

会場:302

時間:5月25日16:30-16:45

2007年能登半島地震の震源域における応力場の深さ変化:地殻流体の関与 Anomalous depth dependency of the stress field in the 2007 Noto Hanto, Japan, earthquake: Potential involvement of a dee

加藤 愛太郎¹*, 酒井 慎一¹, 飯高 隆¹, 岩崎 貴哉¹, 蔵下 英司¹, 五十嵐 俊博¹, 平田 直¹, 金沢 敏彦¹, 2007 年能登半島地震 合同余震観測グループ¹

Aitaro Kato^{1*}, Shin'ichi Sakai¹, Takashi Iidaka¹, Takaya Iwasaki¹, Eiji Kurashimo¹, Toshihiro Igarashi¹, Naoshi Hirata¹, Toshihiko Kanazawa¹, The group for the joint aftershock observation of the 2007 Noto Hanto Earthquake¹

1 東京大学地震研究所

¹ERI University of Tokyo

We have elucidated depth variations in the stress field associated with the 2007 Noto Hanto, Japan, earthquake by stress tensor inversion using high-quality aftershock data obtained by a dense seismic network. Aftershocks that occurred above 4 km in depth indicated a strike-slip stress regime. By contrast, aftershocks in deeper parts indicated a thrust faulting stress regime. This depth variation in the stress regime correlates well with that in the slip direction derived from a finite source model using geodetic data. Furthermore, the maximum principal stress (S1) axis was stably oriented approximately W20N down to the depth of the mainshock hypocenter, largely in agreement with the regional stress field, but, below that depth, the S1 axis had no definite orientation, indicating horizontally isotropic stress. One likely cause of these drastic changes in the stress regime with depth is the buoyant force of a fluid reservoir localized beneath the seismogenic zone.



会場:302

時間:5月25日16:45-17:00

地震学的に推定される地殻応力と活断層の運動方向の比較: 阿寺断層の例 Comparison between the seismologically determined stress and the geologically determined slip direction along an active

藤内 智士^{1*}, 重松 紀生¹, 今西 和俊¹, 吾妻 崇¹, 溝口 一生², 大谷 具幸³, 沓名 亮輔³ Satoshi Tonai^{1*}, Norio Shigematsu¹, Kazutoshi Imanishi¹, Takashi Azuma¹, Kazuo Mizoguchi², Tomoyuki Ohtani³, Ryosuke Kutsuna³

¹ 産業技術総合研究所,² 財団法人 電力中央研究所,³ 岐阜大学工学部 ¹Geological Survey of Japan, AIST, ²CRIEPI, ³Gifu University

阿寺断層において,地震学的に推定した地殻応力と露頭で観察した活断層の運動方向との関係を検討した.その結果,活断層の主断層面が示す運動方向は地殻応力に対して調和的であり,一方で,主断層面から0.3-100m離れた地点の断層群の運動方向は地殻応力に対して調和的なものと不調和なものが混在していることがわかったので報告する.阿寺断層は,岐阜県東部に位置する北西-南東走向の左横ずれの活断層であり,平均変位速度が2-4m/千年で国内では活動的な活断層の一つとして知られる.また,先行研究や断層露頭に関する記載が多いことから研究対象断層とした.

地殻応力は,阿寺断層南部の周囲で2003年10月から2010年10月までに発生した微小地震の中から22個の発震機構 解を決定し,応力逆解析(Michael, 1984)を行うことで推定した.発震機構解は北東?南西走向の逆断層を主体とし,応 力逆解析により北西-南東から西北西-東南東方向で水平に近い最大圧縮主応力軸を持つ応力を最適応力解として検出 した.解析に用いた全ての発震機構解について最適応力解から計算される理論的な滑り方向と実際の滑り方向との角度 差(ミスフィット角)が30度以下であることから,最適応力解を阿寺断層南部の広域的な地殻応力と判断した.

活断層の運動方向は、阿寺断層で先行研究による詳細な記載が行われている断層露頭5地点で断層スリップデータを 観察することで推定した。断層露頭のうち、4地点(川上、田瀬、および舞台峠の2地点)は主断層面から5m以内の範 囲で、1地点(付知)は主断層面から約100m離れている。全部で100個を超える断層面で条線を観察し、そのうち58 条について断層方位・滑り方向以外に滑りセンスを特定した。観察した断層面群は、北西?南東走向で北東傾斜の左右両 センスの横ずれ断層を主体とし、逆断層も含まれる。切断関係など断層活動の前後関係を示す構造は認められなかった。 露頭で取得した断層スリップデータのうち、前述の最適応力解に対してミスフィット角が30度以下になるものは約2 割である。個別のデータでみた場合、主断層面から取得した断層スリップデータ(5条)はいずれもミスフィット角が30 度以下である。一方で、主断層面から離れた位置(0.3-100m)で取得した断層スリップデータは、データごとにミスフィッ ト角が異なる。これは、調査地域では主断層面から少なくとも数十 cm離れた地点で最適応力解とは異なる応力で滑った 小断層が存在することを示す。断層破砕帯は複雑な構造を持ち、それにより内部の応力場は不均一となる可能性がある。 今回の主断層面から離れた場所での結果は、そのような断層破砕帯内の応力の小スケールな空間変化を反映しているか もしれない、主断層面からの距離と断層スリップデータの関係をより詳細にみた調査や、応力の空間変化を計算した数 値シミュレーションとの比較などが、今後必要である、一方で、現在とは異なる広域応力(古広域応力)の時代の運動 方向が断層スリップデータとして観察された可能性もある。

本研究で行った応力逆解析の結果の一部は,原子力安全・保安院「平成22年度地層処分に係る地質評価手法等の整備」として実施した成果を含む.微小地震の解析には気象庁・文部科学省が協力して処理した気象庁一元化データ(使用 データ提供機関:防災科学技術研究所 Hi-net,気象庁,東京大学,名古屋大学,京都大学)を使用させていただきました.

キーワード: 阿寺断層, 活断層, 微小地震, 発震機構解, 応力逆解析, 小断層 Keywords: Atera fault, active fault, microearthquake, focal mechanism solution, stress tensor inversion, minor fault



会場:302

時間:5月25日17:00-17:15

台湾車籠埔 (チェルンプ) 断層のマルチ異方性の観測 Multi anisotropy observations in the vicinity Chelungpu fault near Dakeng, Taiwan

呉 泓 1^* , 伊藤 久男 1, 馬 国鳳 2Hung Yu Wu^{1*}, Ito Hisao¹, Ma Kuo-Fong²

¹ 海洋研究開発機構,² 台湾中央大学 ¹JAMSTEC,²National Central University

The 1999 Chi- Chi earthquake (Mw=7.6) take place in Taichung, Central Taiwan. The high rupture velocity and displacement record in northern part of Chelungpu fault. The total rupture length over 100 km and width large 35 km, the rupture propagated from south to north and the bending in the north end extend to East-West direction. The mainshock is pure thrust fault in the south and thrust with strike-slip type in the north. After the contentious drilling to 2 km depth, TCDP Hole-A collected various geophysical downhole measurements to determine the physical properties near the active fault. The Dipole Sonic logs (DSI) and Formation micro imagers (FMI) data are discussed, the velocity anisotropy amount and fast shear azimuth can be analyzed in DSI and the stress azimuth variation was displayed in image logs. The DSI result indicated the apparently anisotropy decreasing with the depth, the significant low anisotropy is occurred near the fault zone. Comparison with both stress indicating logs, shows that the most dislocation of azimuth in each log is close to the depth 1110 meters and consistence with the borehole breakout rotation. The rotation patterns are in agreement with each other cased by stress-induced anisotropy. Keywords: DSI, Anisotropy, Stress roatation, Breakout, Chelungpu fault, FMI



会場:302

時間:5月25日17:15-17:30

応力状態の推定、南海トラフ地震発生帯掘削掘削サイト C0009 Stress state estimate by geophysical logs in NanTroSEIZE drilling project site C0009

伊藤 久男 ¹*, 呉 泓 ¹ Hisao Ito¹*, HungYu Wu¹

1海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

To determine the fault mechanism and seismogenic zone in NanKai Trough, NanTroSEIZE investigated 1.6 km (mbsf) riser drilling in the central Kumano forearc basin to characterize the geophysical properties for future drilling through the megasthrusts. There were several downhole measurements run in this pilot drilling including image logs, caliper and comprehensive geophysical logs sets. The borehole breakout and lack of the drilling induced tensile fractures in this reprocessing image logging indicated the direction of the minimum horizontal compressive stress (Shmin), which show the consistent with the far-field stress direction. If the borehole breakout observation in the possible accretionary prism are representative the relationship with the rock strength and horizontal principal stresses, the different behaviors of borehole rock failure emphasize the variation of horizontal principal stress ratio. In this paper, we constrain the possible magnitude and orientation of horizontal principal stress. The stress induced shear wave anisotropy in Unit III and breakout azimuth in Unit IV are suggested that the direction of SHMAX in this well parallel to the direction of Philippine sea plate to Japan motion. Despite there is uncertainty of rock strength, the P-wave velocity profile shows the less variation with the depth represent the change of rock strength in the small level. The lack of breakout and tensile fractures in Unit III are attributed to the effective hoop stress acting on the borehole wall are less than the rock strength, which implied there are lower difference of horizontal principal stress. The higher differential horizontal principal stress in Unit IV caused the presence of breakout as we observed in the resistivity image logs.

Keywords: NanTroSEIZE, FMI, Boorehole breakout, Rock strength, Effective stress



会場:302

時間:5月25日17:30-17:45

数値シミュレーションによる付加体先端域における断層形成と応力の動的変化の関連性評価

Fault formation and stress change in the frontal zone of an accretionary wedge: Insight from numerical simulation

宮川 歩夢 ^{1*}, 辻 健 ¹, 山田 泰広 ¹, 松岡 俊文 ¹ Ayumu Miyakawa^{1*}, Takeshi Tsuji¹, Yasuhiro Yamada¹, Toshifumi Matsuoka¹

1 京都大学工学研究科

¹Kyoto University

付加体先端域における断層活動と応力状態の動的変化の関連性について,数値シミュレーションにより検討した.本研究では,個別要素法により付加体先端域の付加体形成過程をモデル化し,作成されたモデルにおいて付加体形成時の 断層活動と応力状態を計測した.

付加体の前縁部において新たなスラスト(フロンタルスラスト)が形成され,そのフロンタルスラストは断層変位の大きい活動的な断層であった.一方,付加体内では断層の活動度は低く間欠的にわずかな断層変位を生じる再活動のみが観察された.

計測された応力状態は,付加体から十分遠方の堆積層内では鉛直方向に最大圧縮応力の働く比較的等方的な応力状態 であったが,プレートの沈み込みに伴い海溝に近づくにつれて,水平方向の圧縮応力が卓越し,異方的な応力状態に変 化した.付加体に取り込まれると,最大圧縮主応力軸は海溝側に傾斜し,等方的な応力状態に移行した.付加体内部で は再び水平圧縮応力が卓越するが,主応力比の増加量はわずかであった.

以上の結果から付加体先端域における断層活動と応力状態の動的変化の関連性が明らかになった.付加体前縁部で はプレートの沈み込みに伴う水平圧縮応力の卓越により,フロンタルスラストが形成される.フロンタルスラストの活 動により,応力が開放され等方的な応力状態に移行する.このように応力が等方的になることでフロンタルスラストは 活動を停止し,さらに前方の異方的な応力場で新たなフロンタルスラストを形成する.一方,付加体内では断層活動の 停止により再び応力が蓄積され水平方向の圧縮応力が卓越するが,新規の断層が形成するよりも先に,既存断層の再活 動により応力が開放されてしまい応力比の増加量は小さい.そのため付加体内部では断層の再活動は観察されるものの, 新規の断層は形成されない.このことから,付加体内部で新規の断層(序列外スラスト)が形成されるためには,既存 断層が再活動せず,応力比を上昇させるメカニズムが必要であるといえる.



会場:302

時間:5月25日17:45-18:00

不連続性岩盤の初期地圧測定における円錐孔底ひずみ法の適用 Application of Compact Conical-Ended Borehole Overcoring Technique for Initial Stress Measurement of Discontinuous Rocks

坪田 裕至¹*, 家島 大輔¹, 野原 秀彰¹, 山口 浩司² Yuji Tsubota¹*, Daisuke Kashima¹, Hideaki Nohara¹, Koji Yamaguchi²

¹ 中国電力株式会社,² 中電技術コンサルタント株式会社

¹The Chugoku Electric Power Co., Inc., ²Chuden Engineering Consultants Co., Ltd.

中国電力は,現在,山口県の南東部に位置する上関町に,出力137.3万 kWの改良型沸騰水型原子力発電所2基の建設 を計画している。

原子力発電所の耐震設計において,地盤の安定性を評価する際には,通常,発電所敷地内の地山応力状態を把握する ため,初期地圧測定が実施される。

初期地圧測定に当たっては,測定箇所付近に存在する不連続面が測定結果に与える影響が大きいことから,不連続面の影響を受けない位置で測定することが重要になる。

初期地圧測定法には種々の方法があるが,これまでは「理設ひずみ法」が主に採用されており,豊富な実績を有している。

しかし,上関地点において初期地圧測定実施に先立ち,ボーリング調査結果から敷地地盤の不連続面の性状を分析した結果,当地点の岩盤は片理面沿いの不連続面が卓越しており,これまで採用されてきた埋設ひずみ法では,試験機器の制約上,不連続面の影響を受け,適切な測定が困難なことが予想された。

そこで,これに代わる測定法として,埋設ひずみ法に比べ,

(1)ひずみ測定機器のサイズが小さく,不連続面の間隔が密な区間での測定に適している。

(2)1箇所当たりの測定に要する工期が短く,安価であることから,多数のデータ取得が期待できる。

といった特徴を有する円錐孔底ひずみ法を原子力発電所の調査において初めて採用した。

測定に当たっては,視覚的に捉えることが困難な不連続面の影響を除去するため,CTスキャンによりコア内部の不 連続面の有無をチェックし,異常値としてデータを棄却する等,信頼性の高いデータ取得に向けた種々の工夫を加えた。 測定の結果,水平面内については概ね等方な応力状態であること,最大主応力方向は概ね鉛直方向であり,概ね土被 り深さに相当することから,妥当な結果であると考えられ,今回採用した円錐孔底ひずみ法が,不連続性岩盤に対して 有効であることが明らかになった。

キーワード: 不連続性岩盤, 円錐孔底ひずみ法, 初期地圧測定 Keywords: Discontinuous Rocks, The Compact Conical-Ended Borehole Overcoring Technique, Initial Stress Measurement



会場:302

時間:5月25日18:00-18:15

四国周辺域の不均質応力場解析と水平最大圧縮軸トラジェクトリ作成 Heterogeneous stress analysis and Shmax trajectories around Shikoku

久保 篤規 ¹*, 小池 将実 ² Atsuki Kubo¹*, Masami Koike²

¹ 高知大学理学部附属高知地震観測所,² 高知大学理学部応用理学科 ¹Earthq. Obs. Fac. Sci. Kochi Univ., ²Fac. of Sci. Kochi Univ.

四国は,南海トラフでのフィリピン海プレートの斜め沈みこみの影響を受けている.一方九州や琉球弧などの伸長場 と考えれている地域とも隣接している.そのため,この地域の応力場を理解することは,これら沈み込みや背弧拡大の ダイナミクスを理解する上で重要であろうと考えられる.我々は高知大学やデータ交換により受信している高感度地震 観測網のデータを検測して,1995年以降のP波初動極性を用いたメカニズム解の決定を微小地震に対して行なっている. これを精度によってクラス分けを行い,精度の高い解(深さ20km以浅の1950個)を用いて,不均質な応力場の解析が可 能な多重逆解析(山路,2010)を行った.解析は四国周辺域を29の領域に分けた領域で行い,領域内で抽出する解の数 は結果を参照しながら2または3に調整する作業を行った.得られた結果は南海トラフに直交する方向には,1)MTLよ りも南の四国,2)MTL付近,3)山陽地方,4)山陰地方にわけられるということが確認される.一方島弧に沿った変化 としては,伊予灘,高縄半島,四国西部,豊後水道では伸長応力場が見られ別府などと同様に南北の伸長の特徴をもつ. 最近出版されたTerakawa and Matsu 'ura (2010)によるこの付近の応力場は伸長場であるという特徴は同じだが東西伸長 の特徴を示しており,本研究とは一致しない.応力解析を行うと軸方位だけではなく応力比が得られる.水平最大圧縮 軸方位は応力主軸が同じでも応力比によってかなり大きく変化することが Lund and Townend (2007)によって示された. 本研究で得られた応力解をこの手法で水平最大圧縮軸方位を求めた.比較的ななめらかなトラジェクトリが得られ,m (1992)によって地質学的な考察から描かれているものとよく似たパターンとなる.

キーワード: 応力場, メカニズム解, 水平最大圧縮, 四国 Keywords: Stress field, focal mechanism, Maximum horizontal compression, Shikoku



会場:302

時間:5月25日18:15-18:30

応力場に支配された断層深部塑性流動パターン Kinematics of the mylonite controlled by the stress regime

重松 紀生¹*, 藤本 光一郎², 田中 伸明² Norio Shigematsu¹*, Koichiro Fujimoto², Nobuaki Tanaka²

1 産業技術総合研究所, 2 東京学芸大学

¹Gelogical Survey of Japan, AIST, ²Tokyo Gakugei University

構造地質学においてマイロナイト中の線構造,面構造,および内部の非対称構造はしばしば運動像の解析に用いられる.しかし,こうした運動像と応力場の関係についてはこれまで定量的な評価が行われてこなかった.本研究では中央 構造線に沿うマイロナイトについて検討した.

産業技術総合研究所は最近,三重県松阪市飯高町に東南海・南海地震予測を目的とした地下水等観測施設,飯高赤桶 観測点を整備し、その過程で中央構造線を貫通したボーリングコアが得られた.解析にはこのボーリングコアを用いた.

マイロナイトの面構造と線構造の方向は,中央構造線に向かい徐々に変化する.中央構造線から離れた場所では、面構 造は北北東から北東に傾斜し,線構造は東にゆるく沈下する.一方、中央構造線近傍では面構造は北北西に傾斜し,線構 造は東北東から北東に沈下し,沈下角の大きなものがみられる.これらから中央構造線に向かい,面構造が収斂し,剪 断歪が中央構造線に向かい徐々に大きくなることが示唆される.

マイロナイトの面構造,線構造による応力逆解析から,最大主応力が西北西を向き、応力比(=(S2-S3)/(S1-S3))がおお よそ0.2の応力が算出された.これに基づき収斂するマイロナイトの面構造について分解剪断応力の方向を計算すると, 観察されるマイロナイトの線構造の方向とほぼ平行である.すなわち,マイロナイトの塑性流動パターンは応力場に支 配されている.

従来,中央構造線のマイロナイトは左横ずれが卓越すると考えられてきた.このことは変形の弱いマイロナイトでは 正しい.しかし,マイロナイト形成時の応力場から,中央構造線近傍の線構造は大きな沈下角を持つ.つまり,中央構 造線のマイロナイト形成時には相当量の逆断層成分を伴っていたと考えられる.さらにこうした断層深部での応力場に 支配された流動パターンは地震発生に向けた応力蓄積にも影響を与える可能性があり,今後の検討課題と考えられる.

キーワード: 運動像, 応力場, マイロナイト, 分解剪断応力, 中央構造線 Keywords: Kinematics, Stress regime, mylonite, resolved shear stress, the Median Tectonic Line