

地震発生後の運転規制判断の適正化の検討

東海旅客鉄道株 馬場 隆徳、他谷 周一、中嶋 繁、荒鹿 忠義

1. はじめに

東海道新幹線地震防災システムの主な機能には、地震の発生をいち早く検知し列車に対して警報を出す機能と、地震後の沿線の揺れ情報を収集し的確に運転規制を判断する機能とがある。

前者に関しては、2005 年 8 月、早期地震警報システムを最新の技術を導入したもの（テラス）に更新し、地震警報の更なる早期化を実現している¹⁾。本稿では、最近行なってきた運転規制判断の適正化の検討の概要を述べる。

2. 東海道新幹線地震防災システムの構成

東海道新幹線地震防災システムは、遠方地震計をはじめとする早期地震警報システム（テラス）と、沿線地震計で構成される(図 1)。早期地震警報システムは、遠方を震源とする地震の発生を早く検知し、沿線に主要動が届く前に警報を出す機能を持っている。また、沿線地震計は沿線が大きく揺れたら警報を出す機能を持つと共に、沿線各点での揺れの大きさを把握する機能も持っている。



図 1 遠方地震計と沿線地震計の配置(2007 年 4 月現在)

3. 東海道新幹線の地震時運転規制の変遷

(1) 最大加速度による運転規制判断 (～H4)

東海道新幹線開業直後の昭和 40 年から平成 4 年までの間は、沿線約 20km 間隔（東京～新大阪間で 25 箇所）に設置した感震器の動作状況から地震後の運転規制を判断していた。当初、40gal を境とした 2 段階規制だったが、昭和 45 年より 40gal、80gal を境とした 3 段階規制へ、昭和 60 年より 40gal、80gal、120gal を境とした 4 段階規制へと、技術の進化とともにきめ細かい運転規制判断へとブラッシュアップしてきた。²⁾

(2) 震源情報による運転規制判断 (H4~H18)

平成４年、地震動早期検知警報システム導入に伴い、地震時運転規制判断も一新した。地震に伴う強い揺れが広がる範囲は、定性的に言えば、地震規模（マグニチュード）が大きければ大きいほど、遠くまで広がる。このときに導入した運転規制判断は上記のことを利用したものだった。

地震規模 **M** とその震央から被災した鉄道構造物までの距離 Δ の関係を調べたところ、運転に支障をきたしうる被害は **M5.5** 以上で発生し、被害域は震央を中心にしたある範囲に限られていた。この知見から気象庁発表の地震規模・震央位置をもとに、沿線地震計の最大加速度や各地の震度情報も加味して、被害の発生する恐れのある範囲を想定し、それを運転規制が必要な範囲と判断していた。

地震動指標	加速度	SI 値	計測震度
-------	-----	------	------

4. 地震発生後の運転規制判断の適正化の検討

地震発生後の運転規制を判断する際、特に重要なのは、地震動により強く揺れた区間（すなわち被害発生の恐れのある区間）を精度よく推定することである。そのためには、現地で直接地震動を捉える沿線地震計の計測値を最大限活用するべきである。そこで、沿線地震計で観測する地震動強さの指標（判断指標）を選定し、選定した指標による運転規制判断及び巡回区分を検討した。

表 1 地震動指標の比較検討

地震動指標	加速度	SI 値	計測震度
構造物被害	良い	非常に良い	非常に良い
との相関	○	◎	◎
気象庁データ	△	相関が高い	気象庁と同一
との関係		○	◎
普遍性	高い	低い	非常に高い
	○	△	◎
巡回基準への適用	△	○	◎

キーワード：地震、防災、システム、警報、運転規制

連絡先：東海旅客鉄道株式会社 新幹線鉄道事業本部 施設部工事課 TEL:03-5218-6274 FAX:03-3286-5186

(1) 新しい判断指標の検討

運転規制判断に使用可能な指標として、「最大加速度」、「SI値」、「計測震度」の3つについて、4つの項目で比較検討し、最適なものを選ぶ事とした(表1)。比較項目のうち、最も重要な「構造物被害との相関」において、SI値と計測震度はほぼ同等の高い性能を持っていることが分かり³⁾、東海道新幹線では、万一地震計が故障したときに気象庁発表のデータが参考にでき、バックアップが取りやすいという面を重視して、計測震度を新しい地震動指標とした。

(2) 計測震度による運転規制判断基準の検討

基準の検討にあたり、まず「鉄道構造物は震度いくつを超えた段階から影響が出始めるのか」を確認する事とした。図2は過去の鉄道構造物の被災状況をまとめたものであるが、この図から震度5弱の地震では鉄道構造物に被災はなく、5強の地震より構造物が被災することが分かる。

また、鉄道総研の解析の結果(図3)においても、一般的な東海道新幹線のRCラーメン高架橋(固有周期0.6秒、じん性率4程度、降伏震度0.3程度)にひび割れが発生し、被害ランクが「2」となるのは、震度5強以上であることが分かった(関連参考文献は例として⁴⁾)。

以上のことから、震度5強より構造物に何らかの影響が出始めるという前提で、運転規制判断の基準を一新した(図4)。

また、今回を機に、従来の運転規制で行っていた構造物点検を明確にルール化した。また、揺れの強さに応じて効果的に安全確認できるように「全線構造物点検」と「部分構造物点検」の2段階に分けることとした。全線構造物点検は、東海道新幹線では今までにほとんど経験がない震度6弱以上において行い、地震計の持ち区間にある全ての構造物の点検を行うものである。部分構造物点検は震度5強で行うが、局所的に地震計の読み値以上で揺れていると想定される区間の構造物を点検するものである。

5. 沿線地震計の増設

地震計により計測される震度は、あくまで地震計設置位置での震度であり、地震計と地震計の間では、地震計の読み取り値とは異なる揺れとなっていることを考えておかなければならない。したがって、揺れの広がりや正確に把握するには、細かい間隔で地震計を設置することが考えられた。そこで、沿線地震計を倍増し、平成19年4月より約10km間隔(東京～新大阪間で50箇所)の沿線地震計の観測結果をもとに運転規制判断を行うこととした。増設により更に適切な運転規制判断ができるようになると考えている。

6. 今後の取り組み

現在、東海道新幹線沿線の地盤情報をもとに揺れやすい箇所を抽出する方法を検討中である。その方法を適用して「東海道新幹線揺れやすさマップ」を作成し、部分巡回箇所を精査していきたいと考えている。

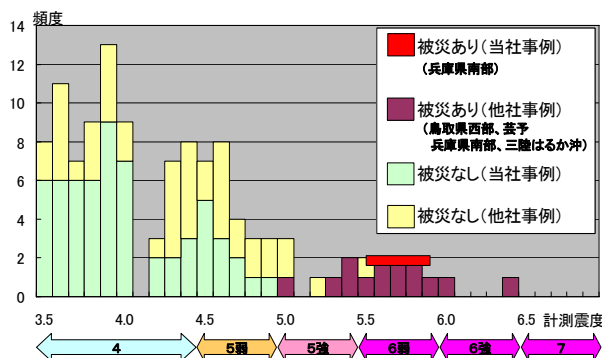


図2 震度と過去の鉄道構造物被害の関係

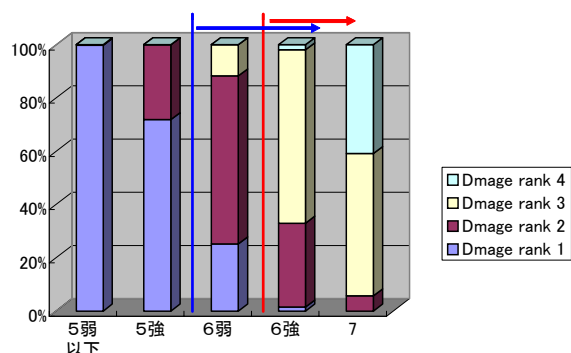
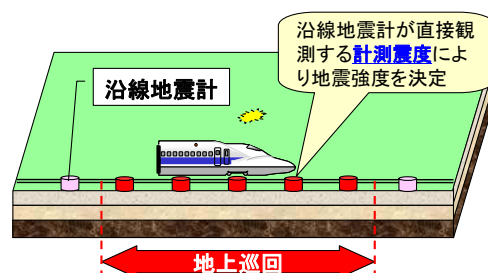


図3 震度と鉄道構造物被害の関係(解析)



地震強度	計測震度	震度階	運転規制 緊急巡回
I	5.5～	6弱～	全線地上巡回 構造物点検
II	5.0～5.4	5強	全線地上巡回 部分構造物点検
III	4.5～4.9	5弱	部分地上巡回
IV	4.0～4.4	4強※	速度向上
V	0.0～3.9	～4弱※	規制なし

※ 4強、4弱は当社独自の表現

図4 新しい地震時運転規制判断

¹ 「東海道新幹線の地震防災システムの機能強化について」(荒鹿ほか JREA、2005.12)

² 「国鉄における地震警報システム」(中村 鉄道技術、1985.10)

³ 「地震時運転規制方法の研究」(鈴木ほか JR東日本テクニカルレポート、2003)

⁴ 「早期被害予測のための鉄道構造物の地震被害ランク推定手法の開発」(室野ほか 鉄道総研報告、2002)