平成 16 年 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL'04)

S1-2-1. LRT 対応樹脂固定軌道(INFUNDO)の橋梁への適用について (室内載荷実験による検討)

[土] 〇佐藤 安弘(交通安全環境研) 横地 貴弘(新潟トランシス) [土] 青山 敏幸(ピーエス三菱)

Applying "INFUNDO" The Embedded Rail System for Light Rail to A Bridge (Examination by Model Loading Test in Lab.)

Yasuhiro Sato (National Traffic Safety and Environment Laboratory), Takahiro Yokochi (Niigata Transys), Toshiyuki Aoyama (PS Mitsubishi)

Abstract

A new rail fastening method of track construction has been developed. In this system, the rails are no longer mounted on sleepers but are resiliently embedded along their entire length. The new track "INFUNDO" has been introduced in several cities. However, it has been constructed on the ground only, until now. We think it would be useful if INFUNDO could be applied on bridges. We examined its strength, etc. by model loading test. In this paper, characteristics of the track model, such as stress and displacement between the rail and the concrete slab, are reported.

キーワード:鉄道、ライトレール、軌道、橋梁 (Railway, Light Rail, Track, Bridge)

1. はじめに

従来の路面電車の軌道構造を改善するものとして, 欧州で開発された樹脂固定軌道は、現在まで我が国の 複数の路線で敷設され今後の普及が期待される. "INFUNDO"と呼ばれるこの軌道は、砕石やまくら木及 びレール締結装置を持たない、従来の軌道とは全く異 なる構造で、それらの機能をコンクリートスラブや樹 脂などによって実現するものである. この軌道の特性 については、すでに低床式 LRT 車両等による走行試験 を行い、これまでも報告してきた ¹⁾²⁾が、橋梁のたわみに 対するコンクリートスラブとレールのたわみ追従性な どが十分明らかとなっていないため、橋梁などには適 用されず、通常の地盤上の敷設に限られている、そこで、 橋梁への適用を検討するため、同軌道構造の一部を供 試体として室内載荷実験を行い, レール応力, レール変 位等の測定を行い、その特性の一部を把握したので報 告する.

2. 室内実験の概要

2. 1. 軌道供試体の製作

樹脂固定軌道を敷設する橋梁のたわみに対するレー ル/コンクリート相対変位量や合成度を把握する目的 で,室内載荷実験を行った.

軌道の主な構成部材は、レール、レール周囲を覆う樹 脂,鉄筋コンクリートスラブなどである、供試体の外観 図を図1に示す.試験機の制約により、軌道の片側レー ルとその周囲のコンクリートスラブを切り出した形の 供試体とした.レールは50Nレールを用い、コンクリー トや樹脂の材質等は実際の現場敷設のものと同等であ る.

供試体の曲げ耐力, せん断耐力, 押抜きせん断耐力 の検討は, 2002 年制定 土木学会コンクリート標準示 方書 [構造性能照査編] に基づき計算した. 耐力の計 算では、レールの影響を無視した. コンクリートの設 計基準強度は、40N/mm²、鉄筋は SD295 とする.



図1 樹脂固定軌道供試体

2. 2. 実験方法

測定項目としては、荷重載荷時のレールやコンクリ ートスラブの挙動を調べるため、レール応力、鉄筋応力、 レール/スラブ相対変位、レール圧力などを選定した.レ ール応力については、ひずみゲージを樹脂充填前に取 付け、鉄筋応力は同様にひずみゲージをコンクリート 打設前に取付けた.また、レール圧力は、圧力センサを 樹脂充填前にレール底面に取付けることにより測定し た、測定項目を表1に示し、測定箇所を図2に示す.

実験に際しては、供試体の両端を単純支持し(支間 1.8m), 直径 860mmの車輪を模擬した加圧子により,支 間中央のレール頭部上面に載荷した. 30kN まで往復載 荷, 100kN まで往復載荷ののち, 300kN まで往復載荷を 行った.

平成 16 年 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL '04)

2.1	in the	ЛН
項目	記号	詳細位置
鉄筋計下縁側	S1	底面から60mm上
	S2	
鉄筋計上縁側	S3	上面から57mm下
	S4	
レール底部応力	R1	
2 - 1999 (C.A., 1997) (C.A., 1997)	R2	
レール頭部応力	R3	肩下から20mm上
	R4	and an area to be a second of the second of
レール圧力	A2	∮から30mm
	A3	∮から60mm
	A4	∮から100mm
	A5	∮から180mm
レール/スラブ相対 (橋軸方向)変位	D1	端面から140mm
	D2	支間1/4点
スラブたわみ	D3	支間中央∮
支点沈下	D5	支承部
W. Third P.	D6	

表1 測定項目

3. 実験結果

3.1. 鉄筋応力及びレール応力 100kN まで載荷した結果を図3に, 300kN まで載荷 した結果を図4に, それぞれ示す. S1~S4は鉄筋応力, R1~R4 はレール応力である.図3から、ひびわれ発生 荷重は約85kNであり、荷重を0に戻したとき引張鉄筋 の S1,S2 に残留応力が生じている. 但し、レールの方は 荷重を0に戻したときほとんど応力も0に戻る. 図4 では、荷重 300kN 時の鉄筋応力は 170MPa 程度である が、レールの方は 400MPa 程度発生している.



図3 100kNまで載荷時のレール応力及び鉄筋応力



図4 300kNまで載荷時のレール応力及び鉄筋応力

3. 2. レール圧力

荷重載荷によりレール底面と樹脂との間に作用する 圧力を測定した、100kN まで載荷した結果を図5に、 300kN まで載荷した結果を図6に、それぞれ示す. 図5

より、レール圧力は載荷点に最 も近い A2 が最も高いが, A2~ A4 はあまり変わらず,載荷点に 最も遠い A5 はそれらの半分程 度の圧力となっている. 一方. 図6によれば、レール圧力は 100kN 程度までは荷重に比例し ていたが,以後は非線形となり, 急速に増加する傾向が見られ る. このような状況でも載荷点 に近い箇所の圧力が高く, 載荷 点から離れるほど圧力が低くな る傾向に変わりはない.



図2 測定箇所

60



平成 16 年 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL'04)

3.3.レール・スラブ相対変位及び供試体たわみ 供試体端部でのレール・スラブ相対水平変位(レー ル長手方向) D1, 同じく支間 1/4 点における相対変位 D2及び供試体支間中央部の鉛直方向たわみを図7及び 図8に示す.支間中央部のたわみについては、支点沈下 量を差し引いた供試体の弾性変形を求めている. 図7 より、たわみは約 85kN で急激に増加していることか ら、この荷重でひびわれが発生したことがわかる.その 直前のたわみ量は 0.35mm であった. D1,D2 とたわみと の関係を求めると図9のようになる.供試体のたわみ が増えても、レール・スラブ相対水平変位は端部 D1 で も 0.7mm 程度以下であることがわかる. さらに, ひびわ れが発生した付近のたわみ 0.3mm 程度以上では、レー ル・スラブ相対水平変位が頭打ち傾向になっている. D2 では最大 0.2mm 程度である. このように、ひびわれ 発生荷重相当のたわみよりたわみが増加しても、 レー ル・スラブ相対水平変位はほとんど増加しない傾向に ある.



図7 100kN まで載荷時のレール・スラブ相対変位及 びスラブたわみ









図6 300kN まで載荷時のレール圧力

3.4. レール沈下量

荷重とレール沈下量の関係を図10に示す. 沈下量 2mm, 荷重150kN程度まではほぼ線形(61.5MN/m)で ある. 従って,通常の鉄道車両の輪重程度であれば,十 分線形領域内で使用できるものと思われる.



4. 考察

4. 1. レールとコンクリートスラブとの合成

レール断面を無視した場合の鉄筋応力計算, レール 断面を合成した場合の鉄筋応力計算を行うとともに, レールを無視して全断面有効としたたわみの計算, さ らに, レールを考慮するとともにコンクリートのひび われによる剛性低下を考慮したたわみの計算を行った. たわみについて, 測定値と計算値を比較した結果を 図11に示す. 測定値は, レールを無視して全断面有効 とした計算値と近い値であるが, この場合の鉄筋応力 計算値は, 測定値よりかなり小さいことから, 実際に全 断面有効となっているわけではない. これは, コンクリ ートはりに直接載荷しているのではなく, レールを介 して載荷しているためと考えられる.



図11 供試体のたわみと計算値との比較

4. 2. レール圧力分布

そこで、レール底部の圧力測定値により、スラブが受ける分布荷重の様子を概略把握する.今、圧力センサの 載荷点からの距離を A5 の位置である 180mm を 1 とし て正規化し、また、圧力値について A2 の測定値を 1 と して正規化したものを図12に示す.荷重-圧力関係 がほぼ線形範囲内と見られる荷重 100kN までの範囲で 示した.これによると、載荷荷重にほとんど関係なく、 おおよそ 0.5 くらいの位置までは、圧力1に近く、距離 1で圧力 0.4 程度に減少するという分布をしていること がわかる.また、荷重が変化しても分布形状がほとんど 変わらないことがわかる.



図12 載荷点からの距離とレール圧力の関係

5. まとめ

樹脂固定軌道構造の一部を供試体として室内載荷実 験を行い、レール応力、レール変位等の測定により、そ の特性の一部を把握した. その結果は次の通りである.

- (1) 通常の作用輪重範囲をカバーする 100kN 程度までは、レール圧力、レール沈下量など、樹脂は線形に振る舞うことを確認した.
- (2)ひび割れ発生たわみを超えると、橋軸方向のレー ル・スラブ相対変位は頭打ちになる傾向が見られ る.
- (3) スラブたわみ量は、レールを無視した全断面有効の計算値に近い結果となった.これは、実際はレールを介して載荷しているため、スラブに対して分布荷重となったためと考えられる.
- (4) レール下部の樹脂に働くレール圧力分布を明らか にした.

今後は、更に長支間の供試体による実験を検討する とともに、同軌道をたわみの小さい短支間の橋梁から 手始めに敷設して、推移を観測していくことになろう.

<参考文献>

1) 佐藤ほか, J-Rail'01, p431, 2001. 2) 佐藤ほか, J-Rail'02, p333, 2002.