

強震時の列車事故による人的被害について

株式会社大林組 正会員 久保田修一
京都大学工学研究科 正会員 清野 純史
京都大学工学研究科 フェロー 土岐 憲三

1 はじめに

強震動による鉄道や鉄道施設の被害としては列車の脱線、鉄道橋および盛土の崩壊などが挙げられる。これらは1995年の兵庫県南部地震をはじめとする過去の大地震においても報告されているが¹⁾²⁾、今のところ、強震動により鉄道橋の桁が落下あるいは崩壊した場所に走行する列車が落下するような事故は報告されていない。これは列車の走行に影響を与える大地震が稀にしか起こらないことによるものであろうが、このような事故がひとたび起こればその人的・物的被害や社会への影響は量り知れない。現に地震被害によるものではないが、1998年のドイツでの列車事故のように高速度(200km/h)で脱線・転覆した列車の被害は甚大なものとなっている³⁾。そこで本研究は、このような列車事故が発生した場合を想定し、列車の挙動および列車内部の人が受ける衝撃力を数値解析により求めることで、列車内部の人的被害に対して検討を行おうとするものである。

2 解析手法

解析の対象は全て剛体とし、単位奥行きで2次元でモデル化する(図1)。ただし、車内的人是は円形要素によりモデル化している。また、数値解析は個別要素法を用いて前進的に行う⁴⁾。なお、解析は列車-軌道部と車両内部とを分けて考え、まず各車両の受ける外力(衝撃力)について求めた後に、このときの外力を慣性力として各車両に入力して車内的人在が受ける衝撃力を求めることとする。

本研究の解析条件は以下のとおりである。

- 列車は新幹線をモデルとし、16両編成で各車両に20座席、20人の人を配置する。
- 落橋地点の5m手前を走行する時点から列車の挙動が安定するまで10秒以上を解析する。
- 事故条件が変化した場合の人的被害について検討を行うため、列車速度、落橋区間、橋の高さ、連結部の強さを変化させて人的被害を検討する。
- 人的被害の検討には最大衝撃加速度および頭部傷害基準値HIC(式(1))を組み合わせて用いる(図2⁵⁾。

$$HIC = \left[T \left\{ \frac{1}{T} \int_t^{t+T} a(\tau) d\tau \right\}^{2.5} \right]_{\max} \quad (1)$$

$T \leq 36(\text{msec})$, t : 任意の時刻, $a(t)$: 合成衝撃加速度 (G)

ここで、解析結果の一例として落橋区間30m、橋の高さ10mのときに速度50km/hで落下した場合の列車の挙動を図3に示しておく。

3 まとめ

本研究により得られた成果は以下のとおりである。

- 列車の速度が速いほど人的被害は大きくなり、高速で走行する列車に対しては速度を60km/hまで落とすことが一つの目安になる(表1)。

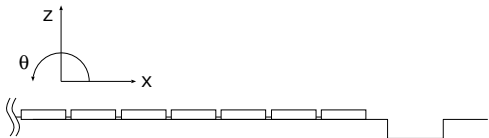
キーワード 強震動, 列車事故, 人的被害

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科 土木システム工学専攻 TEL 075-753-5133

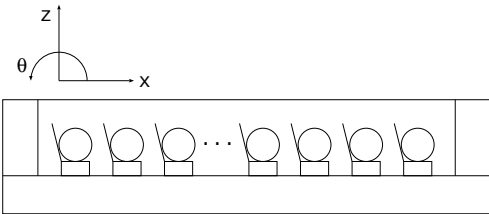
- 落橋区間が長いほど人的被害は軽減される可能性が高くなること、また、橋の高さの変化による列車の挙動の変化が人的被害に大きく影響することがわかった。
- 低速で走行する列車の挙動には連結部の強さが影響し、人的被害もその強さによって大きく変化することになるが、列車が高速で走行する場合には列車の挙動および人的被害に変化は見られないことがわかった。

参考文献

1) 那須誠, 鉄道総研報告, Vol.5, No.11, pp.27-36, 1991. 2) 那須誠, 鉄道総研報告, Vol.11, No.6, pp.29-36, 1997.
 3) 河田恵昭, 土木学会誌, Vol.84, No.7, pp.38-41, 1999. 4) 木山英郎、藤村尚, 土木学会報告論文集, 第 333 号, pp.137-146, 1983. 5) 自動車事故対策センター, 自動車安全情報 (自動車アセスメント), 運輸省, 1999.



(a) 列車-軌道部モデル



(b) 車両内部モデル

図 1 解析モデル

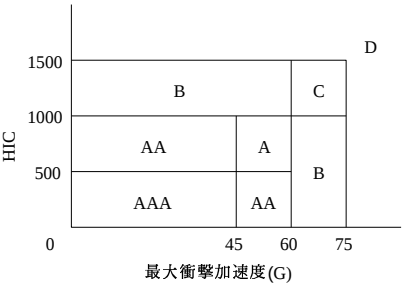


図 2 乗員傷害の評価区分

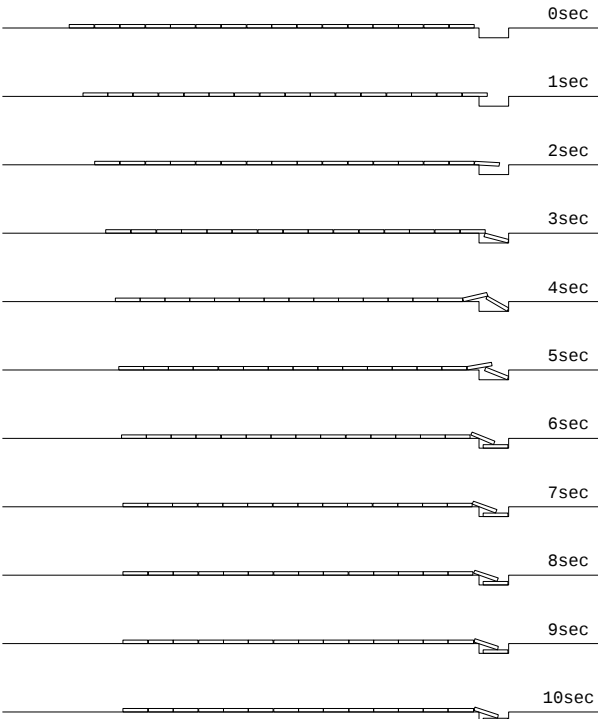


図 3 列車の挙動
 (速度 50km/h, 落橋区間 30m, 橋の高さ 10m)

表 1 速度を変化させたときの乗員傷害評価とその割合
 (落橋区間 30m, 橋の高さ 10m, 座席の背もたれの角度 10°)

速度 (km/h)	乗員傷害評価					
	AAA	AA	A	B	C	D
30	0.968750	0.018750	0.000000	0.006250	0.000000	0.006250
40	0.956250	0.021875	0.000000	0.006250	0.000000	0.015625
45	0.931250	0.021875	0.000000	0.031250	0.000000	0.015625
50	0.328125	0.281250	0.006250	0.368750	0.000000	0.015625
55	0.131250	0.181250	0.003125	0.656250	0.000000	0.028125
60	0.000000	0.012500	0.018750	0.040625	0.000000	0.928125
70	0.000000	0.000000	0.000000	0.021875	0.000000	0.978125
80	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
90	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
100	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000