

地震時安全性向上のための広域警報導入と計測震度による運転規制の効果

東海旅客鉄道(株) 正会員 中嶋 繁〇、他谷 周一、片岡建人

1. はじめに

東海道新幹線のような高速・高頻度運転の鉄道に対する地震防災システムの役割は、第一により早い警報を出すことである。一方、地震発生直後には、迅速な安全確認による早期の運転再開も重要なテーマである。

このため東海道新幹線では、早期地震警報システム(テラス)や緊急地震速報などのP波検知処理型の早期警報システムを設置・活用するとともに、従来からの沿線設置型の地震計による警報も含めた地震防災システム¹⁾を運用している。沿線地震計は、地震直後に実際の揺れを細かく把握することにより、迅速な安全確認と早期の運転再開を目指す役割も担っている。平成21年8月11日

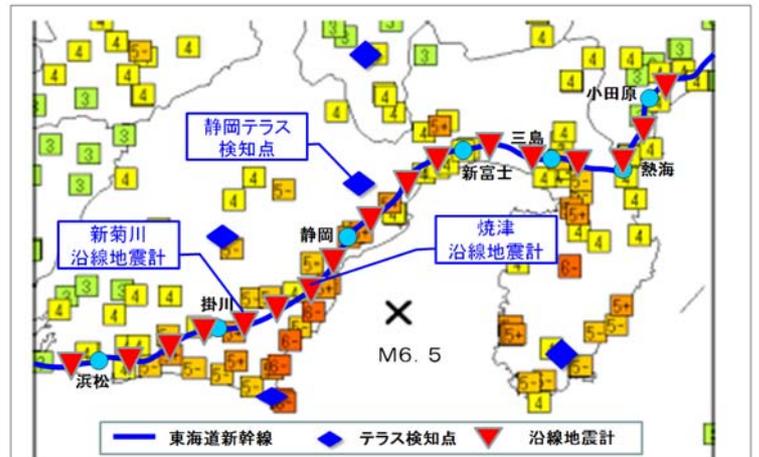


図1 震源と地震計配置

に発生した駿河湾を震源とする地震では、この沿線地震計に付加した広域警報機能が有効に働くと共に、計測震度による運転規制判断に基づく新しい安全確認手法が効果的に機能したので、以下に報告する。

2. 広域警報導入の背景

地震防災システムの整備にあたって、地震の発生位置に応じてそれぞれに最適なシステムを採用することが重要と考えた。遠方で発生する巨大地震に対しては、テラスや緊急地震速報のような早期警報システムが有効であるが、これらのシステムでは、沿線の直下・近傍で発生する地震ではS波とP波の時間差による有効時間が小さくなる。このため、直下・近傍で発生する地震に対しては、沿線地震計の増設で対応することとした。さらに、直下型地震への備えとして広域警報と呼ぶ方式を平成18年に付加している¹⁾。従来の沿線地震計(40gal)では地震動の広がりに応じてドミノ倒しのように順次警報が広がっていくが、直下型地震のように直近の地震計で大振幅(160gal)を観測した場合は、影響が及ぶと思われる広範囲に一斉に警報を発信することにより、震源からやや離れた地点に対しての早期警報が確保できることとなる。

3. 駿河湾の地震における地震防災システムの動作状況

駿河湾の地震は、震央位置が駿河湾の中央であり、新幹線の地震計では焼津に設置した沿線地震計が一番近い位置にあった(図1)。地震防災

システムの動作タイミングを図2に示す。テラスの検知点は静岡検知点が最も早く7分12秒5にP波を検知し、2秒後に早期検知情報を発信している。一方、緊急地震速報も7分14秒9には第1報を受信している。実際の揺れをみると、7分15秒4には、焼津の沿線地震計で40galを超える振幅を記録し警報が発信され、さらに2.1秒後には160gal

沿線地震計	大磯	鴨宮	根府川	熱海	函南	沼津	吉原	岩淵	興津	清水	安宿川	焼津	初倉	新菊川	掛川	新磐田	天竜川	新高塚	新居町
加速度(gal)	61	37	42	110	130	147	93	182	99	245	293	234	195	416	124	133	63	48	28
震度階	4弱	3	4弱	4強	4強	5弱	4強	5強	4強	5強	5弱	5強	5弱	5強	5弱	5弱	4強	4弱	3
地震発生	5時07分05秒7																		
気象庁検知	5時07分11秒1																		
テラス検知	5時07分12秒5(静岡検知点)																		
テラス情報	5時07分14秒5																		
緊急地震速報	5時07分14秒9																		
沿線警報										15秒7		15秒4							
広域警報						17秒5										17秒5			
	23秒2			18秒1															

図2 地震防災システムの動作タイミング

キーワード : 早期地震警報システム、テラス、緊急地震速報、広域警報

連絡先 : 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-9-1 東海旅客鉄道(株) TEL03-5218-6269

を超える値を観測している。この時点で焼津の前後 60km の区間（沼津付近～浜松付近）に対して広域警報が発信された。今回の地震で最も大きな加速度を記録したのは、焼津の西約 20km に位置する新菊川の沿線地震計であり、その値は 416gal（警報用加速度 3 成分）という大きなものであったが、焼津から発信された広域警報は、新菊川で 40gal を観測するよりも 2.2 秒も早いものであった。今回の地震では、テラスの静岡検知点からの早期検知情報と緊急地震速報は、ほぼ同時であった。テラスは 2 秒後の推定以降も 3 秒、4 秒、5 秒と追加推定し情報を送るシステムであり、緊急地震速報も第 2 報以降順次情報を更新するスタイルとなっているが、震央距離が近い場合はこれらの追加情報よりも沿線に大きな揺れが到達するほうが早い場合が考えられ、沿線地震計の増設や広域警報の導入を行ってきたが、今回の駿河湾の地震は広域警報の有効性を示す事例となった。P 波からマグニチュードや震央位置を推定する方法も良いものであるが、大きな振幅を検知した場合に広範囲に警報を出すというシンプルな仕組みも十分効果的である。

4. 計測震度採用と沿線地震計増設の効果

地震後の安全点検も迅速さが要求される。東海道新幹線では地震動の大きさによって、軌道状態の確認を行う地上巡回と構造物の点検を組み合わせ、また地震の揺れの程度に応じて区間全線を点検する場合と、あらかじめ指定した部分のみを点検する場合とに分けている。この部分巡回のあらかじめ指定した部分については、平成 18 年に選定基準を変更している。従来の部分巡回箇所を選定基準は軟弱地盤箇所を中心に設定していたが、変更後は沿線のボーリングデータを基に表層地盤の特性(AVS30)に着目して作成した「ゆれやすさマップ」をもとに選定²⁾しており、沿線地震計の観測よりも揺れが大きくなる可能性のある個所を効率的に絞り込んでいる。

駿河湾の地震における揺れの状況を基に、これまでの各施策実施段階での効果についてまとめたのが図 3 である。計測震度の導入によって部分巡回箇所が減少（14→9）し、沿線地震計の増設によってきめ細かく現地の揺れを把握することができたため、部分巡回・全線巡回のパーティ数も減少（9→6、16→8）している。さらに、耐震補強工事の進捗によって構造物点検箇所も削減されている。結果として点検に必要なパーティは、平成 18 年以前に比べると構造物点検を追加したにもかかわらず半減（30→16）しており、点検要員の減少と点検に要する時間の短縮に効果が見られた。

今回の地震においては発生が未明であったにもかかわらず社員多数が自主的に参集し、迅速かつ効率的な安全確認が 2 時間で完了しており、早期の運転再開に大いに寄与したものと考えている。

5. おわりに

高速・高頻度運転の東海道新幹線における地震時の安全輸送の確保は、地震の発生位置を考慮し遠方と沿線の複数の警報機能を組み合わせた地震防災システムの構築と、実際のゆれの状況を細かく把握することによる迅速な安全確認の体制づくりから成り立っている。東海道新幹線では運転規制に計測震度を採用したことにより、沿線地震計の早期警報化³⁾や地震計の中間地点での震度予測を迅速に行う手法などの技術開発が進展している。これは、強震動予測の分野では表層の震度予測の手法が確立されており、震源情報から距離減衰式を用いることにより地震計の設置されていない個所の震度予測も的確に行えるなど既往の研究を積極的に活用できることなどが有利に働いている。将来的には、基盤における計測震度距離減衰式⁴⁾を用いて沿線各点の推計震度分布を準リアルタイムで計算し、安全確認の更なる効率化を図ることも可能であると考えている。今後も地震時の安全輸送を高いレベルで確保し「東海道新幹線のお客様を地震から守る」ため、地震防災システムの更なる高度化に取り組んでいきたいと考えている。

時期	改定項目	点検所要パーティ数			
		部分巡回	全線巡回	構造物点検	合計
	計測震度導入前	14	16	—	30
H18.5	計測震度導入	9	16	8	33
H19.4	沿線地震計増設	6	8	7	21
H21.4	部分構造物点検箇所改定	5	7	4	16

図 3 点検パーティ数の変遷

【参考文献】 1) 荒鹿,中嶋：東海道新幹線の地震防災システムの機能強化について、JREA 2005.12。

2) 他谷ほか：ボーリングデータを用いた表層地盤増幅特製の面的分布推計手法の検討、土木学会年次学術講演会 2008。 3) 他谷ほか：単独観測点での早期震度予測手法、地震学会 2008 秋季大会。 4) 他谷ほか：基盤での距離減衰式を用いた計測震度分布推計手法の開発、土木学会年次学術講演会 2010。