

7-10 兵庫県南部地震の震源域近傍における地殻応力繰返し測定

Crustal stress repeat measurements around the epicenter of 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

兵庫県南部地震（'95, 1, M7.2）の発生域の近くでは、地震前に地殻応力の繰返し測定が行われており、田中（1993）¹⁾はこの地域の応力値が徐々に増大していることを指摘していた。地震後に応力状態がどのように変化したかを追跡するために、前回と同じ測定孔、測定法（水圧破壊法：以下HF法と記す）により再測定を行った²⁾。

第1図³⁾にこれまでの応力測定点と測定された水平面内主応力方向を示す。今回測定したのは、平木鉱山（Hi）と宝殿採石場（Ho）である。平木鉱山は、地表下108mの坑内（岩盤は白亜紀後期流紋岩）で、1978, '85, '89, '92年に、応力解放法あるいはHF法により応力測定を行っている^{1,4)}。今回（'95.3）は、前回（'92.12）と同じ孔井（方向の異なる直径48mm、深さ10.3mの3本）において、HF法による3次元応力測定を行った。孔井が浅く、天然亀裂が多く含まれており、HF箇所を選定に制約があるので、'92のHFで作られた人工亀裂を再開口したのが10箇所、新しく亀裂を造成したのが2箇所である。亀裂方位の検出は型取りパッカーによったが、'92の亀裂との間に良い一致がみられ再現性が確認された。解析には新しく亀裂を造成した2箇所と'92で測定された亀裂の方位傾斜をそのまま採用した。

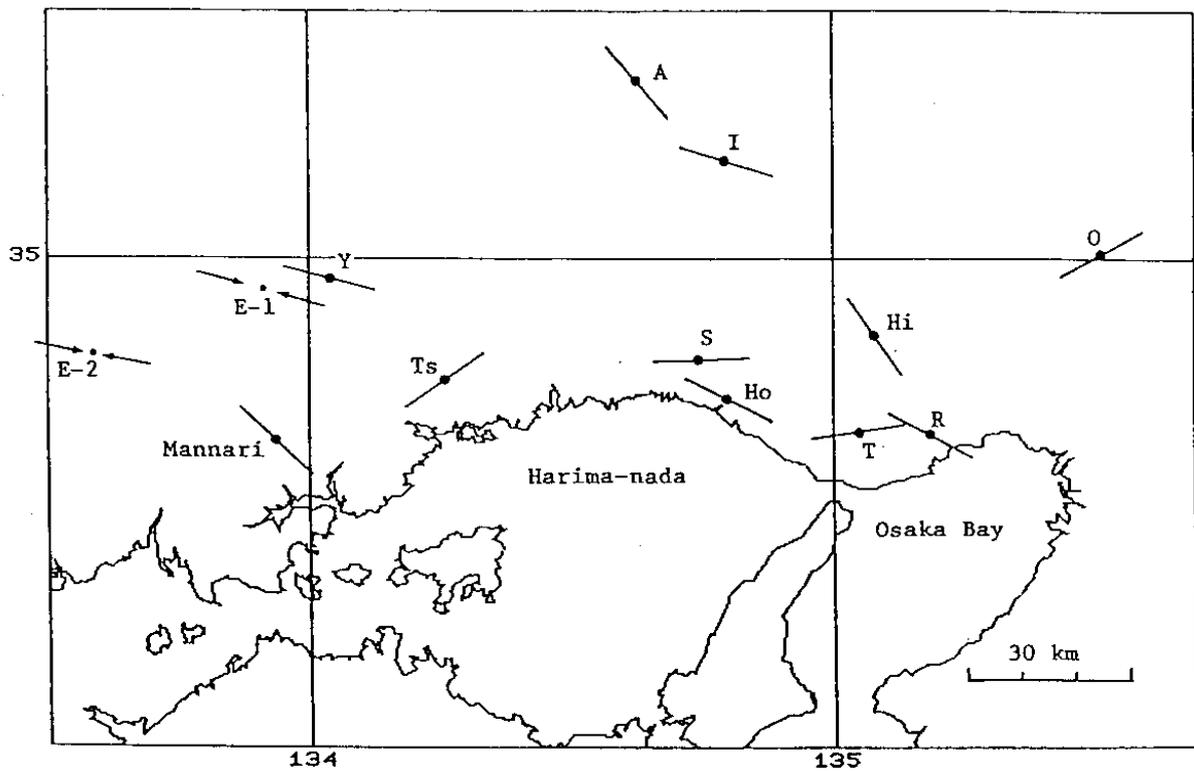
宝殿採石場では、地表からのボーリング（岩盤は白亜紀流紋岩質溶結凝灰岩）により、1982, '86, '88年に、応力解放法あるいはHF法により応力測定を行っている^{1,4)}。今回（'95.5）は、前回（'88.9）と同じ孔井（直径1φ60mm、深さ100m）において、HF法による測定を行った。'88には種々の深さ12箇所測定されたが、今回はこれとは異なる9箇所を選定した。破壊前の型取りパッカーによる亀裂の調査では既存亀裂は認められなかった。HF試験の結果、30m以浅の2箇所を除き孔井軸に平行な縦亀裂が造成され、信頼性の高い応力値、応力方位が求められた。

第2図に、それぞれ前回の測定と比較して水平主応力の大きさと方位の変化を示す。また、第3図に最大水平圧縮応力方位と、平均応力に対するせん断応力の比； $\mu_m = (Sh_{max} - Sh_{min}) / (Sh_{max} + Sh_{min})$ の変化を示す。 μ_m は平木、宝殿ともに地震前には増加する傾向にあり、1994年末には $\mu_m = 0.6$ に達していたことが推定される。それが地震後の測定では、差応力が減少し、 $\mu_m = 0.2$ にまで下がっている。ここ10年ほど増大する傾向にあったせん断応力がそれ以前の応力値レベルに戻ったとも考えられる。最大水平圧縮応力方位は、測定誤差を越える変化を示しており、平木では約36°、宝殿では約25°反時計回りに回転している。すなわち、応力の東西成分が増大した。孔井が浅いので応力の深度勾配などの不確定要素が多いものの、繰返し測定によって応力変化が実測された例は初めてである。

（池田隆司）

参 考 文 献

- 1) 田中豊：近畿北部の地殻応力状態とその変化，京大防災研年報，No.36 B1 (1993)，279-290
- 2) Ikeda, R., Y. Iio, K. Omura and Y. Tanaka, In-situ Stress Variation Before and After the 1995 Hyogo - ken Nanbu Earthquake around the Epicenter, Proceedings of the VIIIth Int'l. Symp. on the Observation of the Continental Crust through Drilling, Tsukuba, (1996), 393-398.
- 3) 田中豊：岡山市万成における地殻応力の深度勾配の測定，京大防災研年報，No.34 B-1 (1991)，313-323.
- 4) 田中豊・藤森邦夫・竹内智一：平木鉱山，宝殿採石場および土橋鉱山における地殻応力測定，京大防災研年報，No.33 B-1 (1990)，23-37.

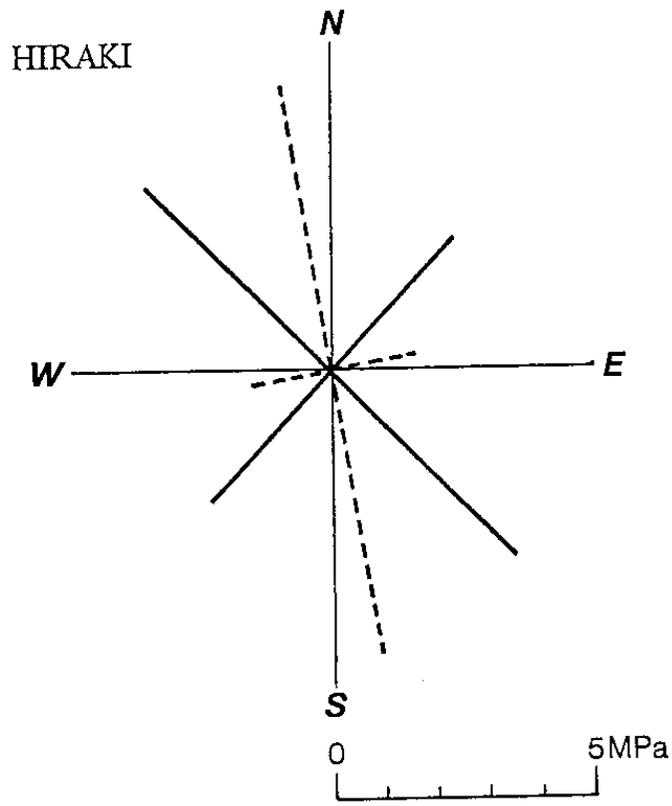


第 1 図 原位置応力測定点および水平面内主応力の方位³⁾

今回の測定は，Hi：平木，Ho：宝殿。

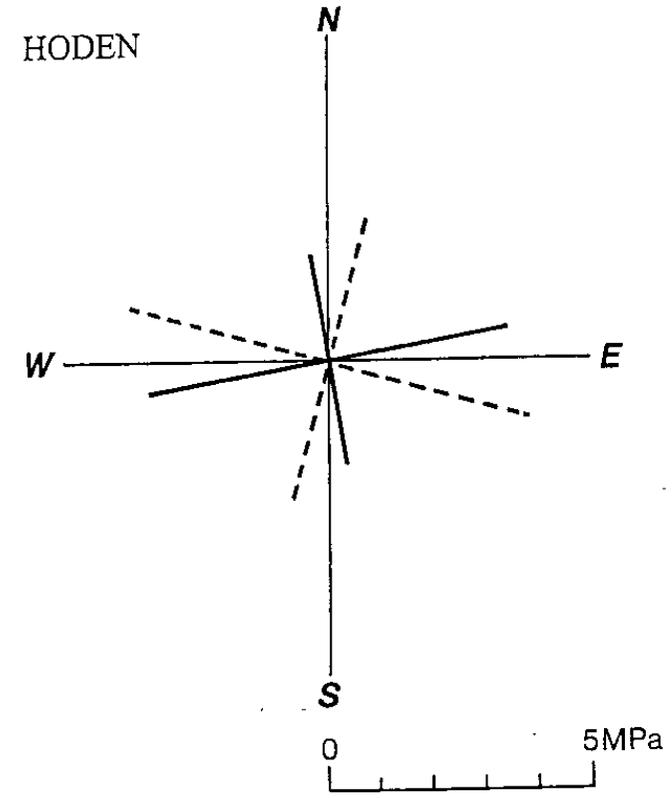
Fig. 1 In - situ stress measurement sites and the directions of horizontal principal stress³⁾

Hi : Hiraki and Ho : Hoden.



+ 1995, 3 (after the Hyogo-ken Nanbu Earthquake)
 $SH_{max} = 4.9 \pm 1.3 \text{ MPa (N}45.8^\circ \text{ W)}$
 $Sh_{min} = 3.4 \pm 1.3 \text{ MPa}$

+..... 1992, 12 (before the Hyogo-ken Nanbu Earthquake)
 $SH_{max} = 5.4 \pm 1.5 \text{ MPa (N}10.0^\circ \text{ W)}$
 $Sh_{min} = 1.6 \pm 1.0 \text{ MPa}$

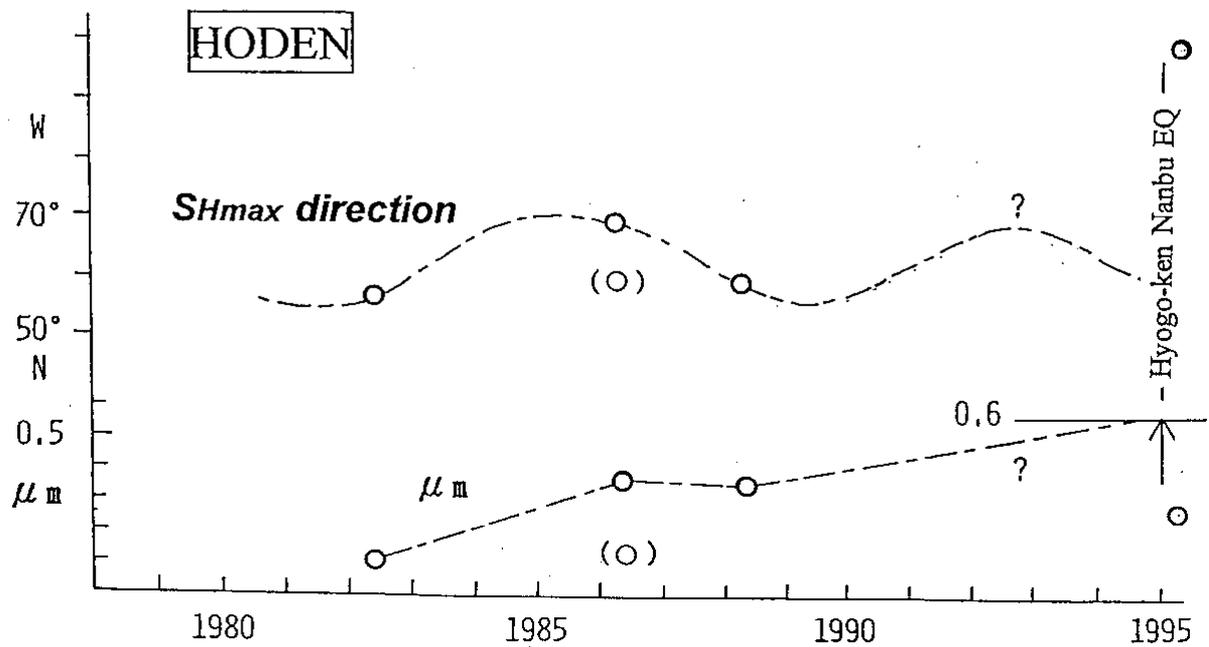
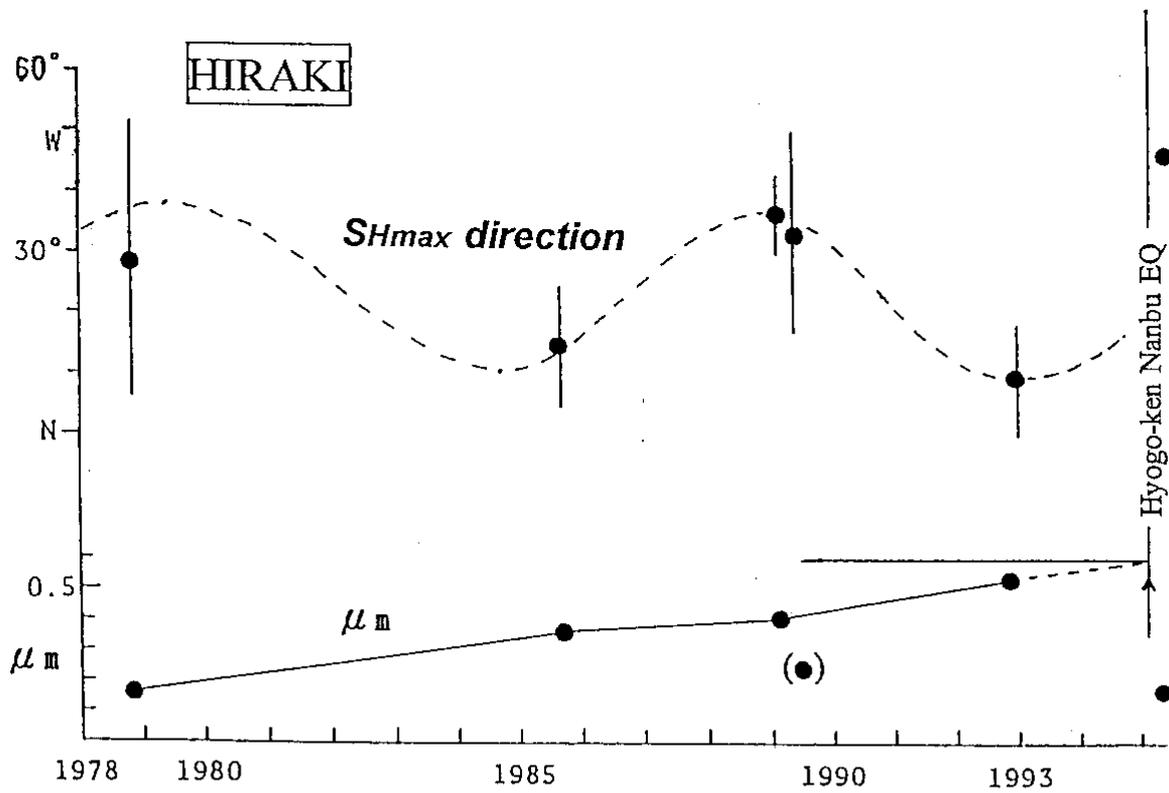


+ 1995, 5 (after the Hyogo-ken Nanbu Earthquake)
 $SH_{max} = 3.4 \pm 0.7 \text{ MPa (N }100.0^\circ \text{ W)}$
 $Sh_{min} = 2.0 \pm 0.3 \text{ MPa}$

+..... 1988, 9 (before the Hyogo-ken Nanbu Earthquake)
 $SH_{max} = 3.9 \pm 2.6 \text{ MPa (N }74.8^\circ \text{ W)}$
 $Sh_{min} = 2.1 \pm 0.9 \text{ MPa}$

第2図 平木および宝殿における水平主応力（平均）の変化

Fig. 2 Change of the horizontal principal stresses (average) at Hiraki and Hoden station.



第3図 平木および宝殿における最大水平圧縮応力方位と μ_m 値の時間変化

Fig. 3 Variations of maximum horizontal direction and μ_m value at Hiraki and Hoden station with time, where $\mu_m = (SH_{max} - SH_{min}) / (SH_{max} + SH_{min})$.