

## 第9章 まとめ

新潟県中越地震における200系新幹線車両の脱線のメカニズムを解明する際の参考とするため、地震時の車両走行に関するシミュレーション解析を行った。検討により得られた知見を以下にまとめる。

第1章では、本調査検討の経緯、概要について示した。

第2章では、脱線の概要と検討の手順について示した。

第3章では、地震後の土質調査結果と建設当時の土質調査結果を用いて、地盤構造をモデル化した。新長岡 SSP で観測された地震波（EW成分）をもとに推定した基盤波を入力して、時刻歴非線形動的解析法により地盤の地震応答を算定した。その結果、地表面では350～400gal前後の加速度が発生しているが、局所的に700gal程度の大きな加速度が発生している箇所が見られた。脱線開始地点の十日町 R3 高架橋付近では、概ね390gal程度の加速度が発生した。

第4章では、実構造物のコンクリートおよび鉄筋を採取し、強度試験を行い、得られた結果から解析に用いる定数として、コンクリートの圧縮強度 $f'_{ck} : 33 \text{ N/mm}^2$ 、軸方向鉄筋の降伏強度 $f_{yk} : 370 \text{ N/mm}^2$ 、軸方向鉄筋のヤング係数 $E_s : 200 \text{ kN/mm}^2$ を推定した。また、脱線地区の構造物の静的非線形解析を行ない、得られた結果を各構造物の降伏過程毎に整理し、1質点系モデル用の骨格線モデルを算定した。

第5章では、15種類の構造物（渡沢北1A, 5P, 7P, 11P, 13P, 浄土川橋梁1P, 2P, 3P, 十日町高架橋R1, 1P, 2P, R3, R4, R5, R6）について、第4章で算定した非線形特性（骨格曲線）を有する構造物を1自由度系にモデル化し、第3章で推定された地表面地震波を受けた場合の地震応答値（応答波形）を算定した。その結果、応答は概ね塑性率2以下の範囲で収まっており、目視による調査結果と整合していることを確認した。

第6章では、1質点系モデルの動的非線形解析から、構造物群上を走行する場合の車輪の走行軌跡を算定する手法を提案し、構造物群上に発生する動的角折れを算定した。その結果、構造物の境界に生じる不同変位、即ち角折れ量は10/1000程度であった。

第7章では、200系新幹線電車のシミュレーションモデルを作成し、推定された構造物の地震応答波形を用いて車両挙動解析を実施した。その結果、十日町 BL R3 上では約6.9秒付近で右側に、R4上では約7.7秒付近で左側に、R5上では約7.0秒付近で右側に、いずれの構造物上でも脱線し、地震動を原因とした脱線の可能性が十分にあることが分かった。

また、動的角折れを考慮した構造物上の車両挙動シミュレーションからは、入力した推定地震波の時刻ゼロのときに、車両の第1軸がキロ程約205k786m～826mもし

くは205k646mにあったタイミングで走行している場合に、十日町 BL R3 から R6 の間で脱線することが推測された。

第8章では、推定地震波と各車両の脱線位置との対応を調べた。スラブ軌道上の車輪走行痕等から、最初に10号車第4軸が206k217m付近で脱線し、その約0.8秒、3.9秒、4.5秒後に8, 5, 4号車が脱線したと推定されている。これに対し、車両の挙動解析結果から、地震波開始後約6.9秒付近において8号車第1軸が十日町 BL R3 上の206k191m地点で右側に脱線したと考えれば、「とき325号（325C列車）」の各号車・各軸が脱線した地点・脱線順序と脱線に影響を及ぼした推定地震動波形との対応、軌間拡大発生箇所と列車位置との関係について、事故現場の状況から推定される事実と符合することが確認できた。

以上、新潟県中越地震における上越新幹線「とき325号」の脱線に関して、脱線現場付近の地震動の推定、構造物の振動解析、車両挙動解析を行った結果、新潟県中越地震により発生した地震動によって当該車両は脱線する可能性があること、それは脱線の現場から推測される事象と符合することが示された。