

鉄道路線内における維持補修の優先度と災害時における鉄道施設の点検の効率化

～京浜急行電鉄におけるケーススタディ～

○中央大学 学生員 三渡裕太
中央大学 正会員 佐藤尚次

1. 研究の背景と目的

2005年7月23日16時35分頃、千葉県北西部を震源とするマグニチュード6.0の地震が発生し、首都圏ではJRの復旧に7時間以上の時間を要した¹⁾。特に注目が集まった事例は、人的、物的な被害ではなく、交通機関の復旧の遅さである。このことから、鉄道施設が壊れるか否かを考慮するだけでなく、鉄道の遅延につながる「要点検状態」を「使用限界状態」として考慮する必要があると考えられる。また、鉄道路線における区間ごとの重要度を明らかにし、より効率的な点検、復旧を行うことが望まれる。

そこで、本研究では、鉄道路線内での地震災害時の危険箇所を抽出し、点検作業による期待停止時間を算出することで、区間ごとの重要度と構造物に求められる性能の差を明らかにし、鉄道施設の維持管理と災害時における点検の効率化を図るための提案をすることを目的とする。

2. 既往の研究

既往の研究^{2),3)}では西武池袋線、秩父線や東武伊勢崎線を対象とした研究が行われており、ターミナルへの近さで、利用者数に明らかな差が出るように区間を区切ったうえで、期待停止時間の算出を行っている。

しかし、路線によっては、区間の中で利用者数に大きな差の見られないものも存在する。そこで、本研究では、こうした路線について、鉄道構造物の特徴や車両基地の位置などを考慮した区間の区切り方を検討することで、より現実に即した形での維持管理と点検の効率化についての提案を試みることにする。

3. 対象路線および本研究における区間の区切り方

3.1 対象路線

本研究では京浜急行電鉄を対象路線とし、利用者数、車両基地の所在などの条件から、本線の泉岳寺駅-金沢八景駅間と空港線全線を対象区間とする。図-1に京浜急行電鉄各線の概略図を示す。

3.2 区間の区切り方

本研究で対象とした京急本線は各駅間の利用者数に大きな差が見られない。そこで、鉄道路線内の高架化

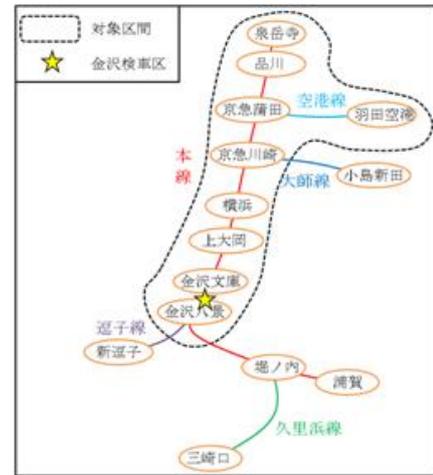


図-1 京浜急行電鉄各線の概略図

表-1 区間の設定

| 区間名 | 区間 | 橋脚本数(本) |
|-----|-----------------|---------|
| (1) | 泉岳寺駅 | 1015 |
| | -京急川崎駅間 | |
| (2) | 京急川崎駅 | 236 |
| | -横浜駅間 | |
| (3) | 横浜駅 | 436 |
| | -上大岡駅間 | |
| (4) | 上大岡駅 | 44 |
| | -金沢八景駅間 | |
| (5) | 京急蒲田駅 | 87 |
| | -羽田空港国内線ターミナル駅間 | |

による構造的な特徴と車両基地の所在から、区間を表-1に示すように区切ることにする。

4. 想定地震の設定

想定する地震は、本研究の対象路線に大きな被害を与える地震であることから、南関東直下型地震とした。また、震源は対象路線に含まれる駅の中で都心に最も近い泉岳寺駅周辺とした。

5. 地震による高架橋の橋脚損傷

本研究では、地震によって起こりうる事象を高架橋の橋脚の損傷とする。

5.1 期待停止時間の算出条件

(a)橋脚モデル

想定する橋脚モデルは、結果と比較を行うため、既往の研究^{2),3)}で用いたものと同様のモデルとし、施工年度等のばらつきを考慮するため耐力を正規分布に従う確率変数とした。

(b)復旧時間の設定

橋脚の損傷度ごとの復旧時間の設定を表-2に示す。

なお、本研究は構造物の破壊に至らない要点検状態においても点検作業によって鉄道が停止してしまう状況を想定しているため、損傷度が降伏限界の60%の場合においても30分の復旧時間を要するとしている。

5.2 期待停止時間の算出手順

各再現期間における地震が発生した場合の期待停止時間の計算フローを図-2に示す。なお、各区間における地震加速度は、既往の研究²⁾³⁾で使用されたツールを用いて算出を行い、各区間での地震加速度は区間ごとに一定としている。また、区間内で複数の橋脚が損傷した場合は、損傷度が最大のものに従うこととした。

5.3 期待停止時間の算出結果

算出結果を図-3に示す。算出結果から、再現期間150年の範囲では区間(1)、(2)、(3)で25分以上の期待停止時間が発生し、停止時間の最も長いものは再現期間150年における区間(1)の約240分であった。表-2で設定した復旧時間から、再現期間150年までの範囲では、要点検状態または損傷度小の状態では鉄道が停止していることが分かる。

また、再現期間が長くなるにつれて、区間(1)、(5)、(2)、(3)と震源からの距離が近い順に期待停止時間が発生するという算出結果となった。

5.4 期待停止時間の算出結果に対する考察

(a)要点検状態について

区間(1)、区間(2)、区間(3)の区間では、再現期間50年から150年までの範囲において、要点検状態または損傷度小の状態では鉄道が停止している。このことから、点検、維持管理の効率化を図ることで期待停止時間を短縮することが可能であると考えられる。

(b)各区間の震源からの距離と期待停止時間との関係

震源から近い区間であるほど、より短い再現期間で期待停止時間が発生しており、震源と区間との距離が期待停止時間に大きく関係していることが分かる。

(c)区間内の橋脚本数と期待停止時間との関係

表-1および図-3から、区間(3)は区間(2)に比べて区間内の橋脚数が多いにも関わらず、期待停止時間は区間(2)が、より短い再現期間で発生していることが分かる。これは、各区間の停止時間は、その区間内の橋脚の中で最も損傷度の高いものに従うとしているためである。しかし、実際には、人員の数に限りがあることなどから、損傷を受けた橋脚の本数によって停止時間は増減

表-2 復旧時間の設定

| 損傷度 | 損傷の程度 | 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 |

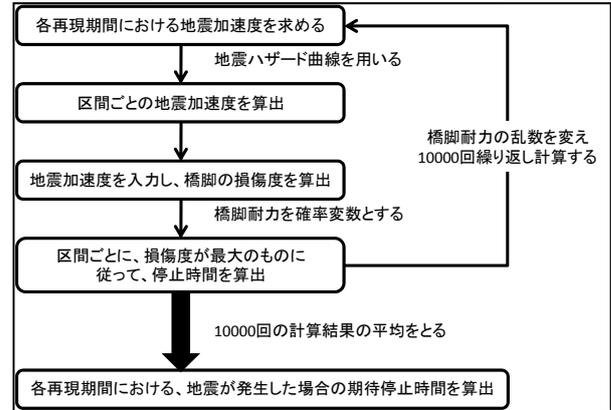


図-2 期待停止時間の計算フロー

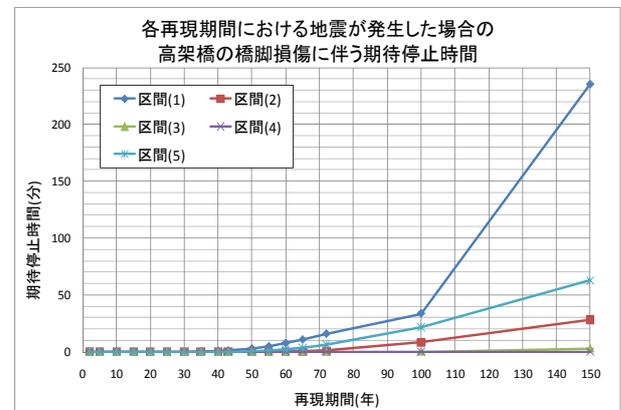


図-3 各再現期間における地震が発生した場合の高架橋の橋脚損傷に伴う期待停止時間

する。そのため、損傷を受けた橋脚の本数によって、停止時間に差を与える必要があると考えられる。

6. 今後の課題

- (a)震源の位置を変えた場合の各区間の期待停止時間を求め、震源からの距離によって期待停止時間がどのように変化するかを確かめる。
- (b)損傷した高架橋の橋脚の本数によって停止時間を変化させることで、より現実に即した期待停止時間の算出を試みる。
- (c)各区間の時間ごとの鉄道利用者数を推計し、損失時間費用を算出する。また、その結果から、地震発生時の点検の効率化等の必要性について考察する。

<参考文献>

- 1)内閣府：千葉県北西部を震源とする地震について（第6報）
- 2)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，中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 設計工学研究室 2005年度修士論文
- 3)先家 圭吾：鉄道構造物の損傷又は日常リスクによる社会的損失費用の推計，第34回土木学会関東支部技術研究発表会,2007
- 4)鉄道総合技術研究所編：平成11年鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計