

第Ⅲ編 別添資料

(空き頁)

Ⅲ.1 地形・地質関連の用語の定義に係る参考資料

(1) 活断層の定義と認定基準

文献	定義の内容
多田(1927) 活断層の二種類	極めて近き時代まで地殻運動を繰り返した断層であり、今後も活動する可能性の大きい断層。
吉川ほか(1973) 新編日本地形論	「現在」活動しつつある断層をいう。ただし、ここでいう現在とは、万年単位での現在である。具体的には、 第四紀、特に第四紀後期 に活動したことのある断層は、活動しつつあるものと推定されるので、活断層と呼ばれる。
地質調査所環境地質部地震地質課 (1983) 1/50 万活構造図	おおむね 第四紀の後期 に <u>反復して</u> 活動した内因性の断層。第四紀後期を下末吉面形成以降とした。
日本第四紀学会編(1987) 日本第四紀地図	1/50 万活構造図と同じ
九州活構造研究会編(1989) 九州の活構造	第四紀 に <u>繰り返し</u> 活動し、 <u>将来</u> も活動することが推定される断層。
活断層研究会編(1991) 新編日本の活断層	第四紀 に <u>繰り返し</u> 活動し、 <u>将来</u> も活動することが推定される断層。
国土地理院都市圏活断層図	最近 数十万年前 間に約千年から数万年の間隔で <u>繰り返し</u> 活動した跡が地形に明瞭に現れており、 <u>今後も</u> 繰り返すと考えられるもの。
岡田・東郷編(2000) 近畿の活断層	第四紀後期 に <u>繰り返し</u> 活動した証拠があるもの。第四紀後期を約 30 万年前 以降とした。
中田・今泉編(2002) 活断層詳細デジタルマップ	最近 数十万年前 間に概ね千年から数万年の間隔で <u>繰り返し</u> 活動し、その痕跡が地形に現れ、 <u>今後も</u> 活動を繰り返すと考えられる断層。
産業技術総合研究所 RIO-DB 活断層データベース(2005)	最近の地質時代に <u>繰り返し</u> 活動し、 <u>今後も</u> 活動する可能性のある断層のこと。このデータベースでは、約 10 万年前 以降に <u>繰り返し</u> 活動した痕跡のある断層を活断層として扱っている。なお、今後の活動について考慮すべき将来の期間の長さに応じて活断層の定義に用いる過去の期間の長さが異なることがある。
地震調査研究推進本部(2010) 活断層の長期評価手法（暫定版）報告書	最近 数十万年前 間に <u>くりかえし</u> 活動し、 <u>将来</u> も活動することが推定される断層。「最近の地質時代」について、地表付近の形態は、主として段丘面上での活動の痕跡等から認定できること、高位段丘面の年代は、地域等により異なるが、最終間氷期（酸素同位体ステージ 5）より前の間氷期（酸素同位体ステージ 7, 9, 11）と対応づけられることが多いことから、約 40 万年程度 を目安とする。
建設省河川局開発課(1984) ダム建設における第四紀断層の調査と対応に関する指針（案）	第四紀断層： 第四紀 に地表に変位を生じたことのある断層。 要注意断層：①最終活動時期が 10,000 年前以降、②最終活動時期が 10,000 年前～30,000 年前の断層で長さ 10km 程度以上、③第四紀後期に <u>繰り返し</u> 活動した規模の大きい第四紀断層。
カリフォルニア地質調査所(2007)	活断層 Active:完新世に活動したもの。 潜在的活断層 Potentially Active： 第四紀 に活動したもの。

注：本章は、原子力安全推進協会「原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価手法に関する調査・検討報告書」（2013 年）から引用

(2) 断層

新版地学事典 地学団体研究会 新版地学辞典編集委員会 1996	岩石の破壊によって生ずる不連続面のうち、面に平行な変位のあるもの。力学的には、岩石の剪断破壊を表す。この不連続面を断層面といい、その向きを走向と傾斜（または倒角）で表す。断層の両側の部分（盤という）の変位（方向と量）を示すのは実移動で、これの各方向の成分に走向移動・傾斜移動などがある。実移動の方向にかかわらず、断層をある特定の断面でみたときの見かけの変位を隔離という。断層は分類の基準によってさまざまな名で呼ばれ、鉛直断面でみた見かけのずれによって正断層・逆断層に（ただし、これらの語には違った定義を与える人もいる）、断層面と地層面との幾何学的な関係によって走向断層・傾斜断層などに、実移動の方向によって走向移動断層・傾斜移動断層などに、地域的な地質構造との関係によって横断断層・縦走断層などに・・・
地盤工学用語辞典 地盤工学会 地盤工学用語辞典改訂編集委員会 2006	地質構造の一形態であり、通常は破碎帯を伴う。岩体が破断面に沿って二つの岩体に分離し、それらが破断面に沿って相互に逆方向に変位することにより生じる。断層面に対して上側にある岩盤を上盤(hanging wall, hanging side)、下側の岩盤を下盤という。・・・
応用地質用語集 日本応用地質学会 2004	岩石の破壊によって生じた不連続面で、その面に沿って相対的変位のあるもの。力学的にはせん断破壊面である。
地質基準 日本地質学会 地質基準委員会 2001	破断面（断層面）にそって両側の地質体に変位が見られるもので、母岩の破碎と周辺の節理密集体をともなうことがおおく、基盤の強度・透水性（透気性）にあたえる影響が大きい。
地質学ハンドブック 加藤碩一・脇田浩二 2001	地層や岩石中に認められる割れ目（断裂：fracture of rupture)のうち、面に沿って明瞭な相対的変位を示すもの。
Glossary of Geology Klaus K.E. Neuendorf et.al. 2005	A discrete surface or zone of discrete surfaces separating two rock masses across which one mass has slid past the other.

(3) 主断層、分岐断層、副断層

	主断層	分岐断層	副断層
	master fault, principal fault	splay fault, auxiliary fault	secondary fault
新版地学事典 地学団体研究会 新版地学辞典編 集委員会 1996	広義には断層帯を代表する主要な断層で主変形帯と同様である。狭義にはプルアパート盆地を画する雁行断層を指す。	[スプレー:splay] 主断層末端部の小断層群の配列の一つ。例えば横ずれ断層末端部ではいくつかの小断層に分岐し、変位を抹消していく。このとき小断層は主断層と同様の横ずれ変位だけでなく縦ずれ変位をもつことも多い。	[二次断層]主断層の発達による断層面の摩擦のため隣接するブロック内に新たに生ずる応力分布に従って、一定の方向に配列する副次的断層。副断層とも。
応用地質用語集 日本応用地質学会 2004	—	—	主断層の形成に伴う変位により、新たな応力状態が周辺に生じて形成される相対的に規模の小さな副次的断層。二次断層ともいう。
Glossary of Geology Klaus K.E. Neuendorf et.al. 2005	—	auxiliary fault: A minor fault abutting against or branching from a major one. Syn: branch fault	—
産業技術総合研 究所 RIO-DB 活断層 データベース 2005	—	—	—

—：記載なし

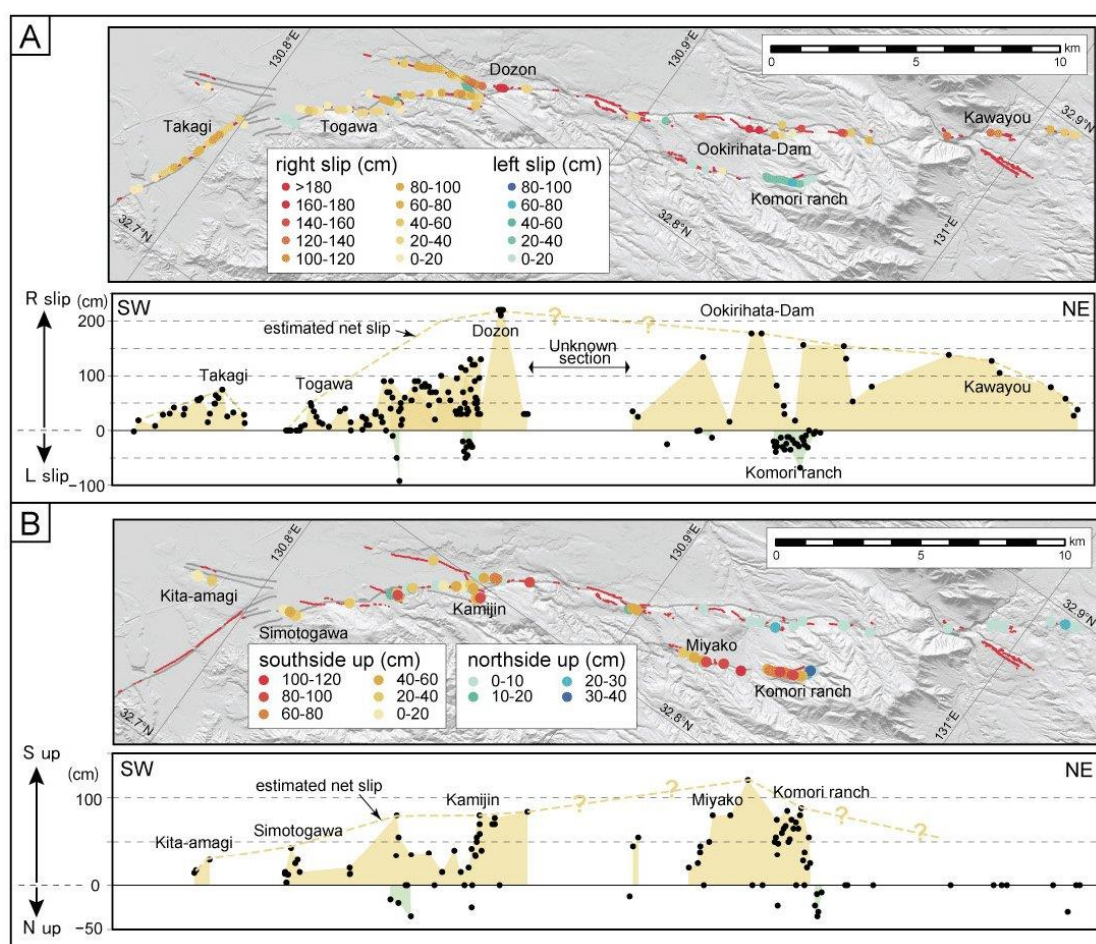
(空き頁)

明瞭な直線状の逆向き低崖として判読でき、河成段丘面（東側）と小丘（西側）を明瞭に境することが指摘されている（遠田（2015）³⁾）。したがって、これらの副次的な断層群は、原子力安全推進協会（2013）⁴⁾による「断層変位地形が見られない箇所に出現した」副断層には該当しない。また、これらの断層はいずれも、第四紀後期において変位の累積性を有しており、基盤岩には平滑性・平面性に富むシャープな断層面と複合面構造の発達した断層ガウジ・角礫帯を伴うことが指摘されている（上田ほか（2016）⁵⁾）。

(2) 2016 年熊本地震

a. 地表地震断層の概略

2016 年熊本地震（Mj7.3）（以下「熊本地震」という。）では、布田川断層系から日奈久断層系の北部にかけて、30～40km にわたって地表地震断層が出現した（例えば、図Ⅲ.2-2；白濱ほか（2016）⁶⁾、熊原ほか（2016）⁷⁾）。地表地震断層は変位量数十 cm～1.5m 程度の右



図Ⅲ.2-2 2016 年熊本地震における地表地震断層の変位量分布⁶⁾

A)横ずれ変位量の分布 B) 上下変位量の分布

横ずれ成分が卓越しており、震源域中央部の益城町堂園地区で最大 2.2m の横ずれが確認された。一方、震源域東部の西原村周辺では、北落ちの正断層が上述した横ずれ断層の南側に約 10km にわたって並走するように出現した。この正断層の変位量も数十 cm～1m 強に達し、地下深部での斜めすべりが、地表で横ずれと縦ずれに分担されるスリップパーティショニングが生じたと推定されている（遠田ほか（2016）⁸⁾）。

b. 活断層との関係

これらの地表地震断層は、基本的には既知の活断層に沿って出現したが、その東端部は、活断層の存在が知られていなかった阿蘇カルデラ内にまで及んだ。また、震源域中西部の木山川沿いの沖積低地では、布田川断層に対応する低地南縁の主断層から分岐して、低地北縁（益城市街地がある丘陵南縁）に向かう明瞭な地震断層が出現した。この位置には、第四紀後期の火山灰と火砕流堆積物の深度分布に基づいて、低地側を沈降させる木山断層の存在が推定されていたが（石坂ほか（1992）⁹⁾）、変動地形学的には活断層として認識されていなかった（鈴木ほか（2016）¹⁰⁾）。

c. 副次的な断層の特徴

熊本地震では、上述した活断層沿いの地表地震断層とは位置や走向が大きく異なる副次的断層も多数見つかっている。その多くは、地震前後の InSAR 解析に基づいて小変位の地震断層として見出されたものであり、その後の地表踏査で追認されている。Fujiwara et al. (2016)¹¹⁾が InSAR 解析から見出した小変位の特徴のうち、代表的な 2 点を以下に抜粋する。

- ・走向や変位形態が類似したものが、阿蘇外輪山北西部、熊本市街地など、地域毎に集中してグループを形成している。
- ・また、変位はほとんどその断層周囲にのみ現われており、地下深くで変位したようには認められない。

このことから、Fujiwara et al. (2016)¹¹⁾は、主たる震源断層との直接のつながりが見られるものは一部であると指摘している。

(3) 参考文献

- 1) 石村大輔, 岡田真介, 丹羽雄一, 遠田晋次: 2014 年 11 月 22 日長野県北部の地震 (Mw6.2) によって出現した神城断層沿いの地表地震断層の分布と性状, 活断層研究, 43 号, pp.95-108, 2015 年.
- 2) 青柳恭平: 2 時期の LiDAR-DEM に基づく 2014 年長野県北部地震の断層変位量分布, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会予稿集, SSS31-18, 2016 年.
- 3) 遠田晋次: 地震断層分布の複雑性: 最近の地震を例にして, 土木学会原子力土木委員会断層変位評価に関するシンポジウム講演論文集, I-2, pp.7-16, 2015 年 7 月.

- 4) 原子力安全推進協会敷地内断層評価手法検討委員会：原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価手法に関する調査・検討報告書, 2013 年 9 月.
- 5) 上田圭一, 溝口一生, 中田英二, 佐々木俊法, 田中竹延, 野元隆明, 川崎泰照, 柳田誠：2014 年長野県北部の地震 (Mw 6.2) 時に出現した副次的な地表地震断層群の性状, 日本地震学会 2015 年秋季大会予稿集, S10-P09, 2015 年.
- 6) 白濱吉起, 吉見雅行, 栗田泰夫, 丸山正, 吾妻崇, 宮下由香里, 森宏, 今西和俊, 武田直人, 落唯史, 大坪誠, 朝比奈大輔, 宮川歩夢：2016 年熊本地震に伴う地表地震断層とその特徴, 日本地震学会講演予稿集, S21-P36, 2016 年.
- 7) 熊原康博, 後藤秀昭, 中田高, 石黒聡士, 石村大輔, 石山達也, 岡田真介, 楳原京子, 柏原真太郎, 金田平太郎, 杉戸信彦, 鈴木康弘, 竹竝大士, 田中圭, 田中知季, 堤浩之, 遠田晋次, 廣内大助, 松多信尚, 箕田友和, 森木ひかる, 吉田春香, 渡辺満久：2016 年熊本地震に伴う地表地震断層の分布とその特徴, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会予稿集, MIS34-05, 2016 年.
- 8) 遠田晋次：平成28年熊本地震の地表地震断層の特徴とその意味-雁行配列の階層性と正・横ずれ断層の混在, 日本地震学会講演予稿集, S21-05, 2016年.
- 9) 石坂信也, 渡辺一徳:高田英樹熊本平野地下における第四系の最近 15 万年間の沈降速度, 第四紀研究, 31(2), pp.91-99, 1992 年.
- 10) 鈴木康弘, 熊原康博, 後藤秀昭, 中田 高, 渡辺満久：熊本地震の地震断層と活断層一提起された課題一, 日本地震学会講演予稿集, S21-07, 2016年.
- 11) Fujiwara, S., H. Yurai, T. Kobayashi, Y. Morishita, T. Nakano, B. Miyahara, H. Nakai, Y. Miura, H. Ueshiba, Y. Kakiage, and H. Une : Small-displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry, Earth, Planets and Space, 68:160, DOI 10.1186/s40623-016-0534-x, 2016.

Ⅲ.3 変位・変形に係る数値解析事例

(1) 解析手法の分類

断層破壊による変位を解析的に評価する方法には、大きく分けて静力学的なアプローチと動力学的な破壊過程のアプローチがある（図Ⅲ.3-1）。前者は震源断層の破壊によるすべり量を断層面に静的な強制変位として与えるか、あるいは震源断層の応力降下による応力変化を強制的な静的荷重として与える方法で、弾性あるいは弾塑性理論に基づいた連続体解析あるいは不連続な力学挙動を考慮できる不連続体解析により地盤内の変位量を評価するものである。解析のためのモデルには断層の幾何形状に加え、断層や地盤の強度・変形特性を規定するパラメータが介在する。一方、後者は断層の動力学的破壊進展モデルにより、断層面における破壊の発生・進展・停止の過程を解く方法である。主に強震動の予測・評価等の地震動シミュレーション手法として開発・発展してきた方法である。解として断層面上のすべり量も得られる。震源断層を特定するパラメータや条件に加え、破壊現象を解析するための断層面の摩擦構成則や、地盤の波動伝播速度等を規定するパラメータが介在する。

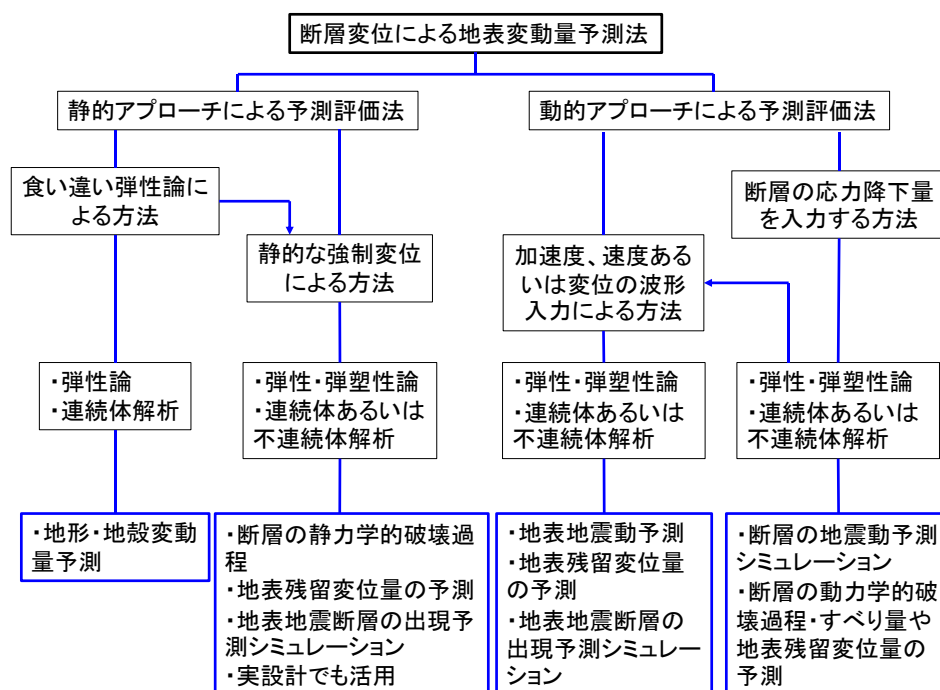
これらの静力学的な解析、動力学的な解析のいずれの数値解析においても断層を内部あるいは境界に含む解析領域における運動方程式を解くことになる。地盤の不均質さ、非線形挙動、変位の不連続等の考慮すべき要件、導入すべき条件に応じて、断層境界における解析解を用いる境界積分方程式法（BIEM）や、解析境界・領域を離散化する差分法（FDM）、有限要素法（FEM）、個別要素法（DEM）、あるいはこれらの混合法等の数値解析手法が多く、研究者によって開発・研究され、観測データ等との比較も行われている。これらの数値解析手法の断層問題への適用例については、土木学会（2015）¹⁾によりレビューがなされている。

(2) 静力学的な解析の事例

発電用原子炉施設の耐震安全性に関する審査やバックチェックの評価においても、2007年新潟県中越沖地震時の東京電力柏崎刈羽原子力発電所敷地内地盤の変状影響を踏まえ、断層変位による支持地盤の変位・傾斜について、数値解析による評価・検討が行われている。数値解析手法としては、食い違い理論による弾性理論解を用いて境界に強制変位（あるいは強制荷重）を与える静力学的な有限要素法による検討が主として行われている^{2),3)}。これらは、地殻変動による観測変位が弾性理論でもある程度説明できることに基づいている。断層に静的な強制変位を与えることによりその周辺・上部の地盤変形を数値解析で評価する試みは数多くなされている。谷（1994）⁴⁾は、ジョイント要素を用いた FEM により砂箱の断層模型実験の解析を実施している。中川・堀（2011）⁵⁾は、確率有限要素法により横ずれ断層上の地盤に特徴的なリーデルせん断の発生を再現した。Anastasopoulos et al.（2008）⁶⁾は、模型実験と FEM により断層上地盤でのせん断帯の発生と構造物の相互作用を検討した。

地盤を粒子の集合としてモデル化し、断層上部地盤の破壊進展・変形を解析する試みもな

されている^{7)~10)}。



図Ⅲ.3-1 断層変位評価のための数値解析手法の分類

(3) 動力学的な解析の事例

断層の動力学的破壊進展解析は FDM、BIEM、FEM 等の種々の数値解析手法で実施されてきている。

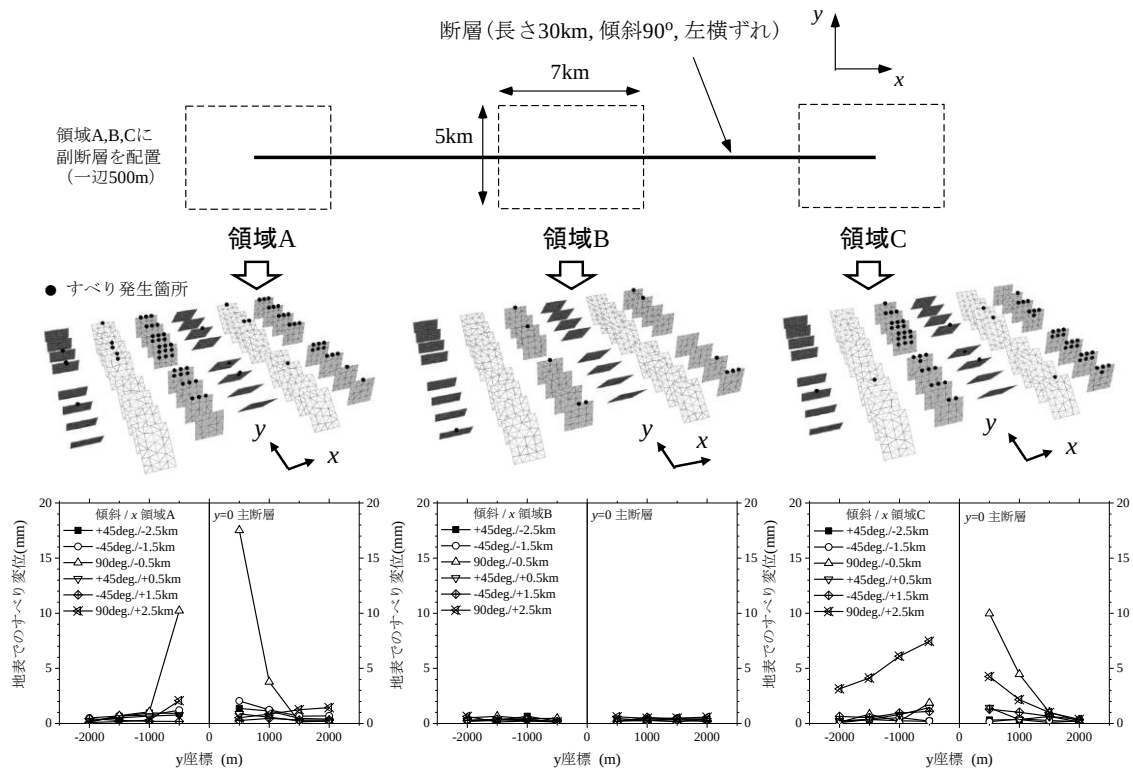
FDM を用いた解析事例を挙げる。Harris and Day (1993)¹¹⁾は、2次元解析により端部が近接する二つの横ずれ断層において、ステップ(断層が途切れているが端部が近接している箇所)の離隔が5km以上の場合には破壊が起こり難いという観察結果と一致した結果を得た。Kase and Kuge (2001)¹²⁾は、二つの同一平面上にない断層間の破壊の乗り移りが生じる要因について検討を行った。壇ほか(2007)¹³⁾は、断層の連動破壊が生じやすい条件について調べた(断層の長さ、断層間の離隔距離、断層間の走向差(屈曲)断層間のステップ等)。入江ほか(2010)¹⁴⁾は、従来の強震動予測のための震源モデルを改良することを目的とし、地中の震源断層と地表地震断層を記述する断層パラメータ間の理論的關係式と経験的關係式(松田式等)を拘束条件とする動力学的断層破壊モデルの構築方法を提案した。

BIEM を用いた解析事例として以下のものがある。Kame et al. (2003)¹⁵⁾は、分岐断層の経路選択問題を2次元モデルにより解析し、初期応力の方向、破壊開始位置と分岐位置、分岐断層の角度の条件と破壊経路の関係を整理した。Kame and Yamashita (1999)¹⁶⁾は、亀裂先端の進展経路の形成自体を対象とした問題にBIEMを適用した。

FEM は、地形や地層境界が複雑な形状をしていてもモデル化が可能であり、地盤の数値

解析において最も汎用性がある。Aagaard et al. (2004)¹⁷⁾は、FEM による 3 次元断層破壊解析プログラムを開発し、Susitna 氷河断層と Denali 断層がほぼ同時に破壊した Denali 断層地震 (2002 年 11 月 3 日) の解析等に適用している。国内においても、水本ほか (2005)¹⁸⁾が、3 次元 FEM を用いて断層の破壊過程、食い違い量、地表の残留変位及び断層近傍における地震動の解析を実施している。

Fälth et al. (2010)¹⁹⁾は、断層上の破壊開始点から等速度で破壊フロントが断層面上を進行するという仮定のもと、断層周辺の地下に分布する破砕帯の変位量予測を行った。使用した解析手法は Cundall (1988)²⁰⁾、Hart et al. (1988)²¹⁾が提案した DEM と FDM の混合法である。断層を多面体ブロックの接触面として表現し、これを DEM で解く。また、ブロック内部を格子分割し FDM で解く。澤田 (2014)²²⁾は、同手法を断層の動力学的破壊進展解析に適用し、主断層の周辺に副断層が分布する状況を想定し、主断層で地震が発生した際の副断層での変位を計算する解析を実施している。



図III.3-2 主断層が活動した際の副断層での変位の解析例²²⁾

(4) 参考文献

- 1) 土木学会原子力土木委員会：断層変位評価小委員会研究報告書, 2015 年 7 月。
- 2) 井上大榮, 伊藤洋:活断層の調査と評価, エネルギーレビュー, Vol.34, No.2, pp.9-12, 2014 年。
- 3) Tani, K. : Design consideration of surface ground deformation due to fault displacement in

foundation engineering, Proceedings of International Symposium on Recent and Future Technologies in Coastal Development, 2010.

- 4) 谷和夫:ジョイント要素を用いたFEMによる逆断層の模型実験のシミュレーション, 地盤の破壊とひずみの局所化に関するシンポジウム, 土質工学会, pp.77-87, 1994 年.
- 5) 中川英則, 堀宗朗: 非線形スペクトル確率有限要素法を用いた地表地震断層のシミュレーション, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.67, No.2, pp.225-241, 2011 年.
- 6) Anastasopoulos, I., Callerio, A., Bransby, M., Davies, M. C. R., Nahas, A. El., Faccioli, E., Gazetas, G., Masella, A., Paolucci, R., Pecker, A. and Rossignol, E. : Numerical analyses of fault – foundation interaction, Bull. Earthquake Eng., doi 10.1007/s10518-088-9078-1, 2008.
- 7) Kumar, R. P. and Meguro, K. : Applied element simulation of non-linear behavior of dip-slip faults for studying ground surface deformation, in A Workshop on Seismic Fault – Induced Failures, pp.109-114, 2001.
- 8) 谷山尚: 横ずれ断層によって表層地盤に形成されるせん断帯 – DEM による解析 –, 土木学会論文集 C, Vol.64, No.3, pp.485-494, 2008 年.
- 9) 竿本英貴, 吉見雅行: 被覆層厚と断層傾斜角が逆断層直上の地盤変状に及ぼす影響の個別要素法による検討, 土木学会原子力土木委員会 断層変位評価に関するシンポジウム講演論文集, II-4, pp.57-66, 2015 年 7 月.
- 10) 小野祐輔, 金光功樹, 谷口朋代, 中瀬仁: 地表断層近傍地盤の大変形を対象とした SPH 法に基づく数値解析手法の開発, 土木学会原子力土木委員会 断層変位評価に関するシンポジウム講演論文集, II-5, pp.67-72, 2015 年 7 月.
- 11) Harris, R. and Day, S. : Dynamics of fault interaction: parallel strike-slip faults, J. Geophys. Res., Vol.98, pp.4461-4472, 1993.
- 12) Kase, Y. and Kuge, K. : Rupture propagation beyond fault discontinuities: significance of fault strike and location, Geophys. J. Int., Vol.147, pp.330-342, 2001.
- 13) 壇一男, 武藤真菜美, 島田晴彦, 大橋泰裕, 加瀬祐子: 動力学的シミュレーションによる断層の連動破壊に関する基礎的研究, 活断層・古地震研究報告, o.7, pp.259-271, 2007 年.
- 14) 入江紀嘉, 壇一男, 生玉真也, 入倉孝次郎: 地中地震断層と地表地震断層の震源パラメータ間の経験的關係を拘束条件とした動力学的断層破壊モデルの構築 – 強震動予測のための運動学的モデルの高度化を目指して –, 日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.657, pp.1965-1974, 2010 年.
- 15) Kame, N., Rice, J. R. and Dmowska, R. : Effects of prestress state and rupture velocity on dynamic fault branching, J. Geophys. Res., Vol.108, No.B5, 2265, doi:10.1029/2002JB002189, 2003.
- 16) Kame, N. and Yamashita, T. : Simulation of the spontaneous growth of a dynamic crack without constraints on the crack tip path, Geophys. J. Int., Vol.139, pp.345-358, 1999.
- 17) Aagaard, B. T., Anderson, G. and Hudnut, K. W. : Dynamic rupture modeling of the transition

- from thrust to strike slip motion in the 2002 Denali Fault Earthquake, Alaska, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.94, No.6B, pp.S190-S201, 2004.
- 18) 水本学千, 坪井利弘, 三浦房紀 : 3次元 FEM による断層モデルの解析に関する基礎検討, 土木学会論文集, No.780/I-70, pp.27-40, 2005 年.
- 19) Fäth, B., Hökmark, H. and Munier, R. : Effects of large earthquake on a KBS-3 repository, Evaluation of modeling results and their implications for layout and design, SKB Technical Report, TR-08-11, 2010.
- 20) Cundall, P. A. : Formulation of a three-dimensional distinct element model – part I: a scheme to detect and represent contacts in a system composed of many polyhedral blocks, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr., Vol.25, pp.107-116 , 1988.
- 21) Hart, R. D., Cundall, P. A. and Lemos, J. : Formulation of a three-dimensional distinct element model – part II: mechanical calculations for motion and interaction of a system composed of many polyhedral blocks, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr., Vol.25, pp.117-126, 1988.
- 22) 澤田昌孝 : 動力学的破壊進展解析による地表断層変位予測手法の提案, 電力中央研究所 研究報告 14007, 2014 年.

(空き頁)

Ⅲ. 4 確率論的断層変位ハザード解析

Ⅲ. 4-1 確率論的断層変位ハザード解析 (PFDHA) について

(1) 概要

確率論的断層変位ハザード解析 (Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis; PFDHA) は、地震に伴う地表での断層変位がある値を超過する頻度を評価する手法であり、確率論的津波ハザード解析 (Probabilistic Tsunami Hazard Analysis; PTHA) と同様に、確率論的地震ハザード解析 (Probabilistic Seismic Hazard Analysis; PSHA) で適用されている評価手法を断層変位の評価に応用したものである。

PFDHA は、Youngs et al. (2003) ¹⁾によって初めて論文発表され、正断層に関する各種評価式が提案された。その後、Petersen et al. (2011) ²⁾によって横ずれ断層の評価式が、高尾ほか (2013) ³⁾によって日本の逆断層及び横ずれ断層のデータに評価式が提案された。さらに、日本では、高尾ほか (2014) ⁴⁾ 及び高尾ほか (2016) ⁵⁾によって各種評価式が追加・改良されている。

PFDHA は、PSHA や PTHA と同様に、偶然的な不確実さと認識論的な不確実さを考慮することができ、前者は確率密度関数によって、後者はロジックツリー手法によって定量化される。

(2) 頻度の計算方法

主断層及び副断層の変位がある値を超える 1 年当たりの超過頻度は、以下のとおり計算することができる。ただし、以下は概念的な式であり、詳細は上記論文を参照されたい。

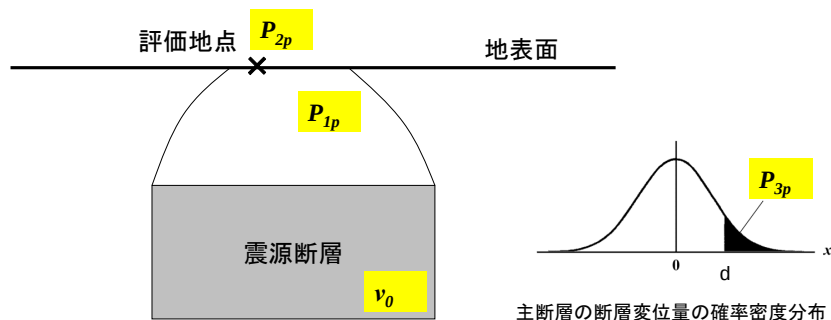
$$\text{①主断層による断層変位の年超過頻度} = v_0 \times P_{1p} \times P_{2p} \times P_{3p}$$

v_0 : 活断層が活動する1年当たりの頻度

P_{1p} : 活断層が活動したときに主断層の断層変位が地表で発生する確率

P_{2p} : 主断層による断層変位が地表で発生した場合にその断層変位が評価地点で発生する確率

P_{3p} : 主断層による断層変位が評価地点で発生した場合にその断層変位がある値を超過する確率



図Ⅲ.4-1-1 年超過頻度の計算方法の説明図 (主断層)

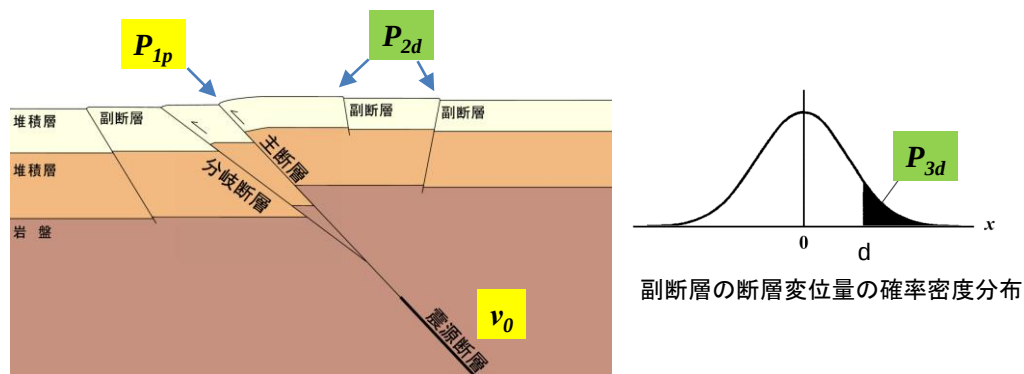
②副断層による断層変位の年超過頻度 $=v_0 \times P_{1p} \times P_{2d} \times P_{3d}$

v_0 : 活断層が活動する1年当たりの頻度

P_{1p} : 活断層が活動したときに主断層の断層変位が地表で発生する確率

P_{2d} : 主断層による断層変位が地表で発生した場合に主断層から離れた評価地点で副断層の断層変位が地表で発生する確率

P_{3d} : 副断層による断層変位が評価地点で発生した場合にその断層変位がある値を超過する確率



図Ⅲ.4-1-2 年超過頻度の計算方法の説明図（副断層）

上記のうち、 P_{2d} は分析に用いる格子サイズに依存するため、PFDHAの実施に当たっては、評価する対象構造物の大きさと同等の格子サイズによって得られた評価式を適用しなければならない。

(3) 参考文献

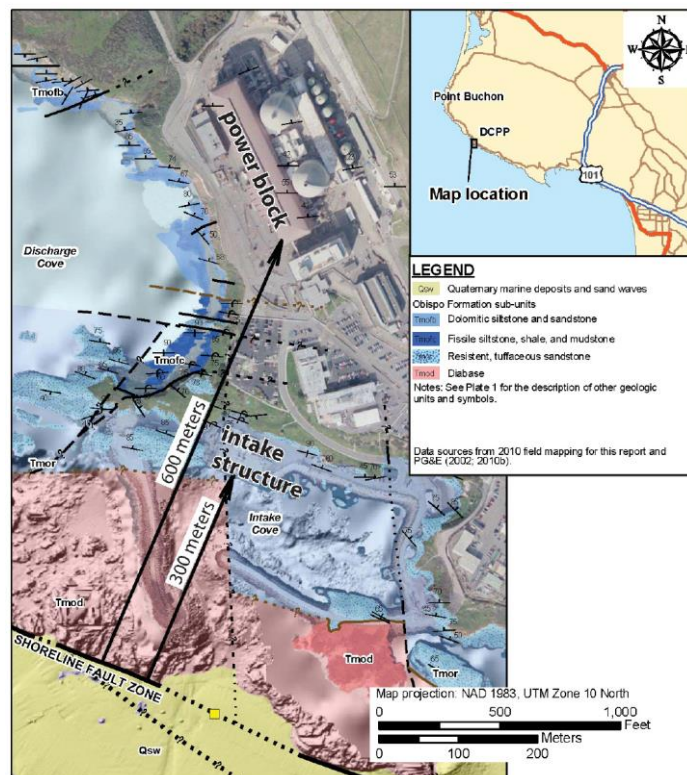
- 1) Robert R. Youngs, Walter J. Arabasz, R. Ernest Anderson, Alan R. Ramelli, Jon P. Ake, David B. Slemmons, James P. McCaillin, Diane I. Doser, Christopher J. Fridrich, Frank H. Swan III, Albert M. Rogers, James C. Yount, Laurence W. Anderson, Kenneth D. Smith, Ronald L. Bruhn, Peter L.K. Knuepfer, Robert B. Smith, Craig M. dePolo, Dennis W. O'Leary, Kevin J. Coppersmith, Silvio K. Pezzopane, David P. Schwartz, John W. Whitney, Susan S. Olig, and Gabriel R. Toro : A methodology for probabilistic fault displacement hazard analysis (PFDHA), Earthquake Spectra, Vol.19, No.1, pp.191-219, 2003.
- 2) Mark D. Petersen, Timothy E. Dawson, Rui Chen, Tianqing Cao, Christopher J. Wills, David P. Schwartz, and Arthur D. Frankel : Fault displacement hazard for strike-slip faults, Bull. Seismol. Soc. Am. 101, pp.805-825, 2011.
- 3) 高尾誠, 土山滋郎, 安中正, 栗田哲史 : 確率論的断層変位ハザード解析手法の日本における適用, 日本地震工学会論文集, 第13巻, pp.17-36, 2013年.
- 4) 高尾誠, 上田圭一, 安中正, 栗田哲史, 中瀬仁, 京谷孝史, 加藤準治 : 確率論的断層変位

- ハザード解析の信頼性向上, 日本地震工学会論文集, 第 14 巻, 第 2 号, pp.16-36, 2014 年.
- 5) 高尾誠, 谷智之, 大島貴充, 安中正, 栗田哲史: 確率論的断層変位ハザード解析における副断層の変位量評価に関するパラメータの最尤推定, 日本地震工学会論文集, 第 16 巻, 第 2 号, pp.96-101, 2016 年.

Ⅲ.4-2 確率論的断層変位ハザード解析の適用事例

米国カリフォルニア州の Pacific Gas & Electric (PG&E) は、同社の Diablo Canyon 発電所周辺の微小地震の分布状況から、それまで特定されていなかった断層 (Shoreline Fault、図Ⅲ.4-2-1 参照) が発電所の全面海域に分布する可能性があることを 2008 年に規制当局である米国原子力規制委員会 (United States Nuclear Regulatory Commission ; USNRC) に報告した。その後、詳細調査を実施した結果、同断層の第四紀後期の活動を示す明確な証拠は見つからなかったものの、将来地震を起こす可能性がある **capable fault** と認定するとともに、同断層による地震動及び副断層の断層変位が発電所施設に与える影響を評価し、USNRC に報告書を提出した。その際、PG&E は、断層変位の評価に当たり PFDHA 手法を適用した。

USNRC は、PG&E から提出された報告書を審査するとともに、PFDHA の解析ケースを追加するなどして副断層の評価を別途実施し、2012 年に評価書「Research Information Letter 12-01 Confirmatory Analysis of Seismic Hazard at the Diablo Canyon Power Plant from the Shoreline Fault Zone」を公表した。同評価書によると、Shoreline Fault の活動に伴って副断層の変位量が 1cm ないし 2cm を超える 1 年当たりの超過頻度は、大きい場合でも 10^{-7} のオーダーであり (表Ⅲ.4-2-1 参照)、 10^{-5} のオーダーである地震起因の炉心損傷頻度 (CDF) より十分に小さいことから、副断層の変位によるリスクは無視し得るとされている。



図Ⅲ.4-2-1 Diablo Canyon発電所とShoreline Faultとの位置関係

表Ⅲ.4-2-1 PFDHA結果（年超過頻度）

$\overline{m}_{\text{char}}$	Fault Dimensions		Slip Rate (mm/yr)	Annual Probability of Exceedance					
	Width (km)	Length (km)		PG&E Distance=600 m		NRC Distance=600 m		NRC Distance=300 m	
				1 cm	2 cm	1 cm	2 cm	1 cm	2 cm
PG&E Scenarios									
6.00	10	8	0.01	2.6×10^{-10}	1.4×10^{-10}	1.5×10^{-9}	7.9×10^{-10}	3.2×10^{-9}	1.7×10^{-9}
6.25	12	14	0.01	6.0×10^{-10}	3.5×10^{-10}	2.6×10^{-9}	1.6×10^{-9}	5.4×10^{-9}	3.3×10^{-9}
6.00	10	8	0.30	7.8×10^{-9}	4.1×10^{-9}	4.6×10^{-8}	2.4×10^{-8}	9.5×10^{-8}	5.1×10^{-8}
6.25	12	14	0.30	1.8×10^{-8}	1.1×10^{-8}	7.9×10^{-8}	4.7×10^{-8}	1.6×10^{-7}	9.8×10^{-8}
NRC Scenario									
6.70	15	33	0.30			9.9×10^{-8}	7.0×10^{-8}	2.0×10^{-7}	1.4×10^{-7}

(空き頁)

Ⅲ.5 2007年新潟県中越沖地震を踏まえた地盤変位に対する設備の設計対策

(1) はじめに

2007年新潟県中越沖地震（以下「中越沖地震」という。）により、震源近傍であった東京電力柏崎刈羽原子力発電所においては、各号機で設計時の応答加速度を超える最大加速度を記録したが、耐震重要度Sクラス機器に損傷は確認されなかった。これは、耐震設計において、十分な裕度が確保されていたことによると言える。

一方、耐震重要度Bクラス機器については、一部機器に軽微な損傷が確認され、耐震重要度Cクラスの機器については、建屋間を接続する又は建屋外で地盤変位が生じた位置に設置された機器で影響が確認された。

損傷が確認された耐震重要度の低い設備に共通する点は、地震により機器が設置されている地表面に変位が発生したことである。このことは、耐震重要度の低い設備であっても上位の耐震重要度機器への波及的影響防止等の観点から、設置状況に応じて地震による変位の発生防止対策又は変位の影響緩和対策を図ることが、設備保全上重要であるとの教訓となり、中越沖地震後、東京電力や他の事業者においても、その教訓を踏まえた設備対策等が順次講じられてきている。

ここでは、参考文献に掲げた東京電力による報告等に基づき、柏崎刈羽原子力発電所における対策の状況等について概要をまとめた。

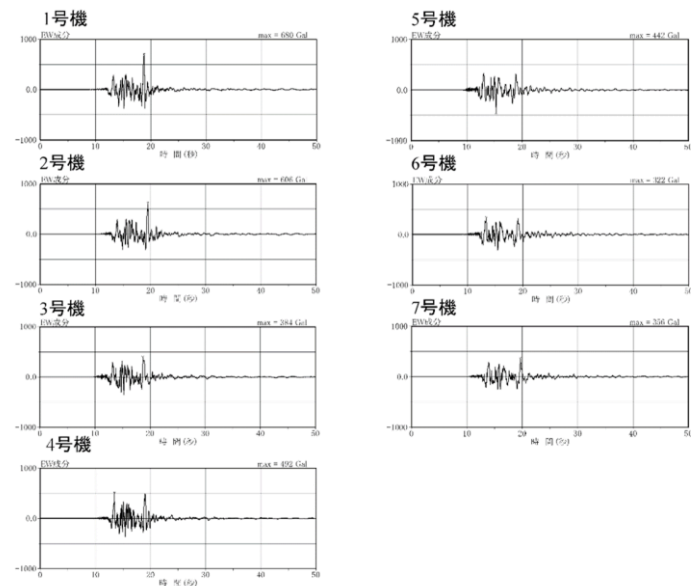
(2) 中越沖地震と柏崎刈羽原子力発電所の被災状況の概要

中越沖地震は、2007年（平成19年）7月16日午前10時13分頃、新潟県中越沖において発生し、新潟県と長野県で最大震度6強を観測したほか、北陸地方を中心に東北地方から近畿・中国地方にかけて広い範囲で地震動が観測された。気象庁発表（平成19年7月地震・火山月報（防災編））によれば、マグニチュードは6.8、震源の深さは17kmであり、震央距離16km、震源距離約23kmに位置していた柏崎刈羽原子力発電所は地震発生により大きな地震動を受けた。

各号機の原子炉建屋基礎版上の加速度時刻歴波形は、図Ⅲ.5-1のとおりである（記録の主要動を含む50秒間を表記）。全号機で顕著なパルス波が発生しており、特に1～4号機の荒浜側で時刻歴波形の後半に大振幅のパルスが見られる。一方、5～7号機の大湊側では時刻歴波形後半に荒浜側のような大振幅のパルスは見られない。

原子炉建屋基礎版上で観測された最大加速度及び設計時の最大加速度応答は、表Ⅲ.5-1及び表Ⅲ.5-2のとおりである。原子炉建屋基礎基板上での最大加速度の中で最大のものは1号機東西方向で680ガルである。

地震発生時、1号機、5号機及び6号機は定期検査のため停止中、2号機は起動操作中、3号機、4号機及び7号機は定格運転中であった（表Ⅲ.5-3）。



図Ⅲ.5-1 各号機の原子炉基板上の加速度時刻歴波形

表Ⅲ.5-1 観測された加速度値

(単位：ガル)

観測値		南北方向	東西方向	上下方向
1号機	最下階 (B5F)	311	680	408
2号機	最下階 (B5F)	304	606	282
3号機	最下階 (B5F)	308	384	311
4号機	最下階 (B5F)	310	492	337
5号機	最下階 (B4F)	277	442	205
6号機	最下階 (B3F)	271	322	488
7号機	最下階 (B3F)	267	356	355

【スクラム設定値】水平方向120ガル、上下方向100ガル

表Ⅲ.5-2 設計時の加速度応答値

(単位：ガル)

観測値		南北方向	東西方向	上下方向
1号機	最下階 (B5F)	274	273	(235)
2号機	最下階 (B5F)	167	167	(235)
3号機	最下階 (B5F)	192	193	(235)
4号機	最下階 (B5F)	193	194	(235)
5号機	最下階 (B4F)	249	254	(235)
6号機	最下階 (B3F)	263	263	(235)
7号機	最下階 (B3F)	263	263	(235)

※上下方向については、() 内の値を静的設計で用いている

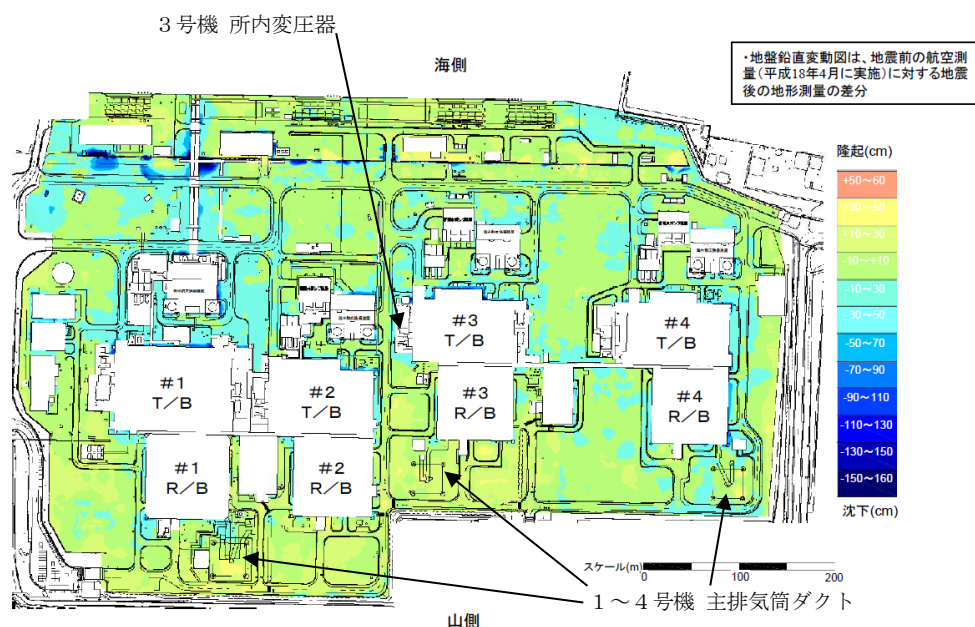
表Ⅲ.5-3 地震時及び地震後のプラントの状況

		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
地震発生時の状況	運転状況	定検中 (定検中期)	定検中 (起動中)	運転中	運転中	定検中	定検中 (定検末期)	運転中
	自動停止	—	○	○	○	—	—	○
	燃料の所在	全燃料取出中 (燃料プール)	炉内	炉内	炉内	炉内	炉内	炉内
	圧力容器上蓋	開	閉	閉	閉	閉	閉	閉
	格納容器上蓋	開					開	
	ウェルカバー	開						
地震発生後の状況	運転状況	冷温停止中	冷温停止中	冷温停止中	冷温停止中	冷温停止中	冷温停止中	冷温停止中
	燃料プール水の溢れ ^注	有	有	有	有	有	有	有
	放射性物質の放出	—	—	—	—	—	ケーブル貫通部経由で燃料プール水が系外へ放出	タービン軸封部から排気筒へ放出
	火災と主な漏れ	原子炉建屋外周部に消化水流入 2,000m ³	—	所内変圧器火災	タービン建屋海水漏えい 24m ³	—	—	—

※：スロッシング起因による。

この地震により、発電所敷地全域にわたって地盤の変位（隆起又は沈下）が発生した。地盤変位の量は、発電所主要建屋周囲の地表面で最大約 50cm 程度であった（図Ⅲ.5-2 及び図Ⅲ.5-3）。

また、基礎の沈下による建屋の傾斜については最大で 1/4200 程度（6/7 号機コントロール建屋）であり、日本建築学会による常時沈下限界値の目安（1/2000～1/1000）に比べて十分に小さい値であった。



この変動図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院の技術資料である一等水準点成果（暫定成果）を使用した。

図Ⅲ.5-2 地震による発電所敷地内の地盤レベル変位図（荒浜側：1～4号機）



この変動図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院の技術資料である一等水準点成果（暫定成果）を使用した。

図Ⅲ.5-3 地震による発電所敷地内の地盤レベル変位図（大湊側：5～7号機）

(3) 地震による損傷事例

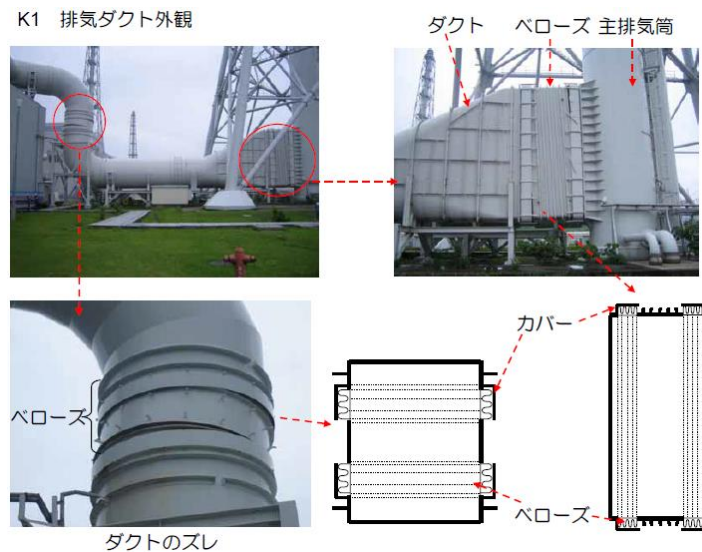
東京電力による地震後の設備点検において、表Ⅲ.5-4 に示す設備の損傷等が確認された。

表Ⅲ.5-4 地震による設備の主な損傷状況

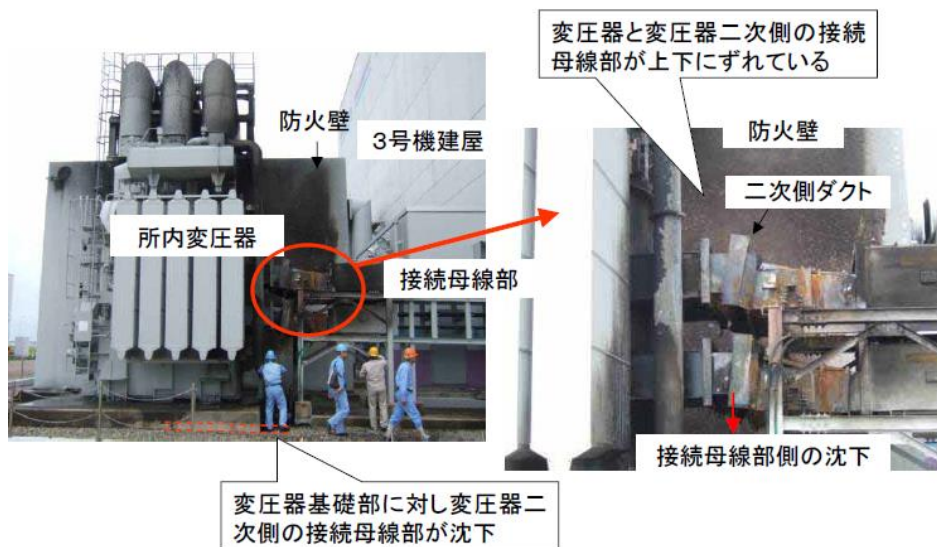
重要度分類		主な対象設備	耐震設計	目視点検で確認された主な損傷等
As	Aクラスのうち特に重要なもの	原子炉圧力容器 原子炉格納容器 制御棒、制御棒駆動機構 残留熱除去系	基準地震動S2	なし
A	機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの、及びこれらの事態を防止するために必要なもの、並びにこれらの事故発生時に外部に放散される放射性物質による影響低減させる溜めに必要なもの の 出会って、その影響、効果の大きいもの	非常用炉心冷却系 炉内構造物 原子炉建屋 ほう酸水注入系	基準地震動S1又は建築基準法の3倍の地震力のいずれか大きい方	なし
B	上記においてその影響、効果が比較的小さいもの	タービン設備 廃棄物処理系 原子炉冷却材浄化系	建築基準法の1.5倍の地震力	原子炉天井クレーン駆動軸の損傷(KK-6) (クレーン落下防止機能は維持)
C	A、Bクラス以外であって一般産業と同等の安全性を保持すればよいもの	主発電機 変圧器 タービン補機冷却系 洗濯廃液処理系	建築基準法の地震力	所内変圧器の火災(KK-3) 変圧器防油堤の沈下、ズレ(KK-1, 2, 4, 7) 主排気筒に接続されるダクトのズレ(KK-1～5)
その他	-----	-----	-----	事務本館のガラス破損、飲料水タンク漏れ

これらのうち、耐震重要度Cクラスの機器については、建屋間を接続する又は建屋外で変位が生じた地盤に設置された機器で以下のような破損等が確認された。これら損傷が生じた機器の共通点は、設置されている地盤に変位が生じたことであった。

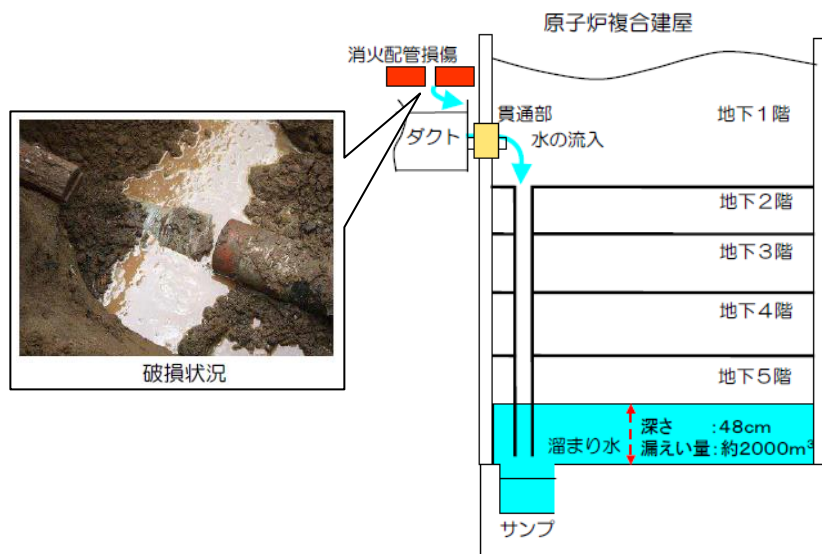
- ・ 1～5号機：主排気筒に接続されているダクトでズレが発生した（図Ⅲ.5-4）。
- ・ 3号機：所内変圧器の二次側接続母線部の変位に伴う短絡で火花が生じ、これにより火災が発生した（図Ⅲ.5-5）。
- ・ 1号機：消火系配管が破断し、これに伴う消火水が原子炉建屋へ流入した（図Ⅲ.5-6）。



図Ⅲ.5-4 主排気ダクトのずれ（1号機の例）



図Ⅲ.5-5 3号機 所内変圧器での二次側母線短絡による火災



図Ⅲ.5-6 1号機 屋外消火配管の破損

(4) 中越沖地震を踏まえた設計上の工夫

a. 設計に対する基本的考え方

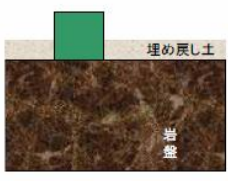
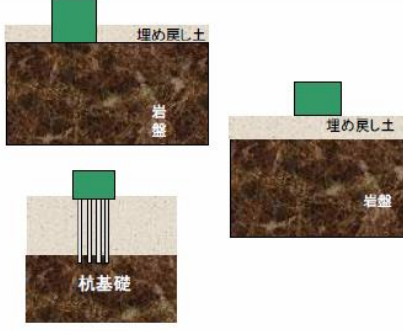
地震による設備への影響については、その破損モードにより、表Ⅲ.5-5 に示す 2 通りに分類される。

表Ⅲ.5-5 地震による設備への影響の分類

地震の特性	設備への影響
地盤性状を変化	地盤変位を発生
地震加速度を発生	慣性力（動的荷重）を発生

ここでは、耐震重要度の低い機器への地盤変位に対する設計対応について概要をまとめる。

柏崎刈羽原子力発電所の建物・構築物は、旧原子力発電所耐震設計技術指針に基づき、耐震設計上の観点から重要度の分類がなされ、耐震重要度分類に応じた設計荷重に対して適切な支持性能を有する地盤に設置されていた（原子炉建屋及びタービン建屋は岩盤支持（直接基礎）、変圧器基礎は岩盤支持（杭基礎））（図Ⅲ.5-7）。

Aクラス	Bクラス/Cクラス	
岩盤支持 ・直接基礎	岩盤支持 ・直接基礎 ・杭基礎	岩盤支持 ・直接基礎 ・杭基礎 埋戻し土支持 ・直接基礎
		
原子炉建屋、タービン建屋など	変圧器基礎など	

出典：柏崎刈羽原子力発電所における中越沖地震による地盤変動とそのメカニズムについて、平成 20 年 2 月 27 日、http://www.jaif.or.jp/pdf/2008_11_Sakaija.pdf

図Ⅲ.5-7 耐震重要度分類に応じた建物・構築物の支持形式

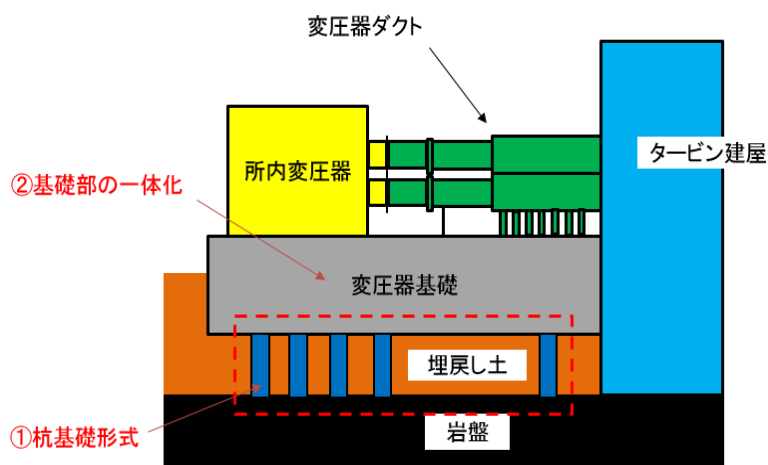
耐震重要度の高い機器は、それらが設置されている建屋等（原子炉建屋、タービン建屋等）の基礎が岩着されているため、地震による地盤変位が生じる可能性は極めて低いと考えられる。

それに対して、岩着した建屋等に接続する機器や屋外に設置している耐震重要度の低い機器で岩盤に支持していないものは地盤変位の影響を受けやすく、岩着している建屋等との間の相対変位により、機器の機能に異常を生じるおそれがある。

これらの機器については、安全機能に対する影響は低いが、耐震重要度が高い機器への波及的影響等を防止する観点から、構造上の特徴や設置状況に応じて変位防止対策又は変位緩和対策が、設備保全上、重要となる。

b. 地盤変位に対する設備の設計対応例

変位の発生防止対策としては、変圧器ダクトや主排気筒ダクトのように基礎部の一体化等が、設備保全上有効であり、柏崎刈羽原子力発電所では中越沖地震後に対策を講じている。変圧器ダクトに関する例を図Ⅲ.5-8 に示す。



図Ⅲ.5-8 基礎部の一体化イメージ（変圧器ダクトに関する対策例）

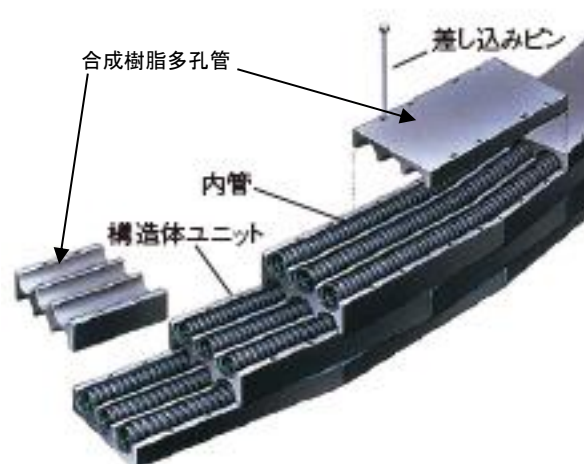
変位の影響緩和対策としては、構造上、一定程度、設置面の変位発生を許容可能である屋外消火系配管を対象として、地中に埋設した配管を地上化するとともに、固定箇所数の最少化や配管長手方向の自由度を確保するような固定法（固定間（5m程度）当たり1mの変位を生じて機能に影響はないと評価）の採用（図Ⅲ.5-9）、タンク配管のフレキシブルジョイント方式のように、設置面の変位を吸収可能とする接続方式の採用（図Ⅲ.5-10）や、設置場所の変位に対して電路確保の耐性が高い合成樹脂製多孔管（50cmまでの不同沈下量に対してケーブルの機能維持を確認）による屋外ケーブルの敷設（図Ⅲ.5-11）といった対策が講じられている。



図Ⅲ.5-9 屋外消火栓配管の地上化



図Ⅲ.5-10 消火用配管のフレキシブルジョイント方式



図Ⅲ.5-11 合成樹脂製多孔管を用いたケーブル敷設

(5) まとめ

中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所の損傷事例と地震後の対策は、施設直下で変位を生じる可能性が認められたとしても、構造上の特徴や設置状況、耐震重要度分類に応じた変位の発生防止対策又は変位の影響緩和対策を講じることによって、合理的かつ効果的に原子炉施設全体の安全を確保することが可能であることを示唆している。

(6) 参考文献

- 1) 長澤和幸, 古谷賢：中越沖地震を踏まえた地盤変位に対する設備の設計及び事後保全に関わる対策について, 日本保全学会第13回学術講演会要旨集, 講演番号 I -1-3-4, 2016年7月.
- 2) 東京電力株式会社：新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の検討状況について, 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 耐震・構造設計小委員会 地震・津波、地質・地盤合同WG（第4回）配布資料, 2008年2月.

(空き頁)

Ⅲ.6 断層変位に対する対策事例

(1) 国内外の対策事例

活断層の近傍や活断層を横断して構造物を設置する際に、断層変位をあらかじめ考慮して構造物の設計を実施している事例が国内外にあり、その有効性も確認されている。

断層変位に対する取組みを、「吸収する」、「追従する」、「避ける」の三つに姿勢に分類¹⁾する考え方が提案されている。

以下に幾つかの事例¹⁾を挙げる。

(国内)

- ・ 山陽新幹線新神戸駅は、断層変位量を見込んだ構造としている。【姿勢：追従する】
- ・ 別府市富士見通鳥居線道路橋は、断層変位量を見込んだ構造としている。【姿勢：吸収する，追従する】

(海外)

- ・ 米国アラスカ州の Denali 断層と並走するアラスカパイプラインは、断層変位を見込んだ構造としている。2002 年 11 月 3 日の Denali 地震（モーメントマグニチュード (Mw) 7.9)に際して、パイプラインとの交差点で水平方向に 4.2m、鉛直方向に 75cm の断層変位が生じたが、パイプ自体は無傷で漏洩は見られず、対策は機能した。【姿勢：追従する，避ける】
- ・ ニュージーランドの堤体部に断層が横断している Clyde ダムは、断層変位を見込んだ構造としている。【姿勢：吸収する，追従する】

また、断層変位に対する有効な対策として、断層変位による影響が構造物に入っていないようにする「免変位」と、構造物の変形特性をコントロールし壊れ難くする「制変位」といった考え方の分類^{2),3)}も提案されている。

(2) 参考文献

断層変位への対策事例に関する主な文献を以下に示す。

- 1) 常田賢一：地表地震断層に対する工学的な姿勢・対策と今後の方向性に関する考察，土木学会原子力土木委員会 断層変位評価に関するシンポジウム講演論文集，Ⅲ-1, pp.73-80, 2015 年 7 月.
- 2) 國生剛治，大塚康範，堀宗朗：活断層が分かる本，技報堂出版，2016 年 9 月.
- 3) 谷和夫：断層変位のリスク対応および有効な対策技術の考え方，岩の力学連合会第 14 回 岩の力学国内シンポジウム講演集，講演番号 005, 2017 年 1 月.
- 4) 土木学会原子力土木委員会：断層変位評価小委員会研究報告書，2015 年 7 月.
- 5) 土木学会地震工学委員会：「地下構造物の合理的な耐震対策研究」小委員会報告／シンポジウム発表論文集，2006 年 6 月.

- 6) 土木学会地震工学委員会：断層変位を受ける橋梁の計画・耐震設計に関する研究小委員会報告書, 2008 年 7 月.
- 7) 土木学会：地下構造物の耐震性能照査と地震対策ガイドライン（案）, 丸善出版, 2011 年 9 月.
- 8) 地盤工学会地震時の断層変位にともなう地震災害に関する調査委員会：地震時の断層変位にともなう地震災害に関する調査報告書, 2002 年.
- 9) 常田賢一, 片岡正二郎：活断層とどう向き合うか, 理工図書, 2012 年 11 月.
- 10) 小長井一男：活断層変位による被災と対策工による減災事例, 対応策の展望, 地域地盤環境研究所「関西活断層シンポジウム」, 2010 年 5 月.
- 11) 星野鐘雄：山陽新幹線新神戸駅における活断層対策, 地域地盤環境研究所「関西活断層シンポジウム」, 2010 年 5 月.

Ⅲ. 7 2016 年熊本地震で生じた地表地震断層による影響

(1) 建物等への影響

2016 年熊本地震（以下「熊本地震」という。）において、地表地震断層が建物等の直下に出現した事例での被災状況について、既往の報告を中心に以下にとりまとめた。

強い地震動（強震動）に見舞われた地域ではあるが、建物等の直下に地表地震断層が出現した場合でも軽微な被災にとどまっている事例も報告されている。

2016 年度日本建築学会大会（2016 年 8 月）における緊急報告として、日本建築学会災害委員会「2016 年熊本地震 災害調査報告会」が開催され、熊本地震による建物の被災状況の速報が報告された。報告会時点における益城町に重点を置いた建物の被災状況（地震動による影響も含む）について、以下のような報告がされている。

- ・倒壊した建物は、（建築基準法に基づく）旧耐震基準によるものが多いが、新耐震基準でも木造建物やピロティ構造を有する建物では大きな被害を受けている。
- ・新耐震基準による鉄骨造建物でも、接合部や柱脚に損傷が見られ、中破以上と判断されるものも確認されている。
- ・損傷が小さい建物でも非構造部材（瓦屋根、外壁、ガラス、天井、エキスパンションジョイント、防煙垂れ壁）の被害が顕著なものが確認されている。
- ・大破・倒壊した建物では、地盤変状と基礎の損傷の両方が見られる場合と、地盤変状は見られるが基礎の損傷は小さい場合がある。

日本地震学会 2016 年度秋季大会（2016 年 10 月）では、熊本地震による益城町の被害を調査し、郊外に現れた地表地震断層直近では断層変位による被害は見られるものの、地震動に起因する被害が極端に小さい観測事例が確認され、以下のような報告がされている^{1)~4)}。

- ・地表地震断層近傍には、築 30 年程度以上の伝統的な木造住宅が多く、それらを中心に被害が大きかった。断層近傍での調査では、地表地震断層に加え、盛土による地盤変状も半数近くの建物に認められている。ただし、地表地震断層の直上でも、新しく耐震性に配慮した建物（RC べた基礎、バランスが取れた多くの耐震壁、軽い屋根など）には、大きな被害が見られなかった。
- ・地震動による影響については、地表地震断層の極近傍でも、耐震性の著しく劣る建物でほとんど被害が出ていない事例が多数認められた。こうした現象は過去の地震でも認められており、主要な強震動は震源断層（深さ数 km 程度）により発生し、それより浅い地表地震断層からは強い地震動はあまり発生していないことが推定されている。

断層変位や地盤変状が建築物被害に影響を及ぼす構造的なメカニズム（基礎が破壊し、1 階柱脚に強制変位が作用すること等）に着目して現地調査を実施し、熊本地震におけ

る断層変位や地盤変状による被害は限定的であったとの報告がある⁵⁾⁶⁾。

益城町や南阿蘇村での地表地震断層の直上や極近傍での建物被害状況が報告されている^{7)~10)}。

報告されている内容や状況写真からは、震度 7 あるいは震度 7 相当の強い揺れに見舞われた地域ではあるが、建物直下に地表地震断層が出現した場合であっても、一般家屋でも軽微な被災にとどまっている事例、鉄筋コンクリート造と考えられる建物（大学校舎）で床や柱に局所的な損傷はあるものの著しい耐力の低下は見られず建屋内の空間は被災後も確保されている事例、コンクリート造の地下通路（観光施設）が横ずれにより数十 cm 程度の変位を受けたが通路の空間は概ね確保された事例がある。

熊本地震で出現した地表地震断層近傍での悉皆調査に基づく建物への強震動や断層変位を含む地盤変状の影響が検討され、地表地震断層の直上でも大きな被害が見られていない事例、地表地震断層の直上以外でも大きな被害が見られている事例が報告されている⁸⁾。

平成 28 年度土木学会全国大会（2016 年 9 月）では、特別セッション「熊本地震報告会」において熊本県内の地震被害全般の状況等が報告されている。その中で、断層変位による構造物の被害例として俵山大橋の事例が紹介されており¹¹⁾、右横ずれ断層と鋭角で交差する線状構造物が断層変位による圧縮力の作用を受けて屈曲したものの、落橋は免れている様子が示されている。

(2) 現地調査結果

本調査専門委員会と連携して活動している土木学会原子力土木委員会の地盤安定解析高度化小委員会断層変位評価 WG では、平成 28 年 6 月 7 日～8 日に熊本地震の現地調査を実施し（調査 1 日目：益城町を中心とする阿蘇カルデラ外の地表地震断層と構造物の被害状況、調査 2 日目：阿蘇カルデラ内の調査）、以下のような報告をしている¹²⁾。

- ・コンクリート水路構造物の損傷は比較的大きく、剛な横断構造物は断層変位に対して不利である。ただし、構造物損傷の範囲は断層近傍で限定的である。
- ・山際の地表地震断層では正断層成分が大きく、断層に沿って走る道路の崩壊が顕著である。山際では斜面移動の変位も含まれ、変位が大きくなる可能性がある。
- ・アースダムでは、周辺の道路の被害状況と比較して損傷は軽微であった。
- ・コンクリート造（分節構造）の地下通路では、横ずれにより数十 cm の変位を受けたが、通路の空間は概ね確保され、比較的早期の復旧がされていた。断層変位に対してはこのような変位に追随する構造が有利である。

(3) 参考文献

- 1) 香川敬生, 吉田昌平, 上野太士: 2016年熊本地震の益城町郊外に生じた地表地震断層近傍における震動被害に関する考察, 日本地震学会2016年度秋季大会, S21-31, 2016年.
- 2) 香川敬生, 上野太士, 吉田昌平: 2016年熊本地震で被災した益城町中心部における南北測線の微動特性, 日本地震学会2016年度秋季大会, S21-P16, 2016年.
- 3) 久田嘉章, 金田惇平, 寺本彩乃: 2016年熊本地震の地表地震断層の近傍における建物被害調査(その1), 日本地震学会2016年度秋季大会, S21-30, 2016年.
- 4) 金田惇平, 久田嘉章, 寺本彩乃: 2016年熊本地震の地表地震断層の近傍における建物被害調査(その2), 日本地震学会2016年度秋季大会, S21-P09, 2016年.
- 5) 原口強: 2016年熊本地震での地表変位と被害, 日本活断層学会2016年度秋季学術大会, O-12, 2016年.
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 建築研究所: 現時点における現地調査等に基づく被害状況報告等 建研、国総研による調査概要 基礎・地盤の被害状況報告, 「熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会」第2回配布資料, 資料8, 2016年6月30日.
(<http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/kumamotozisinninnkai/20160630pdf/20160630siryou8.pdf>)
- 7) 鈴木康弘: 熊本地震が提起する活断層地震対策の課題, 日本学術会議シンポジウム「熊本地震・三ヶ月報告会, 2016年7月16日.
(http://janet-dr.com/11_saigaiji/160716kyushu_houkokukai/20160716pdf/14_jsaf.pdf)
- 8) 寺本彩乃, 久田嘉章, 金田惇平: 2016年熊本地震の地表地震断層の近傍における建物被害調査報告, 日本地震工学会・大会-2016年梗概集, P2-32, 2016年.
- 9) 司宏俊, 佐々木哲朗: 2016年熊本地震における地表断層の極近傍における建物被害調査, 日本地震工学会・大会-2016年梗概集, P2-34, 2016年.
- 10) 鉄筋コンクリート造と考えられる建物(大学校舎)の被害状況の報道例: 西日本新聞、朝日新聞、産経新聞、日本経済新聞、日テレNEWS24など, 2016年7月20日~21日.
- 11) 松田泰治: 熊本県内の地震被害全般と熊本大学の取り組み, 平成28年度 土木学会全国大会特別セッション「熊本地震報告会」, 2016年9月8日.
(<http://committees.jsce.or.jp/eec2/>)
- 12) 土木学会原子力土木委員会地盤安定解析高度化小委員会断層変位評価WG: 熊本地震調査報告, 2016年11月29日. (<http://committees.jsce.or.jp/ceofnp05/node/8>)

(空き頁)

Ⅲ. 8 地表地震断層や地表付近のすべりと地震動との関連

(1) 概要

内陸地殻内地震（活断層によって発生する地震）による地震時においては、地震の規模に応じて、震源断層近傍において強い揺れに見舞われるおそれがある。

しかし、地表地震断層が出現した場合に、地表地震断層の直上やその極近傍が、震源断層近傍の中で際立って強い揺れに見舞われるものではないという知見が得られてきている。

1995 年兵庫県南部地震の際に、淡路島で地表地震断層が出現したが、その極近傍の家屋は倒壊せずに、地表地震断層が出現しなかった神戸市側のいわゆる「震災の帯」で甚大な被害が発生した。

2016 年熊本地震においても、地表地震断層の直上やその極近傍での建物等の被害が必ずしも大きくはなかったこと等の調査・分析から、地表地震断層の直上やその極近傍では地震動が大きくなかったとの知見が得られつつある^{（例えば 1）～4）}。

原子力施設に対する影響評価では、特に短周期成分（周期 1 秒より短い領域）の地震動が重要となるが、

- ・短周期成分を含んだ地震動は主に地下深部の震源断層面（特にアスペリティ領域）から発生すること
- ・地表付近のすべりに起因する地震動の短周期成分への寄与は小さいこと
- ・震源が極近傍にある場合の地震動評価に必要なパラメータ設定に関すること

等の知見が得られてきている^{（例えば 5）～8）}。

(2) 参考文献

- 1) 香川敬生, 吉田昌平, 上野太士: 2016年熊本地震の益城町郊外に生じた地表地震断層近傍における震動被害に関する考察, 日本地震学会2016年度秋季大会, S21-31, 2016年.
- 2) 香川敬生, 上野太士, 吉田昌平: 2016年熊本地震で被災した益城町中心部における南北測線の微動特性, 日本地震学会2016年度秋季大会, S21-P16, 2016年.
- 3) 寺本彩乃, 久田嘉章, 金田惇平: 2016年熊本地震の地表地震断層の近傍における建物被害調査報告, 日本地震工学会・大会－2016年梗概集, P2-32, 2016年.
- 4) 田中信也, 菅原正晴, 工藤一嘉, 重藤迪子, 神野達夫: 2016年熊本地震の地表地震断層近傍における建物被害調査と臨時余震観測～熊本県益城町下陳地区を中心として～, 日本地震工学会・大会－2016年梗概集, O1-3, 2016年.
- 5) Kagawa, T, Irikura, K and Somerville, P. G. : Differences in ground motion and fault rupture process between the surface and buried rupture earthquakes, Earth Planets Space, No.56, pp.3-14, 2004.
- 6) 久田嘉章: 活断層と建築の減災対策, 活断層研究, 28号, pp.77-87, 2008年.

- 7) Hisada, Y : An Efficient Method for Computing Green's Functions for a Layered Half-Space with Sources and Receivers at Close Depths, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.5, pp.1456-1472, 1994.
- 8) 山田雅行, 羽田浩二, 今井隆太, 藤原広行 : 断層極近傍のための理論地震動シミュレーション法を用いた断層表層領域破壊時の地震動推定, 日本地震工学会論文集, 第15巻, 第2号, pp.77-90, 2015年.

付録

(空き頁)

付録1 委員名簿

(2017年3月時点)

(1) 委員

主査	奈良林 直	北海道大学
幹事	蛭沢 勝三	東京都市大学/(一財)電力中央研究所
幹事	神谷 昌伸	日本原子力発電(株)
幹事	小西 哲之	京都大学
幹事	千葉 豪	北海道大学
委員	四十田 俊裕	北陸電力(株)
委員	赤司 裕	日本原燃(株)
委員	飯田 晋	東北電力(株)
委員	今岡 哲男	日立GEニュークリア・エナジー(株)
委員	今塚 善勝	(株)大林組
委員	岡本 孝司	東京大学
委員	奥村 晃史	広島大学
委員	小倉 和巳	関西電力(株)
委員	兼近 稔	鹿島建設(株)
委員	亀田 弘行	京都大学名誉教授/(一財)電力中央研究所
委員	京谷 孝史	東北大学
委員	黒岩 克也	MHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング(株)
委員	小長井 一男	横浜国立大学
委員	小山 実	大成建設(株)
委員	酒井 俊朗	(一財)電力中央研究所
委員	佐藤 邦彦	MHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング(株)
委員	澤田 昌孝	(一財)電力中央研究所
委員	柴田 碧	東京大学名誉教授
委員	鈴木 義和	(一社)原子力安全推進協会
委員	関村 直人	東京大学
委員	高尾 誠	東京電力ホールディングス(株)
委員	高田 毅士	東京大学
委員	田中 治邦	日本原燃(株)
委員	谷 和夫	東京海洋大学
委員	辻 弘一	(一社)原子力安全推進協会
委員	百々 隆	(一社)原子力安全推進協会

委員	長澤 和幸	東京電力ホールディングス（株）
委員	二ノ方 壽	ミラノ工科大学
委員	羽田野 琢磨	（株）東芝
委員	平川 知司	東北電力（株）
委員	星野 知彦	日本原子力発電（株）
委員	松村 和雄	北陸電力（株）
委員	三浦 宣明	清水建設（株）
委員	宮野 廣	法政大学
委員	山内 澄	元三菱重工業（株）
委員	山口 篤憲	（一社）日本保全学会
委員	山崎 晴雄	首都大学東京名誉教授
旧委員	朝倉 伸治	日立 GE ニュークリア・エナジー（株）（2016 年 3 月まで）
旧委員	伊藤 洋	（一財）電力中央研究所（2015 年 5 月まで）
旧委員	小早川 博亮	（一財）電力中央研究所（2016 年 10 月まで）
旧委員	佐々木 泰	日本原燃（株）（2015 年 6 月まで）
旧委員	中村 孝之	北陸電力（株）（2016 年 11 月まで）
旧委員	原口 和靖	関西電力（株）（2016 年 6 月まで）

(2) 常時出席者

尾形 芳博	東北電力（株）
小林 正典	東北電力（株）
藤井 淳一	北陸電力（株）
美原 義徳	鹿島建設（株）
竹島 光博	東北電力（株）（2015 年 6 月まで）

付録 2 活動実績

(講師等の所属・役職は、それぞれの活動当時のもの。)

(1) 調査専門委員会及び原子力分科会

調査専門委員会第1回

日時：2014年12月11日（木）13:15～16:00

場所：東京大学工学部8号館510会議室

議題：・活動趣旨について

- ・活動内容の確認と検討の範囲について
- ・土木学会原子力土木委員会の活動状況について
- ・原子力安全推進協会の検討報告書について
- ・今後の進め方、原子力分科会の設置について
- ・原子力学会 2015 年春の年会における企画セッションについて

原子力分科会第1回

日時：2014年12月12日（金）13:30～16:25

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・原子力分科会活動趣旨について

- ・原子力分科会の活動内容の確認と検討の範囲について
- ・土木学会原子力土木委員会の活動状況について
- ・原子力安全推進協会の検討報告書について
- ・今後の進め方について

原子力分科会第2回

日時：2015年2月2日（月）13:30～16:25

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・原子力学会会長年頭記者会見後の状況について

- ・検討項目等について
- ・特別講演会について
- ・原子力学会2015年春の年会における企画セッションについて

調査専門委員会第2回

日時：2015年2月3日（火）13:30～16:50

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・原子力学会会長年頭記者会見後の状況について

- ・検討項目等について
- ・特別講演会について
- ・原子力学会2015年春の年会における企画セッションについて

調査専門委員会第3回

日時：2015年5月15日（金）13:30～16:50

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・調査・検討の進め方について

- ・断層変位に関連した地盤評価に係る諸課題について
講師 京谷委員、伊藤委員、澤田昌孝氏、谷委員

調査専門委員会第4回

日時：2015年7月21日（火）13:30～17:00

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・土木学会原子力土木委員会断層変位評価小委員会報告書について

原子力分科会第3回

日時：2015年9月30日（水）13:30～17:20

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・地表地震断層に対する工学的な姿勢・対策と今後の方向性について

- 講師 常田賢一氏（大阪大学）
- ・断層変位に対するリスク評価について
（主に建物、機器・配管系、事故シナリオ・リスク評価など）

調査専門委員会第5回

日時：2015年10月20日（火）13:30～17:05

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・原子力安全における断層変位の取扱いについての考察について

- 講師 宮野委員、高田委員、谷委員
- ・電力中央研究所における取組みについて
- ・断層変位に対するリスク評価について
（主に地質・断層変位評価など）

原子力分科会第4回

日時：2015年12月16日（水）13:30～17:25

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・断層変位に対するリスク評価について

（主にリスク評価の基本的考え方、施設影響評価関係）

・事業者による断層変位に関する研究の取組みについて

調査専門委員会第6回

日時：2016年1月7日（木）10:15～12:45

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・断層変位に対するリスク評価について

（リスク評価の基本的考え方、地質・断層変位評価関係）

原子力分科会第5回

日時：2016年2月16日（火）13:30～17:45

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・断層変位に対するリスク評価について

（施設への影響評価、地質・断層変位評価、基本的考え方）

調査専門委員会第7回

日時：2016年3月11日（金）10:15～12:35

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・断層変位に対するリスク評価について

（2016春の年会での中間報告等）

原子力分科会第6回

日時：2016年4月13日（水）13:30～17:50

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・断層変位に対するリスク評価について

（建物・構築物の影響評価、土木構造物の影響評価等）

調査専門委員会第 8 回

日時：2016 年 5 月 17 日（火）13:30～17:40

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・断層変位に対するリスク評価について
（基本的考え方、地質・断層変位評価等）
・2016 年熊本地震の概要について
講師 奥村委員

原子力分科会第 7 回

日時：2016 年 6 月 8 日（水）13:30～17:35

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・断層変位に対するリスク評価について
（機器・配管系、事故シナリオ・リスク評価等）
・2016 年熊本地震等から得られる情報について

調査専門委員会第 9 回

日時：2016 年 7 月 5 日（火）13:30～17:40

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・2016 年熊本地震等から得られる情報について
・断層変位に対するリスク評価について
（報告書案の議論）

調査専門委員会第 10 回

日時：2016 年 8 月 9 日（火）13:30～17:00

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・報告書案について
（地質・断層変位評価、用語の定義等）
・原子力学会 2016 年秋の大会での発表資料案について
（地質・断層変位評価、施設影響評価）

調査専門委員会第 11 回

日時：2016 年 8 月 22 日（月）13:30～17:00

場所：原子力安全推進協会第 3・4 会議室

議題：・原子力学会 2016 年秋の大会での発表資料案について
・報告書案について

調査専門委員会第 12 回

日時：2016 年 9 月 28 日（水）13:30～17:15

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・報告書案について

調査専門委員会第 13 回

日時：2016 年 10 月 27 日（木）13:30～17:35

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・JR 新神戸駅の活断層対策等について

講師 星野鐘雄氏（元西日本旅客鉄道）

・報告書案について

調査専門委員会第 14 回

日時：2016 年 11 月 30 日（水）13:30～17:30

場所：北海道大学 東京オフィス 会議室

議題：・報告書案について

調査専門委員会第 15 回

日時：2016 年 12 月 20 日（火）13:30～17:10

場所：広島大学東京オフィス 会議室

議題：・報告書案について

調査専門委員会第16回

日時：2017年2月7日（火）13:30～16:45

場所：北海道大学東京オフィス会議室

議題：・報告書案について

調査専門委員会第17回

日時：3月10日（金）13:30～16:40

場所：広島大学東京オフィス会議室

議題：・報告書案について

(2) 講演会等

特別講演会（主催：本調査専門委員会）

日時：平成 27 年 2 月 14 日（土）13:00～16:30

場所：東京大学武田先端知ビル武田ホール

内容：「断層活動に伴う変位・変形に対する工学的なリスク評価の確立に向けて」

開会挨拶 藤田玲子氏（日本原子力学会会長）

講演 1「原子力施設と活断層問題」

山崎晴雄氏（首都大学東京、本調査専門委員会委員）

講演 2「断層変位と土木施設～被害の実際と対応事例について～」

小長井一男氏（横浜国立大学、本調査専門委員会委員）

講演 3『「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準」の概要について」

倉本孝弘氏（日本原子力学会標準委員会リスク専門部会委員、
（株）原子力エンジニアリング）

講演 4「断層変位問題と原子力安全～JANSI 委員会報告書の概要～」

岡本孝司氏（東京大学、本調査専門委員会委員）

パネルディスカッション

座長 奈良林直氏（北海道大学、本調査専門委員会主査）

パネリスト 山崎氏、小長井氏、岡本氏、

奥村晃史氏（広島大学、本調査専門委員会委員）

冒頭プレゼン 奈良林氏「本委員会の発足趣旨と活動計画」

奥村氏「本委員会の活動への期待、国際標準との整合」

閉会挨拶 奈良林氏

日本原子力学会 2015 年春の年会企画セッション総合講演・報告

日時：2015 年 3 月 21 日（土）13:00～14:30

場所：茨城大学日立キャンパス、K 会場

内容：調査専門委員会活動報告

座長 岡本孝司氏（東京大学、本調査専門委員会委員）

(1)「調査専門委員会の活動方針」

奈良林直氏（北海道大学、本調査専門委員会主査）

(2)「土木学会断層変位評価小委員会の活動」

蛭沢勝三氏（電力中央研究所/東京都市大学、本調査専門委員会幹事）

(3)「JANSI 技術報告書における断層変位ハザードの考え方」

鈴木義和氏（原子力安全推進協会、本調査専門委員会委員）

(4)「JANSI 技術報告書の技術的ポイント」

岡本孝司氏

(5)「破砕帯・断層変位問題について」

奥村晃史氏（広島大学、本調査専門委員会委員）

(6)総合討論

原子力安全合同シンポジウム（主催：日本機械学会動力エネルギーシステム部門安全規制の最適化研究会、共催：日本原子力学会、日本保全学会）

日時：2016年1月28日（木）10:30～17:40

場所：東京大学武田先端知ビル武田ホール

内容：＜抜粋＞断層のリスク評価と工学的安全対策

(1)「断層変位とそのリスク」

山崎晴雄氏（首都大学東京、本調査専門委員会委員）

(2)「工学的安全対策」

岡本孝司氏（東京大学、本調査専門委員会委員）

日本原子力学会 2016 年春の年会企画セッション総合講演・報告

日時：2016 年 3 月 26 日（土）13:00～14:30

場所：東北大学川内キャンパス講義棟 B201、F 会場

内容：調査専門委員会中間報告

座長 岡本孝司氏（東京大学、本調査専門委員会委員）

(1)「調査専門委員会について」

奈良林直氏（北海道大学、本調査専門委員会主査）

(2)「岩盤の力学挙動の数値解析モデルについて」

京谷孝史氏（東北大学、本調査専門委員会委員）

(3)「理学と工学の間で協調的な対話を進め、断層変位ハザードに対応しよう」

谷和夫氏（東京海洋大学、本調査専門委員会委員）

(4)「調査専門委員会の検討状況（中間報告）」

百々隆氏（原子力安全推進協会、本調査専門委員会委員）

(5)総合討論

「地中構造物の耐震性能照査高度化」に関する公開講演会（主催：土木学会原子力土木委員会地中構造物の耐震性能照査高度化小委員会）

日時：2016年7月27日（水）10:00～15:40

場所：土木学会講堂

内容：＜抜粋＞

「断層変位の土木構造物に対する影響評価～原子力学会における検討状況について～」

中村孝之氏（北陸電力（株）、本調査専門委員会委員）

土木学会平成28年度全国大会研究討論会（主催：土木学会原子力土木委員会）

日時：2016年9月7日（水）13:00～15:00

場所：東北大学川内キャンパス講義棟B102

内容：「原子力関連施設と断層変位」

座長 小長井一男氏（横浜国立大学、本調査専門委員会委員）

趣旨説明 丸山久一氏（長岡技術科学大学）

(1) 「日本文明とエネルギー ～膨張と持続～」

竹村公太郎氏（NPO日本水フォーラム）

(2) 「原子力をめぐる「社会的議論」を活性化するために必要なこと」

平川秀幸氏（大阪大学）

(3) 「土木学会の取り組み」

小長井一男氏

(4) 「断層変位に対する工学的なリスク評価～日本原子力学会の取り組み～」

神谷昌伸氏（日本原子力発電（株）、本調査専門委員会幹事）

(5) 「断層変位に係る国際原子力機関IAEAの取り組み」

蛭沢勝三氏（東京都市大学/電力中央研究所、本調査専門委員会幹事）

日本原子力学会 2016 年秋の大会企画セッション総合講演・報告

日時：2016 年 9 月 8 日（木）13:00～14:30

場所：久留米シティプラザ C ボックス、F 会場

内容：調査専門委員会活動報告

座長 岡本孝司氏（東京大学、本調査専門委員会委員）

(1) 「熊本地震の概要」

奥村晃史氏（広島大学、本調査専門委員会委員）

(2) 「断層変位に対する工学的なリスク評価」

(2)-1 「断層変位に対する原子力安全の考え方」

奈良林直氏（北海道大学、本調査専門委員会主査）

(2)-2 「断層変位のハザード評価」

谷和夫氏（東京海洋大学、本調査専門委員会委員）

(2)-3 「断層変位の施設への影響評価」

岡本孝司氏

(3)総合討論

原子力安全合同シンポジウム（主催：日本機械学会動力エネルギーシステム部門安全規制の最適化研究会、共催：本調査専門委員会、日本保全学会）

日時：2017年3月3日（金）10:30～17:00

場所：東京大学山上会館大会議室

内容：＜抜粋＞断層のリスク評価と工学的安全対策

(1) 「断層変位の事故シーケンスと工学的対策の考え方」

奈良林直氏（北海道大学、本調査専門委員会主査）

(2) 「断層変位に対するリスク評価と工学的な対応策～調査専門委員会報告書のポイント～」

神谷昌伸氏（日本原子力発電（株）、本調査専門委員会幹事）

(3) 「断層のリスク評価と工学的な安全対策～アクシデントマネジメントによるリスク低減～」

黒岩克也氏（MHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング（株）、本調査専門委員会委員）

四十田俊裕氏（北陸電力（株）、本調査専門委員会委員）

(4) 「断層変位に対するIAEAの取組みと海外の動向」

蛸沢勝三氏（電力中央研究所、本調査専門委員会幹事）

表Ⅳ.2-1 本調査専門委員会の活動実績

[illegible]

断層変位に対するリスク評価と工学的な対応策

「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会 報告書

日本原子力学会「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会
2017年3月

一般社団法人 日本原子力学会
〒105-0004 東京都港区新橋2-3-7
(新橋第二中ビル3階)
電話(03)3508-1263 ; FAX(03)3581-6128