列車荷重を考慮した座屈安定性の評価

鉄道総合技術研究所	正会員	○高原	正樹
鉄道総合技術研究所	正会員	柳川	秀明
鉄道総合技術研究所	正会員	片岡	宏夫

1. はじめに

列車荷重による軌道のアップリフト、振動、横圧が座屈安定性に影響することが指摘されている。そこで、列車 荷重に伴う軌道のアップリフト区間および正のレール圧力が作用する区間の振動加速度レベルを想定した、加振時 の道床横抵抗力試験を実施した。試験結果と浮き上がり時および載荷時の道床横抵抗力特性を組み合わせて、軌道 のアップリフトおよび振動を考慮した座屈解析を行い、それらが座屈荷重に与える影響を調べた。

2. 加振時の道床横抵抗力試験

2.1 標準道床形状の道床横抵抗力試験

図1に示すようにまくらぎ2本および長さ 1.7m の短尺レール 2本で組み立てた試験軌きょうに加振装置を据え付け、加振した 状態の軌きょうを横引きすることで道床横抵抗力を測定した。試 験に先立って予備加振試験を実施し、加振条件を表1のように決 定した。また、軌道条件はまくらぎ間隔 582mm、道床厚 250mm、 道床肩幅 400mm とし余盛りは無しとした。

道床横抵抗力特性は、次式により近似される。

ここで、g:道床横抵抗力 (kN)、g0:最終横抵抗力 (kN)、y: まくらぎ横変位量 (mm)、a:g=g0/2となるときのまくらぎ横変 位 (mm) を表す。

試験結果より、各試験条件ごとの道床横抵抗力特性を式(1)に 基づいて回帰分析を行った結果、加振モーメントの増加に伴いgo が低下する傾向を示した。



表1 加振条件

加振 モーメント	周波数	記事		
ON•cm		無加振		
49N∙cm		アップリフト区間を		
59N•cm	60Hz	想定		
118N•cm		正のレール圧力が作用		
147N•cm		する区間を想定		

2.2 道床形状別の道床横抵抗力試験

まくらぎの底面、側面、端面の道床横抵抗力の加振時の分担力を調べるため、底面のみ、底面+側面、底面+端 面の3種類の道床形状を設定し、加振した状態で道床横抵抗力を測定した。試験条件は、前述の条件と同様とした。

図2に試験結果を示す。図中の曲線は式(1)に基づく回帰分析により求められた曲線であり、各点は測定値の平 均値である。低下の程度は異なるが、全体的に加振モーメントの増加に伴いgoが低下する傾向を示した。



連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL:042-573-7275 FAX:042-573-7432

2.3 考 察

道床横抵抗力試験の結果から、振動により道床横抵抗力が低下する ことは明らかであり、列車通過時の道床横抵抗力を評価するには、振 動を考慮する必要があることがわかった。

道床形状別の道床横抵抗力試験において測定されたまくらぎ振動加 速度レベルと、回帰分析により求められた go の関係を図3に示す。 道床形状が底面のみの場合、まくらぎ振動加速度レベルが120dB 付近 では無加振と同等の go を示し、130dB 付近になると go が低下してい るが、他の形状では加速度レベルの増加に伴い go が低下していた。

ここで、まくらぎと道床の間に作用する力を求めると、加速度レベ ルが120dB付近の場合にはまくらぎの浮きが生じていないのに対し、 130dB付近では浮きが生じていた。したがって、まくらぎ底面のgo はまくらぎ底面の荷重が抜けた場合に低下することがわかった。



また、aの値はばらつきがあるものの、加速度レベルの増加に伴って増加する傾向があることがわかった。

3. 軌道のアップリフトと振動を考慮した座屈解析

試験結果にはばらつきがあっため、佐藤らの手法¹¹を参考にしてg0の補正を行い各面の分担力を求めた。その結果を表2に示す。この結果を基に、無加振時のまくらぎ各面の分担率をそれぞれ1/3とし、過去に求めた浮き上がり時および載荷時の道床横抵抗力特性と組み合わせ

て、goとaを以下のようにまとめた。

表2 補正後の道床横抵抗力特性値

加振	最終道床横抵抗力g0(kN/本)					係数a(mm)		
モーメント	底	底 面		側面		端面		差
(N·cm)	値	比 率	値	比 率	値	比率		
無加振	3.73	1.00	2.39	1.00	1.74	1.00	0.08	0.00
49	3.76	0.08	0.78	0.34	1.28	0.72	0.37	0.20
59	3.53	0.90	0.80	0. 54	1.14	0.72	0.57	0.29
118	2.52	0.65	-0.35	-0.20	1.10	0.22	1 07	1 70
147	2.42	0.05	-0.60	-0.20	0.01	0.33	1.07	1.79

アップリフト区間: $g_0 = g_0*/3 \times (0.65+0.34+0.72) = 0.57 \times g_0*$ (N/cm) $a = a*+0.017 \times u_z+0.03$ (cm)

正のレール圧力が: $g_0 = (0.80 \times p + g_0 * / 3) \times 1.00 + g_0 * / 3 \times 0.33$ (N/cm) 作用する区間 a = a * + 0.18 (cm)

解析には、道床横抵抗力特性の変化および正弦波を組み合わせて仮定 した初期軌道狂いを考慮することができる座屈安定性解析プログラム²⁾ を用いた。解析は、曲線半径 600m では初期狂い波高と初期狂い半波長 の組合せを5ケース、直線では7ケースについて実施した。

解析結果の一例を図4に示す。このケースでは、列車荷重を考慮した 場合の座屈発生の温度上昇量 T_A と最低座屈強さの温度上昇量 T_c は、 無載荷時の値よりも低下する結果となった。解析の結果、初期軌道狂い 波長がアップリフト区間より短い場合には、載荷時の T_A と T_c は無載 荷時より低下し、長い場合には増加する傾向を示した。ただし、載荷時 の T_A は現在の管理手法における許容値を満たしていた。

4. まとめ

本研究において、列車荷重による軌道のアップリフトおよび振動が座 屈荷重に与える影響を明らかにした。今後は、横圧が座屈安定性に与え る影響について、研究を進める予定である。

最後に、本研究を実施するにあたりご協力頂いた北海道旅客鉄道株式会社に感謝いたします。

[参考文献]

1) 佐藤吉彦、宮井徹: 各種有道床まくらぎ軌道の道床横抵抗力とその特性、鉄道技術研究所速報、No. 76-150、p. 16、1976.11

2) 柳川秀明、片岡宏夫: 軌道のアップリフトによる座屈荷重への影響の検討、第55回土木学会年次講演会、IV-267、2000.9



g0*:無載荷時の最終道床横抵抗力(N/cm)

Uz:まくらぎの浮き量(cm)

p:レール圧力(N/cm) a*:無載荷時の係数(cm)