

地震時における高速鉄道の安全解析法

京都大学防災研究所 正員 亀田弘行 横河橋梁 正員 白水晃生

1. はじめに 地震時における高速鉄道列車の安全性は、列車が地震動により破壊（大変形）を受けた軌道に突入するかどうかに支配される。このとき、軌道破壊箇所が少ないほど、列車の制動性能がよいほど、また制動開始後、軌道破壊が起こるまでの時間の余裕が大きいほど列車安全性は高くなる。さらに、列車が軌道破壊箇所に突入するとしても、列車被害の程度は突入するときの速度に影響されると考えられる。そこで、本研究は地震時にランダムに発生する軌道破壊に対する列車の安全性について、既に発表されたシミュレーション・モデル¹⁾²⁾を改良し、路線構造物の耐震強度の影響、減速のための余裕時間の影響などの解析法を示したもので、これによりライフライン地震学の発展に寄与しようとするものである。適用例としては東海道新幹線を想定したが、本研究は解析法を提示することが目的であり、新幹線の安全性を絶対評価したのではない。

2. シミュレーションの手順¹⁾²⁾ i) 想定した地震について 表1に示すように2通りの地震を想定した。諸元については表中に示す通りである。

ii) 軌道破壊の発生について

表1 地震(A),(B)の諸元とそれぞれにおける想定被害区間長

軌道破壊は構造条件が一樣でかつ地震動の強度が等しいところではポアソン過程に基づいて発生するものとした。このとき軌道破壊の平均発生率 ν は次式から決定するものとした。

$$\nu = \bar{\nu} \cdot \nu_1 \cdot \nu_2 \quad (1)$$

ν_1 は地盤条件を考慮した構造物別による補正係数、 ν_2 は震度階による補正係数である。 $\bar{\nu}$ は平均破壊発生率の基準値である。

$\bar{\nu}$ には0.1, 1.0の2通りの値を用い

表2 地震(A),(B)の被害区間内で各構造物が占める割合

		盛土	切取	高架橋	橋梁	トンネル
2種地盤に対する ν_1		1.0	0.1	0.01	0.01	0.001
被害区間に対する構造物の割合 (%)	地震(A)	26	3	54	2	15
	地震(B)	52	11	15	5	17

た。表2に2種地盤のときの ν_1 の値を示し、地震(A),(B)の被害区間におけるそれぞれの構造物の割合を示した。また ν_2 については震度階6以上では1とし、震度階5以下では、震度階4と5の境界を0となるように配分した。

3. 列車の危険確率（軌道への突入確率） 図1にシミュレーションにより得た $\sum n_d / \sum n_t$ (n_d は総危険列車数、 n_t は被害区間内に存在する総列車数)を地震(A),(B)別に示した。同図の理論値は文献1),2)による結果である。

4. 盛土の耐震強度の影響 路線構造物、特に盛土構造物の耐震強化は軌道の平均破壊発生率の減少に効果を与えるものとし、 ν_0 にkを乗じたときの効果を調べた。すなわちkが小

Hiroyuki KAMEDA, Akio SHIROZU

さくなるほど耐震強化されたことになる。このとき列車危険度 $\Sigma n_d / \Sigma n_t$ に与える影響を図2に示す。この図より地震(A)より盛土区間の多い地震(B)の方が、 \bar{v} は小さいときより大きいときの方が盛土の耐震強化が列車危険度の減少に与える効果は大きい。図3に危険列車の被害程度を予測する指標として最高速度 V_{max} に対し、軌道破壊箇所への突入速度 V_f の比を縦軸に、横軸には K をとり盛土の耐震強化が突入速度に与える影響を示した。

これより盛土の耐震強化は突入速度の減少には効果を与えないと考えられる。

6. 減速のための余裕時間の影響 路線構造物に地震動が入力されてから破壊が開始するまでの時間や、地震警報システムなどにより生み出される時間を含め、制動開始後、軌道破壊が始まるまでの余裕時間 t_a が列車危険度を与える影響を図4に示す。この図より余裕時間 t_a が大きくなるほど列車危険度は減少する。図5に余裕時間 t_a が危険列車の壊れた軌道に突入するときの速度に与える影響を示した。これより余裕時間 t_a は突入速度の減少に大きな効果をもたらす。

参考文献 1) H., Kameda, H. Goto, and Y. Ishikawa : "Risk Assessment of Running Vehicles Against Randomly Occuring Structural Failures during Earthquakes," 7WCEE, Vol. I, pp.363-370, Istanbul, 1980

2) H. Kameda : "Reliability Analysis of Earthquake-Induced Railway Accidents," US-Taiwan-Japan Seminar on Lifeline Earthquake Eng. Taipei, Nov., 1985

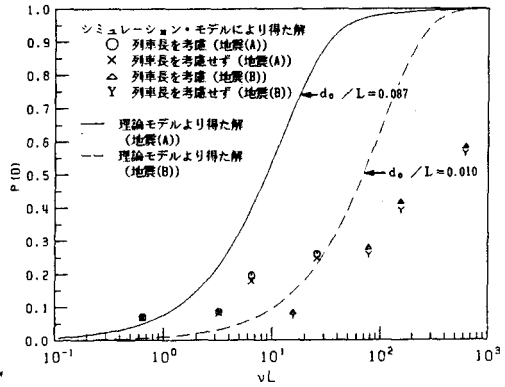


図1 理論モデルにより得た解との比較

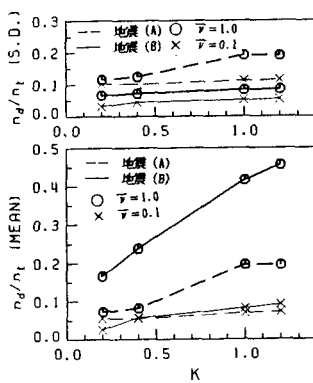


図2 盛土の耐震強化が列車危険度を与える影響

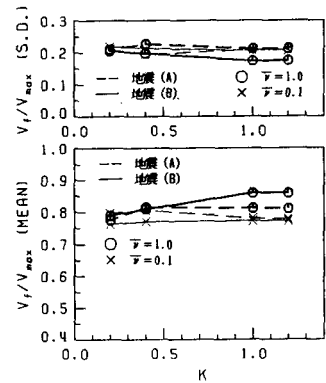


図3 盛土の耐震強化が危険列車の突入速度に与える影響

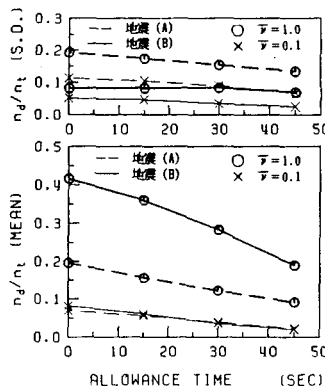


図4 減速余裕時間が列車危険度を与える影響

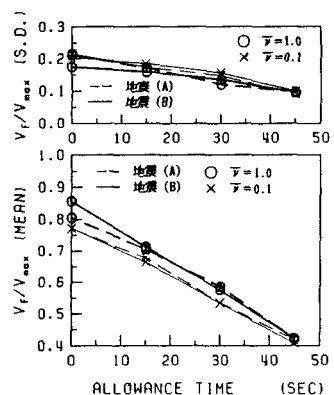


図5 減速余裕時間が危険列車の突入速度に与える影響