

7-4 水圧破碎法による地殻応力深度勾配の測定 — 兵庫県 宝殿採石場 —

Measurements of Crustal Stress Gradient with Depth by a Hydrofracturing Method — The Hoden Quarry, Hyogo Prefecture —

西日本地殻応力調査班

The Research Group for Crustal Stress in Western Japan

宝殿採石場では、1982年8月¹⁾に8素子ゲージを用いた応力解放法により、また1986年11月-12月²⁾には16ゲージを用いた応力解放法と3次元水圧破碎法による応力測定を行っている。今回1988年9月には鉛直100mの60mm径のボーリング孔を掘削し、水圧破碎法による応力測定を、深度を変えて12回実施し、水平面内応力の深度分布を調べた。

岩盤は白亜紀の流紋岩質溶結凝灰岩から成り、ボーリングコアから推定すると、全100m間きわめて均質で亀裂はほとんどなく、また地下水の湧出も全くなかった。しかし深度80~100m間では茶褐色に変質した、多孔質でもろい岩帯が分布していた。測定結果は良好であったが、25m、30mでは斜に傾いた亀裂が生じた。70mでは亀裂の方位が全く異なる例が出た。

主応力方向については1~2の例外を除き、N65°~80°Wの範囲内にあり前回(1982, 1986)の測定と一致した。

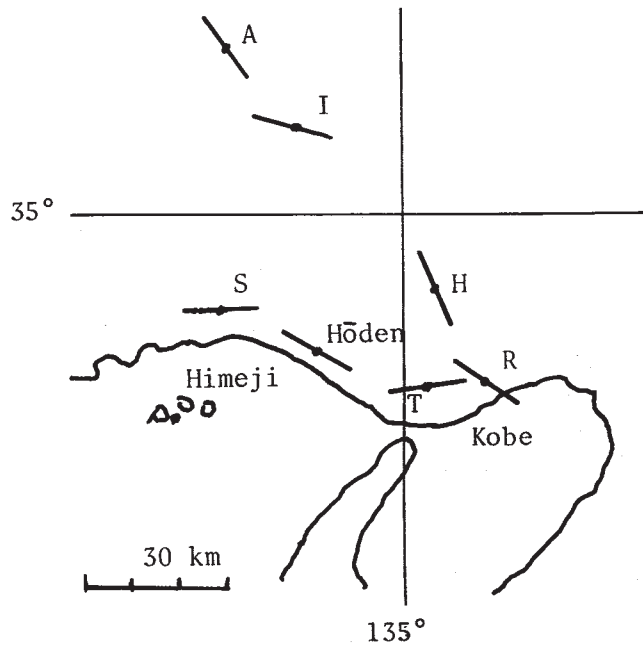
主応力値については、深さ50mあたりまでは平均の応力勾配で増加しているが50m付近からはバラツキが大きく、深さに対しほぼ一定か、あるいは減少しているかに見える。

更に細かく見ると、20~30m間隔で応力値の低いところがあり、とくに変質した85m~95m間ではかぶり圧よりも小さくなっている。鉛直応力の小さい上層部は、節理ですべりが生じ、部分的に水平応力値の低い場所がほぼ等間隔で存在するのかもしれない。とくに100mより下部には、コアの変質状態から推定し大きな亀裂が存在する可能性がある。

概してみれば、平均応力値(σ_h)、最大せん断応力値(τ_h)共に小さいが、深度勾配は西日本標準応力深度勾配(西南日本内帯9地点から求めた平均勾配)、 $\sigma_h = 1.8 + 0.025H$ 、 $\tau_h = 0.8 + 0.005H$ (Hは深さm、 σ_h 、 τ_h はMPa)の勾配とほぼ等しいと推定される。

参 考 文 献

- 1) 西日本地殻応力調査班：応力解放法による地殻応力測定(8)、連絡会報、30(1983) 361 - 367.
- 2) 西日本地殻応力調査班：水圧破碎法と応力解放法による地殻応力の比較測定、連絡会報、38(1987)、460 - 462.

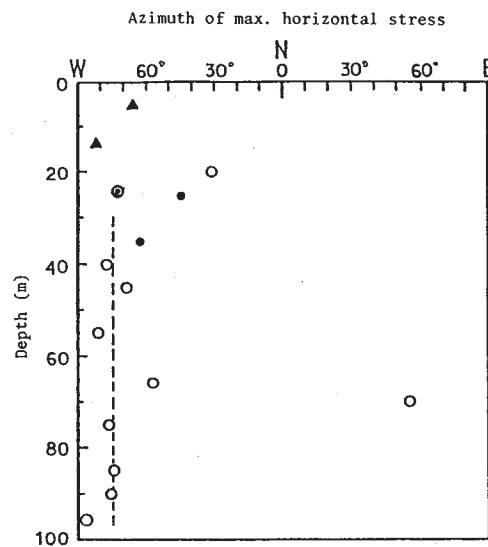


第1図 宝殿位置図および測定された水平面内主応力方向

A: 明延 (1979) T: 高塚山 (1984) S: 城見台 (1982) R: 六甲諏訪山 (1983) H: 平木 (1978) I: 生野 (1988) Höden: 宝殿 (1982, 1986, 1988)

Fig. 1 Location of the Höden Quarry, and distribution of the measured maximum horizontal stress direction in Hyogo Prefecture.

A: Akenobe (1979) I: Ikuno (1988) S: Shiromidai (1982)
H: Hiraki (1978) T: Takatsukayama (1984)
R: Rokko-Suwayama (1983).

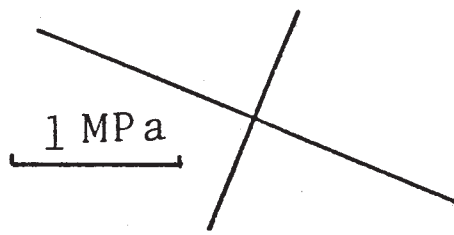


第2図 水平面内最大主応力の方位と測定深度の関係

▲: 応力解放法による
● (with dot): 3次元水圧破碎法による
● (solid): 急傾斜の横亀裂の走向

Fig. 2 Azimuth of maximum horizontal stress in different depths.

▲: By Stress Relief Method.
● (with dot): By 3-dimensional Hydrofracturing Method.
● (solid): Strike of transversal fractures with high dip angle.



$\sigma E = 2.43 \pm 0.20$	
$\sigma N = 1.52 \pm 0.20$	
$\tau EN = -0.38 \pm 0.16$	
$\sigma h_1 = 2.57$	MPa
$\sigma h_2 = 1.38$	
$\theta = -20.0^\circ$	

第3図 平均的な水平面内主応力軸

主応力方向が他の測定結果と大きく異なる深度70mのデータと横亀裂の生じた25および35mを除く。

Fig. 3 Mean horizontal principal stress axes.

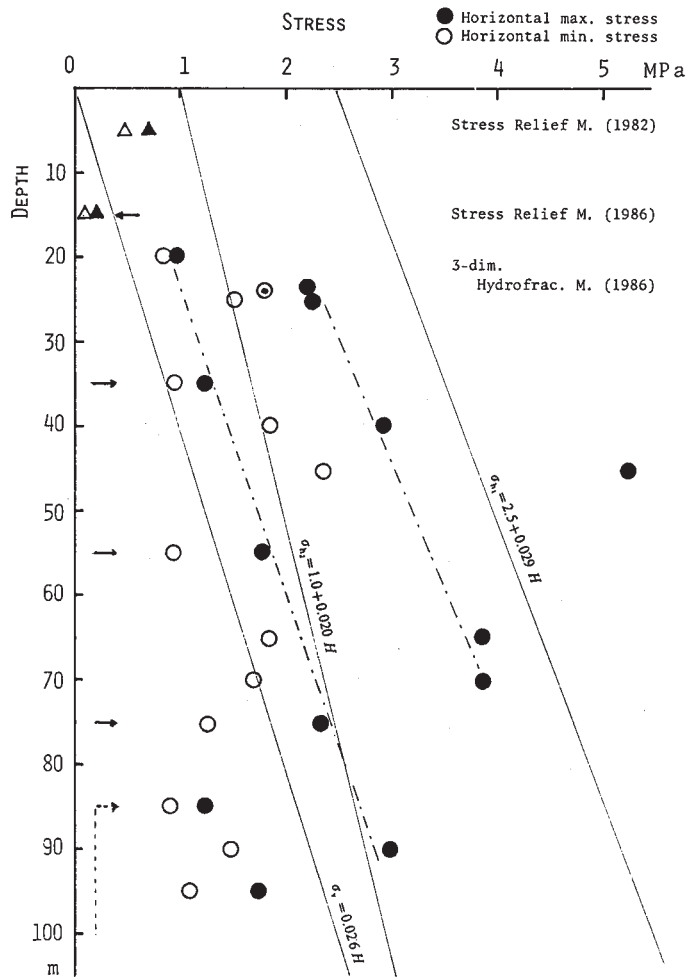
The data in 70 m depth, measured result which is greatly different from in other depths, and the data in 25 and 35 m, in which transversal fractures were formed, are omitted.

第1表 水圧破碎データから算出された各深度における水平面内の主応力値及び方位

※：25m および 35m で生じた亀裂は急傾斜の横亀裂であったが、便宜上縦亀裂と見なして応力値を算出した。

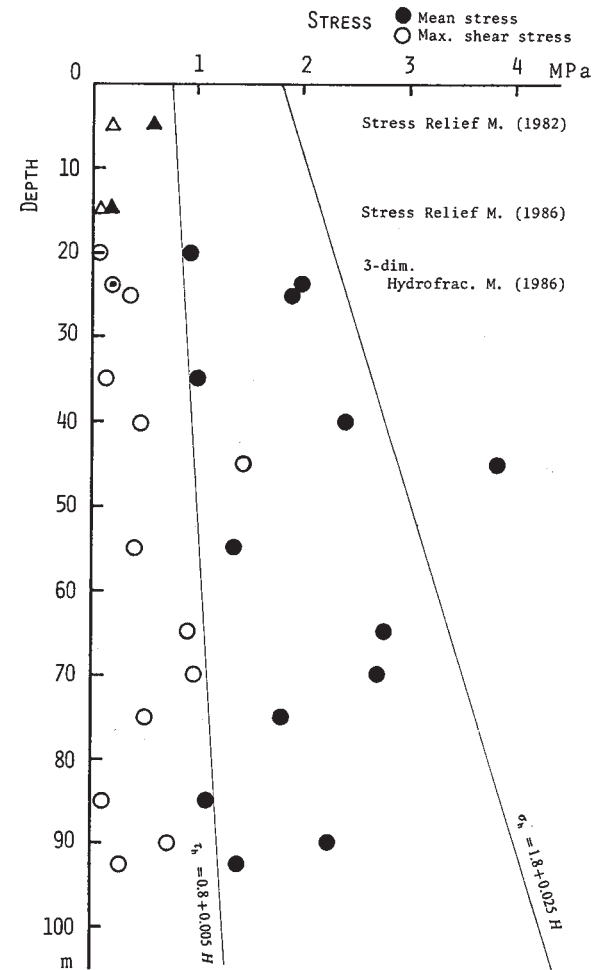
Table 1 Principal horizontal stress values and directions at different depths calculated from hydrofracturing data.
* The fractures formed in 25 and 35 m depth were transversal fractures with high dip angle, but they are regarded as longitudinal fractures for convenience' sake in this table.

Depth(m)	σh_1 (MPa)	σh_2 (MPa)	Direction of $\sigma h_1, \theta$
20	0.92	0.94	301.1
25*	(1.49)	(2.26)	(315.1)
35*	(0.95)	(1.25)	(335.5)
40	1.84	2.94	347.0
45	2.38	5.23	338.7
55	0.95	1.78	351.3
65.7	1.84	3.66	326.7
70	1.67	3.67	35.4
75	1.27	2.32	346.4
85	0.93	1.22	344.5
90	1.48	2.99	345.7
95	1.07	1.73	358.0



第4図 水平面内主応力値の深度分布
 矢印は低応力深度，直線は西日本の標準応力勾配を示す。 σ_v はかぶり圧 $p_g H$

Fig. 4 Variation of horizontal principal stress with depth.
 Arrows indicate low stress zones.
 Straight lines show the standard stress gradient of Western Japan.



第5図 水平面内平均応力と最大せん断応力の深度分布
 直線は西日本の標準応力勾配を示す。

Fig. 5 Variation of horizontal mean stress and maximum shear stress with depth.
 Straight lines show the standard stress gradient of Western Japan.