

# 鉄道における地震発生後の早期運転再開に向けた小型地震計の設置について

東京地下鉄(株) 正会員 渡邊 正美

正会員○菅原 孝男

石黒 宏一

(株)システムアンドデータサーチ 正会員 佐藤 勉

## 1. はじめに

東京メトロでは、地震を検知して運転を規制するための警報装置として1988年(平成元年)に当社専用の地震計を3箇所設置し、1997年(平成9年)に新型地震計(コンパクトユレダス)に改良するとともに6箇所増設を行い、列車運行の安全確保に努めてきた。さらに、本年P波検知後1秒以内で警報出力が可能である新世代早期地震計(フレックル)への更新を実施した。

2005年7月23日に発生した千葉県北西部の地震(M6.0)では、東京都足立区で震度5強が観測されるなど、強い揺れにより長時間にわたり列車運行が停止し首都圏の鉄道が麻痺した。東京メトロにおいても同様の事態が発生したが、これは、6箇所ある地震計の最大値が規定値を越えたため、列車を緊急停止させ全線の歩行点検で安全確認を行ったことによるものである。

この事象をふまえ東京メトロでは、早期運転再開を目指すための方策として、鉄道構造物の揺れを直接かつ細分化した区間で測定することにより実際の揺れを把握し、運転規制及び点検の範囲を明確にできるよう、小型地震計(エリア地震計)を設置することとした。本稿では、これに至った導入の経緯、設置計画及び地震情報ネットワーク化の構築について報告する。

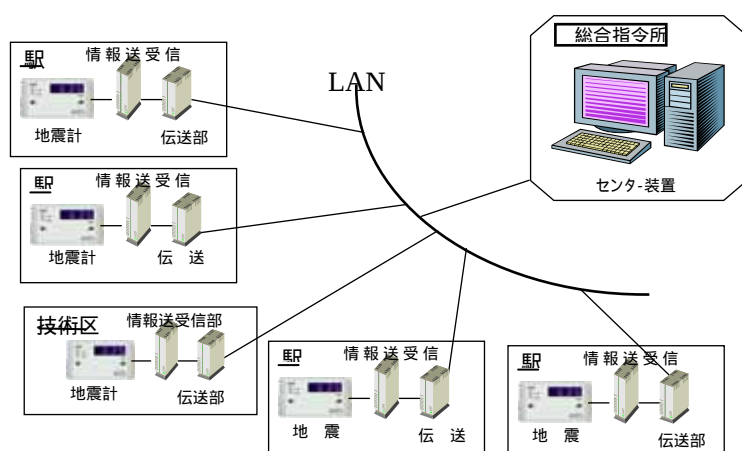
## 2. 概要

このシステムは、小型地震計を駅事務所及び技術区事務所の鉄道構造物躯体に直接取付け、本震動と同時にLAN回線を利用して、総合指令所の情報表示装置に測定データを送信し、各地震計の情報を表示させるものである。

地震計の選定にあたっては、ネットワークにより測定データの自動送信が可能、加速度(Gal)とリアルタイム震度(RI)<sup>1)</sup>のデジタル表示が可能、パソコンにつないで震動波形の観測が可能、ブザーとランプで警報出力が可能、低価格で取付けが簡単、などの機能保有を条件として検討し、デジタル地震計AcCo(写真-1)を採用することとした。



小型地震計AcCo(写真-1)



ネットワーク構築イメージ(図-1)



小型地震計設置位置(写真-2)

キーワード：地震対策、地震警報装置、小型地震計、エリア地震計、地震情報ネットワーク

〒110-8614 東京都台東区東上野3-19-6 東京地下鉄(株)・TEL03-3837-7094・FAX03-3837-7171

### 3．設置場所の検討

小型地震計の設置にあたっては、営業線区間全体の平均的な間隔（約3 Km程度）を考慮するとともに、点検設備が多い折返し設備のある駅に設置することを基本条件として検討し、31駅に設置することで計画した。

### 4．設置に伴う事前調査

小型地震計を設置するにあたり、事前に次の事項を調査し、設置場所の確認（壁、柱、床など）、供給電源位置の確認、ネットワーク化に必要な機器設置のスペース及び配線経路の確認を行った。また、構造物の深度によって地震時の振動がどのような特性を示すかを把握するために常時微動による振動特性調査を実施した。

#### 【常時微動調査結果】

地下駅と地上駅の地震動の相違を考慮するため、設置予定箇所である地下駅の半蔵門線渋谷駅、赤坂見附駅、九段下駅及び東高円寺駅、並びに、地上駅の銀座線渋谷駅、丸ノ内線四ッ谷駅、後楽園駅、中野駅及び中目黒駅付近構築において、各々常時微動測定を実施した。

計測された波形は、方向成分（水平2方向、上下1方向）ごとにフーリエ変換を行った。さらに、水平方向と上下方向のフーリエスペクトルからスペクトル比（H/Vスペクトル）<sup>2)</sup>を算出し、地盤の増幅特性や周波数特性などの振動特性の推定を行った。また、高架橋等の地上構造物の振動特性を把握するため、構造物の上下部でのスペクトル比（伝達スペクトル）も求めた。

その結果、地表面と地下階層はほぼ同様な振動特性を示したが、図—2のように地表面以上に位置する銀座線渋谷駅と地下の半蔵門線渋谷駅との増幅特性を解析したところ、ほぼ全ての周波帯域で振幅値にばらつきがあり、地上の構造物自体が振動特性に大きく影響していることが判明した。また、その他の駅で解析した結果からも構造物の上下で振幅値の差が大きくなる箇所があったことから、渋谷駅と中目黒駅付近構築の地上部2箇所に地震計を増設することとし、合計33箇所に小型地震計を設置することになった。

### 6．ネットワーク構築

全ての営業線における地震動の状況を即座に把握するため、地震発生時に新世代早期地震計及び小型地震計で計測された地震情報を統合し、加速度とリアルタイム震度を表示するセンター装置を総合指令所に設置した。なお、センター装置は、各地震計情報の自動表示、地震情報を基に各エリアの地震警報（第1・第2・第3地震警報別）を色分け表示、地震情報のプリントアウト、ネットワーク化のバージョンアップが可能、システム電源のバックアップが可能、などの機能を有している。（図 - 1 参照）

### 7．まとめ

近年、地震情報の早期取得については気象庁や各企業での取組みが進んでいるが、東京メトロでは列車の緊急停止から更に一步進めて早期運転再開を視野に入れた小型地震計による運行管理を推し進めている。不規則な強振動による地震では、一般的な震度だけでは既存構造物の的確な耐震性評価を行うことが難しいため、直接鉄道構造物の振動を把握して重点的に点検することにより、安全な列車運行が確保できるものと考えている。

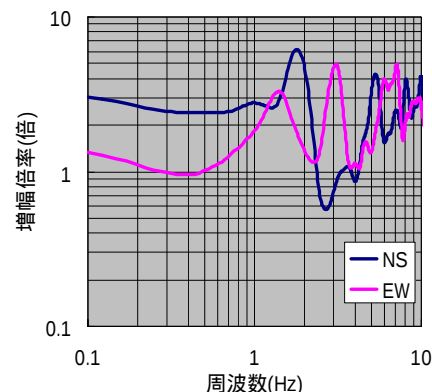
今後、適切な構造物の維持管理に努めるとともに、各地震計の計測データを検証し、よりの確な地震時対策を確立するためのシステムの構築を図っていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 中村豊：発災強度DIと震度指標、日本地震工学会大会、2005年11月
- 2) 中村豊：常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定、鉄道総研報告、1988年



常時微動計測状況(写真 - 3)



銀座線渋谷駅/半蔵門線渋谷駅スペクトル比(図 - 2)