

平成 28 年 6 月 29 日

専門委員会開催報告

専門委員会名	「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会 原子力分科会(第7回)
開催日時	平成 28 年 6 月 8 日(水)13:30~17:35
開催場所	北海道大学東京オフィス会議室
参加人数	26 名 奈良林主査(北大)、蛭沢幹事(電中研)、神谷幹事(原電)、亀田委員(電中研)、 宮野委員(法大)、百々委員(JANSI)、鈴木委員(JANSI)、佐藤委員(MHI NS エンジ)、 星野委員(原電)、山口委員(保全学会)、飯田委員(東北電)、山内委員(元三菱重工業)、 田中委員(原燃)、赤司委員(原燃)、今塚委員(大林組)、兼近委員(鹿島建設)、 三浦委員(清水建設)、黒岩委員(MHI NS エンジ)、高尾委員(東電)、四十田委員(北陸電)、 中村委員(北陸電)、尾形常時出席者(東北電)、美原常時出席者(鹿島)、 藤井常時出席者(北陸電)、古谷氏(東電、長澤委員代理)、宇賀田氏(大成、小山委員代理)
議 事	(1)開会挨拶 奈良林主査 本日は主に機器・配管系の影響評価と事故シナリオ・リスク評価の各論を中心に議論する。報告書のまとめに向けては重要なマイルストーンとなる。また、熊本地震から得られている情報についての紹介もあるが、この調査専門委員会としても、限られた時間の中で、熊本地震もきちんと踏まえたものにしていきたい。 (2)資料 B7-1 に基づき、神谷幹事から、今後の議論予定、原子力学会誌への掲載予定、原子力学会秋の大会での企画セッション、土木学会公開講演会、土木学会大会での研究討論会等について説明。 (3)2016 年熊本地震、2014 年長野県北部地震(神城断層地震)等について 参考資料に基づき、鈴木委員、美原常時出席者から説明があり、情報共有を図った。本調査専門委員会での今後の取扱い等について以下の議論があり、引き続き検討を進めていくこととした。 ・本日紹介のあったそれぞれの研究者の見解は、ご自身で現地調査等をされた結果を印象的なことも含めてまとめているので、そのとおりなのだと思うが、それが普遍的な内容を備えているかは注意して取り扱う必要がある。 ・建物の被害に関しては、地盤の影響など様々な要因が重なっていて、写真のみで軽々に判断すべきではないが、被害の様相からは、地震動による動的破壊の影響がかなりあるのではないかと。 ・震度7ぐらいの場所で、しかも建物の直下に断層変位が出現しているのに、基礎の一部が変形した程度の建物がある。 ・被害の状況に関して、地震動の影響、地盤の影響、断層変位の影響、建物の耐震性の程度などを識別して整理できるとよいが、各学会による報告にも一

定の時間を要するだろう。

- ・本調査専門委員会の残された時間の中で、神城断層地震も含めて地表地震断層が出現したデータは地質・断層変位評価の側で取り込んで、熊本地震の建物や構造物の断層変位による影響は、建物・構築物、土木構造物側で何らかの考察を試みることとする。最終的に、報告書の本文に書く内容、考察の程度、巻末資料として添付する内容等を調整していく。
- ・熊本地震を踏まえて、地震動と断層変位の重畳について深く考察していくことは時間的にも困難なので、本調査専門委員会のこれまでの方針に則っていくことでよいのではないか。
- ・地表地震断層の出現形態は複雑なものがあるが、今回の熊本地震は、元々想定されていた活断層に対して、予測どおりの断層変位が生じていることなど、それほど特別なことが起きたということではないという指摘もできる。
- ・本調査専門委員会として、熊本地震からの知見をどう取り扱ったのかはスタンスとしてきちんと示しておくことが重要。技術的に詳細なことまでが必要なわけではない。
- ・一般の方も含めて熊本地震の情報が頭の中に入っているが、しかし、原子力発電所は岩盤上の設置で、詳細な調査をした上での設置という差異がある。本調査専門委員会が拠って立っているところが振り回されないように取り扱っていくことが必要。

(4)「断層の活動性と工学的なリスク評価」について

報告書案等の説明に基づき、主に以下の議論を行った。引き続き検討を進めていく。

①報告書目次案(資料 B7-2; 神谷幹事説明)

②総論(資料 B7-3; 神谷幹事説明)

- ・「活断層」「震源断層」等の用語の定義は、専門家の学術的な定義と齟齬をきたさないように検討することが必要。地下の震源断層との関係は判断が難しい部分もあると思うので、適切に表現しておくことが必要。
- ・変位に対する対処の文章で、「活断層への対策」ではなく、「断層変位への対策」とした方がよい。(総論 2 頁②)
- ・再処理施設は施設の特徴が原子力発電所とは異なるので、「評価のための考え方は適用できる」というスタンスがよい。(総論 3 頁④)
- ・地震動との重畳に対するスタンスの文章の後段は、将来的な検討課題として書いているのか、個別プラントでの評価を念頭においているのか分かり難いので、表現を見直した方がよい。(総論 3 頁⑥)
- ・総論 2～3 頁に記載する前提としては、断層変位の定義位置についても記載しておいた方がよい。

③各論 機器・配管系への影響評価(資料 B7-4; 佐藤委員説明)

- ・研究室で横軸ポンプをジャッキアップして傾けて運転試験をしたので、結果を共有することとしたい。
- ・変位によってシステム全体がどういう事故シーケンスとなるのかという粗々のシナリオが先にある構成の方がよいのではないか。
- ・設備に直ちに影響が出ない場合も考えられるので、設備への影響評価をまずはきちんと書くことでよいのではないか。
- ・総論 1 頁の図の「起因事象→作用→応答→結果(事故シーケンス)→フラジリティ」というスキームを基本に考えるという構成は理解できる。初めからシナリオは分かっているというスタンスに立ち過ぎると、リスク論とは相反してしまう。
- ・9 頁にある「…維持することができる」という表現は、「…維持することを確認する」ではないか。他の箇所も適正化した方がよい。
- ・「安全機能」という用語の定義も明確にしておくことが必要。
- ・8 頁の動的機能維持に関する記述は、技術的により適切な表現に見直した方がよい(「試験による確認」、「長時間運転性能」等の表現)。

④各論 事故シナリオ・リスク評価(資料 B7-5; 黒岩委員説明)

- ・各論全体の構成については、総論との関係も含めて、再度吟味してみたい。
- ・対処方策に関しては、巻末資料とした方がよいのか、検討したい。
- ・内的事象の LOCA などと比較して、断層変位の場合は建屋の外側からの影響で、外から内へという順で影響が生じていく。事故シーケンスも内的事象とは逆に考えないといけないので、その考え方も分かりやすく書くことが必要。
- ・外部事象としては地震動に対するリスク評価と同じなのだが、地震動と違うのは、地震動は施設全体に与えられるが、変位の場合は全体に与えられないところが異なる点。
- ・地震動との重畳評価を行う際のことを考えると、地震動に対する評価の枠組みの中に位置づけておくことが必要ではないか。
- ・詳細な地形・地質調査もしているので、典型的な活断層のような大きな変位を相手にしようとしているわけではないというイメージは大事である。

(5)今後の予定

- ・調査専門委員会 第9回

平成 28 年 7 月 5 日(火) 13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室

- ・調査専門委員会 第10回

平成 28 年 8 月 9 日(火) 13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室

以上

備 考	配布資料: B7-1 「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会活動計画 B7-2 報告書目次案 B7-3 総論(案) B7-4 機器・配管系への影響評価 報告書(案) B7-5 事故シナリオ・リスク評価 報告書(案) 参考資料 2016 年熊本地震、2014 年長野県北部地震(神城断層地震)関連情報
-----	--

平成 28 年 5 月 6 日

専門委員会開催報告

専門委員会名	「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会 原子力分科会(第 6 回)
開催日時	平成 28 年 4 月 13 日(水)13:30～17:50
開催場所	北海道大学東京オフィス会議室
参加人数	25 名 奈良林主査(北大)、蛭沢幹事(電中研)、神谷幹事(原電)、山崎委員(首都大学東京)、 亀田委員(電中研)、柴田委員(東大)、宮野委員(法政大)、百々委員(JANSI)、 鈴木委員(JANSI)、辻委員(JANSI)、星野委員(原電)、佐藤委員(MHI NS エンジ)、 飯田委員(東北電)、山内委員(元三菱重工業)、赤司委員(原燃)、谷委員(東京海洋大)、 今塚委員(大林組)、兼近委員(鹿島建設)、三浦委員(清水建設)、黒岩委員(MHI NS エンジ)、 高尾委員(東電)、今岡委員(日立GE)、四十田委員(北陸電)、美原常時出席者(鹿島)、 中村常時出席者(北陸電)
議 事	(1)開会挨拶 奈良林主査 前回から引き続いて、設備側の影響評価を中心に、報告書ベースの議論に入っていく。 (2)資料 B6-1 に基づき、神谷幹事から以下の説明があった。 ・原子力学会 2016 春の年会での中間報告の状況について ・報告書作成に向けた今後のスケジュール、調査専門委員会および原子力分科会での議題案について(資料 B6-1 1 頁、3 頁) ・報告書作成に当たっての委員の分担について(5 頁) ・学会誌 7 月号特集記事「東電福島第一事故から 5 年を経て～原子力学会活動の総括と課題」への本調査専門委員会活動の投稿依頼について ・原子力学会 2016 年秋の年会での発表について(1 頁) ・学会誌への解説記事の掲載について(1 頁) ・土木学会との連携状況について(4 頁) これに対して以下の意見等があり、対応していくこととした。秋の大会での発表、学会誌への解説記事の掲載については、学会事務局等との調整も進めていく。 ・学会誌 7 月号特集記事への投稿原稿については、土木学会原子力土木委員会との組織としての連携についても言及した方がよい。他分野の専門家との協働はいくら強調してもよいことだが、やはり組織間の協働ができてはじめて発展性があるので、それを実践していることは盛り込んだ方がよい。 ・報告書作成後、報告書を使ってどう展開していくのかについても議論を進めておきたい。 ・報告書作成の本格化に際しては、インターフェースに不整合が出ないように効率的に進めていくことが肝要。そのときに、繰り返しになるが、リスク論の捉え方(深層防護との関係、デザインベースの範囲、ビヨンドデザインの範囲等を

含む)、現状での前提(フラジリティデータ等)、中長期の課題への認識等については早い段階で再確認をした方がよい。

- ・断層変位に対する評価として、本調査専門委員会としては、設備側への影響も含めてのリスクがどういふものを明らかにすることがまず重要である。今まで見えていなかったことを見えるようにすることが第一で、評価の結果として対応をしてリスクを下げることもできるということで、そのような思考の順序がよい。

(3)「断層の活動性と工学的なリスク評価」について

各資料の説明に基づき、主に以下の議論を行った。引き続き検討を進めていく。

なお、資料 B6-5、B6-7 については、時間の都合で次回以降に議論することとした。

①検討用の断層変位の定義位置について(資料 B6-2 に基づき、鈴木委員から説明)

- ・数値解析については、3次元でやるのがメインというスタンスなのか、対象が横ずれの場合もあるので、取扱いの考え方を書き込むことが必要ではないか。また、V&V(Verification and Validation)の課題は必ず付き纏うことなので、合わせて付記しておくことが必要。
- ・断層変位の定義位置については、PRA を実施する場合のことを考えた場合に、厳密には深度方向でも補正が必要になり得るので、そのことを念頭においた断り書きなどを合わせて記載しておくことが必要。裕度評価から PRA までを全体を繋ぐ論理を、整合性をとって明確にしておくことが必要である。
- ・建物と地盤のインタラクションを考える上では、基礎下端で決めることが一番やり易い。
- ・断層変位を定義する解析領域の中での不連続面の取扱いが最も影響を与える条件であり、安全側の条件であると言って主断層側の条件を厳しく設定しても、それが必ずしも断層変位を定義する位置で安全側の取扱いになっているかは難しい問題。全体として不確かさの考慮をどのように扱っているかということに注意を払う必要があり、食い違い弾性論による FEM モデルの境界条件の設定の段階で的確に整理した上で FEM にもっていった方が、解析の効率性の観点からもよいのではないか。

②建物・構築物の影響評価について(資料 B6-3 に基づき、辻委員、美原常時出席者から説明)

- ・以前も指摘したが、断層変位を扱う際に最大のポイントとなる許容限界の目安値は、支持性能に係る基礎の傾斜である。これを、主に居住性の観点なども考慮して設定されている 2,000 分の 1 のクライテリアとすることは、原子力安全の観点からは不合理だと考える。この点についてはしっかりと書き込むことが必要。基礎にクラックが生じるという論文を基にした 500 分の 1 という考えや、機器側の傾斜に対する機能維持の実力の情報などを含めて、論理を構築して

	出していないと、建物の基礎の傾斜のところで議論が止まって、後段に繋がらなくなることを懸念する。 ・機器・配管系の傾斜に対する機能影響に関しては、一般船舶分野での情報のほかに、原子力船「むつ」の開発の際に当時の船舶技術研究所でかなり整理していた情報があったと思う。原子力設備ということの情報で利用価値があると思うので、探索していただきたい。 ・8頁で、建物の壁や基礎の影響評価に加えて、機器・配管系に引き渡す情報を明確に記載したことは非常によいこと。インターフェースを明確に意識した記述として、従来は陽にはなかったものである。 ・機器・配管系に引き渡す情報に関して、断層変位のコンタクト位置を考慮した建物側の基本的なモデルで解析結果を出力し、その結果を踏まえて機器・配管系側に引き渡す情報を精緻化するように再度モデルを部分的に詳細化するなど、機器・配管系側とキャッチボールするような手順も踏むと思うので、そのようなアプローチを取り得ることも記載できないか。 ・評価フロー図のうち、特に 2 頁と 3 頁は違いが分かり難いので、フロー図を説明する文章も作成することが必要。 ・19 頁以降のフラジリティ評価の前に、裕度評価を適用する場合の、裕度の程度を定量的なイメージとして情報を追加できないか。フラジリティ評価との連続性の観点も含めて、デルタ関数での許容限界との離隔のイメージのような示し方ができないか。 ・解析の V&V の事例として台湾・集集地震のときの被災事例の検証を記載しているが、これは重要な知見である。一方、これは主断層による変位量の大きなものでも適用できるという事例だが、この調査専門委員会としてはそのような大きな変位量を評価対象としてはいないので、誤解を生じないような記述上の配慮が必要ではないか。 ・V&Vに関しては、断層変位そのものに対してではないが、部材レベルでの検証事例なども加えることを検討する。 ・地震動との重畳の取扱いについては、7 頁や 9 頁に簡潔な記載があるが、このようなことを機器・配管系や土木構造物側も共通の記載案として検討するのがよいのではないか。 ・余震との重畳などは、最新知見を反映した地震動 PRA 標準の動向を踏まえて、将来的に反映していくという考え方にしておくことが妥当だと思う。 ・全体的に、それぞれの項目についてどこまで細かく記載するかは総合的に判断していくことが必要になる。 ③土木構造物の影響評価について(資料 B6-4 に基づき、中村常時出席者から説明) ・3 頁の健全性評価フローは、設計と設計外をまとめて扱っていること、設計外からのみ対策工に繋がっていることなど、分かり難い点をブラッシュアップして検討する必要がある。資料 B6-7 では、既設炉の評価手順として誤解を招かな
--	--

	いようにということで、「設計」という単語は使用していない。 ・土木構造物の特徴を踏まえて、対策工を陽に示すことは必要なことと思う。 ・対策工については、建物側も機器側も、実プラントでそのような意思決定をするかどうかはその他のリスクも含めた総合的な判断となるが、選択肢としては記載しておくのがよいのではないか。 ・深層防護の安全の考え方は変えてはいけない。それぞれで共通にしておかないと。対策工を実施する判断があっても、それは選択の問題である。 ・設計側の責任として DEC の範囲の収めるという考察はあってもよい。そのことで、全体の信頼度も向上するので、重要だと思う。 土木学会側との動きとして、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主催の公開講演会(7/27)で本調査専門委員会での検討状況を紹介すること、土木学会全国大会(9/7)で「断層変位に対する原子力施設の安全性評価」に関する研究討論会が開催される予定であることの紹介があった。 ④奈良林主査から、資料 B6-6 に基づき、事故シーケンスを活用した影響評価について説明があった。 ・断層変位の事故シーケンスを考える場合には、地震起因の事象なので、特に地震動が大きい場合は内的事象の事故シーケンスではなく、地震動による事故シーケンスをベースに考えていくことになる。 ・もとより、地震動によるリスクの方が大きいことを念頭において、頻度の小さい断層変位のリスクを整理することが肝要。 (4)今後の予定 ・調査専門委員会 第8回 平成 28 年 5 月 17 日(火)13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室 ・原子力分科会 第7回 平成 28 年 6 月 8 日(水)13:30～17:00@北海道大学東京オフィス会議室 以上
備 考	配布資料: B6-1 「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会活動計画 B6-2 検討用の断層変位の定義位置 B6-3 建物・構築物に対する影響評価報告書(案) B6-4 土木構造物影響評価グループ資料 B6-5 「事故シナリオ・リスク評価」の報告書作成状況と今後の対応 B6-6 断層変位の影響評価と事故シーケンスおよびリスク低減の取り組みについて B6-7 新設プラントへの適用の考え方(設計フロー)についての論点(議論用)