2-9 複数の深部ボアホールにおける歪計により観測された十勝沖地震(2003/9/26 M8.0)の地震波形

Wave forms of Tokachi-oki earthquake (2003/9/26 M8.0) recorded by several strain meters installed in deep boreholes

東濃地震科学研究所、名古屋大学

Tono Research Institute of Earthquake Science, ADEP, and Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

東濃地震科学研究所のボアホール観測網

東濃地震科学研究所は東濃地域においてボアホール地殻活動総合観測装置のアレイ観測網による 地殻活動総合観測を実施している。第1図に観測点の位置を示している。岐阜県瑞浪市明世町戸狩 地区には水平距離5m以内に深度165mと350mのボアホール(TGR165とTGR350)にボアホール地殻 活動総合観測装置が設置され観測を継続している。TGR165での観測歪は水平3成分、斜め2成分と 鉛直1成分であり、TGR350では水平3成分である。この観測点から100m程度の水平距離のところ に名古屋大学瑞浪地殻変動観測壕内(NAMZ)に30mの長さの3成分伸縮計が観測データを蓄積して いる。これらの歪計のサンプリングは全て1秒である。第1図には観測壕の平面図と伸縮計の位置 も示してある。このほかにこの地域から約7km離れた屏風山地殻活動観測点がある。この地点では 深度約1000mのボアホールに地殻活動総合観測装置が埋設・設置されている。歪観測は水平4成分、 鉛直1成分(サンプリング20HZ)と斜め2成分(サンプリング10Hz)である。全てのボアホール地 殻活動総合観測装置には地震計3成分も搭載されている。

防災科学技術研究所 F-net の旭観測点(N.NAAF)(第1図)の STS-1の記録も比較のために使用した。

観測された十勝沖地震の波形

a) 異なるボアホール歪観測点との歪地震波形の比較

第2図に BYB、TGR165、TGR350ボアホールにおける歪計により観測された地震波形と NAMZ の伸縮 計により観測された地震波形を示している。水平成分は観測成分の方向に波形をプロットしてあり、 鉛直歪を観測している観測点はその波形も示してある。全てのボアホール歪地震が良好に記録され ている。図は径の方向に時間が進み、軸周りに歪計の伸び(反時計回り) 縮み(時計回り)を示して いる。観測成分によって波形、振幅などの違いが明らかである。

第3図は TGR165 と BYB 観測点の鉛直成分波形の比較である。両観測点は約7km 離れている。長周 期部分はよく似た波形を示しているが実体波の部分および後続波の部分には震源や構造を反映した と考えられる差異が見られる。

第4図は TGR350、TGR165、BYB の歪計と NAMZ 伸縮計による地震波形の比較である。長周期部分の応答は4観測点ともよく一致している。NAMZ 伸縮計の EW 成分の最大振幅付近が他の観測点と比較して明らかに小さい。後続波の部分では振幅の差は見られない上に NS 成分では最大振幅の差が見られない。これは伸縮計の基準尺が 30m と長いために地質構造の影響を受けていると考えられる(参考文献)。

b) STS 地震計、地震計と歪計による地震波形の比較

第5図はTGR165の鉛直歪計、広帯域地震計、BYBの鉛直歪計、加速度計(積分により速度波形に 変換)による地震波形記録と防災科学技術研究所(F-net)の旭観測点(N.NAAF)の広帯域地震計 (STS-1)の記録を並べてある。旭観測点はBYBから約17km位離れている。TGR165の鉛直歪計、広 帯域地震計、BYB の鉛直歪計、加速度計による地震波形記録は後続波も含めて類似した波形を示し ている。(N.NAAF)の広帯域地震計(STS-1)とは最大振幅付近は対応しているが後続波などは観測 点の位置の違いによりフェーズが異なっている。もうひとつの特徴は実体波の部分の長周期部分は STS にも広帯域地震計、加速度計にも記録されていない。BYBの歪計による記録とSTSの記録のスペ クトル(第6図)を見ると長周期部分でSTSの振幅が歪計に比較してかなり落ちているのがわかる。 これは両者の計器の特徴から当然である。また、STS は計器の傾斜の影響も含んだ観測をする事お よび波形の比較の結果を考慮すると、ごく長周期の波群まで含むような観測においては歪計の方が 観測解析に有利であると考えられる(参考文献参照)。

まとめ

- 1. 複数のボアホール歪地震記録との比較や加速度計、広帯域地震計、STS 地震計との比較検討 により石井式のボアホール歪計は歪地震計として十分な性能を有している。
- 2. 特にごく長周期領域においてはボアホール歪計の方がごく長周期で感度の落ちる STS 地震 計より優位である。また、STS 地震計の水平成分は傾斜により感度の変化が生じるが歪地震 計はその心配はない。十勝沖地震発生地域において北海道大学が見事な歪記録を得ている事 も考慮すると歪計の観測の重要性が認識される。
- 3. 伸縮計による歪地震記録は基準尺が 30m などと長いため途中の地質環境の影響を反映する。 石井式の歪計は基準尺 6cm 程度と短くても十分歪地震を記録する感度を有している。
- ボアホール歪計は水平成分のほかに斜めや鉛直成分も記録する事が可能であり、今後地震の メカニズム解明に多くの情報を提供する事が期待される。

参考文献

大久保 慎人、石井 紘、山内常生、ボアホール歪計アレイが観測した十勝沖地震波形 - 広帯域 地震計による波形との比較 、2004、「地震」投稿中、

観測点名	観測方式	深度	観測成分
BYB(屏風山)	ボアホール総	1020m	歪計(水平4、斜2、鉛直1) 傾斜計2、
	合観測		水晶温度計 1、磁力計 4、地震計 3)
TGR165(戸狩 165)	ボアホール総	165m	歪計(水平3) 傾斜計2、水晶温度計1、
	合観測		磁力計4、地震計3)
TGR350(戸狩 350)	ボアホール総	350m	歪計(水平3)傾斜計2、水晶温度計1、
	合観測		地震計 3、ジャイロ方位計)
NAMZ(名大瑞浪)	横坑	カブリ約 30m	伸縮計 4、水管傾斜計 2、水晶温度計 2

表1 東濃地震科学研究所の観測点



- 第1図 3ヶ所のボアホール歪観測点(TGR165、TGR350、BYB),横坑観測点(NAMZ)とブロードバンド地震計の位置(N. NAAF)および横坑の平面図と伸縮計の配置
 - Fig.1 Location of Borehole strain stations (TGR165,TGR350 ,and BYB), vault station (NAMZ) and Broad band seismometer station (N.NAAF). Plane figure of vault station is also shown. Depths of boreholes TGR165, TGR350 and BYB are 165m, 350m and 1020m respectively.



第2a図 BYB 観測点において観測された十勝沖地震の歪地震波形

Fig.2a Strain seismogram of Tokachi-oki earthquake observed at BYB borehole station.

TGR350.TOKACHI



- 第2b図 TGR350 観測点において観測された十勝沖地震の歪地震波形
 - Fig.2b Strain seismogram of Tokachi-oki earthquake observed at TGR350 borehole station.

TGR165.TOKACHI



第2c図 TGR165 観測点において観測された十勝沖地震の歪地震波形

Fig.2c Strain seismogram of Tokachi-oki earthquake observed at TGR165 borehole station.

NAMZ.TOKACHI



第2d図 NAMZ 観測点において観測された十勝沖地震の歪地震波形 Fig.2d Strain seismogram of Tokachi-oki earthquake observed at NAMZ borehole station.



- 第3図 BYBと TGR165 において観測された十勝沖地震の歪地震波形の鉛直成分の比較
 - Fig.3 Comparison of vertical components of strain seismograms arising from Tokachi-oki earthquake observed at BYB and TGR165 borehole stations.



第4a図 BYB、TGR350、TGR165 と NAMZ 観測点において観測された十勝沖地震の歪地震波形の NS 成分 Fig.4a NS components of strain seismograms arising from Tokachi-oki earthquake observed at BYB TGR350, TGR165 and NAMZ stations.



第4b図 BYB、TGR350、TGR165 と NAMZ 観測点において観測された十勝沖地震の歪地震波形の EW 成分 Fig.4b EW components of strain seismograms arising from Tokachi-oki earthquake observed at BYB TGR350, TGR165 and NAMZ stations.



第5図 BYB、TGR165 と N. NAAF 観測点において観測された十勝沖地震の鉛直歪地震波形と地震計による波形 Fig.5 Comparison among vertical components of strain seismograms and seismograms of broad band seismometer arising from Tokachi-oki earthquake being observed at BYB and TGR165 borehole stations and N.NAAF seismic station.





Fig.6 Spectrum of vertical components of strain seismograms observed at BYB and seismograms of broad band seismometer observed at N.NAAF seismic station arising from Tokachi-oki earthquake.