

耐疲労性能試験は、10 万回載荷した時、破壊してはならないとされているが、10 倍の 100 万回載荷したが、ひび割れも発生せず、健全な状態であった。また、試験後のたわみ量も 0.877mm とごくわずかなものであった。

表 3 試験結果

		試験結果		設計標準	判定
耐曲げ荷重試験	最大荷重	196.5kN		170kN 以上	○
	たわみ量	40.3mm		—	—
耐疲労性能試験	試験後の状態	100 万回載荷後 破壊しない		10 万回載荷後 破壊しない	○
	たわみ量	0.824mm	平均 0.877mm	—	—
		0.930mm			

6. まとめ

薄型合成橋まくらぎに対して、解析、耐曲げ荷重試験及び耐疲労性能試験を行った。解析の結果、レール沈下量は、他区間の防振軌道と変わらないことが分かった。また、曲げ荷重試験及び耐疲労性能試験では、十分な曲げ強度及び耐疲労性能が得られ、設計標準を満足することが分かった。以上のことから、薄型合成橋まくらぎが理論上の性能を満たすことが確認できた。しかし、まくらぎ厚 110 mm のものを採用すると、まくらぎと締結装置を締結するねじくぎを加工しなければならない等、140 mm の標準品を使用する場合と比較し、施工上のデメリットが存在する。そのため、本区間では薄型合成橋まくらぎが必要な箇所に限り 110 mm のものを使用するが、標準は 140 mm の合成橋まくらぎを使用していく方針である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 (軌道構造)
- 2) JIS E 1203 合成まくらぎ
- 3) 長藤敬晴, 阿部則次：合成まくらぎ 15 年の経験