

3 - 16 関東・東海地域における水圧破壊法による地殻応力測定 — 山梨県都留市，茨城県新治郡桜村 —

Hydraulic Fracturing Stress Measurements in the Kanto-Tokai Area: Tsuru City,
Yamanashi Prefecture and Sakuramura, Ibaraki Prefecture

国立防災科学技術センター
National Research Center for Disaster Prevention

国立防災科学技術センターでは昭和 52 年度から水圧破壊法により地殻応力測定を実施している。^{1) ~ 6)} 58 年度に測定した 2 地点の結果について報告する。

山梨県都留市で孔径約 16cm・深さ 450m，茨城県新治郡桜村（国立防災科学技術センター構内：筑波）で同孔径・深さ 600m の測定井を各 1 本掘削した。位置は第 1 図，第 3 図に示す。1983 年 2 月（都留），同 3 月（筑波）に地殻応力を測定した。測定井の孔壁に既存の割れ目が多かったために，応力値を得たのは，都留（TR）で 4 ヲ所，筑波（TK）で 2 ヲ所であった。最大水平圧縮応力方位は，TR で 3 ヲ所，TK で 1 ヲ所からデータが得られた。測定法は参考文献 1)，2)，4) を参照されたい。

都留測定井（TR）：深さ 60m から孔底まで，新第三系中新統の凝灰角礫岩（御坂層）であった。密度検層から得られる平均密度は $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ である。音波検層による弾性波（P 波）速度は $4.0 \sim 5.5 \text{ km}/\text{sec}$ である。密度の高い割に P 波速度が遅く，孔壁に既存の割れ目の多いことを示唆している。

筑波測定井（TK）：深さ 410m までは第四系の泥～砂岩（成田層群・上総層群）で，410m 以深は，この地域の基盤岩である中生界花崗岩質変成岩であった。検層結果によると，平均密度は 0 - 410m では $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ ，410 - 600m では $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ で，P 波速度は 0 - 410m では $1.8 \sim 2.5 \text{ km}/\text{sec}$ ，410 - 600m では $3.5 - 4.5 \text{ km}/\text{sec}$ （一部は $5.0 \text{ km}/\text{sec}$ ）であった。第四系の地層は軟弱で水圧破壊には適さない。410m 以深の基盤岩中の P 波速度も，それ程高くなく，既存割れ目の多いことを示している。

測定結果

測定された地殻応力値を深さに対してプロットし第 2 図に示す。密度 D から算出した静岩圧（鉛直応力 S_v とする）も同時に示す。TR，TK どちらも応力値は深さと共に増加している。但し，TR の 301m での測定値は異常に小さく，最小水平圧縮応力 S_{Hmin} が S_v （一点鎖線）の応力レベルに近い，この部分は既存割れ目等により，地殻応力が緩和しているためと解釈される。いずれの測定点も， S_v より S_{Hmin} の方が大きく，逆断層型の応力状態である。TR の東

方約 15 km に道志川断層（横ずれ型断層）⁷⁾、南方 20 km に神縄断層（逆断層）⁷⁾ 北方 20 km に扇山断層（逆断層）⁷⁾ があり、横ずれ型、逆断層型活断層が共存しており、TR での測定結果と矛盾しない。TK の付近には活断層が露出していないので、このような比較はできない。

TR における最大差応力（ $S_{Hmax} - S_V$ ）は大変大きい。400m で 16MPa に達する。この値は今までの関東・東海地域での測定値が、深さ 400m に換算して、2～11MPa の範囲に全て入っているのと比べて大変高い値であることがわかる。

S_{Hmax} 方位は、型取りパッカーを使って⁴⁾、水圧破壊の際生じた割れ目方位を測定することによって得た。得られた平均方位は以下のものである。

都留（TR）： $N60^\circ \pm 20^\circ W$ 、筑波（TK）： $N45^\circ \pm 20^\circ W$

測定された方位と、既存の測定データを合わせて第 3 図に示す。引用データは参考文献 1)～6) 及び応力解放法によるものは 8)～10) である。測定点 TK の北 7 km の、花崗岩が地表に露出した地域で、地表下 16m で応力解放法により測定された方位¹⁰⁾ と今回の結果とはほぼ一致している。測定点 TR の東 18 km の花崗岩の中で地表下 10m で応力解放法により測定された方位⁸⁾ とは一致しない。これら 2 測定点の間で応力方位が急変しているのであろう。¹¹⁾

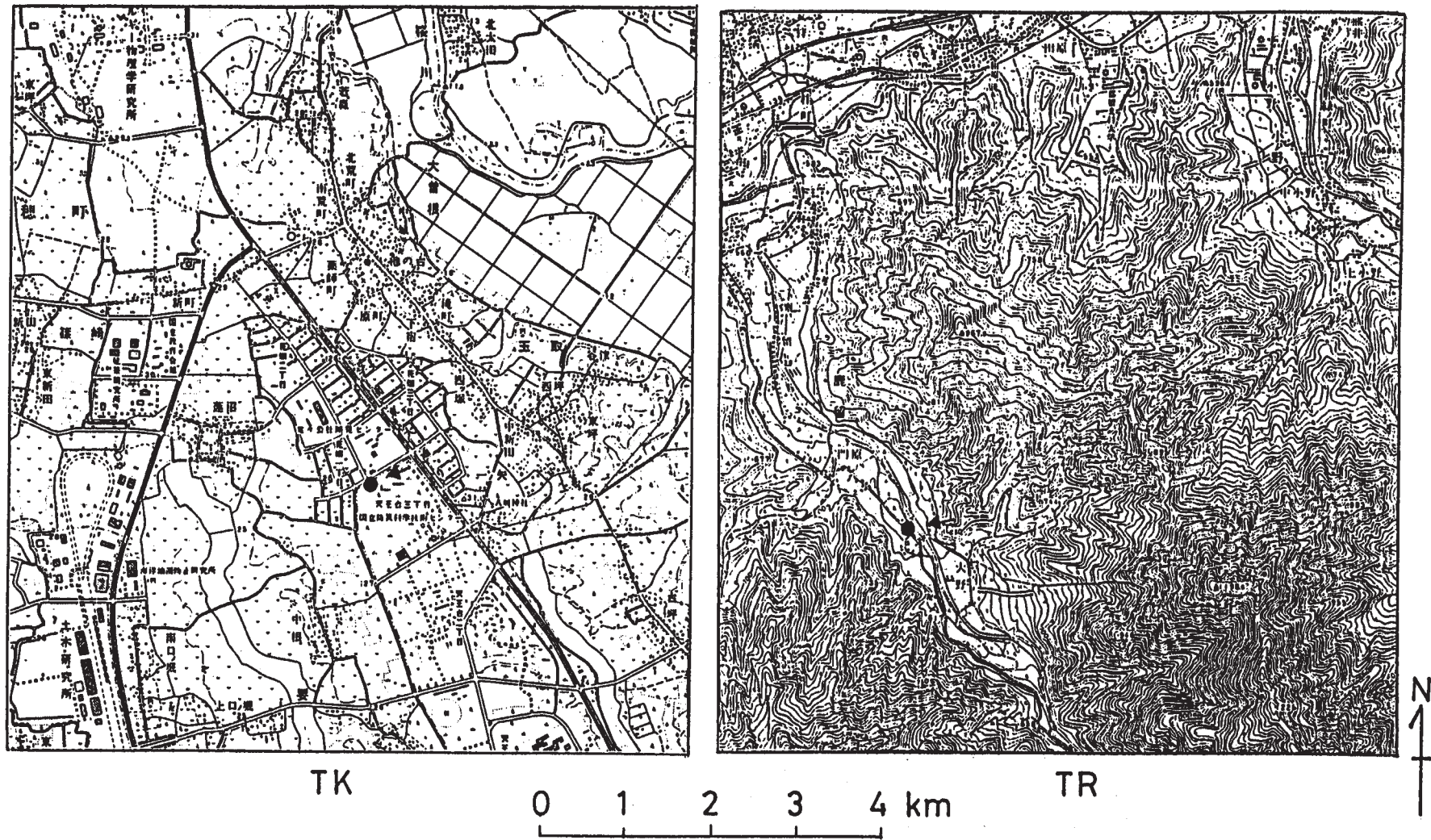
都留（TR）での応力測定の約 6 ヶ月後（1983 年 8 月 8 日）に、TR から水平距離で 15 km のところに $M=6.0$ （深さ 18 km）の地震が発生した（第 3 図参照）。この地震の発震機構は横ずれ断層型で、圧縮軸は北西－南東である。TR で測定された応力方位と良く一致している。前述のように、TR で測定された差応力が大変高かったのは、この地震の発生と関連があったのかもしれない。今まで、地震発生直前の地殻応力状態が震源の近くで測定された例はないので、今回得られたデータは大変貴重である。なお、この地震の震央から 31 km 北西の傾斜計観測点（塩山）では、地震発生の約 20 日前から前兆的西 10° 北下りの異常変動を記録している。¹²⁾

（塚原弘昭・池田隆司）

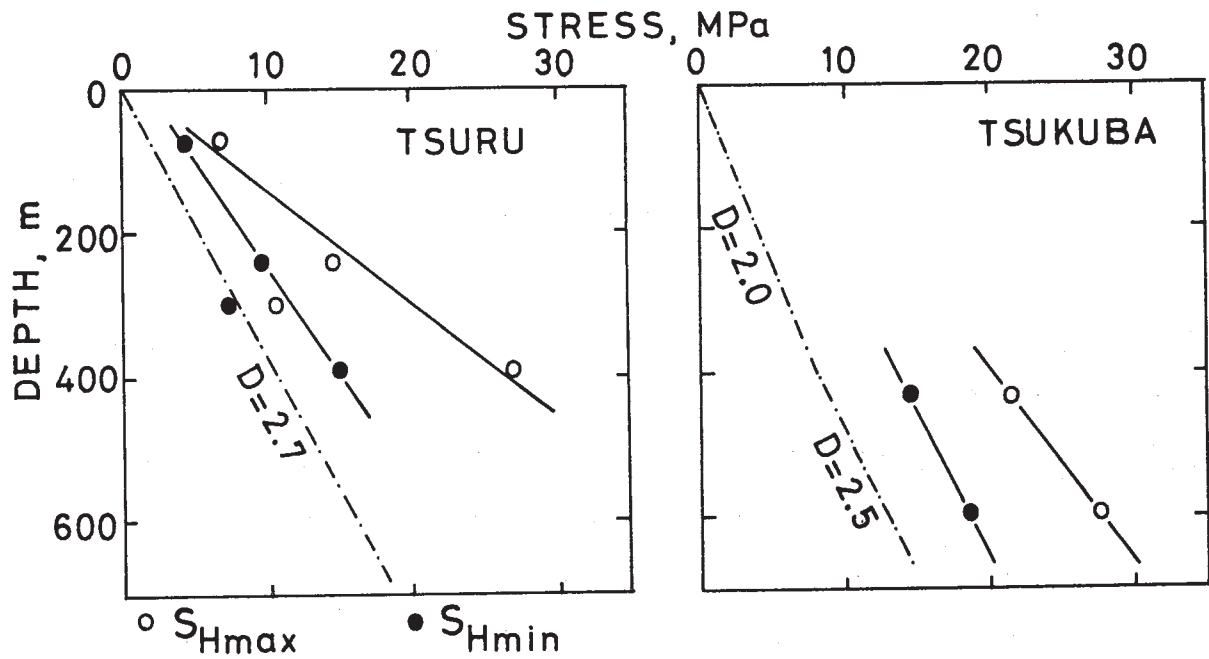
参 考 文 献

- 1) 塚原弘昭・池田隆司・佐竹洋・大竹政和・高橋博：静岡県岡部町における水圧破壊法による地殻応力の測定，地震，**31**（1972），415 - 433.
- 2) 塚原弘昭・池田隆司・佐竹洋・高橋博：静岡県西伊豆町における水圧破壊法による地殻応力測定，地震，**33**（1980），317 - 327.
- 3) 塚原弘昭・池田隆司・佐竹洋・高橋博：銚子市犬吠崎における水圧破壊法による地殻応力測定，地震，**34**（1981），13 - 20.
- 4) 池田隆司・高橋博：千葉県富津市における水圧破壊法による地殻応力測定，地震，**34**（1981），565 - 576.

- 5) 池田隆司・高橋博：茨城県那珂湊市における水圧破壊法による地殻応力測定, 地震, **36** (1983), 213 - 223.
- 6) 塚原弘昭・池田隆司・高橋博：水圧破壊法による地殻応力測定 — 静岡県岡部町・修善寺町・下田市・神奈川県横須賀市での測定結果, 地震 (投稿中); 国立防災科学技術センター：連絡会報, **29** (1983), 260 - 265.
- 7) 活断層研究会：日本の活断層 — 分布図と資料, 1980, 東大出版会.
- 8) 地質調査所：丹沢山地における応力解放法による現場応力測定, 連絡会報, **24** (1980), 99 - 103.
- 9) 地質調査所：伊豆下田地区における応力解放法による現場応力測定, 連絡会報, **27** (1982), 175 - 178.
- 10) 小出仁・他5名：筑波地区における応力解放法による地殻応力測定, 地震学会予稿集, No.2 (1982), 208
- 11) 塚原弘昭・池田隆司：関東・東海地域の地殻応力, 地震 (投稿中); 地震学会予稿集, No.2 (1982), 70.
- 12) 国立防災科学技術センター：山梨県東部の地震に先行して観測された異常な傾斜変化, 第65回連絡会資料, (1983)

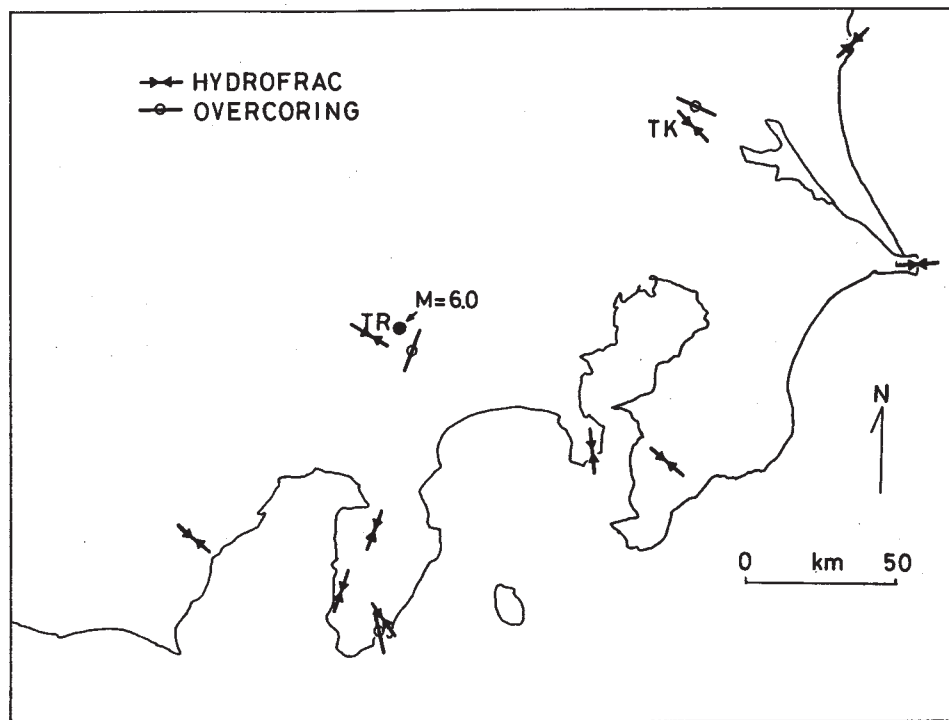


第1図 測定地点。TK：筑波，TR：都留
 Fig. 1 Measurement sites. TK: Tsukuba and TR: Tsuru.



第2図 応力値と深さとの関係。白丸：最大水平圧縮応力，黒丸：
最小水平圧縮応力，D：岩石密度。1MPa=10bar.

Fig. 2 Plots of stress vs. depth. Open symbols: Maximum horizontal compressive stress, and Black symbols: Minimum horizontal compressive stress.



第3図 最大水平圧縮応力方位の測定値。^{1)~6), 8)~10)}M=6.0 :
1983年8月8日に発生した地震の震央

Fig. 3 Directions of the maximum horizontal compressive stresses.^{1-6), 8-10)} M = 6.0: Epicenter of an earthquake of Aug. 8, 1983.