

鉛直多連地震観測システムの構築(その1 観測システムの概要)

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 田中 浩平 坂井 公俊
 中央開発株式会社 正会員 ○岩田 賢 橋本 和佳
 クローバテック株式会社 非会員 松田 滋夫 犬飼 均

1. はじめに

耐震設計における地震動評価においては、表層地盤の地震時挙動を適切に把握することが重要である。特に強震時の非線形化や地中の3次元波動伝播については未だに不明な点も多く、実証研究が不可欠である。このような目的のために、地中・地上をペアとした1次元鉛直アレイ地震観測点が設置されてきた。港湾空港技術研究所による港湾地域強震観測¹⁾、防災科学技術研究所によるHi-net²⁾、KiK-net観測網³⁾、東大生研千葉実験場による三次元高密度アレイ観測⁴⁾、その他機関の観測事例⁵⁾を含めると膨大な地点数となる。これらの観測は、基盤と地表面位置に2点の地震計を設置するものがほとんどであるが、中間層にも地震計を設置してより精緻な波動伝播を把握しようという試みもある。しかし、地中地震計はボーリング孔底に設置することが一般的であるため、地震計の設置数分だけボーリング孔が必要となり、敷地や予算の制約からその設置数には限りがあった。

そこで、本システムでは、数珠つなぎにした地震計を開発することで、1つのボーリング孔で10個の地中地震計を設置した鉛直アレイ地震観測を可能とした。これにより設置場所の制約なく、地震動の複雑な伝播、減衰特性等の観測が可能となる。その1では、本システムの構成機器と地震計の設置方法について述べる。

2. 地震観測システムの構成機器について

地震観測システムの全体構成を図-1に示す。観測システムは、多連地震計およびデータロガーから構成される。データロガーは制御盤内に収納され、制御盤横の電柱から引き込んだ商用電源を使用している。また電柱には、GPSアンテナ(GARMIN社製GA38)を設置し、ローカルなNTPサーバを構成している。なお、本アレイの横には、本システムによる観測を検証することを目的として、別途検証用の鉛直アレイを構築している。

(a) 地震計

10連地震計の外観を図-2に示す。地震計は10個のゾンデをケーブルで直列に接続し、ゾンデ内部にMEMSセンサーM-A351(セイコーエプソン製)を設置している⁶⁾。本センサーで計測できる振動レベルは0.1mgal~5000gal程度であり、常時微動から強震動まで幅広い振動を計測できる。ゾンデはSUSおよびMCナイロンで構成される。ゾンデ内部はセンサーとインタフェース基板で構成され、センサーはアルミベースで固定している。設置時にセンサーが回転・傾斜するため、方位や傾斜については、記録から判断して補正する必要がある。ゾンデを接続するケーブルは外径18mmの26芯(13ペア線)を用いており、10個のセンサーへは、電源、基準クロック、コマンドラインが共通ライン(下り3回線)、各センサーからの出力(上り10回線)はバイナリの数値データとしてRS485(ボーレート115200)で送信され、データロガーに記録される。

(b) データロガー

本システムの制御盤内の状況を図-3に示す。電源装置、データロガー、NTPサーバ、これらの信号を全体処理するPCがある。データロガーはイーサネット処理PCと接続している。

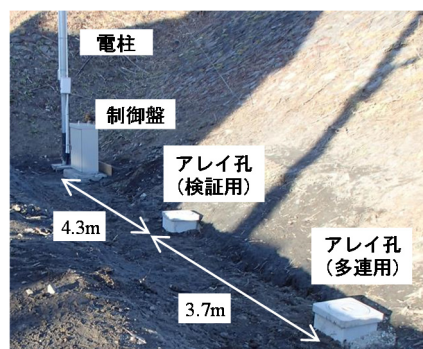


図-1 地震観測システムの全体像



図-2 地震計の外観

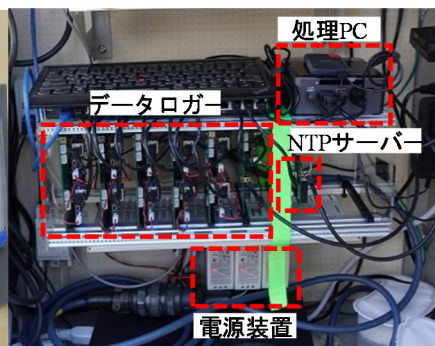


図-3 制御盤内の状況

キーワード 地震観測, 表層地盤, 鉛直アレイ, 観測システム

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2丁目8-38 TEL:042-573-7394

3. 地震観測システムの設置方法について

地震観測システムを構築する地点の地盤堆積状況について、図-4に示す。本地点は、中生代ジュラ紀の腰廻層（砂岩）を基盤岩として、河川沿いの谷間を埋めた厚さ55m以上の未固結堆積物（上位からBn層、Ag層、Acs層、As層、Dg層）が分布している。これらの地層に対して、基盤岩の上部を最終深度として、各層の中間付近に地震計を設置することとした。次に、地震計の設置手順を図-5に示す。未固結堆積物は孔壁が崩壊し易いため、ガイドパイプ（以下ケーシング）を深度58.0mまで挿入した。ケーシングの中に地震計と検尺棒及び注入ホース（以下ミストエース）を所定深度まで挿入した。セメントベントナイト（以下CBモルタル）を隙間なく行き渡らせるために、多段にミストエースを設置した。CBモルタル注入前にケーシング抜管が必要であるが、この際に地震計を吊下し続けることができないために、検尺棒を設置して孔内で自立できるようにした。地震計と地盤との隙間を埋めるために、地盤とほぼ同程度の固さとなる配合のCBモルタルを最深部のミストエースより孔底から注入し、モルタルが孔口から溢れるのを確認した。中間深度に設置したミストエースからも注入を行い、翌朝孔元まで充填されているのを確認した。なお、地震計の設置状況と使用したミストエース、検尺棒の写真を図-6に示す。

4. おわりに

本論文では表層地盤内の地震動伝播をより高密度に観測するために開発した、多連地震観測システムの概要を説明した。その2では、本システムで観測された地震動の検証とその特徴について述べる。

謝辞 本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

参考文献 1) 一井康二, 佐藤幸博, 佐藤陽子, 星野裕子, 井合進: 港湾地域強震観測地点資料(その6), 港湾技研資料, No.935, 1999, 2) 汐見勝彦, 小原一成, 針生義勝, 松村稔: 防災科研 Hi-net の構築とその成果, 地震第2輯, 第61巻特集号, pp.1-7, 2009, 3) Shin Aoi Takashi Kunugi and Hiroyuki Fujiwara: Strong-motion seismograph network operated by NIED: K-NET and KiK-net, JAE, Vol.4, No.3, 2004, 4) 片山恒雄, 山崎文雄, 永田茂, 佐藤暢彦: 高密度三次元アレーによる地震動観測と記録のデータベース化, 土木学会論文集, 第422号, I-14, pp.361-369, 1990, 5) 強震観測事業推進連絡会議, 記念シンポジウム「日本の強震観測50年」—歴史と展望—講演集, 2005, 6) EPSON: ニュースリリース, <https://www.epson.jp/osirase/2015/150611.htm>

