

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～

○中央大学大学院 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、鉄道の遅延につながる鉄道構造物の「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。なお、本研究では、起こりうる事象を地震による高架橋の橋脚損傷とした。

2. 対象路線および本研究における区間の区切り方

2.1 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。

2.2 区間の区切り方

本研究では、対象路線内の高架化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。

3. 高架橋の橋脚損傷に伴う期待停止時間の算出条件

3.1 想定地震の設定

想定する地震は、本研究の対象路線である京急本線および空港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、泉岳寺駅周辺を震源とする場合をケース1、金沢八景駅周辺を震源とする場合をケース2として期待停止時間の算出を行った。

3.2 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えるため耐力を正規分布に従う確率変数とした。

3.3 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。
損傷度小以上の損傷が生じた場合については、復旧作業に動員することができる人数に限りがあることを想定し、21本以上の橋脚に損傷が生じた場合、損傷が生じた橋脚の本数によって期待停止時間が増加するよう設定することで、損傷の生じた橋脚本数を結果に反

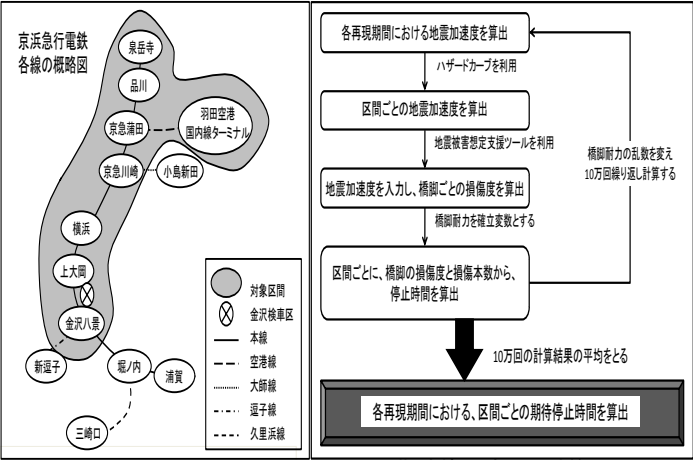


図-1 対象路線の概略図

図-2 期待停止時間の計算フロー

表-1 区間の設定

区間名	区間	橋脚本数(本)
(1)	泉岳寺駅-京急川崎駅間	1015
(2)	京急川崎駅-横浜駅間	236
(3)	横浜駅-上大岡駅間	436
(4)	上大岡駅-金沢八景駅間	44
(5)	空港線全区間	87

表-2 復旧時間の設定

損傷度	損傷の程度	復旧時間(分)	
		損傷本数20本以下	損傷本数21本以上
降伏限界60%	要点検	30+損傷本数×0.5	30+損傷本数×0.5
降伏限界	小	4320	4320+(損傷本数-20)×20
終局限界90%	中	43200	43200+(損傷本数-20)×20
終局限界	大	86400	86400+(損傷本数-20)×20

映させることを試みた。

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%の場合においても区間内の橋脚本数に従った復旧時間を要するとしている。

3.4 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。

4. 期待停止時間の算出結果

算出結果を図-3、図-4、図-5、図-6に示す。

4.1 算出結果に対する考察

(a)要点検状態について

図-3および図-4に示した結果から、最も長い期待停止時間は約3日となった。この結果から、再現期間150年までの範囲において、地震発生時に要点検状態または損傷度小の状態で停止していることが分かる。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。

キーワード 鉄道 高架橋 点検 地震

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 tel.03-3817-1816

(b)各区間の震源からの距離と期待停止時間との関係
地震加速度が大きい区間であるほど、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の発生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

結果の図において、期待停止時間が、ある程度の再現期間の範囲において、ほぼ一定の値をとっている部分が見られる。これらの部分では、区間内における橋脚のほぼ全てが要点検状態となっていることを示している。そこで、各区間における要点検状態での期待停止時間の長さを比較すると、橋脚本数の多い区間の順序と一致する。このことから、算出された期待停止時間の長さは、各区間の橋脚本数に大きな影響を受けていることが分かる。

(d)区間ごとの重要度と構造物に求められる性能の差

期待停止時間の発生については、地震加速度が大きな区間ほど短い再現期間で発生するという結果となった。一方、要点検状態に注目した場合には、区間内の橋脚本数が多いほど期待停止時間が長くなるという結果が得られた。よって、損傷度小の状態に対する要求性能は、発生する再現期間の短さから、大きな地震加速度が与えられる区間ほど大きくなると考えられる。また、要点検状態に着目した場合には、地震加速度の大きさのみでなく、区間内の橋脚本数が多い区間ほど高い性能が要求される。

5. 結論

本研究では、地震発生時に鉄道構造物が壊れるか壊れないかだけでなく、公共交通機関として機能するか機能しないかということに焦点を当て、鉄道路線の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することを試みた。その結果を以下に示す。

(a)本研究で想定した橋脚の損傷による期待停止時間の発生について、既往の研究で用いられた手法に、既往の研究とは異なる区間の区切り方、損傷が発生した橋脚の本数について考慮することを加え、より現実に近い期待停止時間の算出を行うことが出来た。

(b)期待停止時間の算出結果から、区間ごとの重要度と構造物に求められる性能の差を示すことが出来た。

(c)再現期間 150 年までの範囲においては、鉄道は要点検状態、あるいは損傷度小の状態では停止するという結果となった。このことから、地震による高架橋の崩落等の甚大な被害を防ぐ対策のみでなく、地震発生後の点検による停止時間をより短くするための対策も非常に重要であると考えられる。

6. 今後の課題

(a) 今回の研究では、対象路線を 5 つの区間に区切り、各区間内での地震加速度は一定の値を用いて計算を行った。今後は、橋脚の詳細な位置、地震加速度等に対して、ローカルな情報を入れ、橋脚 1 本ごとの損傷度をより詳細に求める必要がある。

(c) 今回の研究では、地震によって起こりうる事象を高

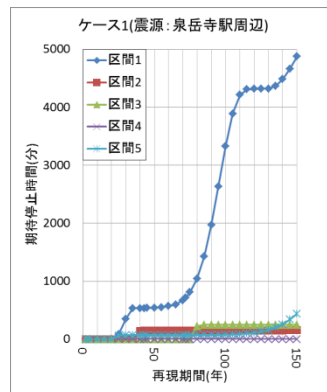


図-3 ケース 1

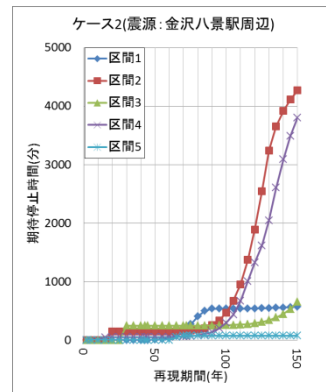


図-4 ケース 2

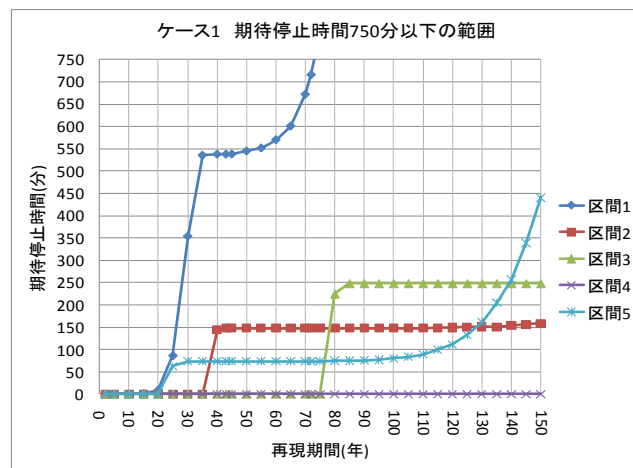


図-5 ケース 1 期待停止時間 750 分以下の範囲

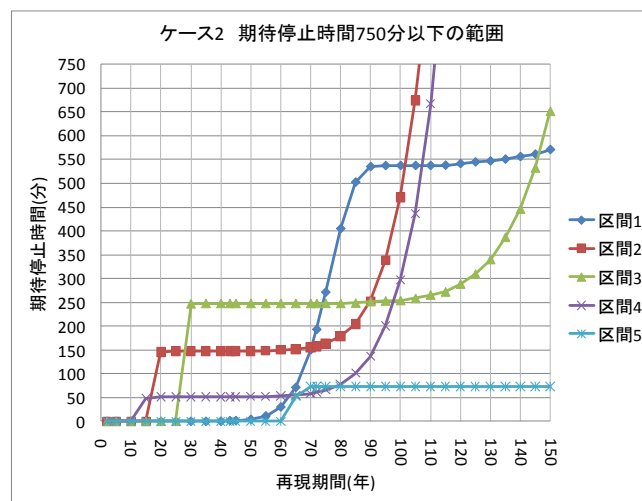


図-6 ケース 2 期待停止時間 750 分以下の範囲

架橋の橋脚の損傷としたが、沿線の斜面の崩壊、沿線構造物からの落下物等の他のハザードについても検討する必要がある。

<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