

鉄道橋下路トラス桁における連続 RC 床版の乾燥収縮に関する検討

<下横構を省略した合理化トラスの開発>

日本鉄道建設公団 正会員 保坂 鐵矢
 ○(株)トーニチコンサルタント 正会員 久保 武明
 八千代エンジニアリング(株) 非会員 荒木 信博

1.はじめに 下路トラス桁の床組に RC 床版を設ける場合、鋼とコンクリートの弾性係数の相違による力学挙動について評価する必要がある。このため、RC 床版を有する鉄道橋トラス桁では、格点横桁位置ごとに線路直角方向目地を設け、RC 床版は縦桁を支点とした線路直角方向の応力挙動について評価し、線路方向は乾燥収縮等に起因する応力が目地により開放されるとした考え方を採用しているのが一般的である。しかし、この目地工の耐久性は信頼度が低く、目地部からの漏水等により床組部材の腐食が認められる事例が生じており、維持管理の観点から目地は少ない方がよい。さらに、目地を少なくすることによる床組の剛性向上は、トラス桁の全体剛性向上に寄与し、床版のシェル効果から下横構の省略が可能になり、経済的にも有効な構造となる。しかし、目地数の削減を目的とした 1 支間に目地を設けない連続化した RC 床版を採用するためには、乾燥収縮等の影響を床版のみならず主構にも考慮する必要がある。そこで、乾燥収縮がトラス桁主構と RC 床版に与える影響について解析的検討を実施した。本稿はその内容について報告する。

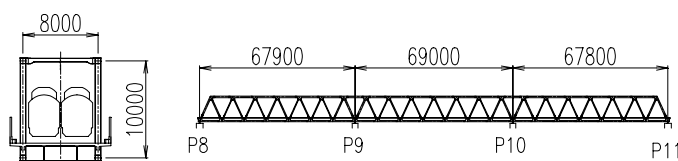


図-1 解析対象

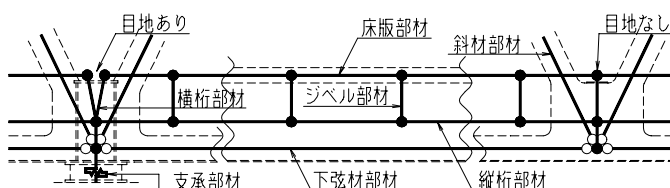


図-2 解析モデル図

2.解析条件 **2-1.解析対象とモデル化** 図-1, 図-2 にそれぞれ解析対象および解析モデル図を示す。解析には 2 次元平面骨組解析を用い、主構、縦横桁、ずれ止め及び RC 床版を梁にモデル化した。ずれ止めには鉄道橋で採用されているスタッドジベルと柔ジベルを用いた。ずれ止めはバネ定数を「スタッドジベル(φ19mm) : $3.0 \times 10^5 \text{ kN/m}$ (1 個当たり)、柔ジベル(H-150×150) : $2.0 \times 10^3 \text{ kN/m}$ (1 個当たり)」とし¹⁾、等価な曲げ剛性を持つ梁にモデル化した。なお、横桁は平面骨組で解析するため、横桁の面外剛性と等価な曲げ剛性を持つ梁にモデル化した。

2-2.解析ケース 目地間隔は、「1 格点ごとに目地を設ける」「2 または 3 格点ごとに目地を設ける」「3 または 4 格点ごとに目地を設ける」「1 支間・7 格点ごとに目地を設ける」の 4 種類とした。また、ずれ止めは「すべてスタッドジベル」「すべて柔ジベル」「スタッドジベル+柔ジベルの組合せ」の 3 種類とした。これらの組合せにより、解析ケースは表-1 に示す計 11 ケースとした。

2-3.荷重条件 解析検討における荷重は、RC 床版の乾燥収縮の影響のみとした。RC 床版の乾燥収縮を荷重として評価するため、乾燥収縮を温度変化($T = \varepsilon_s / \alpha = 20 \times 10^{-5} / 1.2 \times 10^{-5} = 16.7^\circ\text{C}$, T : 温度変化, ε_s : 乾燥収縮度, α : コンクリートの線膨張係数²⁾)に換算し、図-2 に示す解析モデル図の床版部材に載荷した。

表-1 検討ケース

ケース	ずれ止めの種類	目地間隔
1	スタッド	1格点
2	柔ジベル	9.7m
3	スタッド	2, 3格点 9.7~ 29.1 m
4	柔ジベル	
5	スタッド +柔ジベル	3, 4格点 29.1~ 38.8m
6	スタッド	
7	柔ジベル	
8	スタッド +柔ジベル	1支間 ・7格点 67.9m
9	スタッド	
10	柔ジベル	
11	スタッド +柔ジベル	

キーワード：鉄道橋下路トラス桁、目地数の削減、乾燥収縮、下横構の省略

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 日本鉄道建設公団設計技術室 Tel:03-3506-1860 Fax:03-3560-1891

〒151-0071 東京都渋谷区本町 1-13-3 (株)トーニチコンサルタント Tel:03-3374-4084 Fax:03-3374-4744

4.解析結果 目地間隔別の軸力の比較を表-2 に、ずれ止め別の軸力の比較を表-3 に示す。表-2 は主構と床版に対する影響が最も大きくなると考えられるスタッドジベルの場合に着目した。表-3 は1支間・7格点の場合について比較している。また、表-2,3 に示したケースは表-1 と対応しており、解析結果と設計値については各部材ごとの最大値を示している。なお、設計値とは実施設計にて部材断面が決定された軸力である。

4-1.主構への影響 主構にはトラス桁全体が圧縮となる軸力が生じる。RC 床版の目地間隔が長くなるにつれて Nsh は増加し、その割合はケース 1 に比べ 20%程度の増加であった。これを設計値に対して比較すると、5～7%の増加であり、目地間隔により主構部材は大きく影響を受けるものではないと考えられる。

4-2.床版への影響 RC 床版には主構とは逆に引張軸力が生じる。RC 床版も主構と同様に目地間隔が長くなるにつれて Nsh は増加するが、従来タイプ（ケース 1）に比べ 15%の増加でしかない。これにより、従来タイプの鉄筋配置を補強することで、1支間内に目地を設けない RC 床版を採用することが可能であると考えた。

4-3.ジベルの種類 縦桁は連続構造であるため、ずれ止めを配置する上フランジは横桁との交点付近において引張領域となる。疲労設計から引張領域にはスタッドジベルを配置し難いため、表-3 よりスタッド（ケース 9）とスタッド+柔ジベル（ケース 11）を比較し、2つのケースの主構に対する影響は同等であることを確認した。

5.実施設計への採用 乾燥収縮は主構に対して大きく影響を与えるものではないが、限界状態設計法の主旨から無視できるものでもないと考え、軸力を加算して部材断面を決定した。RC 床版に対しては、上記の乾燥収縮による軸力以外にも、主構との協同作用による軸力と縦桁との合成床組作用に配慮して、線路方向引張鉄筋の応力度を評価し、床版上面のひび割れ幅を抑制する目的で検討を行い^{3) 4) 5)} 線路方向鉄筋を配置した。ずれ止めは、引張領域に柔ジベルを配置したケース 11 を用い、耐疲労性の向上を図った。

6.まとめ 1支間内に目地を設けない連続化した RC 床版の採用に際して、本解析検討では主構に対して6～7%程度の軸力増となった。これにより、主構の鋼重は格点ごとに目地を有する従来タイプに比べ2%程度の増加となる。しかし、全体鋼重は下横構の省略が可能になることにより6%程度の減少となり、トラス桁は全体剛性の向上に伴い終局耐力が向上し、維持管理費の削減なども含めた経済的な合理的な構造となった。この合理化トラスとしては、本稿で述べた RC 床版における目地数の削減は1事例であり、先人達の築いたディテールを基にしたコンパクト化格点構造の実用化、その他にも主構に鋼管を用いるトラスなどが研究中である。本研究が耐久性を有し、トータルコストの低減を目標とした合理化トラスの開発の一助となれば幸いである。

【参考文献】1) 保坂，平城，小枝，橘，渡辺：鉄道用連続合成桁に用いるずれ止め構造のせん断特性に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.44A，pp1497～1504，1998.3 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，1992.10 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，1992.10 4) 日本道路協会：道路橋示方書 鋼橋編，1996.8 5) K.Roik，G.Hanswille，伊藤，平城：合成桁におけるひび割れ幅の制限，橋梁と基礎，1993.2 6) 井口，津金，八巻：コンクリート床版を合成した鉄道下路トラス橋の設計，土木学会年次学術講演会，1991.9

表-2 目地箇所別軸力の比較表

ケース	解析結果：乾燥収縮Nsh(kN)				設計値 (kN) : Nsh 含まず
	1	3	6	9	
目地 間隔	1 格点 9.7m	2,3格点 19.4～ 29.1m	3,4格点 29.1～ 38.8m	1支間・ 7格点 67.9m	
上弦材	-338.6	-389.2	-397.6	-407.1	-6604.0
下弦材	-330.0	-374.2	-384.1	-394.2	-5747.0
床 版	1193.8	1345.6	1359.3	1374.2	—
ケース1に対する比率					
上弦材	1.00	1.15	1.17	1.20	—
下弦材	1.00	1.13	1.16	1.19	—
床 版	1.00	1.13	1.14	1.15	—
設計値に対する比率					
上弦材	0.05	0.06	0.06	0.06	1.00
下弦材	0.06	0.07	0.07	0.07	1.00

表-3 ずれ止め種類別軸力の比較表

ケース	解析結果：乾燥収縮 Nsh (kN)		設計値 (kN) : Nsh 含まず
	9	11	
ずれ止 め種類	スタッド	スタッド+ 柔ジベル	
上弦材	-407.1	-405.4	-6604.0
下弦材	-394.2	-392.0	-5747.0
床 版	1374.2	1367.2	—
ケース9に対する比率			
上弦材	1.00	1.00	—
下弦材	1.00	0.99	—
床 版	1.00	0.99	—
設計値に対する比率			
上弦材	0.06	0.06	1.00
下弦材	0.07	0.07	1.00