1.	はじめに

レールを接続するレール継目部には,普通継目板 をはじめに各種継目板が使用されている. 継目板の 設計・評価に際し,精度の良い解析を行うことは有 用である.本研究では50kgNレール用の普通継目板 を対象に静的載荷試験と静的解析を行い,継目板の 曲げ応力に関する基礎的検討を行った.

2. 静的載荷試験

普通継目を模擬した試験用軌きょうを組み立て, 静的載荷試験を実施した.試験用軌きょうを図1に 示す.まくらぎ配列間隔はバラスト軌道で想定され る最も厳しい条件である29本/25mの場合を採用し, 継目部の支持状態は「かけ継ぎ」および「支え継ぎ」 の場合の試験を実施した.輪重は継目部の衝撃によ る荷重の増加分を考慮して,静止輪重 85kN に対し 100%割増した170kN とし,レール端部より 30mm 離れた位置に載荷した.曲げ応力は,普通継目板中 央の底部下面から高さ10mmの底部側面位置(図2 の測点①)を測定した.



図1 試験用軌きょう(かけ継ぎの場合)

上記の試験では,底部下 面である継目板の最大曲 げ応力が測定されていな いことから,3点曲げの静 的載荷試験を実施し,底部 側面10mm高さ位置(図



キーワード 普通継目板, Zimmermann

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

鉄道総合技術研究所 正会員〇高原 崇 鉄道総合技術研究所 正会員 片岡 宏夫 鉄道総合技術研究所 正会員 弟子丸 将 鉄道総合技術研究所 正会員 西田 博貴

2の測点①)と底部下面(図2の測点②)の曲げ応 力の関係を確認し

た.3点曲げの静 的載荷試験結果を 表1に示す.底部 下面の曲げ応力は, 底部側面の曲げ応

表1	試験結	表	
士持律法	曲げ応力 (N/mm ²)		
又行傳垣	底部側面	底部下面	
かけ継ぎ	102	174	
支え継ぎ	113	194	

力の 1.6~1.7 倍であった.

3. 有限要素法による静的解析

普通継目
の有デルを構
築し、普通
縦目
板店
板店
(1)
(1)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)
(2)</



図3 解析モデル図の例(かけ継ぎ)

継ぎの場合の解析モデルを 示す.モデルは全長約8mと し,まくらぎの配置間隔や荷 重条件は2章の試験と同等 とした.継目板底部の曲げ応 力の解析結果を表2に示す.

表 2 解析結果					
士扶捷法	曲げ応力				
又村伸垣	(N/mm^2)				
かけ継ぎ	178				
支え継ぎ	208				

4. Zimmermann の理論式による解析

レール 継 目 部 の 力 学 的 解 析 法 と し て , Zimmermann の理論式 (以下,「理論解析」という) が知られている¹⁾²⁾. 解析モデルを図4に示す. この



鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部(軌道構造) TEL 042-573-7275

-205-



$P: 輪重 , a_0: 継目圧力間隔$
a ₁ :継目部まくらぎ間隔の1/2
a:継目部に隣接するまくらぎ間隔
D: レール支承体沈下係数
I _r :レールの断面 2 次モーメント
I _f :両側継目板の断面 2 次モーメント
E _r :レールのヤング率 , E _f :継目板のヤング率
ε:レールと継目板の上下遊び間隔の1/2
$\alpha_0=a_0/a \ , \qquad \alpha_1=a_1/a \ , \qquad \gamma=B/D \ , \qquad B=6E_rI_r/a^3$

本モデルを用い,継目板に継目圧力Rが作用した 場合の最大曲げモーメントおよび最大曲げ応力を求 めた.解析はレールおよび継目板それぞれの接触状 態を考慮して図5に示す4ケースの継目圧力モデル を仮定し実施した.

解析結果を表3に示す.表3から曲げ応力は解析 ケース1が一番大きく229N/mm²となった.



(a): 継目圧力がレールと継目板端部に集中荷重として作用する場合

(b):継目圧力がレールと継目板端部から 10mm の位置に集中荷重と して作用する場合

- (c):継目圧力が継目板の上面の中央に全長の1/2と下面の両端部に 全長の1/4の長さで三角形の分布荷重が作用する場合で三角形 の分布荷重を図心位置で集中荷重に換算した場合
- (d):(c)と同様に三角形の分布荷重を考えているが継目板の上面で全 長の1/3と下面の両端部に全長の1/6の長さの三角形の分布荷 重とし三角形の分布荷重を図心位置で集中荷重に換算した場合

図5 解析における継目圧力モデル

	単位	解析ケース			
		1	2	3	4
継目板圧力	kN	98	102	121	112
曲げモーメント	kN•m	27	27	23	24
曲げ応力	N/mm^2	229	222	189	205

表3 解析結果

5. 試験結果と解析結果の比較

変動応力の試験結果と解析結果を図6に示す.静

的載荷試験の結果 と比べ, FEM 解析 の結果は同程度で あり,解析ケース1 の理論解析の結果 は3割程度大きかっ た.表3の解析結果



のうち,解析ケース3が静的載荷試験と同程度となり, 圧力の分布の仮定が適切であることがわかった.

6. まくらぎ間隔を広げた場合

まくらぎ配置 間隔を 600mm の等間隔とした, かけ継ぎの軌き ようについて静 的載荷試験を実 施し,理論解析 の結果と比較し



図7 遊び間隔の影響

た. なお, 鉛直載荷荷重は 150kN としている. 解析 ケース別の解析結果と試験結果を図7に示す. ここ で,理論解析において ε (レールと継目板の上下遊び 間隔の1/2)を変えて解析した結果を併せて記載した. 5章と同様に $\varepsilon = 0$ とした解析ケース3では試験結 果と同程度であった. ε は継目板とレールのあご下の 摩耗等によって生じるものであり,これにより曲げ 応力が大きく変化することがわかる.

7.まとめ

本研究ではレール支承体沈下係数が約 30MN/m の 50kgN レール継目部について,試験と解析から得 られる普通継目板曲げ応力の比較を行った.試験結 果と比較し, FEM 解析は同程度の結果が得られるも のの,理論解析の結果は全体的に大きく算出される 傾向にあった.理論解析は解析ケース3で試験結果 と同程度であり,基本的にはこの圧力分布モデルに 基づいた算定を行ってよいと考えるが,ばね定数が さらに低い場合や 60kg レールなど条件が異なる場 合にはさらに検証を進めることが望ましい.

参考文献

- 1) H.Zimmermann:「EISENBAHN-OBERBAUES」, VERLAG VON ERNST & KORN, 1888 年
- 佐藤吉彦,梅原利之:線路工学,(社)日本鉄道施設 協会,1987年

-206-