

国鉄・鉄道技術研究所	正員	○中村 豊
国鉄・鉄道技術研究所	正員	美藤恭久
国鉄・鉄道技術研究所	正員	富田健司

1. はじめに

東海道新幹線が開業して半年後に生じた静岡市付近の被害地震（1965年4月20日、 $M=6.1$ ）を契機に、新幹線沿線には警報地震計が設備され、高速列車の地震時安全性の確保が計られている。沿線地盤上に約20km間隔で設置された警報地震計は、40Gal以上の地震動を検出すると直ちに警報を発して、付近を走行中の列車に非常制動を掛け、大地震動の中を高速走行する危険と、被害発生箇所に突入する危険を軽減する。

しかし、警報動作が必ずしも的確ではなく、被害が生じない小さな地震で動作して列車運行に多大の混乱を生じることがある。このような点を改めるため、地震時の合理的な運転規制方法について研究を進めているが、ここでは新しく採用されることになった運転規制法（東海道新幹線で1985年6月から運用予定）の考え方を述べる。

2. 基本的な考え方

当初の運転再開マニュアル（1983年1月まで使用）によれば、40Gal以上80Gal未満の地震動の場合、列車に係員が添乗して徐行しながら線路の安全を確認（添乗巡回）した後再開し、80Gal以上の場合、線路の安全を徒歩で確認（地上巡回）してから再開する。前者が動作事例の2/3以上を占めるが、この場合には最寄りの気象庁測候所の震度階を参考にして、被害が発生していないと考えられる時には、係員の添乗巡回を省略して運転再開を早めるようにしたもののが山陽新幹線に対する現行の再開マニュアル（東海道新幹線については下記のようなものに改訂）である。

東海道新幹線の新しい再開マニュアルでは、現行の考え方をさらに進めて、検知した地震が被害をもたらす可能性を的確に判断して、被害発生の可能性の程度に応じて処置をとり、被害の可能性がない場合には直ちに運転を再開することを基本方針とした。

鉄道構造物に被害を与えた地震とそうでないものは、図1に示すように M （地震規模）- Δ （震央距離）図上で明瞭に区分される。したがって、この図から被害の可能性のある地震の震央の存在域を M 毎に新幹線線路を中心とする領域 R_a で表すことができる。

一般に地震被害は震度階 V 以上で生じるとされている。そこで、1898年～1982年の地震（深さ $H \leq 40\text{km}$ ）のうち震度階 V 以上の気象庁発表があったものについて

で、地震毎に震度階 I_j の測候所群のうち最も短い震央距離 $\Delta_{\min}$ と M の関係を調査した。図2はその1例で、 $I_j=III$ の場合である。この関係はまた、震度階 I_j を発表した測候所を中心とする半径 $\Delta_{\min}$ 以内（ M 毎に異なる）の領域 R_s には被害地震の震央は存在しないと読み替えることができる。

R_a の線路方向の境界点を隣接警報地震計までの中間点とすれば、動作した警報地震計毎に、 R_s が R_a を覆うかどうかで検知した地震による被害発生の可能性を判断することができる。

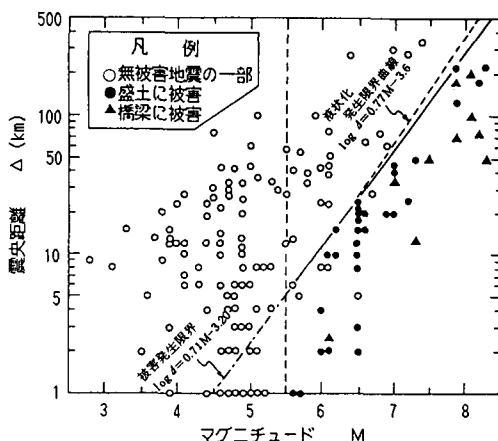


図1 被害が発生しなかった地震と発生した地震

図3は、新幹線沿線の地震計（SMAC-B2）による最大加速度と2km～9km離れた気象庁測候所または気象台の震度階を比較したものである。これによると、120Galを超えると震度III以下ということではなく、震度V以上の可能性が高いことがわかる。このことと、東海道新幹線には盛土構造物が多いこと、ひとつの警報地震計が受け持つ区間がほぼ20kmでこの中にはいろんな表層地盤が含まれていることなどを考慮すると、最大加速度120Galを被害発生の可能性を判断する加速度の指標と考えるのが適当であろう。

3. 新しい運転規制法

警報地震計が40Gal以上で警報を出力するのは従来と変りないが、前項のような考え方に基ついて決定した新しい運転再開の手順を表1に示す。ただし、警報地震計は、 $f_0=5\text{Hz}$ 、 $h=0.7$ 相当の特性を有し、最大加速度を地震後直ちにデジタルで表示するものとする。気象庁震度階Ijは地震後10分程度で発表されるので被害発生の可能性の判断を迅速に行なうことができる。表1中の部分巡回は、Raの一部に被害地震が存在する可能性がある場合の対処方法で、Raに含まれる新幹線区間内の弱点と考えられる箇所の巡回を意味する。

4. まとめ

ここでは、東海道新幹線の新しい地震時運転規制法の考え方を紹介した。新しい規制法をこれまでの警報動作地震に適用した結果、警報動作数が半減し、時間を要する地上巡回も1/3近くまで減少するなど、地震時のダウンタイムを著しく短縮する効果があることがわかった。この方法によれば、図1に示されるような被害発生の可能性が高い地震は確実に危険と判断するものと考えられる。しかし、危険/安全の境界近傍に位置する安全な地震に対しても危険と判定する安全側の余裕がまだかなりあるので、今後早期検知システムを導入するなどして、さらに合理的な規制法を実用化する所存である。なお、新しい規制法のために、新しい機能を組み込んだ警報地震計システム UrEDAS を開発し設置したが、詳細は別途報告したい。

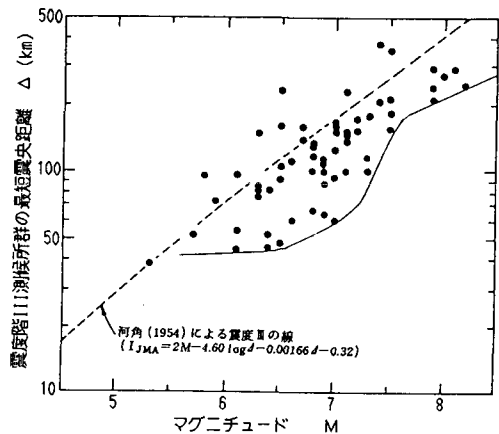


図2 震度階V以上が観測された地震による震度階III測候所群の最短震央距離とマグニチュードの関係（深さ40km以下）

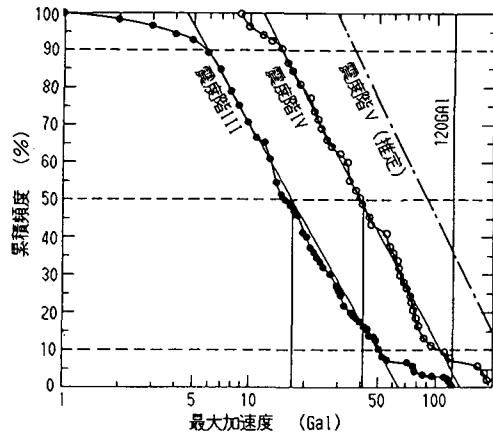


図3 震度階毎の最大加速度の累積頻度分布

表1 東海道新幹線の新しい運転再開マニュアル

		UrEDAS**による最大加速度（単位Gal）		
		40以上80未満	80以上120未満	120以上
関連の 気象庁 測候所 の震度 階*	III 以下	70km/h再開	30km/h再開	地上巡回
	IV	30km/h再開	部分巡回	地上巡回
	V 以上	30km/h再開	地上巡回	地上巡回

* 原則的なもので地点によって多少異なる。

** Urgent Earthquake Detection and Alarm System.

安全の境界近傍に位置する安全な地震に対しても危険と判定する安全側の余裕がまだかなりあるので、今後早期検知システムを導入するなどして、さらに合理的な規制法を実用化する所存である。なお、新しい規制法のために、新しい機能を組み込んだ警報地震計システム UrEDAS を開発し設置したが、詳細は別途報告したい。

文献1) 美藤・中村・富田：「東海道・山陽新幹線のための地震時ダウンタイム短縮化対策」，鉄研報告No. 1294. 1985. 3.