

長期孔内計測に用いる傾斜計の長期間データ測定と評価

Long-term measurement and evaluation of tiltmeter applied to long-term borehole observation

木村 俊則^{1*}, 荒木 英一郎¹, 北田 数也¹, 本間 直樹², 松島 功²

Toshinori Kimura^{1*}, Eiichiro Araki¹, Kazuya Kitada¹, Naoki Honma², Isao Matsushima²

¹海洋研究開発機構, ²気象庁

¹JAMSTEC, ²JMA

現在、海洋研究開発機構(JAMSTEC)を中心に海底下観測孔内に各種センサーを設置し、巨大地震発生過程のダイナミクスをより直接的・高精度にかつリアルタイムに検出しようというプロジェクトが進められている。設置するセンサーは地震計(広帯域地震計・強震動加速度計・高感度ジオフォン)・傾斜計・歪計・温度計・圧力計等の多項目に渡り、何れも高精度・長期安定性・信頼性が求められている。これらセンサー・測定システムは測定精度、長期安定性、信頼性評価・孔内設置技術の検討等を実施しながら開発を進めている段階にある。本報告では前述センサーの内、傾斜計について測定精度・長期安定性・信頼性評価のために気象庁松代精密地震観測室の壕内にて実施中である連続測定の概要と、同一地点で測定された広帯域地震計との波形比較結果について述べる。

2009年4月22日より、長期孔内計測に用いる傾斜計の長期安定性試験のために長野県松代にある気象庁精密地震観測室の壕内大坑道にApplied Geomechanics社製のborehole型デジタル傾斜計LILYを設置し、連続測定を開始した。LILYの最大測定範囲は±330microradians(mrad.)であり、最小分解能は1nanoradian(nrad.)、最大10°の傾斜でもSelf-levelingにより測定可能である。また、直交する水平2方向の気泡式センサーにより、傾斜データの測定を可能とし、測定可能周波数の上限はおよそ1Hz程度とされている。測定データは容器内部にあるA/D converterによりデジタルデータに変換される。今回は、3本の傾斜計を用いて長期安定性評価のための連続測定を実施した。3本の傾斜計の内、1本は壕内の地面に掘削されたborehole(内径約100×深度約1000mm,鉄製ケーシングあり)内に設置し、残りの2本は壕内の地面上に置いたコンクリート製の円筒ケーソン(内径φ450×高さ600mm)内に川砂を充てんさせて傾斜計を直立させるように設置した。このケーソン内には、Guralp社製の広帯域地震計CMG1T,3Tも同様に設置した。傾斜計のデータ測定は測定間隔ごとにPCより測定信号を傾斜計に送り、その戻り値をPC内に保存することで実施した。測定周波数は5Hzであった。測定時の時刻基準はPCの内部時計を用いたが、データ回収時に定期的に1秒単位で正確な時刻と比較することで校正を実施した。さらに、地震記録の比較には、GPSにより時刻同期がされている広帯域地震計記録の初動走時を読み取り、それに傾斜計の初動走時を合わせることで時刻補正を実施した。

データ評価として、まず、得られた全区間の傾斜計データをプロットし、長期安定性について検討した。ここで、borehole内に設置した傾斜計については、期間内の傾斜変動もおおよそ±2~3mrad.以内と安定していたが、ケーソン内に設置した傾斜計については、常に同じ方向に傾斜し続けていることが確認された。この変動は多いときで1週間に20~30mrad.にも達することもあり、設置後時間が経つにつれて安定する傾向にあった。これはケーソン自体、或いはケーソン内の川砂が動いているというのが原因であると考えられ、設置方法に依存したノイズである可能性が高い。また、測定期間中には近地地震、遠地地震を含む多くの自然地震記録が確認された。周波数特性の検討のため、borehole内に設置した傾斜計とケーソンに設置した広帯域地震計の同

一方向の記録について、地震記録などの確認されていないバックグラウンドノイズが卓越した時間帯のパワースペクトル(PSD)を計算すると、傾斜計・広帯域地震計共に脈動に対応する明瞭なピークが確認された。また、自然地震のパワースペクトルも1Hz以下の帯域では両者により相関性があることを確認した。さらに、傾斜計と広帯域地震計の特性を詳細に比較するために、ノイズ・微小地震・有感地震の記録を切り出して、傾斜計と広帯域地震計のコヒーレンシーを算出し、振幅(2乗コヒーレンシー)・位相について検討した。その結果、いずれも振幅についてはシグナルの卓越した帯域では0.8を超えるようなよい相関を持つことを確認したが、位相についてはノイズ・地震記録共に線形な関係が明瞭でないことを確認した。今回の結果は時刻ずれを完全に補正しきれっていないことが少なからず影響を与えていることも考えられる。また、用いたデータ数も少なく、定量的な評価には至っていない。今後は測定期間中のその他多くの自然地震記録を用いて統計的に比較検討を実施する必要があると考えている。一方、測定期間中に傾斜計の波形・スペクトルの時間変化は認められず、長期安定性に関しては今回測定期間中の範囲(約8ヵ月)では問題ないことを確認した。今後も測定を継続する予定である。

キーワード:長期孔内計測,傾斜計,長期安定性,広帯域地震計,自然地震

Keywords: Long-term borehole observation, tiltmeter, long-term stability, broad-band seismometer, earthquake