

災害時における鉄道施設の設計・維持管理の効率化

中央大学 学生員 ○先家 圭吾
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

2005年7月23日(土)16時35分頃、マグニチュード6.0の千葉県北西部地震が発生した。この地震によって、東京都区内で13年ぶりとなる震度5強を観測した。この地震において一番注目すべき点は、交通機関の復旧の遅さである。新幹線の点検作業は自動化されており16時59分に全線再開したのに対し、在来線は人が歩いて点検するために、全線再開したのは23時44分であった(国土交通省調べ)。このような状況を考えると、単純に鉄道施設が壊れるか壊れないかを考えるだけでなく、遅延につながる構造物の状態である「要点検状態」を「使用限界状態」とする必要があると考えられる。また、鉄道の公共性や移動困難者の発生による多額の社会的損失費用を考えたときに、鉄道ネットワークの利用状況を明らかにし、重要度の大小を明らかにして効率的な点検をする必要があると考えられる。これらのことより、本研究では構造物の破壊や死亡リスクではなく、地震と日常的なハザードを考慮し、社会的損失費用の発生を最小にする効率的な点検を行うために、鉄道ネットワーク内での区間ごとの重要度の算出を試みる。想定する地震を南関東直下型地震とし、起こりうる事象を高架橋の橋脚の損傷とする。

2. 対象路線と利用者数

東武伊勢崎線を対象路線とした。営業キロは114.5kmで、埼玉県から東京都への主要な通勤、通学路線である。利用者数は、平成12年度版大都市交通センサスのデータから、定期券利用者の乗車時間、降車時間、乗車駅、降車駅、拡大率のデータを抽出し、推計を行った。尚、利用者推計結果を図-1に示す。

3. 構造物の使用限界状態におけるリスク

鉄道会社各社での設計基準データは公表されておらず、使用できないため、「鉄道構造物等設計標準・耐震基準」に準拠していると考えられる。高架橋のRC橋脚を考慮した。RC橋脚は鉄道構造物等設計標準・耐震基準に準拠していると考えた。また、対象とする構造物を一質点系へとモデル化した。尚、表-1はモ

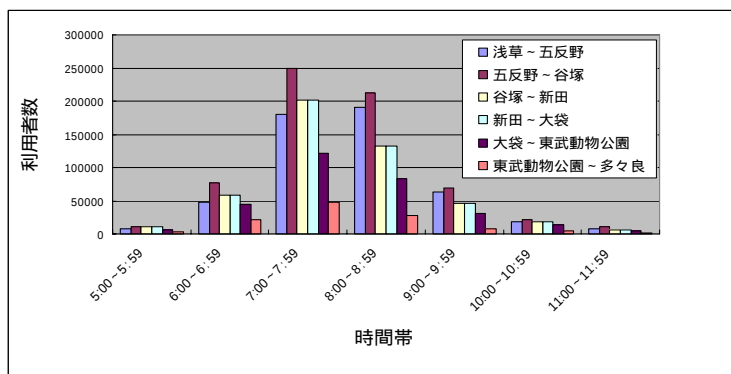


図-1 大都市交通センサスを用いた利用者数の推計

表-2 損傷度と復旧時間の関係

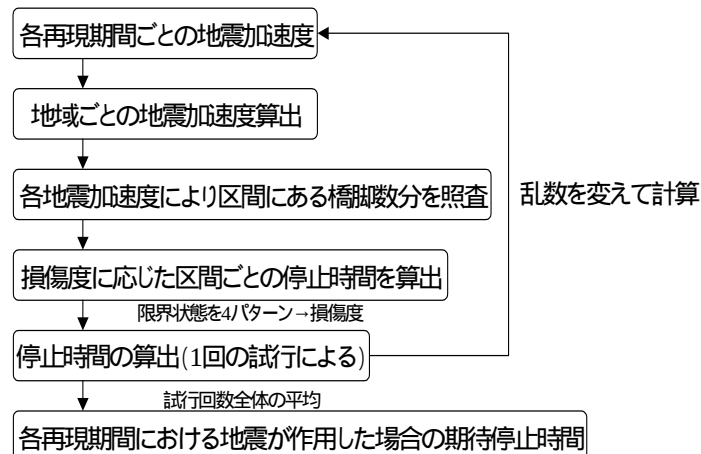
損傷度	損傷程度	復旧時間
降伏限界60%	要点検	30分
降伏限界	小	3日
終局限界90%	中	1ヶ月
終局限界	大	2ヶ月

表-1 モデル諸元

鉄筋の引張り強度: f_y	500N/mm ²
部材長さ: L	10.5m
横幅: B	3.5m
縦幅: D	3.0m
コンクリートの圧縮強度: f_c	24N/mm ²
鉄筋の本数: n_s	84本
鉄筋の交渉断面積: A_s	11.47cm ²
鉄筋の総断面積: A_{ss}	957.6cm ²

表-3 橋脚の本数

浅草～五反野	465本
五反野～谷塚	330本
谷塚～新田	230本
新田～大袋	400本

図-2 各再現期間における期待停止時間の計算フロー
モデル諸元である。

3.1 期大損失金額の推計手順

各再現期間における地震が作用した場合の期待停止時間の計算フローを図-2に示す。南関東直下型地震のハザード曲線¹⁾より、各再現期間に対応する地震加速度を求め、地震被害想定支援ツールを用いて算出して、区間毎に加速度を設定した。表-3は各区間の橋脚本数であり、比例して損傷リスクが高くなる。鉄筋の引張強度、コンクリート

の圧縮強度、鉄筋コンクリートの単位体積重量を正規分布に従う確率変数とした。尚、同一区間で一つでも橋脚が損傷した場合はその区間すべてに影響があるものとした。損傷状態を4パターン設定し、それに対応する復旧時間を設定した。表-2に示す。各区间でいくつもの橋脚が損傷した場合は復旧時間が長いものに従うことにした。この操作を100000回繰り返し、平均をとり、期待停止時間とした。前出の利用者数を移動困難者数とし、期待停止時間と移動困難者数より一人あたりの損失時間費用を2000円/人として、期待損失金額を推計する。尚、図-3は高架橋損傷による期待損失時間費用である。

4. 日常的なリスク(自殺、車両障害、踏切事故等)

首都圏を対象に事故データを分析した吉澤、高田の研究¹⁾を参考に日常リスクの損失時間費用を算出した。文献¹⁾において、東武伊勢崎線を対象としておらず、データがないため、同じ会社である東武東上線の事故発生確率を用いて計算した。文献¹⁾の $\lambda = 1.47$ に従うPoisson分布、より首都圏における一日の事故発生件数を求め、文献の「首都圏の事故発生路線の割合。」より東武伊勢崎線での事故件数を求める。前出と同様の利用者数と、損失時間費用から、日常におけるリスクの損失時間費用を算出した。尚、図-5は日常リスクにおける損失時間費用である。

5. 結果と考察

高架橋の期待損失時間費用の結果は五反野～谷塚、新田～大袋、浅草～五反野、谷塚～新田の順に費用が大きくなった。震源から一番近い浅草～五反野で費用が2番目に小さく、震源から一番遠い新田～大袋の費用が2番目に大きいのは、単に利用者数だけでなく、橋脚の本数や、地域の地盤特性が損失費用の推計に大きく影響したからである。それに比べ、日常リスクにおける期待損失時間費用は、単に利用者数が多い区間で、費用が大きくなっていることが分かる。高架橋損傷と日常リスクにおける損失時間費用は共に再現期間50年で推計している。単純に比較することはできないが、日常リスクにおける損失費用の大きさは完全に無視できるほど小さい金額ではない。しかし、地震が発生した際のリスクの方が日常リスクに比べ約3倍損失金額が大きくなるので地震対策を行う方が重要であると考えられる。

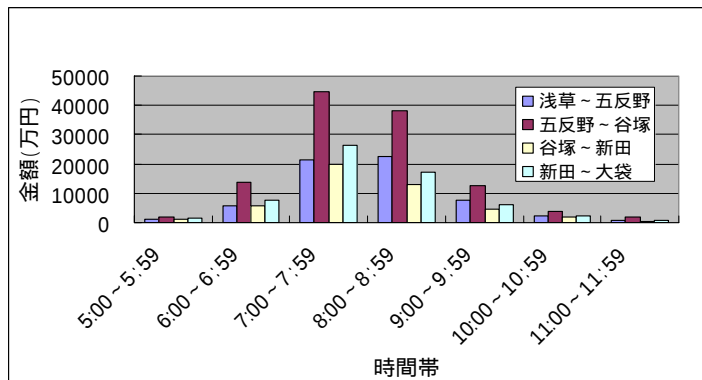


図-3 各区间の高架橋損傷による期待損失時間費用

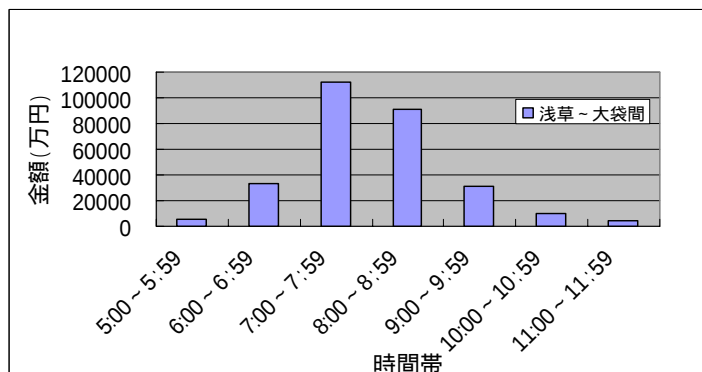


図-4 全区間の高架橋損傷による期待停止時間費用

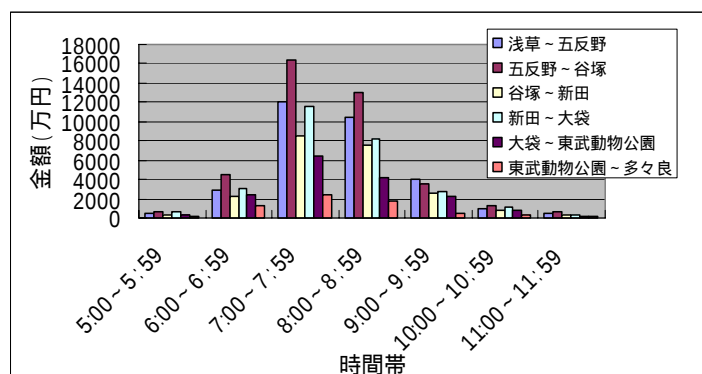


図-5 日常リスクにおける期待損失時間費用

6. 今後の課題

今後の課題としては、日常リスクの損失時間費用を考慮する際に全区間、全時間帯、同じ危険確率で推計を行っている。それでは精度が良いとはいえない。そこで、電車の本数や踏切の数等を用いて、日常リスクにおける損失金額の精度をあげていこうと考えている。最終的にはこれらのデータを基に効率的な点検を提案していきたい。

<参考文献>

- 1) 太田浩輔：災害時の施設信頼性と鉄道利用者の時間リスク 2005年度中央大学大学院修士論文
- 2) 運輸省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善、1999.10
- 3) 東武鉄道HP：<http://www.tobu.co.jp/>