基盤傾斜部において発生する地震時のレール軸ひずみに関する基礎的検討

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 室野剛隆 川西智浩(株)日建設計シビル 正会員 西山誠治 堀泰三

1.はじめに

不整形地盤など,地盤条件が線路方向に変化する場合には,地震時に地盤のひずみの局所化が発生し,レールに大きな軸ひずみが発生する可能性がある.そこで,本研究では,代表的な不整形地盤を例にして,2次元 FEM 解析を実施し,地盤やレールに発生するひずみの基礎的な性状を把握する.今回の検討は,基礎的な性状を把握することを目的とするため,線形解析とする.

2. 検討条件

解析は,地盤条件を変化させた2次元 FEM 動的解析とし,地表面のひずみ分布およびレールの軸ひずみを 算定する.解析ケースを表1に,解析モデル・地盤の物性値を図1に示す.軌道は,1軌道(幅2.4m 枕木幅) で降伏変位10mm,降伏力18kNの特性を単位幅に換算して高さ2mのソリッド要素で表現した.レールは, 1 軌道あたり60kgf レール2本を単位幅に換算して考慮する.地盤は,2×2mの正方形メッシュとし,傾斜 部は階段状にモデル化した.境界は,底面粘性境界とし,側面は幅100mの要素を付加し,その両端を等変位 拘束とした入力地震動は,堆積層の固有周期0.8秒と,その半分の0.4秒を中心周期とするRicker Wavelet(振 幅は1m/s²)とする.減衰は,レイリー減衰とし,1次固有振動数と5Hzでh=0.15とする.レールは,全長を 連続させた場合と,地表での不整形開始部から26m基盤側でレールジョイントを有する場合の2種類を考え る.ジョイントを有する場合は,26mより基盤側のレールのモデル化は省略した.

3. 検討結果

検討結果の一例として, Case1-1の応答の最大値分布を図2に示す.これより, レール軸ひずみは地盤剛性 変化点を中心に大きくなること,地盤の線路方向軸ひずみは地盤剛性変化点を最大として表層地盤側で大きい ことが分かる.なお,地盤ひずみは最も地表に近い要素中心の値である.レール軸ひずみは,地盤から伝達さ れる軸力により発生するが,レールと地盤間に軌道要素があるため,硬質地盤上では軌道要素が緩衝材となり, 剛性変化点でのレール軸ひずみを地盤ひずみよりも小さくし,さらに硬質地盤側にレール軸ひずみが平均化さ れると考えられる.

レールにジョイントがあった場合の比較を図 3(1)に示す.レール端部の開放により,レール軸ひずみは低減 されている.これより,レールのジョイントは,ひずみの低減に有効といえる.つぎに,Case1-1 で Ricker 波の卓越周期の相違による応答を図 3(2)に示す.中心周期 0.4 秒の Ricker 波では,基盤傾斜部の基盤までの 距離が表層厚の半分になる点で応答が局所的に大きくなり,大きなレール軸ひずみが生じる可能性が考えられ る.しかし,ここでレール軸ひずみは局所的に大きくはならない.レール軸ひずみは,線路に作用する力の積 分値と関係が深く,表層地盤全体の大きな挙動に支配されていると考えられる.つぎに,傾斜の両側と片側の 比較を図 3(3)に示す.両側傾斜についても,今回程度距離が離れていれば,両側の最大値は片側の結果と等し いことが分かる.さらに,角度の影響を整理して図 3(4)に示す.これより,レール軸ひずみは,さほど角度の 影響を受けないことが分かる.これも表層地盤全体の大きな挙動が支配的なためと考えられる.

最後に,レール軸ひずみの最大値をまとめて図4に示す.両側傾斜を除くと,傾斜角度が小さいほどひずみ が大きくなる傾向になるが,その影響は小さい.

1-058

4.まとめ

既往の地震被害事例を見ても,地震時にレールが座屈する事例も見られる.それらは,橋台背面地盤の沈下 やバラストが流動することにより,横抵抗が不足することに起因することが多い.そのため,地震時のレール の変状と地形条件との相関など,あまり考慮されてこなかった.しかし,今回,代表的な不整形地盤を例にし て2次元 FEM 解析を実施し,地盤やレールに発生するひずみの基礎的な性状の検討を行ったところ,局所的 には大きなひずみがレールに発生する可能性も分かった.今後,地盤や軌道とレール面のすべりなどを考慮し て,より実際的な条件の検討を行う予定である. 表1 解析ケース

