

東海道新幹線地震防災システムの機能強化について

東海旅客鉄道㈱ 若森 吉邦、杉崎 英司、他谷 周一、中嶋 繁

1. はじめに

東海道新幹線では、平成 17 年 8 月に、最新の地震諸元推定方式を取り入れた新しい早期地震警報システム「TERRA-S (テラス)」の稼動を開始¹⁾する等、地震防災システムに常に最先端の技術を取り入れ続けている。本稿では、テラス稼動開始以後に取り組んできた地震防災システムの機能強化の概要について紹介する。

2. 地震防災システムの概要

2.1.地震防災システムの構成

東海道新幹線の地震防災システムは、遠方で発生する大地震の早期検知を目的とした「早期地震警報システム」と、沿線での実際の揺れを把握する事を主目的とした「沿線地震計」とで構成される。早期地震警報システムは、沿線から離れた位置に設置された「遠方地震計」と、遠方地震計からの情報をもとに列車への送電を停止するかどうかを判断する機能などを持つ「沿線処理装置」、それらを指令所にて監視するための「指令端末」、各装置間の情報伝送を中継するための「中継所装置」から構成される。沿線地震計は、早期地震警報システムの沿線処理装置に併設され、1 箇所当たり電気式の地震計と機械式の感震器の 2 種類の地震計を設置している (図 1)。

2.2.早期地震警報システムの機能

東海道新幹線の遠方で大地震が発生した場合、遠方地震計にて地震を検知する。遠方地震計は、検知した地震の P 波の初動部分からマグニチュードや震央位置 (地震諸元) を推定し、中継所装置を介して沿線処理装置に送信する。沿線処理装置では、遠方地震計からの情報をもとに警報の必要性を判断し、必要により、変電設備に送電を止める警報を出す。列車は、停電を検知すると自動的に非常ブレーキが作動する仕組みとなっている (図 2)。

2.3.沿線地震計の機能

新幹線沿線付近で地震が発生した場合は、早期地震警報システムの警報よりも先に、沿線地震計が地震動を検知する。沿線地震計は、常時 5Hz をコーナー周波数としてフィルタ処理した 3 成分合成加速度を監視し、一定値 (40gal) を超過した場合に警報を出す仕組み²⁾となっている。したがって、このような地震の場合には、沿線地震計からの警報により列車に非常ブレーキが作動することになる。

沿線地震計の役割としては、地震警報を出すこと以外にも、地震計設置位置での揺れ程度を把握する事も重要である。沿線地震計は、地震検知から終了までの揺れを監視し、その位置での計測震度等を計算し、指令端末に送信する。施設指令では地震終了後、沿線地震計で観測された震度をもとに、地震後の運転規制判断を行う³⁾。

3. 地震防災システムの機能強化

3.1.広域警報機能の新設

内陸を震源とする直下型地震が発生した場合、震源の真上となる地域では甚大な被害が発生することは言うまでもないが、断層の走向や地盤条件等によっては、震源から数十 km はなれた位置でもかなり大きな被害が発生することがこれまでの経験から分かっている。震源の真上に地震計があった場合、この地震計から周辺の広い範囲に警報を出す事ができれば、早期地震警報システムでなくても、震源から離れた位置では主要動が到達するよりも最大 10 秒程度前に警報を受けることができるようになる。

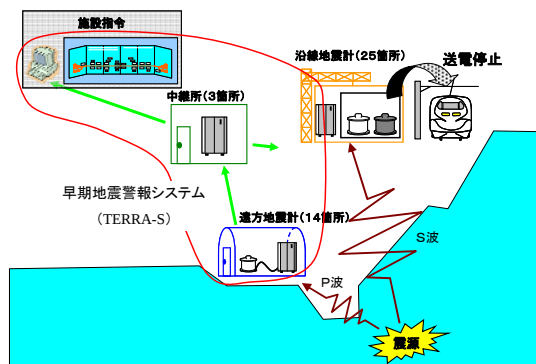


図 1 東海道新幹線地震防災システムの構成

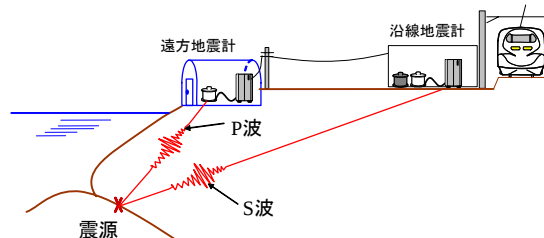


図 2 早期地震警報システムの機能概要

マグニチュード5以上の直下型地震時の震源近傍（震央距離10km以下）でのK-NET地震観測記録からマグニチュードとP波の振幅の大きさの相関を調べたところ、M6.5以上ではP波であっても160galを超える揺れを観測する事が分かった(図3)。そこで、今回の機能強化では、160galを超える揺れを観測した場合に、地震計の直下を震源とするマグニチュード7クラスの地震が発生したとみなし、従来よりも広域(120km範囲)に警報を出す機能を追加することとした。なお、120km範囲とは、M7.0の地震が発生した時に鉄道構造物で被害が発生する恐れがあるとされる範囲である。

3.2.沿線地震計の増設

従来、沿線地震計は沿線約20km間隔で計25箇所に設置していたが、今回の機能強化では、その中間に地震計を増設し、約10km間隔(計50箇所)の配置として、平成19年4月より使用開始している(図4)。

沿線地震計を増設することにより、地震計と地震計の中間で直下型地震が発生した場合に、従来よりも震源に近い位置に地震計があることになるため、最大約1秒地震警報を早めることができる。また、沿線地震計の増設により、地震後の揺れ情報を詳細に得る事ができるようになり、点検範囲の短縮当により、地震後の安全確認時間の短縮も可能となる。

3.3.遠方地震計の増設

従来の早期地震警報システムでは、東海道新幹線を囲むように14箇所の遠方地震計を配置しているが、今回の機能強化では、これら地震計の間隔が長いところに遠方地震計を7箇所増設し、計21箇所とすることとしている(図4)。これにより、増設した箇所周辺で発生する地震に対して、従来よりも早く地震警報を出す事ができるようになる。

また、従来の遠方地震計は、岩盤が露頭している山を探し、そこに横坑を掘り地震計を設置する、といった大掛かりな設備が必要であったが、新しい地震諸元推定方式では、比較的ノイズレベルが高いところでも安定してよい精度で地震諸元を推定できるので、増設7箇所は沿線地震計と同様に対震ハットを建て、その中に設置するスタイルを採用している(図5)。

4. おわりに

今回の機能強化により、東海道新幹線地震防災システムは、現状で実用レベルに達している地震防災技術の粋を結集したものとなった。しかし、これに満足することなく、地震時の列車安全の更なる向上を求め、新しい技術を研究開発し、その成果を地震防災システムに逐次導入していき、今後も更なるレベルアップを図っていきたい。

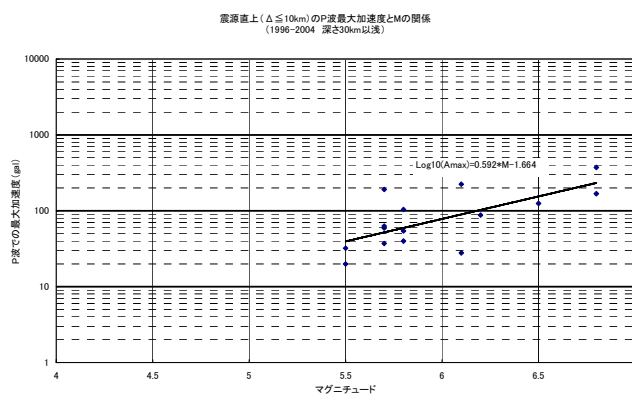


図3 震源直上のP波最大加速度とMの関係



図4 遠方地震計と沿線地震計の配置



図5 増設遠方地震計外観

¹ 「東海道新幹線の早期地震警報システムの構築」(他谷ほか 第60回土木学会年次学術講演会講演概要集 2005.09)

² 「沿線地震計による地震警報に関する一考察」(他谷ほか 第61回土木学会年次学術講演会講演概要集 2006.09)

³ 「地震発生後の運転規制判断の適正化」(伊藤ほか 日本鉄道施設協会誌 2006.10)