

土木学会 原子力土木委員会 基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会
第1回技術文書審議タスク 議事録

日時：2023年1月25日（水）10:00～12:10

形式：オンライン

出席者（順不同・敬称略）

技術文書審議タスク：風間主査（東北大学）、糸井副査（東京大学）、香川（鳥取大学）、仙頭（日本大学）、竿本（産業技術総合研究所）、大矢（港湾空港技術研究所）、西（電中研）
以下はオブザーバー

原子力土木委員会：中村委員長（日本大学）、岡田幹事長（電中研）、甲斐田（電中研）
基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会：澤田（電中研）、石丸（電中研）

資料：

- 1-1 成果報告書の作成等と標準化に関わる運営内規
- 1-2 技術文書審議タスク細則
- 1-3 技術文書の審議に関する要領
- 1-4 基本方針段階の意見記入表_2023
- 1-5 最終段階の意見記入表
- 1-6 「基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会」全体概要
- 1-7 技術資料第1部_断層変位
- 1-8 技術資料第2部_目次案・内容

1. 技術文書審議タスクメンバーの紹介

技術審議文書タスクメンバーとオブザーバーの自己紹介を行った。

2. 技術文書審議に係る背景と委員会内規の等の説明

資料1-1～1-5に基づき、中村委員長より技術文書審議に係る背景、審議タスクの役割、審議手順、関連する委員会内規、意見記入表について説明があった。なお、「基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会」は技術文書審議タスクの枠組みができる前から活動を開始しているため、今回は基本方針段階と中間報告段階を合わせて実施する旨が説明された。

3. 審議対象となる技術文書の作成背景と作成方針等の説明

(1) 基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会の活動

澤田より資料1-6に基づき、基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会全体の活動について説明し、以下の質疑・応答があった。

系井：目次案の「1.3 節 現行の原子力基礎地盤の安定性評価」は、規制基準ベースの話に留まっているが、自主的な検討内容も現行の評価方法に記載すべき。

澤田：資料 1-6 の 17 スライドに示した JEAG の安定性評価フローのうち、「動的解析（時刻歴応答解析）を用いた安定性評価」は自主的な検討内容と考えており、技術資料 2 章で詳細に記載する予定である。

竿本：最終的な技術の完成度は想定されているか。

澤田：数値解析手法の妥当性確認の事例を示し、サイトに適用するまでの手順を示すことだと考えている。

竿本：マイルストーンまで示すのか。

澤田：そこまでは考えていない。

風間：成熟度については具体的な指摘が必要であるため、意見があれば意見記入表に記載すること。

大矢：地震動の大きさはどのように決まるのか。

澤田：サイトごとに決まる。地震動の大きさは、L2 と同等かそれ以上のかかなり大きい規模である。

香川：地震動の与え方までコメントしてよいのか。近年では、パルスを含むような地震動まで考慮する必要性が生じている。

澤田：入力是与条件と考えている。地震動作成は本小委員会の対象外である。

香川：承知した。ただし、パルスの応答まで解析でカバーできるかどうかは、技術の成熟度に関わると思う。

大矢：資料 1-6 の 17 スライドのフローでは、従来手法で NG が出たときに、動的解析（時刻歴応答解析）を適用することになっているのか。

澤田：その通りである。

大矢：地震動が大きくなった場合に、従来手法を技術的に適用外として、動的解析（時刻歴応答解析）を適用することは考えないのか。

澤田：基本的には、従来手法と並行して用いることを考えている。

大矢：資料 1-6 の 17 スライドのフローを作り変えることは、活動内容に入れているのか。

澤田：フローは JEAG4601-2015 に掲載されているものを引用している。その内容について、小委員会で議論してもよいかもしれない。

大矢：港湾施設ではレベル 1、レベル 2 の地震動に応じて、評価手法も使い分けているが、そのような方向性も必要なのではないか。

澤田：17 スライドのフローは岩盤を対象としており、液状化等は別のフローに沿って検討

が行われている。

西：17 スライドのフローの左側（従来手法）だけで、終了することは通常はないのではないか。

石丸：現状の設計では従来手法だけで終わっている。リスク評価を見据えて動的解析（時刻歴応答解析）を事前検討として実施しているケースはある。

糸井：これまでの議論を踏まえると、1章では規制要求としての内容と、安全性を担保するために自主的に実施する内容等の整理も含めて、報告書の検討内容についてどのような問題があり、その解決のうちどの部分に既往の検討があり、どの部分を報告書として取り組むのかなどの整理をし、報告書に含めることが必要である。

(2) 断層の数値解析 WG の活動（技術資料第 1 部の内容・目次案）

澤田より資料 1-7 に基づき、技術資料第 1 部の内容・目次案（断層の数値解析 WG の活動）について説明し、以下の質疑・応答があった。

竿本：食い違い弾性論で 3 次元 FEM の境界条件を決めるということだが、主断層（地震断層）のずれ等がわかっていない場合はどうするのか。

澤田：ご指摘のようなケースについても評価方法を検討しており、技術資料に記載する。

竿本：断層の構成式はオーソライズされたものか。

澤田：妥当性確認の事例は十分ではない可能性があるため、技術資料では他の手法も併記する。

竿本：どのような場面でどの構成式が適しているといったところまで記載できると良い。

竿本：松田式等、スケーリング則の確認はしているか。

澤田：現時点では実施していない。

西：長野県北部地震以外の検討事例はないのか。

澤田：2016 年熊本地震を対象に実施している。

西：コアとなる解析手法を論文に投稿しているか。

澤田：土木学会論文集や海外ジャーナルで掲載済である。

香川：物性値のばらつきについては、具体的にどの程度まで書けるか。

澤田：現時点では、24 スライドに示した事例のみである。

香川：地表地震断層が生じなかった地震、例えば鳥取県西部地震にも適用していると説得力があるが、どうか。

澤田：現状では、地表地震断層が生じなかった地震に対する検討事例はない。2016年熊本地震で、実際に地表変位が現れた断層に加えて、存在が知られていたが地表変位が現れなかった断層もモデル化し、地表変位の発生しやすさを比較した事例はある。

香川：鳥取県西部地震では、一様物性を用いると食い違い弾性論では変位が生じて再現が難しいので、そのようなケースに対する検討は重要だと思う。

糸井：PHDHAのうち変位アプローチについては本報告書の検討と関係し、海外の事例もあると思うが、技術資料には記載するのか。

澤田：文献調査は行っているが、変位アプローチの事例を見つけられていない。具体的な文献をご存じであれば教えていただきたい。

糸井：IAEA Safety Guide (SSG-9) は引用している論文の段階では DS であったが、現在は Revision が出ている。

澤田：確認する。

(3) 液状化の影響評価 WG の活動（技術資料第 2 部の内容・目次案）

石丸より資料 1-8 に基づき、技術資料第 2 部の内容・目次案（液状化の影響評価 WG の活動）について説明し、以下の質疑・応答があった。

風間：液状化については技術的な課題が多く、12月の段階ではこのようにすれば評価できるところまで示すのは難しいと思う。問題意識、課題をしっかりと記載して、既存の手法との違いを明確にして欲しい。また、岩ずり、固結砂、改良地盤等の液状化の影響を受けにくい地盤は物性として仕分ける作業も必要である。岩ずりや天然の固結砂とはどのような材料かといった、物性的な評価の着目ポイントも記載すること。

石丸：承知した。

大矢：固結砂については、試験結果的にも、被災事例を見ても液状化しない状況であれば、無理に液状化解析を行うのではなく、解析を行う前にジャッジすることが必要だと思う。一方、岩ずりについては、現状では細かいところまで議論が必要であり、排水を考慮可能な解析コードで評価できるといった方法論まで示すのであれば、パラメータ 1 つ 1 つまでどのように決めるかといった議論まで必要だと思う。水圧の消散過程で実験と解析が合っていないことは大きな問題であり、ダイレイタンシーと透水の現象を加振中・加振後で統一的に扱うのはやはりまだ課題が多い。

石丸：本 WG では解析手法の開発といったところまでは対象にしていないので、まずは現状の解析でできるところまでを示し、難しいところは今後の課題に記載する。

仙頭：岩ずりについては、これまでも多くの二相系の解析モデルが提案されており、理屈上は解析できることになっているが、実際はまだ難しい。ただし、今回示された方法は設計を意識した過渡的な方法だと思うので、排水の影響を考慮した物性の設定なども含めて、技術の進歩を妨げないような書き方をして欲しい。

石丸：承知した。4.2節の今後の課題では、数値解析手法の高度化についても記載する。

仙頭：固結砂については、例えば一軸圧縮強さが 100kN/m^2 以上であれば、液状化影響評価は不要というようなどころまで示せるとよい。知見を調べて検討して欲しい。

石丸：承知した。

西：岩ずりについては、液状化関連審査で使用されている解析手法の適用範囲を超えた使い方をしているのではないか。開発者に失礼にならないように、書き方に注意が必要である。また、岩ずりについても、固結砂と同様に液状化影響評価は不要というところまでは難しいのかもしれないが、同様の検討があってもよいと思う。

石丸：岩ずりに対して、全応力解析を用いた検討を別途実施しており、間に合えば技術資料に記載したいと思う。

風間：岩ずりについては物性をどのように求めるか、どのような物性に着目すると液状化しないと言えるのか等、改良地盤で改良したと評価する基準等も含めて、体系的に検討するとよい。

石丸：承知した。

仙頭：岩ずりについては、港湾空港技術研究所で特殊な要素試験も実施しているので、調べて記載して欲しい。

石丸：承知した。3章の文献調査の項目で記載する。

4. 今後のスケジュール

中村委員長より技術文書審議タスクの今後のスケジュールが示された。

- ・タスクメンバーは1週間後までを目途に、液状化については風間主査、断層変位については糸井副査に意見記入表を送付する。
- ・風間主査と糸井副査は総合評価をとりまとめ、2週間後までを目途に、中村委員長に総合評価とタスクメンバー個々の意見記入表を送付する。
- ・本日の議事録は説明者が作成し、1週間後までを目途に糸井副査に送付する。その後、タスクメンバーで回覧し、1ヶ月以内に糸井副査から中村委員長に送付する。
- ・第2回は2024年1月頃に開催する。1ヶ月前に技術資料のドラフトを送付する。

・第3回は2024年4月以降に開催する。

以 上

氏名		糸井達哉		期日		2023年2月7日	
評価	項目	評価点	水準				
	必要性	3	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.
		講評	不確実性の影響を考慮した検討なども含めて検討されており評価できる。				
	関連技術の成熟度	3	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.
		講評	副断層の評価については、別の研究グループでも別のモデル化で同様の検討が行われていない状況であり、成熟度については丁寧に議論が必要。				
	技術の信頼性	3	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-
		講評					
	技術文書の構成	2	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-
講評							

意見など

1	<p>報告書全体として、モデルの仮定が異なっており、検討の対象も異なっているように思います。（例えば、3.4の高性能計算では、地表面近傍に堆積層がない条件で検討されており、岩盤の条件（軟岩か硬岩か）、あるいは、堆積層の有無の考慮の仕方などは検討外となっていると考えられるのに対して、堆積層の影響については、山田委員の検討では考慮されているのではと推察します。）それぞれの解析を報告書全体としてどのように位置づけて、全体の報告書の論旨としていくのかについて現段階では見えません。</p>
2	<p>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（2014～2017）の検討（資料2にあるフローなど）は、想定する前提条件など位置づけなど適切とは考えられない点多々あります。また、日本原子力学会の調査専門委員会として行われたもので、日本原子力学会として査読などでオーソライズしていないものと考えます。既往検討の調査として入れていただくことは問題ありませんが、ポジティブ（あるいは中立的）な形で本報告書のなかで位置づけることは、本報告書の信頼性を損ねる可能性があります、強い懸念を覚えます。</p>

3	資料2の2ページに記載いただいている通り、原子力発電所においては、副断層が地表に出現するかしらないか、そのうえで安全上の問題があるかが議論のポイントだと思いますので、報告書を具体化する際にもそのことを明確にいただけるとよいと思います。
4	以上に加えて、議事録を確認いただき当日のWGでの議論の検討をお願いいたします。
5	
6	
7	
8	

氏名		香川敬生			期日		2023年1月31日	
評価	項目	評価点	水準					
	必要性	4	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.	
		講評	4. 必要性が高い.					
	関連技術の成熟度	3	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.	
		講評	3. 成熟している.					
	技術の信頼性	3	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-	
		講評	3. ややある.					
	技術文書の構成	4	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-	
		講評	4. 適切である.					

意見など

1	断層変位の計算は技術的に可能となっているものの、上部地殻内地震発生層における断層破壊が硬質とはいえず地震発生層よりは軟らかい浅部地殻をどのように変位させるかの物理モデルおよび物性値の解明は十分に成熟しているとはいえないと考える。
2	食い違い変形論 (Okada, 1985 & Okada, 1995) は一様岩盤の弾性変形を前提として広域の変形を扱うため、それを断層変位を伴う局所的な入力として適用するにあたっては工夫が必要と考える。
3	地表地震断層を伴わなかった地震 (2000年鳥取県西部地震、やや規模の小さい地震など) で地表変位評価法を検証しておくことが望ましい。
4	計算手法は、できれば国際誌でピアレビューされていることが望ましい。
5	パラメータの設定による結果のばらつきについて整理しておくことが望ましい。
6	
7	
8	

氏名		竿本英貴			期日		2023年2月1日	
評価	項目	評価点	水準					
	必要性	4	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.	
		講評	原子力施設に断層変位が及ぼす影響を評価することは重要と考える。 技術文書では断層変位評価が喫緊の課題であることを強く主張されたい。					
	関連技術の成熟度	4, ?	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.	
		講評	現状の技術のうちで成せることの範囲内では、成熟度は高いと考える。 ただし、満たすべきクライテリアに対する技術の成熟度は不明である。					
	技術の信頼性	3	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-	
		講評	長野県北部地震の事例検証において一定の再現性が認められる。 断層面の滑り分布や模擬すべき地表変位分布が未知のサイトへの適用性も重要であるため、 今後はブラインドテスト等で本手法のロバスト性をも併せて検討されたい。					
	技術文書の構成	4	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-	
講評		目次構成は適切と考える。今後方法論を進化させるにあたり、 どのような情報・技術が必要となるかの総括の追記を期待する。						

意見など

1	技術文書では断層変位評価が可能となることで得られる効果を強調し、断層変位評価が喫緊の課題であることを主張していただいた
2	クライテリアに関する情報・設定方針は極めて重要と考えるので、本委員会でぜひ精力的に進めていただきたいと思います。
3	本方法論を高度化する上での課題、必要となる情報・新技術が分かりづらいと感じました。いつまでに何をすべきかという検討・整
4	今後、地表での変位分布を未知、既知情報も部分的とした上でブラインドテストを実施するなどして、(検証ではない)予測に対する
5	現時点では、地震関連の知識に加えて大規模計算に関する知識が必要という意味でごく一部の人材のみが本手法を実施可能と考えま

氏名		西 好一			期日		2023年1月25日	
評価	項目	評価点	水準					
	必要性	3	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.	
		講評						
	関連技術の成熟度	2	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.	
		講評						
	技術の信頼性	2	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-	
		講評						
	技術文書の構成	3	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-	
		講評						

意見など

1	オンラインで発言した内容は議事録を参照してください。その他について下記に記します。
2	・地盤のモデル化（物性値の決め方を含む）に関する記述を充実させてください。
3	・幾つかの解析方法が紹介されているが、どの場合にどの手法が適切だと考えられるのか記載してください。
4	・参考にした文献を明示してください。
5	
6	
7	
8	
9	
10	

* 意見等，適宜追加してください。

氏名		風間 基樹			期日		2023/1/31	
評価	項目	評価点	水準					
	必要性	3	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.	
		講評	原子力施設の周辺施設で液状化の検討対象となる地盤も存在する。					
	関連技術の成熟度	2	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.	
		講評	岩ずりや固結した砂地盤に対する液状化危険評価は調査法・評価法とも成熟度は低い。					
	技術の信頼性	2	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-	
		講評	これまで研究対象となっていないため技術の信頼性はあまりない。					
	技術文書の構成	2	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-	
講評		緩い砂地盤に対する現状の評価法をベースに作られており、発想の転換が望まれる。						

意見など

1	<p>目次構成で、数値解析の事例は別の章立てにした方がよいのではないか？</p> <p>2. 岩ずり埋立地盤の物性調査・試験法</p> <p>3. 天然の固結砂地盤の物性調査・試験法</p> <p>4. 数値解析事例</p> <p>4.1 岩ずり地盤の数値解析事例</p> <p>4.2 天然固結砂地盤の数値解析事例</p>
2	<p>対象の明確化：岩ずり埋立地盤の定義が欲しい。（粒度に寄るのか？それとも、一般の室内要素試験が困難な粒度の構成材料を含む地盤とか）</p>
3	<p>対象の明確化：天然固結砂地盤の定義が欲しい。（粘着力を有する天然固結砂地盤や改良した地盤でもよいのでは）</p>

4	<p>現状の報告書は数値計算に載せることを主眼に置いている印象がある。液状化の検討対象としない地盤、あるいは過剰間隙水圧の上昇を考慮しなくてよい地盤を明確化する作業を一次スクリーニング作業として行うというコンセプトを明確に出したらどうか？</p> <p>例えば、（1 G,遠心）振動台実験を実施した時、極大地震動を与えても過剰間隙水圧比が60%以下にとどまって、全応力解析（等価線形が非線形全応力解析）で挙動を十分再現できる地盤とか</p>
5	<p>上記の一次スクリーニングにかからない、液状化しにくい地盤の場合には、どのような物性に着目して、数値計算に使うパラメータを設定すべきなのかを吟味すべきでは。</p>
6	<p>数値計算の実験結果再現性を評価する場合には、コード開発者以外のものが実施しているので、パラメータの設定の手順や実際に使った値を明確にすべき。</p> <p>西委員のご指摘のように、開発者が解析すればうまくいくのかも知れないし、使う側の問題であると言われたいような、配慮が必要と思われまます。</p>
7	<p>この報告書の対象とはならないかも知れないが、求める予測精度（どこのどのような変形に着目し、その量がいくつだと良くていくつだと悪いのかの考えがまとまらない状況で、数値計算の変形量を議論すること自体がナンセンスでは、</p>
8	<p>この報告書の対象とはならないかも知れないが、実験と解析の比較では、双方に誤差要因がある。それはどのくらいか？</p>
9	<p>数値解析は、地盤調査や土質試験を反映しないパラメータで、結果が変わる場合がある。現状では、そのパラメータ値を決めるのに実験結果等を用いた事前のキャリブレーションを行っている。この部分に恣意的な点がないかどうか確認すべき。数値計算を行う場合の前提条件（変えてはならない部分）を明示する必要もある。</p>
10	<p>実験結果が再現できない場合には、その考えられる原因をきちんと考察する。実務設計者のレベルで、できることである必要があると思われまます。</p>

* 意見等，適宜追加してください。

委員会での意見（議事録より抜粋）

1 液状化については技術的な課題が多く、13月の段階ではこのようにすれば評価できるというところまで示すのは難しいと思

2 岩ずりについては物性をどのように求めるか、どのような物性に着目すると液状化しないと言えるのか等、改良地盤で改良したと評価する基準等も含めて、体系的に検討するとよい。

氏名		西 好一		期日		2023年1月25日	
評価	項目	評価点	水準				
	必要性	3	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.
		講評	原発の立地に関わる問題としては、稀な部類に入るが、サイトによっては説明が要求されよう。				
	関連技術の成熟度	2	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.
		講評	一般的な飽和砂地盤と比べて、動態時の挙動が未解明な点がある。				
	技術の信頼性	2	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-
		講評	技術の基礎は十分出来上がっており、これをベースにさらに知見を積み重ねることが望まれる。				
	技術文書の構成	2	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-
講評		公平・公正の視点から既存の解析手法や物性の定め方などについても記述することが必要。					

意見など

1	オンライン会議で発言した内容については、議事録を参照してください。それ以外について下記に示します。
2	・公平・公正の視点から、ただ一つの有効応力解析手法のみならず、他の有効応力解析手法についての紹介が望ましい。
3	・解析に使用した物性値に関する情報を記載すべき。
4	・引用した文献に関しては明記すること
5	
6	
7	
8	
9	
10	

* 意見等，適宜追加してください。

委員会での意見（議事録より抜粋）

岩ずりについては、液状化関連審査で使用されている解析手法の適用範囲を超えた使い方をしているのではないかと開発者に失礼1にならないように、書き方に注意が必要である。また、岩ずりについても、固結砂と同様に液状化影響評価は不要というところまでは難しいのかもしれないが、同様の検討があってもよいと思う

氏名	仙頭 紀明	期日	2023年1月31日			
----	-------	----	------------	--	--	--

項目	評価点	水準				
		必要性	4	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.
	講評	入力地震動が大きくなる中で、従来液状化しないとされきた地盤も検討対象となる機会が増えており、それらについての合理的な評価手法が確立されていない。				
関連技術の成熟度	2	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.
	講評	地盤の物性を評価するための試験方法、評価手法として用いる数値解析について、実務に適用するためには多くの課題が残されている。				
技術の信頼性	3	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-
	講評	実務への適用を見据えて、実現可能な方法を選択している。				
技術文書の構成	3	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-
	講評	技術の成熟度に対応した内容の構成になっている。				

意見など

1	岩ずりについては、これまでも多くの二相系の解析モデルが提案されており、理屈上は解析できることになっているが、実際はまだ難しい。ただし、今回示された方法は設計を意識した過渡的な方法だと思うので、排水の影響を考慮した物性の設定なども含めて、技術の進歩を妨げないような書き方をして欲しい。(議事録意見1と同じ)
2	固結砂については、例えば一軸圧縮強さで100kN/m ² 以上であれば、液状化影響評価は不要というようなどころまで示せるとよい。知見を調べて検討して欲しい。(議事録意見2と同じ)
3	岩ずりについては、港湾空港技術研究所で特殊な要素試験も実施しているので、調べて記載して欲しい。(議事録意見3と同じ)

4	現在、土木学会 地震工学委員会の「地盤の過剰間隙水圧上昇と消散に伴う変形の評価 小委員会」と情報共有、意見交換を実施しているが、その機会を利用して、液状化に携わる実務者、研究者との議論を通して得られる最新の知見や助言も取り入れながら、技術の成熟度をより高めていただきたい。
5	
6	
7	
8	
9	
10	

* 意見等，適宜追加してください。

委員会での意見（議事録より抜粋）

1 岩ずりについては、これまでも多くの二相系の解析モデルが提案されており、理屈上は解析できることになっているが、実際はまだ難しい。ただし、今回示された方法は設計を意識した過渡的な方法だと思うので、排水の影響を考慮した物性の設定なども含めて、技術の進歩を妨げないような書き方をして欲しい。

2 固結砂については、例えば一軸圧縮強さで100kN/m²以上であれば、液状化影響評価は不要というようなどころまで示せるとよい。知見を調べて検討して欲しい。

3 岩ずりについては、港湾空港技術研究所で特殊な要素試験も実施しているので、調べて記載して欲しい。

氏名		大矢陽介			期日		2023年1月31日	
評価	項目	評価点						
	必要性	3	5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.	
		講評	数値解析の適用が不明確な地盤材料に関する検討は必要である。					
	関連技術の成熟度	2	5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.	
		講評	解析技術は成熟しているが、実被害を対象とした検証や設計への適用に関して検討が十分とはいえない。					
	技術の信頼性	3	4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-	
		講評	室内試験，模型実験，数値解析の多面的な検討がなされている。					
	技術文書の構成	3	4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-	
講評		二つの解析事例を掲示する内容として適切と考える。						

意見など

1	液状化を「過剰間隙水圧の上昇」と定義すると、室内試験や技術基準での液状化の定義と違いが出てしまい、資料として分かりにくくなってしまうと思いますので、用語の定義について整理して頂きたいです。
2	解析手法の適用性確認には、対象施設に関する被災事例や縮尺模型を対象とした検討が必要と考えます。本資料の模型実験は室内試験の延長にあると思いますので、対象施設の適用性について記載して頂きたい。
3	対象施設の評価値を明らかにして、模型実験や数値解析の結果の大小が比較できるようにして頂きたい。
4	地盤パラメータ，解析手法の細かな設定が重要ですので，詳細の記述が望ましい。
5	検討内容について数値解析の適用範囲について確認して欲しいです。例えば，非排水条件は排水が卓越する場合は適用できないため，工夫された方法が提案されています。（例えば，グラベルドレーンのモデル化）

6	透水（透水係数やダイレイタンスーに関するパラメータ）の評価が重要と考えます。室内試験や模型振動実験で設定した透水のパラメータで実物施設の被害を表現できるのか調べて欲しいです。
7	液状化影響評価フローの模型振動実験では原位置の試料を用いるのでしょうか。固結砂地盤を対象とした場合、実験用に大量の試料を採取することが可能でしょうか。
8	固結砂地盤について、液状化による被災事例が報告されていない点は重要な情報と思います。液状化影響評価フローの「液状化影響評価の要否」については、模型実験や数値解析によらない、液状化判定等の経験的な側面からの評価も取り入れて頂きたいと思います。
9	
10	

* 意見等，適宜追加してください。

委員会での意見（議事録より抜粋）

固結砂については、試験結果的にも、被災事例を見ても液状化しない状況であれば、無理に液状化解析を行うのではなく、解析を行う前にジャッジすることが必要だと思う。一方、岩ずりについては、現状では細かいところまで議論1が必要であり、排水を考慮可能な解析コードで評価できるといった方法論まで示すのであれば、パラメータ1つ1つまでどのように決めるかといった議論まで必要だと思う。水圧の消散過程で実験と解析が合っていないことは大きな問題であり、ダイレイタンスーと透水の現象を加振中・加振後で統一的に扱うのはやはりまだ課題が多い。

規格情報小委員会 原子力防災の現状分析と土木分野の果たす役割の整理分析WG

	WG3	氏名	所属
1	主査	中村晋	日本大学工学部 上席研究員
2	幹事	佐藤栄一	新潟工科大学工学部 教授
3	委員	高田毅士	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (JAEA) 安全研究・防災支援部門 リスク情報活用推進室 室長(東京大学 名誉教授)
4	委員	宗像雅広	日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター センター長
5	委員	臼田裕一郎	国立研究開発法人 防災科学技術研究所総合防災情報センター センター長
6	委員	山田博幸	(一財)電力中央研究所 原子力リスク研究センター リスク評価研究チーム 副チームリーダー
7	委員	蛭澤勝三	(一財)電力中央研究所 名誉研究アドバイザー
8	委員	川崎洋輔	日本大学工学部土木工学科 准教授

土木学会 原子力土木委員会 技術文書審議タスク（津波漂流物の影響評価技術の体系化）

	タスク役職	委員会役職	氏名	所属
1	主査	委員会顧問就任	水谷法美	名古屋大学教授・副総長
2	副査	委員	庄司学	筑波大学教授
3		委員会顧問就任	奥田泰雄	（国研）建築研究所シニアフェロー
4		委員会顧問就任	池谷毅	東京海洋大学教授
5		委員兼幹事	佐藤清	（株）大林組 原子力本部設計第二部部長

【参考資料】

資料22-3-5(1)

2022年度第2回原子力土木委員会資料より抜粋

第1回技術文書

(基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会)

審議タスク

議事次第, 審議の位置づけ/実施要領の説明

令和5年1月23日

議事次第

1.技術文書審議タスクメンバーの紹介

2.審議の位置づけ(内規, 細則他), 実施要領の説明

3.技術文書の背景, 目的, 基本方針, 技術文書の構成に関する説明と

質疑：基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会 幹事長 澤田昌孝オブザーバー ,
幹事 石丸真オブザーバー

4.技術文書の審議

5.今後のスケジュール

6.その他

資料

- 1-1 成果報告書の作成等と標準化に関わる運営内規
- 1-2 技術文書審議タスク細則
- 1-3 技術文書の審議に関する要領
- 1-4 基本方針段階の意見記入表_2023
- 1-5 最終段階の意見記入表
- 1-6 「基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会」全体概要
- 1-7 技術資料第1部_断層変位
- 1-8 技術資料第2部_目次案_内容

技術文書審議タスクメンバー

	委員会	タスク	主担当	氏名	所属/役職
1	顧問	主査	液状化	風間基樹	東北大学大学院/教授
2	委員	副査	断層変位	糸井達哉	東京大学大学院/准教授
3	顧問		断層変位	香川敬生	鳥取大学大学院/教授(副理事)
4	顧問		液状化	仙頭紀明	日本大学工学部/教授
5	顧問		断層変位	竿本英貴	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 活断層・ 火山研究部門/主任研究員
6	顧問		液状化	大矢陽介	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 地震防災研究領域 上席研究官
7	顧問		原子力土木	西好一	電力中央研究所 名誉特別顧問

■ オブザーバー

- ・ 澤田昌孝 電力中央研究所 上席研究員(基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会幹事長)
- ・ 石丸真 電力中央研究所 主任研究員(基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会幹事)
- ・ 中村晋 日本大学工学部 上席研究員(原子力土木委員会 委員長)

審議の位置づけ：背景

■福島第一原子力発電所事故後、原子力土木委員会の3つの活動方針

①客観性・透明性の一層の確保, ②社会への積極的な情報発信, ③自主的な調査研究活動

➤①の背景(国会事故調査委員会の指摘)：委託費用の全額を電力会社が負担しており、公正性に問題があること、メンバー構成として、委員・幹事等が電力業界に偏っていること、議事の公開についても不十分であることが指摘

■①への対応の現状：メンバー構成について、委員会規則改定(R3.1)、内規(R3.6改訂)により、委託小委員会を除く職域による人数等メンバー構成、議事録の公開に関わるルールが改定された。

➤課題：技術文書のカテゴリーと公衆審査を含む策定過程の明確化、委託小委員会内で技術文書の審議を行うことの公正性、職域比率の設定などが残されている。

■対応

➤技術文書のカテゴリーと公衆審査を含む策定過程の明確化：**成果報告書の作成等と標準化に関する運営内規 令和4年8月29日制定**

➤技術文書の作成・審議体制：原案作成と審議体制を分ける：**技術文書審議タスク細則内規 令和4年8月29日制定**

審議の位置づけ:内規 区分(2条), 責任(3条)

- 対象成果報告書の区分**：規格, 指針, **技術資料**, その他文書
- 定義**：技術資料は、対象とする**技術的課題に関する技術の現状、それに対する新たな考え方と検討事例等を体系的にとりまとめた技術文書**とする。技術資料は、審議プロセスの公平、公正、公開の原則の下、作成する。
- 責任**：
 - 委員会及び**技術文書審議タスク**は、**成果報告書原案が本規則のプロセスにしたがって策定されていることを確認**する。
 - **成果報告書**には、責任の明確化のため、委員会・**技術文書審議タスク**・関係小委員会の**名簿**、小委員会委員長と委員の役割（執筆者と執筆箇所等）を**明記**する。

審議の位置づけ:内規4条 技術資料の作成と公表

- 1.小委員会は、技術資料に関する**基本方針**を策定し、委員会及び**技術文書審議タスクはその妥当性を審議**する。小委員会は、審議結果に基づいて修正を行い、委員会が承認する。
- 2.基本方針に従い、小委員会は技術資料の原案を作成する。
- 3.小委員会は、**原案**について内部で査読・修正を行った後、委員会及び**技術文書審議タスクに意見照会**を行う。
- 4.委員会は技術文書審議タスクによる技術的内容の審議結果を踏まえ、土木学会が策定する技術文書としての妥当性について、総合的な視点で判断を行う。**修正が必要な場合**には、小委員会は適切な修正対応を実施し、委員会及び**技術文書審議タスクに報告**し、それぞれの**再審議**の上、委員会が判断し、**承認**する。
- 5.技術文書審議タスク及び小委員会は承認された技術資料の原案を、「第7条 外部意見照会」に従い、外部意見照会を実施する。
- 6.委員会及び技術文書審議タスクは、技術資料の最終版を承認する。
- 7.技術資料の最終版は、報告会などを通じて公表した後、一定の期間を置いて土木学会ホームページで公開する。

審議の位置づけ:目的(タスク細則)

- **目的(細則1条)**:技術文書審議タスクは、当該技術文書に関する**基本方針**、**中間報告**の各段階において、以下の観点で**専門的見地からの意見**をとりまとめ、原子力土木委員会に報告する。当該技術文書の**最終報告**については、以下に示す観点で**専門的見地から審議**し、**質問**、**意見**をとりまとめるとともに、**妥当性の判断**を行い、原子力土木委員会に報告する。
 - 基本方針段階：当該技術の必要性と関連技術の成熟度
 - 中間報告段階：中核をなす技術の信頼性、技術文書の構成
 - 最終報告段階：有用性、信頼性、完成度
- **技術資料の審議過程(内規より)**：**基本方針段階**，**最終報告段階**
- **対象技術文書の審議**：
 - 「**基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会**」は2021年7月9日の委員会にて設置が認められ、調査研究活動を実施しているので、試行として実施。
 - 調査研究活動は、技術文書の構成などの検討段階となっており、**第1回技術文書の審議**では、基本方針段階と中間報告段階を合わせ、**基本方針段階**として、専門的見地からの意見をとりまとめる。

技術文書の審議に関する要領：基本方針段階(1)

■この段階では、当該技術の必要性と関連技術の成熟度に着目し、それぞれ5段階で評価を行う。その理由と合わせ、基本方針に関する意見を集約し、議事録と合わせて、委員会に報告する。その手順は以下に示すとおりである。

1. タスク開催時に所定の意見記入表を参考に、当該技術の必要性と関連技術の成熟度についての評価と基本方針に関する講評を集約し、議事録としてまとめる。

➤ **今回の対応**：中間報告段階も合わせ、「当該技術の**必要性**」、「関連技術の**成熟度**」および、「中核をなす技術の**信頼性**」、「**技術文書の構成**」の4項目について評価等を行う。

➤ **意見記入表における意見**は、**技術文書の説明時**、「背景(**必要性**)」、「背景や目的で述べられるそれに関わる研究活動の現状と取り組み(**成熟度**、**信頼度**)」、「基本方針(**成熟度**、**技術文書の構成**)」、及び「技術資料の目次構成(**技術文書の構成**)」という観点で行っていただく**質疑として議事録**にまとめる。追加で意見がある場合は、基本方針段階の意見記入表の意見欄に追加してください。**説明**は断層変位に関する文書、液状化に関する文書に分けて実施しますので**主担当の部分を中心に質疑**を行う。

➤ **説明およびそれに対する質疑の後**、**タスクによる審議**を主査と副査が協働して実施する。各メンバーが4項目についての評価と理由を述べた後、各項目に関する総合評価を行い、**総合評価結果を議事録に残す**。

基本方針段階の意見記入表2023(試行)

氏名							期日		
評価	項目	評価点	水準						
	必要性		5.かなり高い必要性がある.	4.必要性が高い.	3.必要性はある.	2.あまり必要性がない.	1.必要性がない.		
		講評							
	関連技術の成熟度		5.十分に成熟している.	4.成熟度が高い.	3.成熟している.	2.成熟度が十分とはいえない.	1.成熟しているとはいえない.		
		講評							
	技術の信頼性		4.ある.	3.ややある.	2.さほどなし.	1.ない.	-		
		講評							
	技術文書の構成		4.適切である.	3.やや適切である.	2.さほど適切でない.	1.適切でない.	-		
		講評							
	意見など								
1									
2									
3									

技術文書の審議に関する要領：基本方針段階(2)

- **評価・意見に関する留意点**：評価に際して例えば、①どのような目的物のどんな性能を対象とするか（カバーする範囲）が適切で、明確か、②関連する技術項目のリストアップができていて、それぞれの**成熟度**はどうか、③技術の**信頼性**を担保する根拠が明確か、④具体の技術項目の作成方針が適切か などに留意
- 全体として、技術文書を用いた評価を行う際のポイントや判断基準が客観的に示されていること、技術文書の質的な向上に資すること(過度な要求とならない範囲)に留意
- 2. タスクメンバーは、所定の意見記入表に当該技術の必要性と関連技術の成熟度の評価とその理由、および基本方針に関する意見をタスク開催後1週間以内で主査、副査に提出する。
 - **今回の対応**：4項目に関する評価と理由を基本方針段階の意見記入表に記入(Excel版)し、追加の意見があれば意見欄に追記した表(Excel版)を主査、副査にメールで送付。
- 3. 副査は、議事録をタスクメンバーから確認を得た後、タスクメンバーの評価と意見をあわせて、委員長、幹事長に報告する。
 - **今回の対応**：オブザーバーより送られてきた議事録をタスクメンバー内で確認し、議事録最終版とタスクメンバーの基本方針段階の意見記入表を合わせて委員長、幹事長にメールで送付
- 4. 委員長は技術文書審議タスクの評価と意見を委員会で報告し、委員の評価結果と合わせて小委員会に報告する。
- 5. 小委員会は、技術文書審議タスク、委員会の評価、意見を踏まえ、基本方針を適切に見直し、活動を行う。見直した内容については、適宜、委員会に活動報告と合わせて報告する。

技術文書の審議に関する要領：最終段階

1. 事前(タスク開催日の一月程度前)に審議対象の技術文書および評価記入表をタスクメンバーに送付し、評価および意見を、タスク開催日までに主査、副査に提出する。
2. タスクにて、主査は、タスクメンバーから評価記入表を踏まえた評価の報告を行ったのち、最終評価について審議を行い、総合的な判定を実施する。判定結果と講評は議事録としてまとめる。
 - 判定について：評価結果が5、4または3の場合には妥当であると判断し、2の場合には条件付きで妥当であると判断する。
3. 副査は、議事録をタスクメンバーから確認を得た後、タスクメンバーの評価と意見をあわせて、委員長、幹事長に報告する。
4. 委員長は技術文書審議タスクの評価と意見を委員会で報告し、タスクの評価が「5技術文書としての発行する段階に至っていない」を除き、委員会委員の評価結果と合わせて、委員会にて最終評価の決定を実施する。
5. 幹事長は評価結果を小委員会に報告し、小委員会は必要に応じて適切な修正対応を実施する。
6. 修正された技術文書を技術文書審議タスクメンバーに送付し、各位タスクメンバーは1週間程度で修正事項の確認を報告する。必要に応じて評価記入表に追記し、再度修正を求めてもよい。
7. 技術文書審議タスクの主査は、タスクメンバーが修正事項を確認した旨、委員長、幹事長に報告する。

最終段階の意見記入表(試行)

氏名					期日		
技術文書としての 妥当性	評価点	水準					
		5.妥当である.	4.軽微な修正はあるものの妥当性である.	3.適切な修正は必要であるものの妥当性である.	2.修正事項に対する適切な対応が行われていることを確認することが必要である.	1.技術文書としての発行する段階に至っていない.	
評価	項目	評価点	水準				
	有用性		4.ある.	3.ややある.	2.さほどなし.	1.ない.	-
		意見					
	信頼性		4.ある.	3.ややある.	2.さほどなし.	1.ない.	-
		意見					
	完成度		4.ある.	3.ややある.	2.さほどなし.	1.ない.	-
意見							
意見など							
番号	意見分類	意見など					
1							

意見分類：A)修正が必要である。 B)修正が望ましい。 C)記号，図表，単位系の誤りなど修正が必要である。 D)その他

土木学会 原子力土木委員会

成果報告書の作成等と標準化に関わる運営内規

令和4年8月29日 制定

(目的)

第1条 本規則は、土木学会原子力土木委員会（以下、「委員会」という）が作成する成果報告書の作成と標準化^{*1}に関する事項を定め、その運営を適切かつ円滑に行うことを目的とする。なお、本運営内規に記載がない事項については、原子力土木委員会規則または原子力土木委員会運営内規にしたがう。

(成果報告書の区分)

第2条 委員会または小委員会の成果報告書は、規格、指針、技術資料およびその他文書として公表する。規格、指針、技術資料およびその他文書は、次に掲げるとおりとする。

- (1) 規格は、性能規定化された要求事項及び同要求事項を達成するうえでの解説等を含む技術文書とする。規格は、審議プロセスの公平、公正、公開の原則の下、作成する。
- (2) 指針は、性能規定化された要求事項を達成するうえでの解説とそれに必要な技術などを詳細に示した資料などを含む技術文書とする。指針は、審議プロセスの公平、公正、公開の原則の下、作成する。
- (3) 技術資料は、対象とする技術的課題に関する技術の現状、それに対する新たな考え方と検討事例等を体系的にとりまとめた技術文書とする。技術資料は、審議プロセスの公平、公正、公開の原則の下、作成する。
- (4) その他文書は、規格、指針、技術資料以外の技術文書であり、対象とする技術的課題に関する調査、又は実験などの分析、新たな技術をとりまとめた技術文書とする^{*2}。その他文書は、公開の原則の下、作成する。

(責任分担)

第3条 成果報告書に関する最終的な責任は、委員会にある。ただし、関連するタスク及び関係小委員会も成果報告書の作成と維持管理に関する責任を共有する。成果報告書の作成と維持管理に関する、委員会、技術文書審議タスク^{*3}、関係小委員会の管理責任の範囲は次に掲げるとおりとする。

*1 日本規格協会によれば、標準化は、自由に放置すれば、多様化、複雑化、無秩序化してしまうような「もの」や「事柄」を少数化、単純化、秩序化することである。本運営内規における技術の標準化は、社会基盤施設の安全性、品質、また経済性などの向上に資するとともに、関連分野における技術の理解が進み、認識を共有化することができ、技術者の水準の向上と関連分野の技術開発が促進されることと定義される。

*2 検討内容を簡易にまとめた文書、土木学会論文集委員会報告等

*3 技術文書審議タスクについては、「技術文書審議タスクの設置・運営に関する細則」を参照

- (1) 委員会は、成果報告書の作成、変更（追補版発行を含む。以下同じ）の必要性を審議し決定する。
- (2) 関係小委員会は、本規則にしたがい、成果報告書の原案を作成する。
- (3) 委員会及び技術文書審議タスクは、成果報告書原案が本規則のプロセスにしたがって策定されていることを確認する。
- (4) 成果報告書には、責任の明確化のため、委員会・技術文書審議タスク・関係小委員会の名簿、小委員会委員長と委員の役割（執筆者と執筆箇所等）を明記する。

（規格、または指針の作成と公表）

第4条 委員会、技術文書審議タスク、小委員会は技術文書のうち、規格、または指針を本規則にしたがい作成するとともに、次に掲げる事項について審議および連絡調整する。作成および公表手順を添付一1に示す。

- (1) 小委員会は、規格、または指針の作成に関する基本方針を策定し、委員会及び技術文書審議タスクの承認を得る。
- (2) 基本方針に従い、小委員会は規格、または指針の原案を作成する。
- (3) 規格、または指針を作成する中間段階において、小委員会は、原案について内部で査読・修正を行った後、委員会及び技術文書審議タスクに意見照会を行う。小委員会は、中間報告への修正対応結果を委員会及び技術文書審議タスクに報告し、承認を得る。
- (4) 規格、または指針原案の最終報告段階において、小委員会は、原案を内部で査読・修正を行った後、委員会及び技術文書審議タスクに報告する。委員会は技術文書審議タスクによる技術的内容の審議結果を踏まえ、土木学会が策定する技術文書としての妥当性についての審議結果とを踏まえ、総合的な視点で判断を行う。修正が必要な場合には、小委員会は適切な修正対応を実施し、委員会及び技術文書審議タスクに報告し、それぞれの再審議の上、委員会判断し、承認する。
- (5) 技術文書審議タスク及び小委員会は、承認された規格、または指針の原案を、「第7条 外部意見照会」にしたがい、外部意見照会を実施する。
- (6) 技術文書審議タスク及び小委員会は規格、または指針の原案について、「第8条 公衆審査」にしたがい、一般公衆の意見を聴取する。
- (7) 委員会及び技術文書審議タスクは、規格と指針の最終版を承認する。
- (8) 規格、または指針は、報告会などを通じて公表した後、一定の期間を置いて土木学会ホームページで公開する。

（技術資料の作成と公表）

第5条 委員会、技術文書審議タスク、小委員会は技術資料を本規則にしたがい作成するとともに、次に掲げる事項について審議および連絡調整する。作成および公表手順を添付一2に示す。

- (1) 小委員会は、技術資料に関する基本方針を策定し、委員会及び技術文書審議タスクはその妥当性を審議する。小委員会は、審議結果に基づいて修正を行い、委員会承認する。
- (2) 基本方針に従い、小委員会は規格、または指針の原案を作成する。
- (3) 小委員会は、原案について内部で査読・修正を行った後、委員会及び技術文書審議タスクに

意見照会を行う。

- (4) 委員会は技術文書審議タスクによる技術的内容の審議結果を踏まえ、土木学会が策定する技術文書としての妥当性について、総合的な視点で判断を行う。修正が必要な場合には、小委員会は適切な修正対応を実施し、委員会及び技術文書審議タスクに報告し、それぞれの再審議の上、委員会が判断し、承認する。
- (5) 技術文書審議タスク及び小委員会は承認された技術資料の原案を、「第7条 外部意見照会」に従い、外部意見照会を実施する。
- (6) 委員会及び技術文書審議タスクは、技術資料の最終版を承認する。
- (7) 技術資料の最終版は、報告会などを通じて公表した後、一定の期間を置いて土木学会ホームページで公開する。

(その他文書の作成と公表)

第6条 小委員会はその他文書を本規則にしたがい作成するとともに、次に掲げる事項について審議および連絡調整する。作成および公表手順を添付一3に示す。

- (1) 小委員会が作成したその他文書の原案は、小委員会内部で査読後、委員会で意見照会を実施する。
- (2) 小委員会は、委員会内からの修正が必要な意見に対して対応し、全ての意見に対する審議結果と対応結果について委員会で説明する。
- (3) 委員会はその他文書の最終版を承認する。
- (4) その他文書の最終版は、一定の期間を置いて土木学会ホームページで公開する。

(外部意見照会)

第7条 委員会、技術文書審議タスク、小委員会が作成する成果報告書の外部意見照会は、次に掲げる事項にしたがって実施する。

- (1) 技術文書審議タスクは、意見照会の対象とする土木学会内関係委員会や関係学協会の外部専門家を委員会に提案し、委員会の承認を得る。
- (2) 技術文書審議タスクは、成果報告書を対象とする外部専門家に送付し、原則として1カ月の期間を設けて、意見を聴取する。
- (3) 小委員会は必要に応じて、WG等で協議し、意見への回答案を作成する。
- (4) 小委員会は、成果報告書の修正が必要な意見に対して、成果報告書の修正案を作成、審議した後、技術文書審議タスクに提出する。技術文書審議タスクは、修正案を審議した後、委員会に審議結果を報告し、承認を得る。

(公衆審査)

第8条 委員会、技術文書審議タスク、小委員会が作成する成果報告書の公衆審査は、次に掲げる事項に従い実施する。

- (1) 技術文書審議タスクは、公衆審査を実施する成果報告書を、原則として2カ月間公表し、一般公衆の意見を聴取する。ただし、改定の場合等、内容により委員長判断で1カ月まで短縮できる。

- (2) 小委員会は必要に応じて、WG等で協議し、意見への回答案を作成する。
- (3) 小委員会は、規格や指針の修正が必要な意見に対して、規格または指針の修正案を作成、審議した後、技術文書審議タスクに提出する。技術文書審議タスクは、修正案を審議した後、委員会に審議結果を報告し承認を得る。技術文書審議タスクは、審議結果を公表する。

(規格・指針の改定及び廃止)

第9条 規格および指針の改定及び廃止は、技術多様化・普及タスク^{*4}において、改定及び廃止の要否の検討作業を原則として5～10年程度を目安に定期的に行って、委員会へ審議提案を行う。なお、状況の変化によっては5～10年に満たない時点においても適宜、改定及び廃止を行い、適切な規格および指針の維持に努める。

(記録の保管と公表)

第10条 成果報告書作成に関する審議内容の記録（以下、「記録」という）は、電子データとして、保管管理者が保管する。保管管理者は、委員会委員長、委員会幹事長、小委員会委員長、小委員会幹事長のいずれかとする。委員会または小委員会の議事録は会議後速やかに公表する。

(成果報告書に関する情報開示請求の対応)

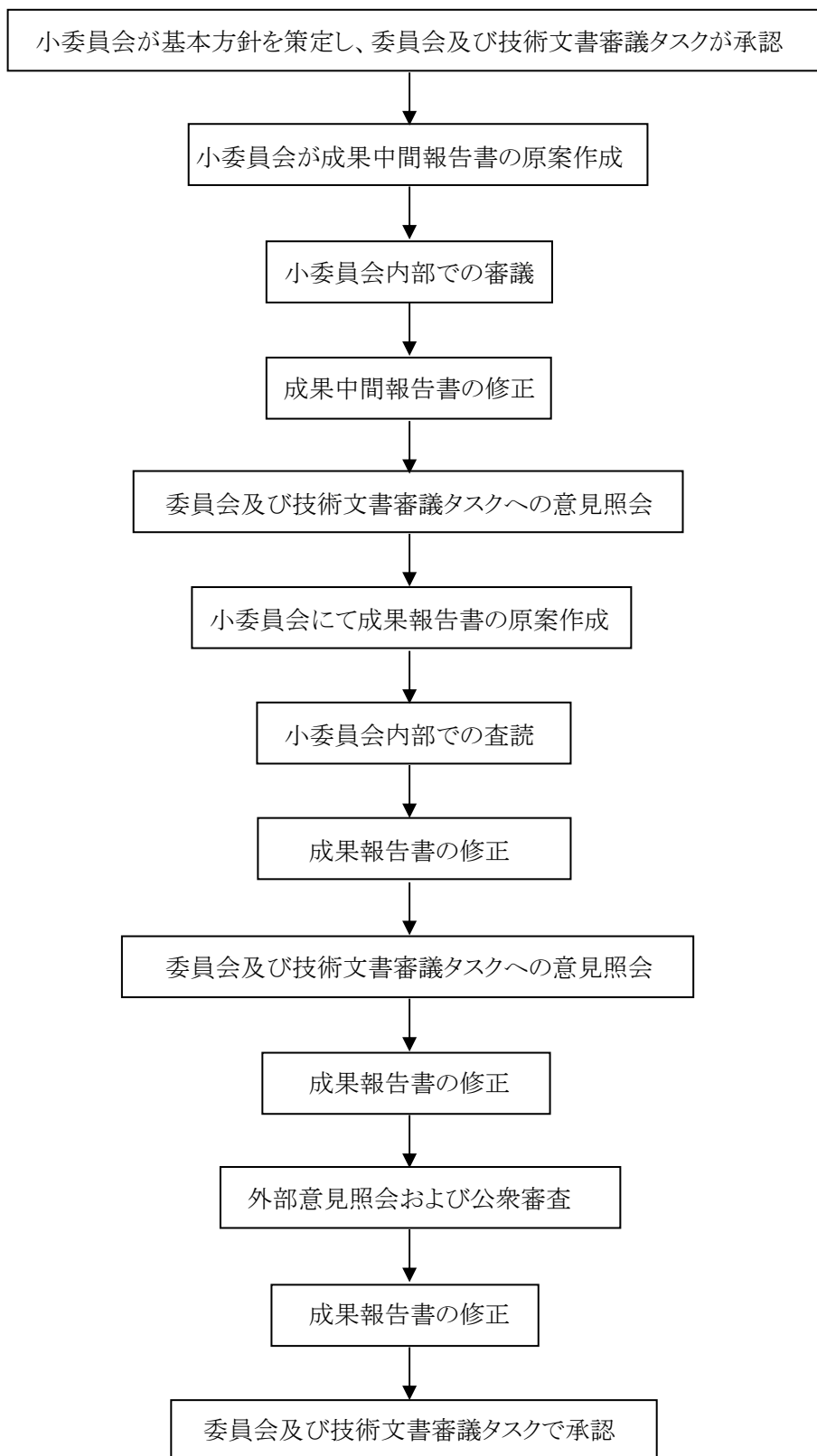
第11条 委員会、技術文書審議タスク、小委員会が作成する成果報告書に関する情報開示請求の対応は、次に掲げる事項にしたがう。なお、情報開示請求対応の担当は、委員会委員長、委員会幹事長、情報開示請求された小委員会委員長、情報開示請求された小委員会幹事長、事務局（以下、「担当者」という）とする。

- (1) 成果報告書に関する情報開示請求は、担当者が情報開示請求者の氏名、所属、連絡先、閲覧・コピー請求内容(会議名称等、開催日時、資料番号、資料名等)、使用目的を確認した上で受け付ける。
- (2) 開示請求された記録内に、核物質防護、個人情報、知的財産に関する事項等の非公開情報が含まれていないことを、担当者が確認する。
- (3) 開示請求された記録内に、非公開情報が含まれていた場合は、担当者が適切にマスキング処理を行う。委託元の確認後、委員長が承認を行う。
- (4) 担当者は、情報開示請求者の希望に沿って、紙面または電子ファイルにて提供を行う。なお、提供する電子ファイルにはパスワードをかけ、セキュリティ対策（印刷不可、コピー不可、内容の抽出不可、ページの抽出不可等）を施すこととする

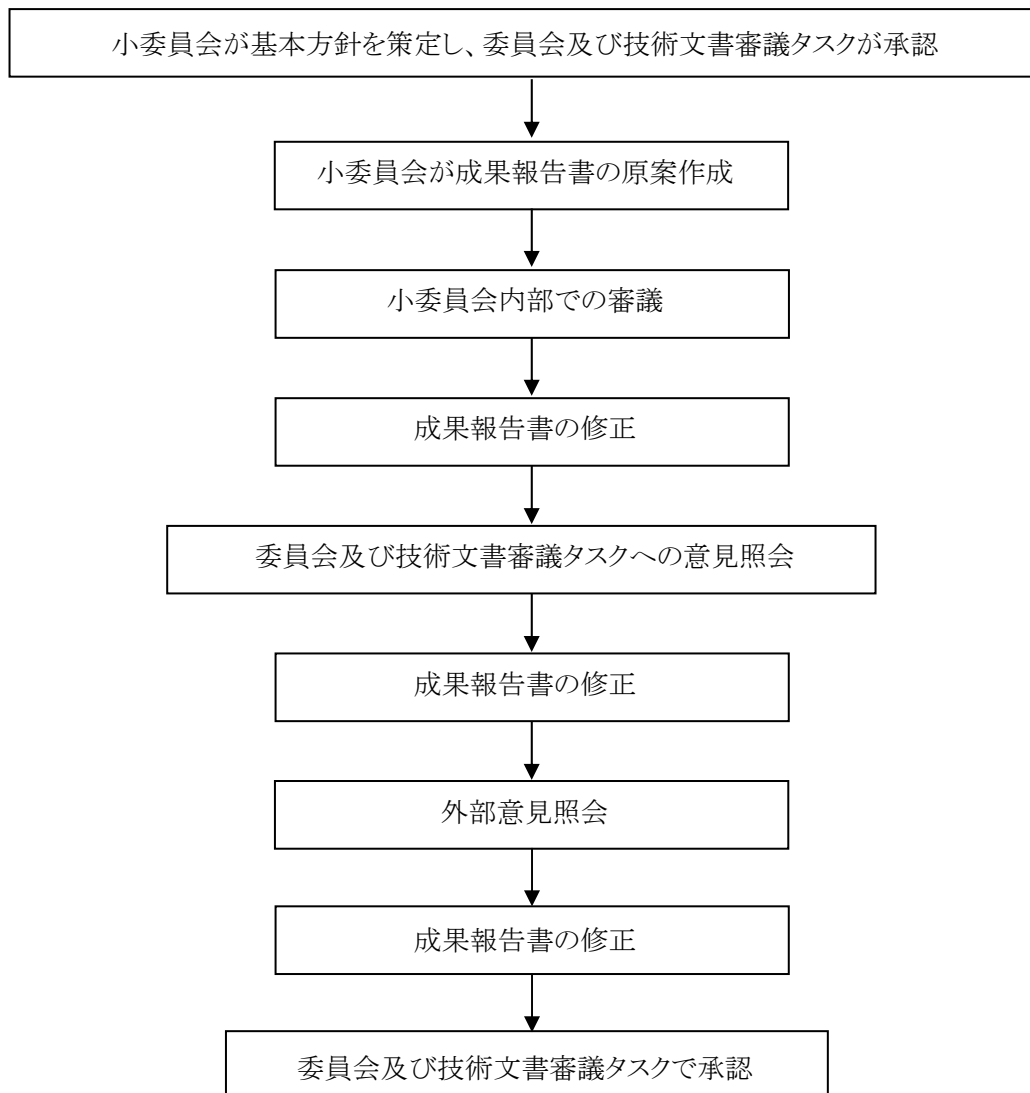
^{*4} 技術多様化・普及タスクについては、「技術多様化・普及タスクの設置・運営に関する細則」を参照

附則（令和4年8月29日 委員会議決）本規則は、令和4年8月30日から施行する。

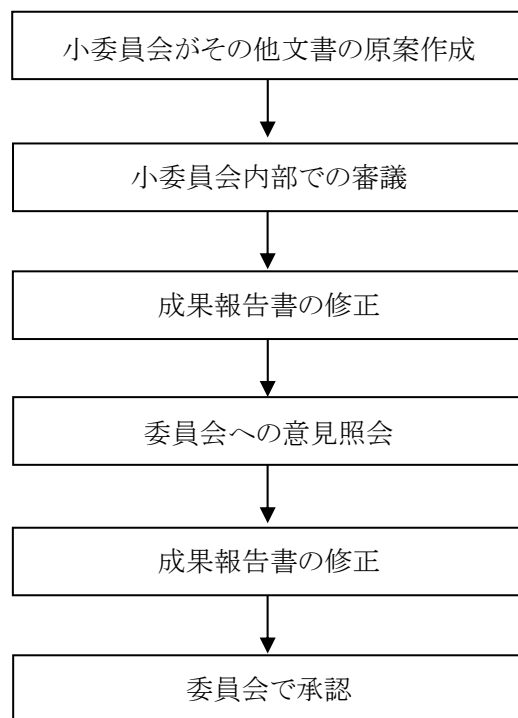
附則 本規則は、委員会、内規制定後に設置される技術文書審議タスク、技術多様化・普及タスク、小委員会に適用する。



付図1 規格・指針の作成手順



付図2 技術資料の作成手順



付図3 その他文書の作成手順

土木学会 原子力土木委員会

技術文書審議タスクの設置・運営に関する細則

令和4年8月29日 制定

(目的)

第1条 技術文書審議タスクは、当該技術文書に関する基本方針、中間報告の各段階において、以下の観点で専門的見地からの意見をとりまとめ、原子力土木委員会に報告する。当該技術文書の最終報告については、以下に示す観点で専門的見地から審議し、質問、意見をとりまとめるとともに、妥当性の判断を行い、原子力土木委員会に報告する。

- 基本方針段階：当該技術の必要性と関連技術の成熟度
- 中間報告段階：中核をなす技術の信頼性、技術文書の構成
- 最終報告段階：有用性、信頼性、完成度

(設置)

第2条 規格、指針および技術資料に関する技術文書の作成を目的とする小委員会の設置が委員会で承認された後、すみやかに技術文書審議タスクを設置する。

2 技術文書審議タスクは技術的内容の審議に必要な人数の学識経験者および関係機関において技術文書の作成や審査経験を有する者で構成する。ただし、技術文書作成の小委員会より、技術文書の内容に係る補足説明などを補助するため、小委員会の委員等をオブザーバーとして参加することとする。

第3条 タスクメンバーは原子力土木委員会の委員兼幹事、委員、または顧問から選考する。

第4条 技術文書審議タスクは、技術文書が最終的に承認された時点で解散する。

(運営・役割)

第5条 技術文書審議タスクには、主査、副査を設ける。

2 タスクの開催は委員長 の指示により、招集する。

3 主査は審議のとりまとめ、副査は主査の補佐を行う。

第6条 最終報告の妥当性の判断は委員総数の2/3以上が妥当と判断していることを原則とする。

第7条 技術文書審議タスクの資料は、委員会に報告の後、公開する。

第8条 技術文書のうち外部意見照会や公衆審査が必要なものについては、技術文書を作成した小委員会の対応支援を実施する。ここで、支援とは、各対応における窓口としての役割であり、技術的な対応は、技術文書を作成した小委員会が実施する。

附則（令和4年8月29日 委員会議決）本細則は、令和4年8月30日から施行する。

原子力土木委員会
技術文書の審議に関する要領

制定 2023 年 X 月 X 日

原子力土木委員会の作成する成果報告書のうち、規格・指針及び技術資料は、「**成果報告書の作成等と標準化に関わる運営内規(以降、内規と呼ぶ)**」に従い、審議プロセスの公平、公正、公開の原則の下で作成、公表することとしている。内規では、規格・指針及び技術資料は第 4 条にて以下のように定義している。

- ・規格は、性能規定化された要求事項及び同要求事項を達成するうえでの解説等を含む技術文書とする。
- ・指針は、性能規定化された要求事項を達成するうえでの解説とそれに必要な技術などを詳細に示した資料などを含む技術文書とする。
- ・技術資料は、対象とする技術的課題に関する技術の現状、それに対する新たな考え方と検討事例等を体系的にとりまとめた技術文書とする。

成果報告書の分類に応じた審議は「**技術文書審議タスクの設置・運営に関する細則**」に従い実施することとしている。その中で、規格・指針は基本方針、中間報告、最終報告の 3 段階、技術資料は基本方針、最終報告の 2 段階で審議を実施することを示している。

各段階での審議の要領を以下に示す。ただし、前述の内規施行以前に設置された小委員会の技術文書に対しては試行的に対応を実施し、適宜、前述の細則、本要領を改善を行う。

1) 基本方針段階

この段階では、当該技術の必要性和関連技術の成熟度に着目し、それぞれ 5 段階で評価を行う。その理由と合わせ、基本方針に関する意見を集約し、議事録と合わせて、委員会に報告する。その手順は以下に示すとおりである。

- ① タスク開催時に所定の意見記入表を参考に、当該技術の必要性和関連技術の成熟度についての評価と基本方針に関する講評を集約し、議事録としてまとめる。
- ② タスクメンバーは、所定の意見記入表に当該技術の必要性和関連技術の成熟度の評価とその理由、および基本方針に関する意見をタスク開催後 1 週間以内で主査、副査に提出する。
- ③ 副査は、議事録をタスクメンバーから確認を得た後、タスクメンバーの評価と意見をあわせて、委員長、幹事長に報告する。
- ④ 委員長は技術文書審議タスクの評価と意見を委員会で報告し、委員の評価結果と合わせて小委員会に報告する。
- ⑤ 小委員会は、技術文書審議タスク、委員会の評価、意見を踏まえ、基本方針を適切に見直し、活動を行う。見直した内容については、適宜、委員会に活動報告と合わせて報告する。

議事録作成は、タスクメンバーのうち、小委員会から参加のオブザーバーが実施する。

2) 中間報告段階

この段階では、中核をなす技術の信頼性と技術文書の構成に着目し、それぞれ5段階で評価を行う。その理由と合わせ、基本方針に関する意見を集約し、議事録と合わせて、委員会に報告する。その手順は以下に示すとおりである。

- ① タスク開催時に所定の意見記入表を参考に、中核をなす技術の信頼性と技術文書の構成、および対象技術文書の構成に関する講評を集約し、議事録としてまとめる。
- ② タスクメンバーは、所定の意見記入表に当該技術の必要性と関連技術の成熟度の評価とその理由、および基本方針に関する意見をタスク開催後1週間以内で主査、副査に提出する。
- ③ 副査は、議事録をタスクメンバーから確認を得た後、タスクメンバーの評価と意見をあわせて、委員長、幹事長に報告する。
- ④ 委員長は技術文書審議タスクの評価と意見を委員会で報告し、委員の評価結果と合わせて小委員会に報告する。
- ⑤ 小委員会は、技術文書審議タスク、委員会の評価、意見を踏まえ、基本方針を適切に見直し、活動を行う。見直した内容については、適宜、委員会に活動報告と合わせて報告する。

議事録作成は、タスクメンバーのうち、小委員会から参加のオブザーバーが実施する。

3) 最終報告段階

この段階では、対象となる技術文書の有用性、信頼性、完成度に着目し、それぞれ4段階で評価を行う。それらを踏まえ、技術文書としての妥当性の評価を実施する。その評価結果と技術文書に関する意見を集約し、議事録と合わせて、委員会に報告する。その手順は以下に示すとおりである。有用性、信頼性、完成度については4)評価に関する資料を参考にし、評価を実施する。

- ① 事前(タスク開催日の一月程度前)に審議対象の技術文書および評価記入表をタスクメンバーに送付し、評価および意見を、タスク開催日までに主査、副査に提出する。
- ② タスクにて、主査は、タスクメンバーから評価記入表を踏まえた評価の報告を行ったのち、最終評価について審議を行い、総合的な判定を実施する。判定結果と講評は議事録としてまとめる。
判定について：評価結果が5、4または3の場合には妥当であると判断し、2の場合には条件付きで妥当であると判断する。
- ③ 副査は、議事録をタスクメンバーから確認を得た後、タスクメンバーの評価と意見をあわせて、委員長、幹事長に報告する。

- ④ 委員長は技術文書審議タスクの評価と意見を委員会で報告し、タスクの評価が「5 技術文書としての発行する段階に至っていない」を除き、委員会委員の評価結果と合わせて、委員会にて最終評価の決定を実施する。
- ⑤ 幹事長は評価結果を小委員会に報告し、小委員会は必要に応じて適切な修正対応を実施する。
- ⑥ 修正された技術文書を技術文書審議タスクメンバーに送付し、各位タスクメンバーは1週間程度で修正事項の確認を報告する。必要に応じて評価記入表に追記し、再度修正を求めてもよい。
- ⑦ 技術文書審議タスクの主査は、タスクメンバーが修正事項を確認した旨、委員長、幹事長に報告する。

4) 評価に関する資料

有用性: 内容が対象とする事項に対して、実用上の必要な情報が含まれており、学術上、工学上の価値があること。以下に示すような事項に該当する場合は有用性があると評価されます。

- a) 研究・技術の成果の応用性、有用性、発展性が大きい。
- b) 研究・技術の成果は有用な情報を与えている。
- c) 当該分野での研究・技術のすぐれた体系化をはかり、将来の展望を与えている。
- d) 研究・技術の成果は実務にとり入れられる価値を持っている。
- e) 今後の実験、調査、計画、設計、工事等に取り入れる価値がある。
- f) 実験、実測のデータで研究、工事等の参考として寄与する。
- g) 新しい数表、図表で応用に便利である。
- h) その他

信頼性: 内容に重大な誤りがなく、信用のおけるものであること。次のような点について留意して客観的に評価して下さい。

- a) 重要な文献が落ちなく引用され、公平に評価されているか。
- b) 従来からの技術や研究成果との比較や評価がなされ、適正な結論が導かれているか。
- c) 実験や解析、あるいは計画や設計などの条件が明確に記述されているか。
- d) その他

完成度: 内容は必要な情報が網羅され、簡潔、明瞭、かつ、平易に記述されていること。次のような点について留意して評価して下さい。

- a) 全体の構成が、関連資料との関係も含めて適切である。
- b) 目的とする適用範囲が明確である。
- c) 既往の研究・技術との関連性は明確である。
- d) 文章表現は適切である。
- e) 図・表はわかりやすく作られている。
- f) 全体的に冗長になっていないか。
- g) 図・表等の数が適切である。
- h) その他

資料22-3-5(5)
 タスク資料1-4

氏名					期日			
評価	項目	評価点	水準					
	必要性		5. かなり高い必要性がある.	4. 必要性が高い.	3. 必要性はある.	2. あまり必要性がない.	1. 必要性がない.	
		講評						
	関連技術の成熟度		5. 十分に成熟している.	4. 成熟度が高い.	3. 成熟している.	2. 成熟度が十分とはいえない.	1. 成熟しているとはいえない.	
		講評						
	技術の信頼性		4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-	
		講評						
	技術文書の構成		4. 適切である.	3. やや適切である.	2. さほど適切でない.	1. 適切でない.	-	
講評								
意見など								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

* 意見等, 適宜追加してください.

資料22-3-5(6)
 タスク資料1-5


氏名				期日			
技術文書としての 妥当性		評価点	水準				
		5. 妥当である.	4. 軽微な修正はあるものの妥当性である.	3. 適切な修正は必要であるものの妥当である.	2. 修正事項に対する適切な対応が行われていることを確認することが必要である.	1. 技術文書としての発行する段階に至っていない.	
評価	項目	評価点	水準				
	有用性		4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-
		意見					
	信頼性		4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-
		意見					
	完成度		4. ある.	3. ややある.	2. さほどなし.	1. ない.	-
意見							

意見など

番号	意見分類	意見など
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

意見分類：A)修正が必要である。B)修正が望ましい。C)記号，図表，単位系の誤りなど修正が必要である。D)その他

* 意見等，適宜追加してください。



資料22-3-5(7)
タスク資料1-6

「基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会」 技術文書審議タスク報告

原子力土木委員会

2023年1月27日

地盤安定性_審議タスクメンバー

	委員会	タスク	主担当	氏名	所属/役職
1	顧問	主査	液状化	風間 基樹	東北大学/教授
2	委員	副査	断層変位	糸井 達哉	東京大学/教授
3	顧問		断層変位	香川 敬生	鳥取大学/教授
4	顧問		液状化	仙頭 紀明	日本大学/教授
5	顧問		断層変位	竿本 英貴	産総研/主任研究員
6	顧問		液状化	大矢 陽介	港湾技研/上席研究官
7	顧問		原子力土木	西 好一	電中研/名誉特別顧問

第1回技術文書審議タスクの開催 (2023/1/25水 10:00~12:20)

1. 技術文書審議タスクメンバーの紹介
2. 審議の位置づけ（内規, 細則他）, 実施要領の説明
3. 技術文書の背景, 目的, 基本方針, 技術文書の校正に関する説明と質疑
4. 技術文書の審議（⇒ 会議後2週間程度で実施）
5. 今後のスケジュール
6. その他

資料

- 1-1 成果報告書の作成等と標準化に関わる運営内規
- 1-2 技術文書審議タスク細則
- 1-3 技術文書の審議に関する要領
- 1-4 基本方針段階の意見記入表_2023
- 1-5 最終段階の意見記入表
- 1-6 「基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会」全体概要
- 1-7 技術資料第1部_断層変位
- 1-8 技術資料第2部_目次案_内容

審議タスクのスケジュール

- ◆ 第1回：2023年1月25日 報告書作成方針の承認
- ◆ 第2回：2024年1月頃 報告書ドラフトの提出の1か月後を想定
- ◆ 第3回：2024年3月頃 報告書の承認

土木学会 原子力土木委員会 「基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会」 全体概要

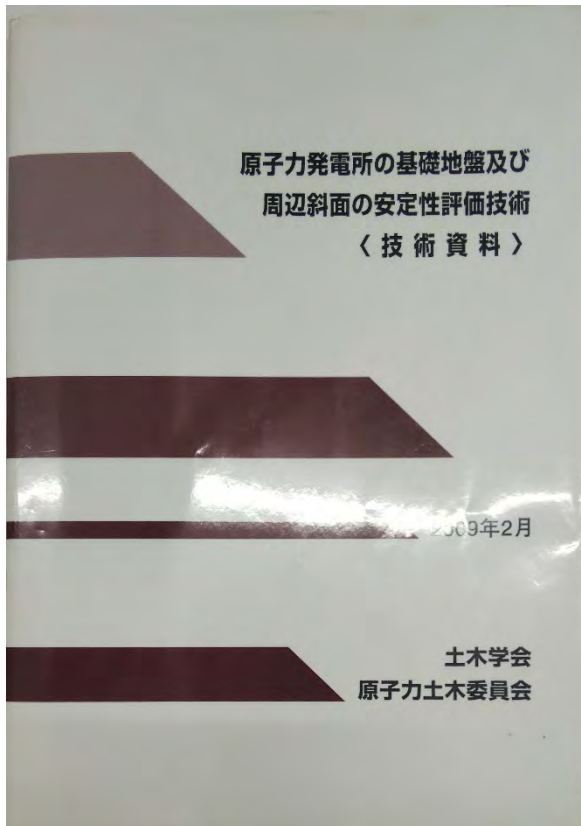
第1回技術文書審議タスク

2023年1月25日

地盤に関する研究の進展

年度	実施概要	委員会
2009	原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料集>刊行, シンポジウム開催	地盤安定性評価部会
2010	強震時の原子力発電所基礎地盤および周辺斜面の地盤安定性評価手法の体系化に関する研究 (会議: 7回, 見学会3回)	
2011		
2012		
2013/6/7	公開シンポジウム「地盤・斜面の変形量評価」	地盤安定性評価 小委員会
2013	地盤: 小委員会: 3回, WG: 計13回, 見学会: 1回	
2014	断層変位: 小委員会6回, 公開講演会6回	断層変位評価 小委員会
2015/3/8	公開シンポジウム: 原子力発電所周辺斜面の安定性評価の高度-地震作用の増大にそなえて-	地盤安定解 析高度化 小委員会
2015/7/3	断層変位評価に関するシンポジウム: 委員会報告と論文発表 (14件)	
2015	小委員会: 7回, WG計28回, 見学会: 1回, 現地調査2回. 国際シンポジウム (SMiRT24) での特別セッションの実施	
2016		
2017	公開シンポジウム: 地盤・斜面の安定解析技術の高度化を目指して	地盤安定 性評価 小委員会
2018/7/20		
2018	小委員会: 9回, WG計9回, 土木学会全国大会での研究討論会 (2019/9/3), オンライン公開講演会 (2020/7/28)	地盤安定 性評価 小委員会
2019		
2020		
2021/7/27	<技術資料> 刊行, 講習会	

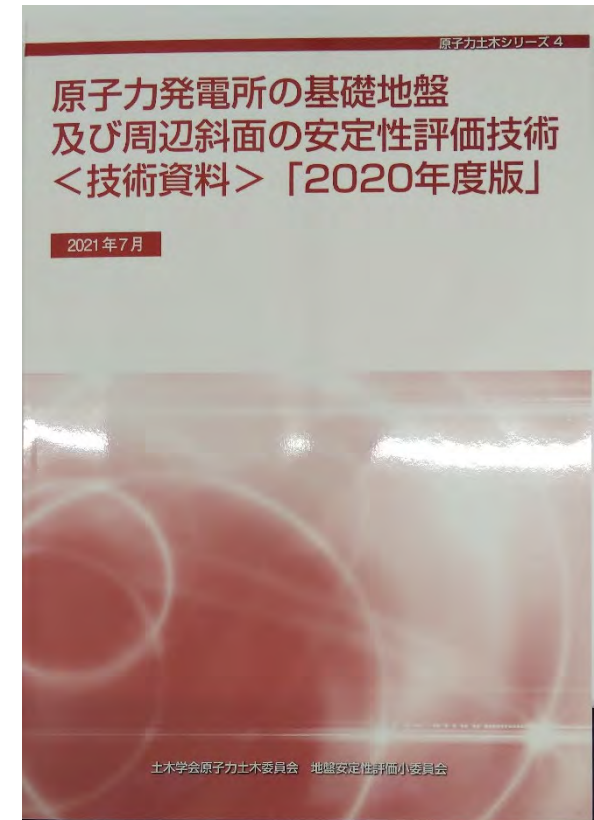
技術資料，委員会報告



技術資料（2009）



委員会報告（2018）
原子力土木シリーズ



技術資料（2021）
原子力土木シリーズ

設立趣意

1. 委員会の名称：

基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会

2. 目的：

原子力土木委員会の地盤に関連した部会及び小委員会では、2009年に「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術」として技術資料を刊行している。それ以降も原子力発電所基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価手法の高度化および体系化を図ることを目的として、地盤安定性評価部会（2010～2012）、地盤安定性評価小委員会（2013～2014）、断層変位評価小委員会（2013～2015）地盤安定解析高度化小委員会（2015～2017）として活動を継続し、地盤安定性評価小委員会（2018～2020）で2021年に技術資料を刊行した。その中で、断層変位評価技術については、実サイトへの適用に関して、解析モデルの設定、不確実さの考慮、地震動の影響の考慮など課題が残されている。本フェーズでは、これらの課題を解決し、断層変位による基礎地盤の変形評価手法を構築することを目的とする。また、断層変位以外による地震時の基礎地盤の変形評価についても専門家による検討を行う。

3. 活動期間：

➤ 2021年度～2023年度

設立趣意（続き）

4. 活動方法：

- ワーキンググループ（WG）における議論・審議（断層変位，液状化）
- 小委員会におけるWG報告，技術紹介に基づく議論・審議

5. 検討項目：

- 地震動による基礎地盤の変形評価
- 断層変位（地殻変動）による基礎地盤の変形評価技術の体系化
 - 数値解析，地表地震断層データ，不確かさの考慮，地震動との重畳効果
- 地殻変動・地震動による基礎地盤変形の統一的な評価法
 - 傾斜，建屋間の相対変位（地殻変動と地震動に起因）
- 液状化の影響評価 ※2022年度から追加された項目

6. 成果

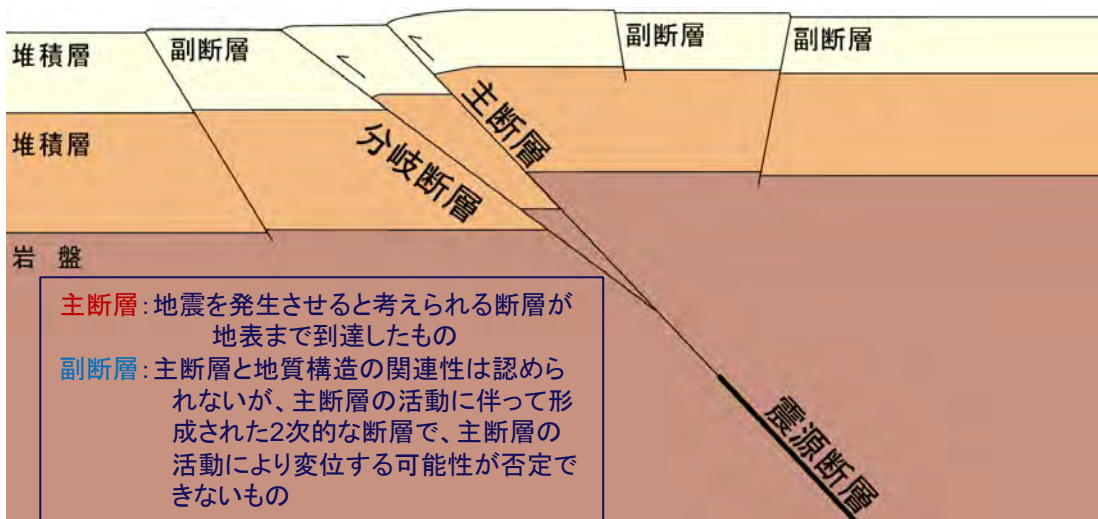
- 委員会報告（技術資料）を作成する。
- 技術資料の発刊後，小委員会および関連研究の成果報告のシンポジウムを実施する

小委員会名簿

役職	氏名	勤務先名称
委員長	谷 和夫	東京海洋大学
委員	今林 達雄	九州電力株式会社
委員	大鳥 靖樹	東京都市大学
委員	岡田 哲実	一般財団法人電力中央研究所
委員	小野 祐輔	鳥取大学
委員	金戸 俊道	東京電力ホールディングス株式会社
委員	河井 正	東北工業大学
委員	岸田 潔	京都大学大学院
委員	古関 潤一	東京大学大学院
委員	篠田 昌弘	防衛大学校
委員	高尾 誠	原子力エネルギー協議会
委員	壇 一男	熊本大学
委員	中村 晋	日本大学
委員兼幹事	橋 和正	中部電力株式会社
委員	久田 嘉章	工学院大学
委員	堀 宗朗	海洋研究開発機構
委員	松島 亘志	筑波大学
委員	三橋 祐太	株式会社構造計画研究所
委員	山田 正太郎	東北大学
委員	吉見 雅行	産業技術総合研究所
委員	若井 明彦	群馬大学

幹事長	澤田 昌孝	一般財団法人電力中央研究所
幹事	石丸 真	一般財団法人電力中央研究所
幹事	泉 信人	北海道電力株式会社
幹事	伊藤 耀	九州電力株式会社
幹事	伊藤 陽祐	日本原子力発電株式会社
幹事	及川 兼司	東京電力ホールディングス株式会社
幹事	家島 大輔	中国電力株式会社
幹事	加藤 一紀	株式会社大林組
幹事	工藤 直洋	日本原燃株式会社
幹事	小早川 博亮	一般財団法人電力中央研究所
幹事	小林 孝彰	鹿島建設株式会社
幹事	坂本 奈々美	一般財団法人電力中央研究所
幹事	沢津橋 雅裕	一般財団法人電力中央研究所
幹事	下口 裕一郎	四国電力株式会社
幹事	徳永 仁志	九州電力株式会社
幹事	中村 武史	一般財団法人電力中央研究所
幹事	中村 洋一	電源開発株式会社
幹事	西本 真也	北陸電力株式会社
幹事	橋本 澄明	東北電力株式会社
幹事	羽場 一基	大成建設株式会社
幹事	兵頭 順一	東電設計株式会社
幹事	山口 和英	一般財団法人電力中央研究所
幹事	吉田 泰基	一般財団法人電力中央研究所
常時参加者	礮谷 泰市	関西電力株式会社
常時参加者	小川 健太郎	東京電力ホールディングス株式会社
常時参加者	菊地 裕	東北電力株式会社
常時参加者	佐々 和樹	電源開発株式会社
常時参加者	中村 秀樹	中部電力株式会社

断層変位による基礎地盤の変形評価技術の体系化



- 数値解析に基づく評価技術を中心に議論
- その他の評価技術についても取り上げる

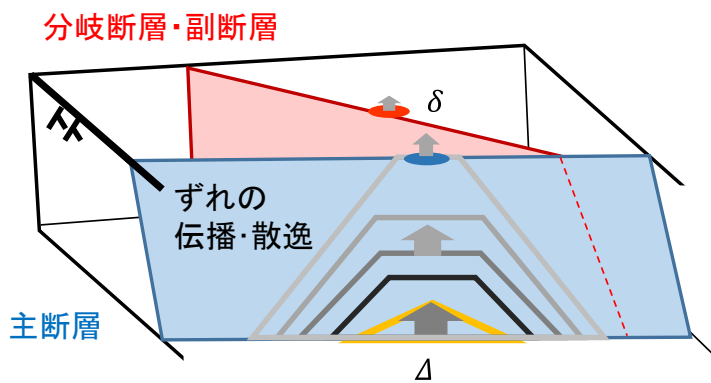
検討項目①：解析モデルの作成

- モデルに含める断層
- 地下での入力ずれ変位
- 岩盤物性 など

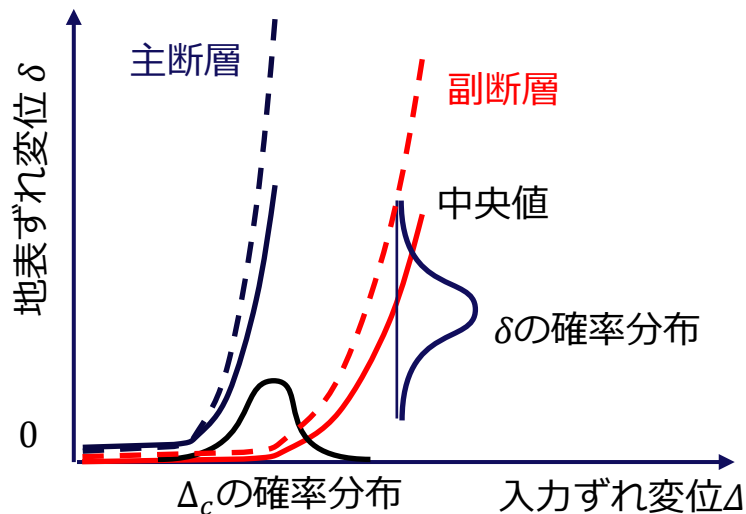
検討項目②：不確かさの考慮

- 入力条件の設定

検討項目③：地震動との重畳の効果



Δ : 入力ずれ変位量 δ : 地表面の断層変位量



基礎地盤の変形評価

基礎地盤の安定性評価



動的解析（周波数応答解析）



基礎地盤のすべり，基礎の支持力，基礎地盤の傾斜

JEAG4601-2015

基礎底面の傾斜については，許容される傾斜を建物及び構築物に対する要求性能や重要度に応じて設定し，動的解析の結果に基づいて求められた基礎の最大不等沈下量による傾斜が許容値を超えてないことを確認する。

なお，地殻変動による変形の影響を受ける可能性がある場合については，その変形についても適切に考慮する。

➡ 基礎地盤の変形評価について，課題を解決して評価手法を構築する

- ・ 解析手法（現行：等価線形解析，新技術：時刻歴非線形解析）
- ・ 変形評価（傾斜，建屋間の相対変位）
- ・ 地殻変動と地震動に起因する変形の重ね合わせ

活動実績・今後のスケジュール

◆ 2021年度

➤ 第1回：10月5日（火） 9:00～12:00 オンライン

■ 小委員会の活動について

■ 話題提供：

□ 高性能計算による断層変位評価（澤田幹事長・電中研）

□ JEAG4601-2020における地盤安定性評価の概要（岡田委員・電中研）

➤ 第2回：12月17日（金） 13:30～17:00 オンライン

■ 小委員会の活動に関する議論

■ 話題提供：

□ 確率論的断層変位ハザード解析の現状及び今後の課題（高尾委員・ATENA）

□ 断層変位の構造物影響の評価（山口幹事・電中研）

➤ 第3回：3月17日（木） 13:30～17:00 オンライン

■ WG立ち上げについて

■ 話題提供

□ 地表地震断層ごく近傍の永久変位・強震動を計算する理論手法（久田委員・工学院大）

□ 動学的破壊シミュレーションによる副断層の破壊挙動評価（三橋委員・構造計画）

活動実績・今後のスケジュール（続き）

◆ 2022年度

➤ 第4回：7月4日（月） 13:30～17:00 オンライン

- WG活動報告等
- 話題提供

- 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉 原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性について（及川幹事・東京電力）
- 水～土連成解析による液状化・再液状化現象のシミュレーションと地盤の速度依存性を考慮した変状地層の形成過程の推定（山田委員・東北大）
- 地震時の岩盤すべりのシミュレーション（若井委員・群馬大）

➤ 第5回：11月16日（水） 13:30～17:00 主婦会館プラザエフ+オンライン

- WG活動報告, クライテリア検討（他の構造物の調査）, 技術文書審議タスク発足
- 話題提供

- 断層変位PRAの概要と原子力発電所施設への断層変位の影響について（外部講師：原口龍将氏・三菱重工）
- 基礎地盤の地震時変形評価を対象とした時刻歴非線形解析の取り組み（石丸幹事・電中研）

➤ 第6回（予定）：3月27日（月） 13:30～17:00 土木学会A会議室+オンライン

活動実績・今後のスケジュール（続き）

- ◆ 2023年度
 - 第7回：6月, 第9回：9月, 第9回：12月
- ◆ シンポジウム（2023年度中 or 2024年度前半）

- ◆ 断層の数値解析WG 3～4回／年 ※2022年度より開始
- ◆ 液状化の影響評価WG 3～4回／年 ※2022年度より開始
- ◆ 幹事会

報告書（第1部）目次案

1. はじめに

1.1 背景・目的

1.2 地震時に想定される基礎地盤の変形

(1) 地震動起因

(2) 地殻変動・断層変位起因

1.3 現行の原子力基礎地盤の安定性評価

(1) 等価線形解析とすべり安全率評価

(2) 静的非線形解析

(3) 地殻変動の評価

1.4 断層変位評価手法

2. 地震動による基礎地盤の変形評価

2.1 基礎地盤の変形評価のための解析手法

2.2 解析事例集

3. 地殻変動・断層変位による基礎地盤の変形評価

3.1 評価の手順

3.2 地盤及び断層のモデル化

(1) 断層面の選定

(2) 物性値の設定

3.3 断層変位解析

(1) 入力ずれ変位の設定

(2) 評価基準

3.4 解析事例集

(1) 連続体（広域・詳細多段階）

(2) 連続体（広域・詳細一体）

(3) 不連続体

※(a) 断層変位評価手順,
(b) シナリオの設定,
(c) 断層のモデル化,
(d) 断層物性、岩盤物性
のばらつきの影響評価,
が書ければ入れ込む

3.5 断層変位評価に関する関連技術

(1) 確率論的断層変位ハザード解析

(2) 断層変位PRA

(3) 断層変位影響評価手法

報告書（第1部）目次案

4. 地震動，地殻変動・断層変位を考慮した基礎地盤の変形評価

4.1 評価の考え方

4.2 評価の方法

(1) 基礎の傾斜

(2) 建屋間の相対変位

5. まとめ

報告書（第2部）の目次案

1. はじめに

1.1 背景

1.2 原子力サイトの液状化影響評価の現状

- 地盤調査
- 室内力学試験
- 数値解析

1.3 目的

2. 岩ずり埋立地盤の液状化影響評価

2.1 既往知見の整理

- 文献調査
- 岩ずり地盤の特徴

2.2 室内力学試験および模型振動実験の事例

2.3 数値解析の事例

3. 天然の固結砂地盤の液状化影響評価

3.1 既往知見の整理

- 文献調査
- 天然の固結砂と地盤改良による固結砂の特徴の差異等

3.2 室内力学試験および模型振動実験の事例

3.3 数値解析の事例

4. まとめ

4.1 液状化影響評価の考え方

4.2 今後の課題

- 数値解析手法の妥当性確認の方法 など

現行の評価手法の方針

「耐震重要施設」※¹及び「常設重大事故等対処施設」※²の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について、「耐震重要施設」の基礎地盤については設置許可基準規則※³3条、周辺斜面については4条、「常設重大事故等対処施設」の基礎地盤については38条、周辺斜面については39条に適合していることを審査ガイドに準拠し確認する。

※¹ 耐震重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物

※² 常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）

※³ 「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（解釈含む）」

基礎地盤

1. 将来活動する可能性のある断層等の有無

原子炉建屋等が設置される地盤に、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認する。

2. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

以下の事項を確認することにより、地震力に対して施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。

基礎地盤のすべり、基礎の支持力、基礎底面の傾斜

3. 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価

地震発生に伴う周辺地盤の変状による建物・構築物の不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等により、当該施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。

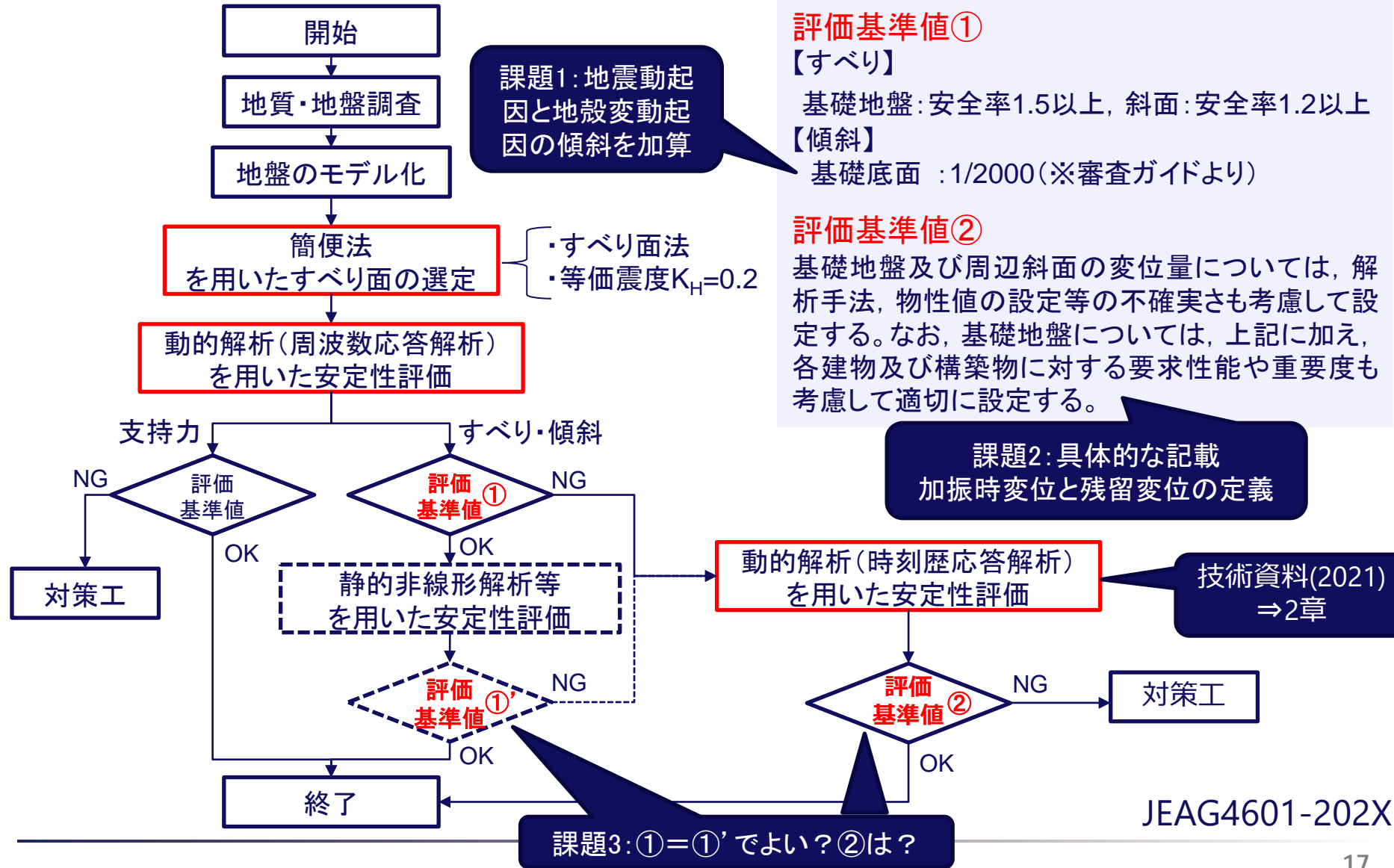
4. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓みにより、施設が重大な影響を受けないことを確認する。

周辺斜面

地震力に対して周辺斜面が崩壊し、施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。

地震力に対する安定性評価の流れ



評価基準値①

【すべり】

基礎地盤:安全率1.5以上, 斜面:安全率1.2以上

【傾斜】

基礎底面 : 1/2000(※審査ガイドより)

評価基準値②

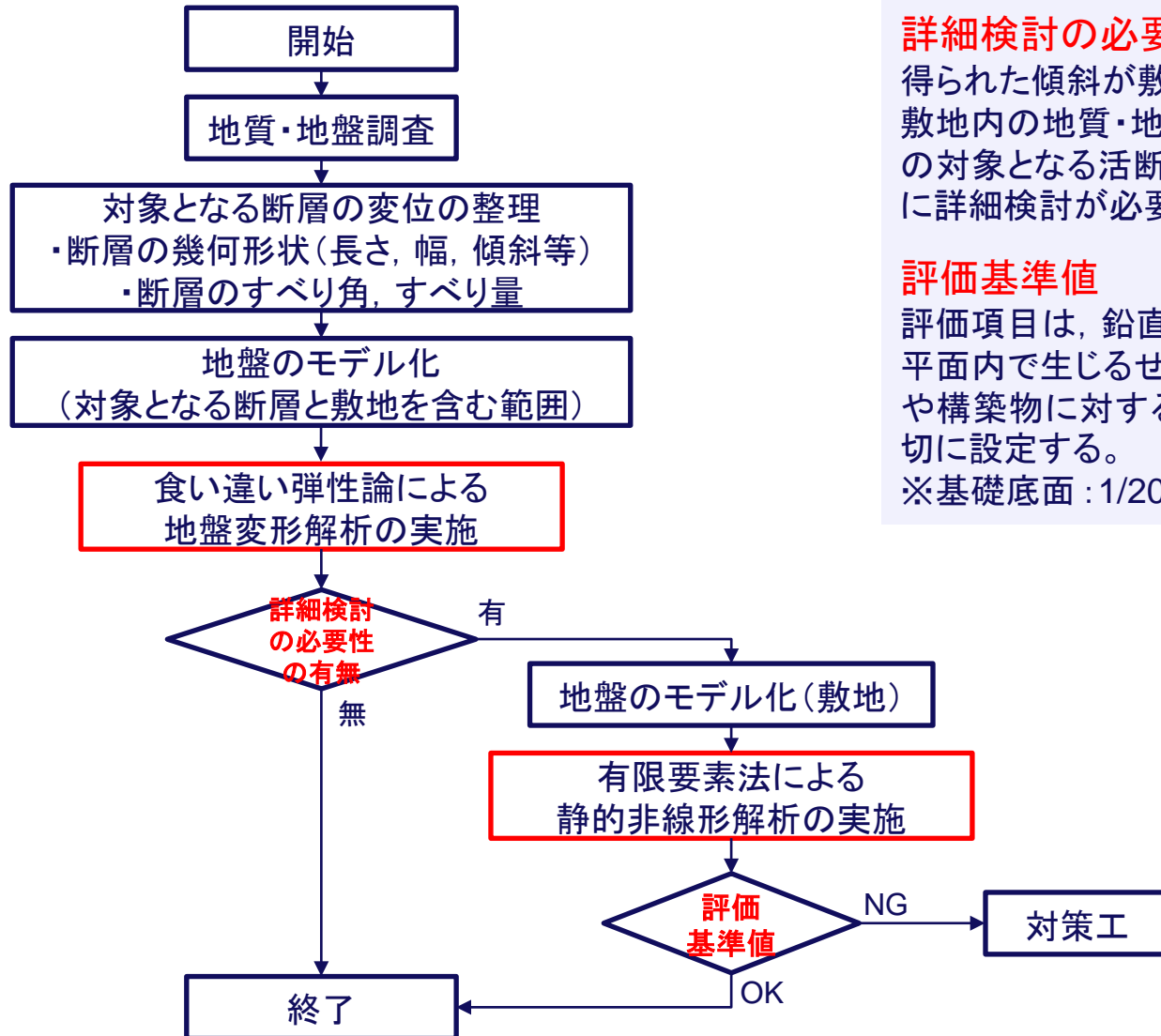
基礎地盤及び周辺斜面の変位量については、解析手法、物性値の設定等の不確かさも考慮して設定する。なお、基礎地盤については、上記に加え、各建物及び構築物に対する要求性能や重要度も考慮して適切に設定する。

課題2: 具体的な記載
加振時変位と残留変位の定義

技術資料(2021)
=>2章

課題3: ①=①' でよい? ②は?

地殻変動に対する安定性評価の流れ



詳細検討の必要性の有無

得られた傾斜が敷地へ与える影響が大きい場合、敷地内の地質・地質構造が複雑である場合、検討の対象となる活断層が敷地のごく近傍である場合に詳細検討が必要

課題4: 定量的な記載

評価基準値

評価項目は、鉛直面内で生じる傾斜や縦ずれ、水平面内で生じるせん断変形や横ずれとし、各建物や構築物に対する要求性能や重要度に応じて適切に設定する。

※基礎底面：1/2000(※審査ガイドより)

前述の課題1

基礎地盤の変形評価のクライテリアの検討

◆ 目的：

- ▶ 基礎地盤の安定性の照査における評価の規準（クライテリア）について、現状の技術的な課題を明らかにし、その課題の解決に向けた方向性や解決の方法を調べる。

◆ 活動の内容：

- ▶ 項目1～4を小委員会で議論するために、幹事会の活動として下記の調査を実施する。

1. 現状の課題の認識について

- 安全審査において変形評価を実施した事例の調査や話題提供を通じ、課題について議論する（例：東京電力 柏崎刈羽,6・7号）

2. 照査技術の進歩の認識について

- 照査技術の事例として、NRRCセンター共研等で検討された事例の調査や話題提供、実績についての調査を行い、内容について意見交換する。

基礎地盤の変形評価のクライテリアの検討（続き）

3. 現状の照査方法をどのレベルまで進化させるのか（どんなクライテリアにするのか）
 - 最先端の地盤の解析方法の調査や話題提供により，原子力土木の地盤の変形評価に適用するには，といった観点で，意見交換する。
（例：小委員会：山田委員，若井委員）
 - 機器や建屋の評価基準値について調査する（断層変位に関する既往の検討）
4. 提案する代替のクライテリアを導入する上での課題について
 - 他分野での評価規準の調査
 - 道路，建築，鉄道，港湾，ダム基礎，堤防
 - どのような評価規準を用いているか，またその中の評価基準値をどのように決めたか。

⇒ 検討の成果を第1部4章に記載

地盤安定性_審議タスクメンバー

	委員会	タスク	主担当	氏名	所属/役職
1	顧問	主査	液状化	風間 基樹	東北大学/教授
2	委員	副査	断層変位	糸井 達哉	東京大学/教授
3	顧問		断層変位	香川 敬生	鳥取大学/教授
4	顧問		液状化	仙頭 紀明	日本大学/教授
5	顧問		断層変位	竿本 英貴	産総研/主任研究員
6	顧問		液状化	大矢 陽介	港湾技研/上席研究官
7	顧問		原子力土木	西 好一	電中研/名誉特別顧問

審議タスクのスケジュール

- ◆ 第1回：2023年1月25日 報告書作成方針の承認
- ◆ 第2回：2023年12月頃 報告書ドラフトの提出に合わせて実施（意見照会の開始）
- ◆ 第3回：2024年3月頃 報告書の承認

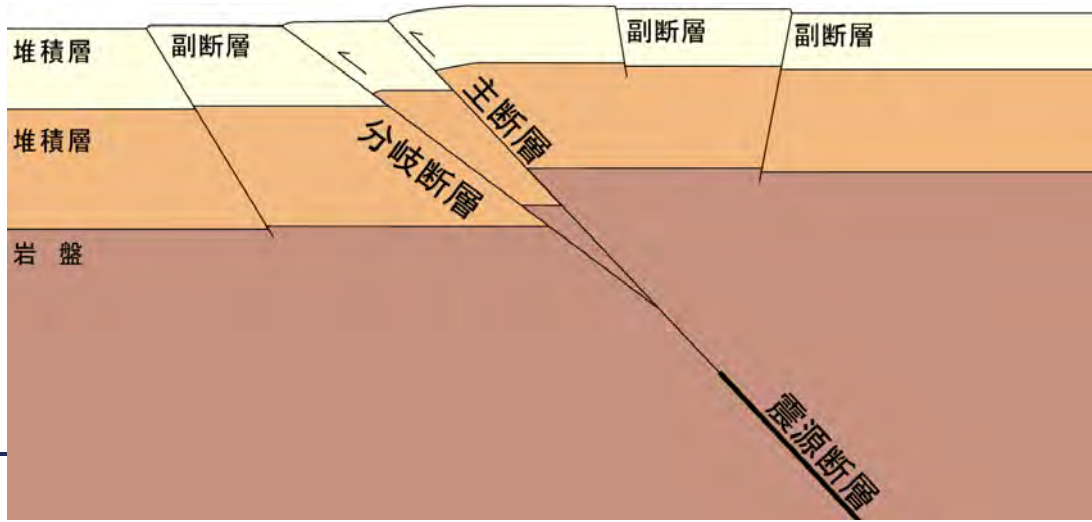
基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会 断層の数値解析WG 技術資料作成方針

第1回技術文書審議タスク

2023年1月25日

原子力施設での敷地内断層問題

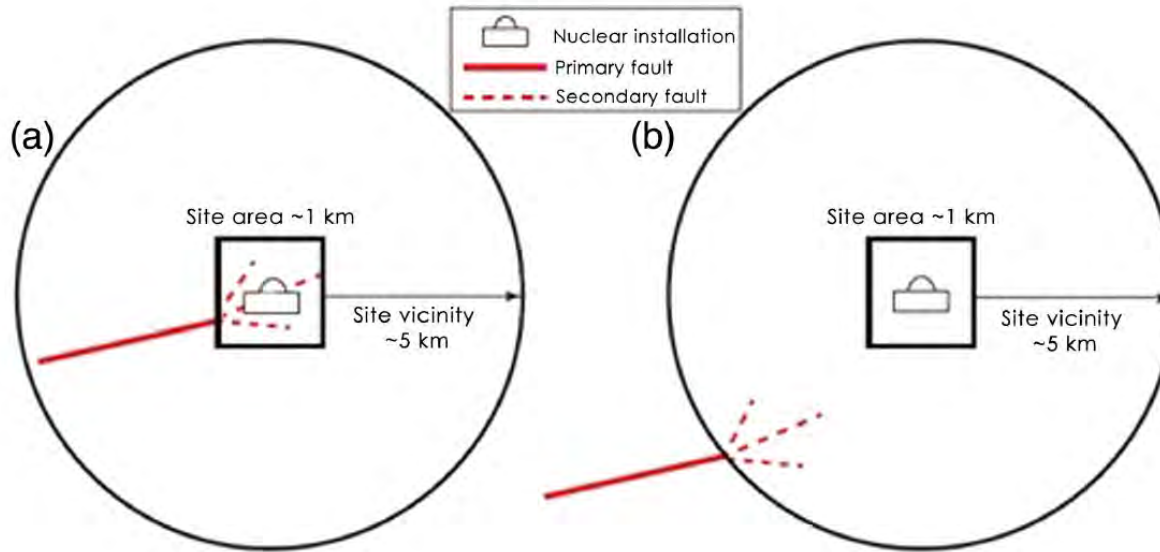
- ◆ 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない(規則^{注)}第二章第三条第3項) 注)「発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準を定める規則」
 - 「将来活動する可能性のある断層」が活動することによって地盤にずれが生じ、安全機能に重大な影響を与える恐れがあるため(同規則の解釈、別記1)
 - 規制委員会による再評価で、地点によっては敷地内断層が「将来活動する可能性が否定できない」断層とされている。
- ◆ 原子力施設の立地条件
 - 詳細な地質調査により、重要施設直下に主断層は存在しない
- ◆ 断層変位評価
 - 主断層の活動により、副断層は動くか。
 - 主断層の活動により、副断層のずれ変位はどの程度か。



主断層: 地震を発生させると考えられる断層が地表まで到達したもの
副断層: 主断層と地質構造の関連性は認められないが、主断層の活動に伴って形成された2次的な断層で、主断層の活動により変位する可能性が否定できないもの

IAEA Safety Guide

Valentini et al. BSSA 2021



- (a) The primary fault rupture is in the site vicinity (5 km radius), and secondary fault ruptures are within the site area (1 km²). This is an exclusionary criterion, per Table 1, if the primary and secondary fault rupture effects cannot be compensated for by proven design or engineering measures.
- (b) The primary fault rupture is outside the site vicinity, whereas the secondary fault ruptures are within the site vicinity but outside the site area; this is a discretionary criterion, per Table 1. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

Site selection for a new site according to IAEA safety guide DS507 (IAEA, 2021a)

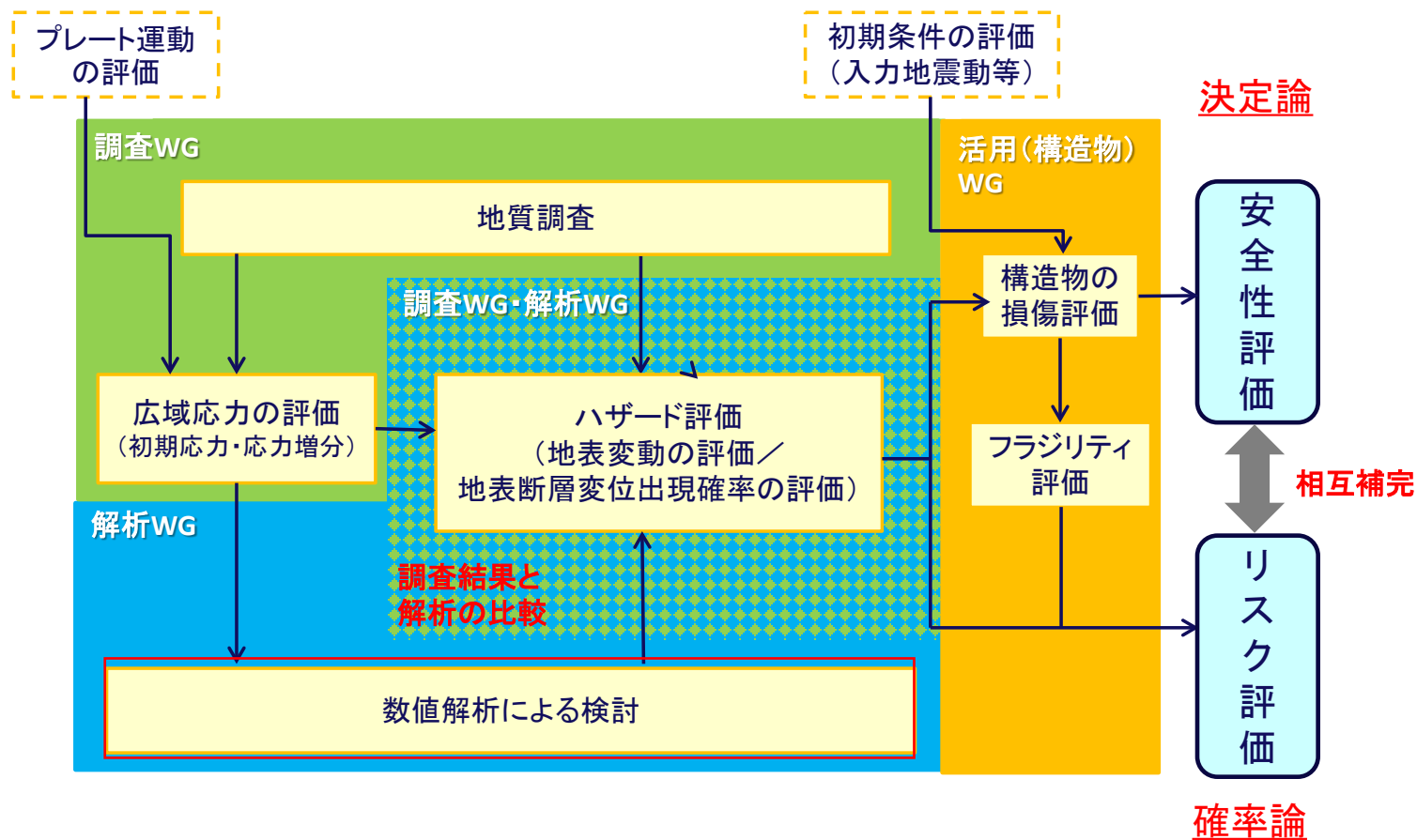
TABLE 1
Summary of IAEA Safety Requirements and Recommendations for the Three Different Cases According to SSG-9 and DS507 (IAEA, 2010, 2021a)

Location of Capable Fault	Case 1 (Within Site Area)	Case 2 (Within Site Vicinity)	Case 3 (Outside of Site Vicinity)
New site	Exclusionary	Exclusionary if identified as primary	Discretionary as a candidate site
Existing site	PFDHA is recommended*	PFDHA is recommended*	Continued operation

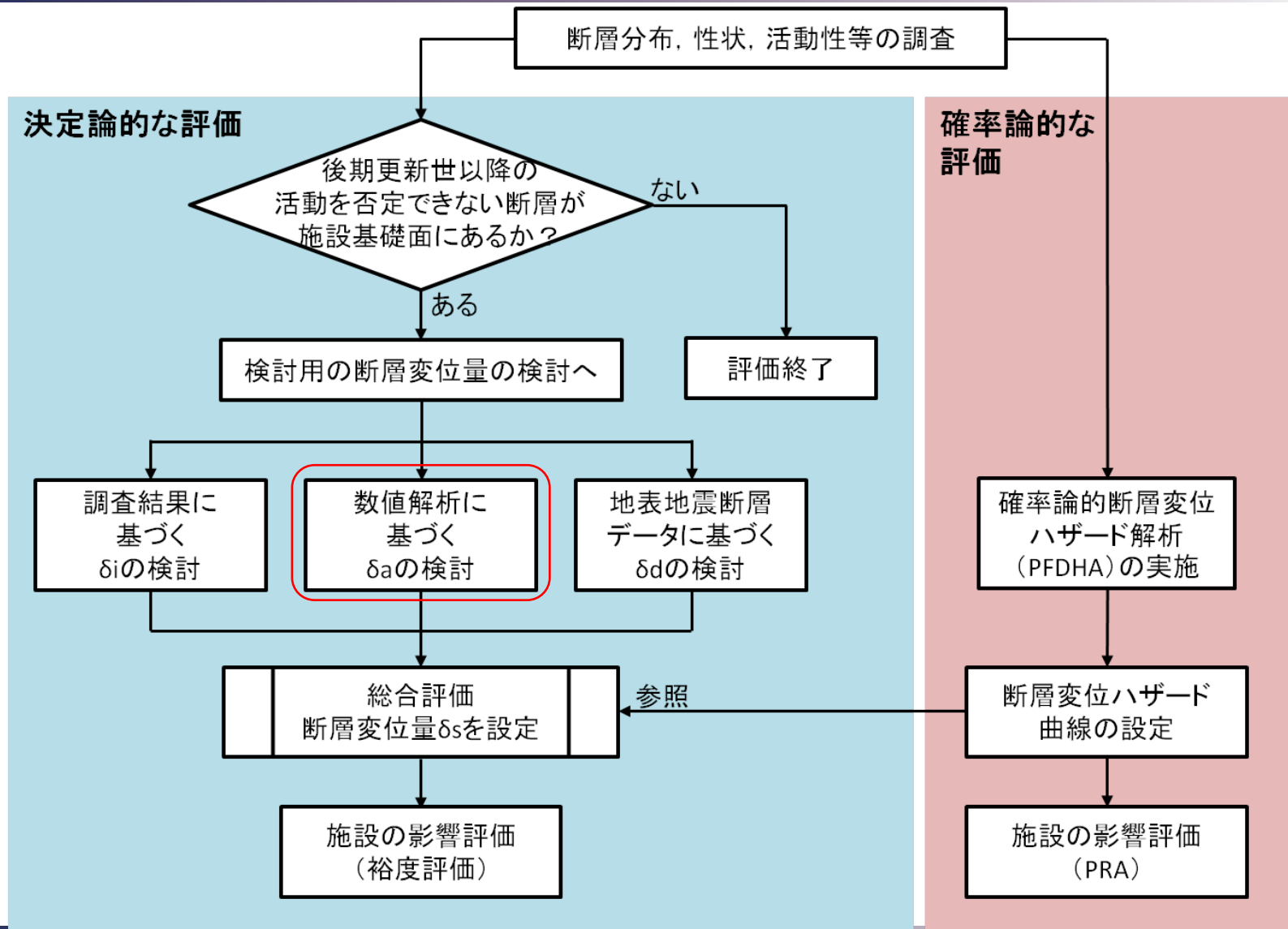
IAEA, International Atomic Energy Agency; PFDHA, Probabilistic Fault Displacement Hazard Assessment.
 *If the identified fault has a potential to affect the foundations of items important to safety of nuclear installations.

土木学会・原子力土木委員会 断層変位評価小委員会(2013～2015)

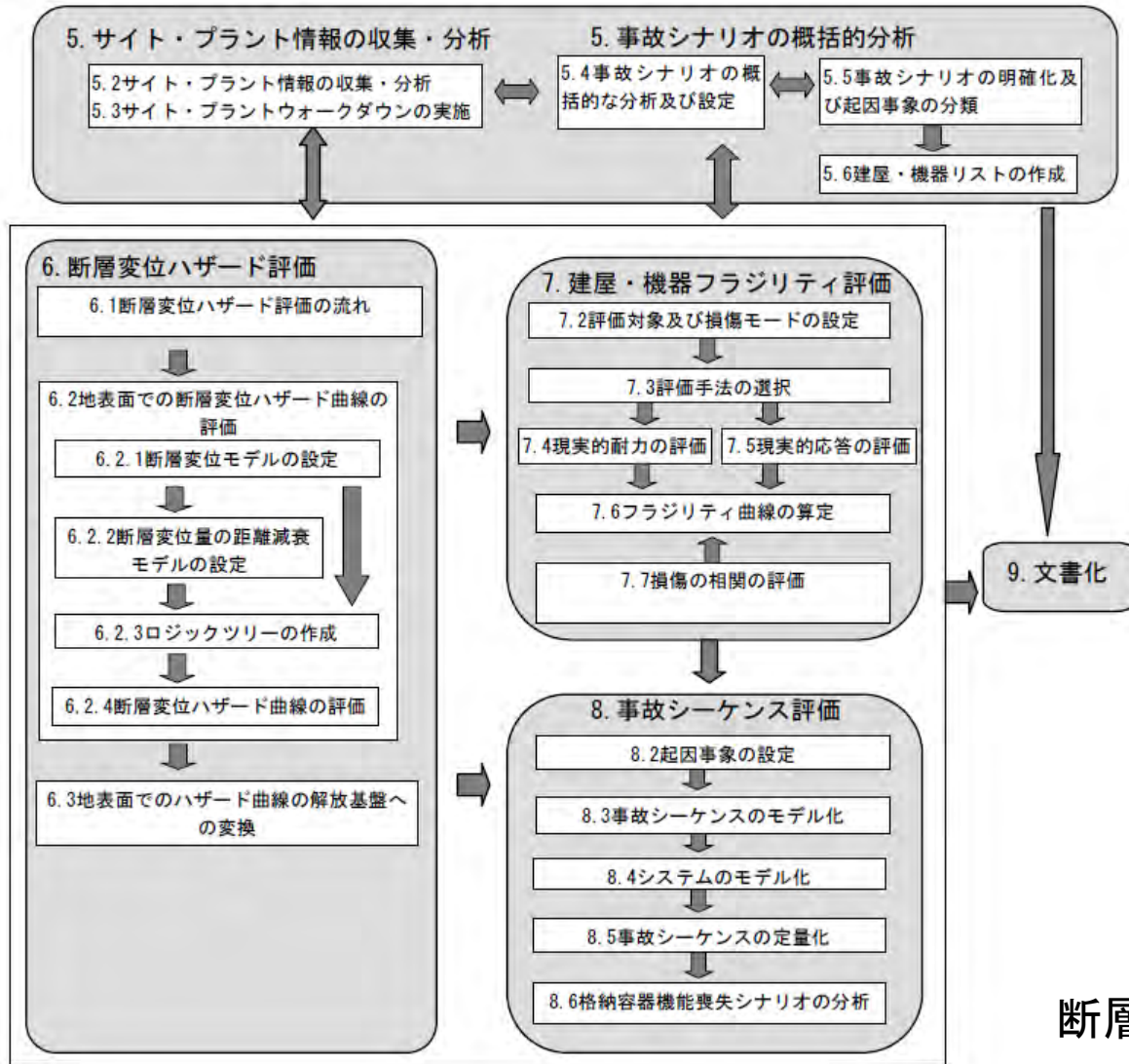
断層変位評価フロー



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(2014～2017)



断層変位PRA基準（日本原子力学会，2022）



断層変位PRAの評価手順

断層の数値解析WG

◆ WGの目的

- 断層変位評価について、実サイトへの適用に関して、解析モデルの設定法、不確かさの考慮、地震動の影響の考慮などの課題の解決法を示し、数値解析による断層変位評価の手順を示す。また、断層変位・地殻変動と地震動の重畳に関する知見を得る。

断層の数値解析WG 活動の内容

以下の項目についてWG内で活動・議論する。

1. 断層変位評価に関係する数値解析技術の調査
 - 断層および地盤の破壊に関する最先端の数値解析方法の調査や話題提供により、断層変位による地盤の変形評価への適用方法やその課題について議論し、整理する。
2. 数値解析による断層変位評価の体系化
 - 断層変位評価の数値解析事例の調査
 - WGメンバーが過去に実施した断層変位評価の数値解析に用いられた解析モデルをベースに、体系化の観点から必要になる追加解析を実施し、断層変位評価の手順の構築を行う。
 - 解析モデルのベースになる数値解析手法および追加解析に用いる数値解析手法については、解析コードの特性を把握するための比較的単純な問題を用いてベンチマーク解析を行う。
3. 断層変位・地殻変動と地震動の重畳に関する知見
 - 本WGで実施する、あるいはWGメンバーがこれまでに実施した動的数値解析に基づき、地殻変動・断層変位と地震動の重畳に関する知見を得て、地盤変形評価における重ね合わせの必要性や方法の検討に資する。

断層の数値解析WGメンバー(全12名)

氏名	所属	小委員会における役職
澤田 昌孝	電力中央研究所	幹事長
小野 祐輔	鳥取大学	委員
高尾 誠	原子力エネルギー協議会	委員
久田 嘉章	工学院大学	委員
堀 宗朗	海洋研究開発機構	委員
松島 亘志	筑波大学	委員
三橋 祐太	構造計画研究所	委員
山田 正太郎	東北大学	委員
若井 明彦	群馬大学	委員
中村 武史	電力中央研究所	幹事
羽場 一基	大成建設	幹事
山口 和英	電力中央研究所	幹事

報告書目次(第1部, 案)

1. はじめに

1.1 背景・目的

1.2 地震時に想定される基礎地盤の変形

- (1) 地震動起因
- (2) 地殻変動・断層変位起因

1.3 現行の原子力基礎地盤の安定性評価

- (1) 等価線形解析とすべり安全率評価
- (2) 静的非線形解析
- (3) 地殻変動の評価

1.4 断層変位評価手法

2. 地震動による基礎地盤の変形評価

2.1 基礎地盤の変形評価のための解析手法

2.2 解析事例集

※WGメンバーの解析, 調査した解析, 追加解析により記載
※JEAG4601の参考資料のような使い方を

3. 地殻変動・断層変位による基礎地盤の変形評価

※WGの活動内容に基づいて記載する

3.1 評価の手順

3.2 地盤及び断層のモデル化

- (1) 断層面の選定
- (2) 物性値の設定

3.3 断層変位解析

- (1) 入力ずれ変位の設定
- (2) 評価基準

3.4 解析事例集

- (1) 連続体(広域・詳細多段階)
- (2) 連続体(広域・詳細一体)
- (3) 不連続体

※(a) 断層変位評価手順,
(b) シナリオの設定,
(c) 断層のモデル化,
(d) 断層物性、岩盤物性のばらつきの影響評価,
が書ければ入れ込む

3.5 断層変位評価に関する関連技術

- (1) 確率論的断層変位ハザード解析
- (2) 断層変位PRA
- (3) 断層変位影響評価手法

報告書目次(第1部, 案)

4. 地震動, 地殻変動・断層変位を考慮した 基礎地盤の変形評価

※本WGの活動内容から知見
を提供できると良い

4.1 評価の考え方

4.2 評価の方法

(1) 基礎の傾斜

(2) 建屋間の相対変位

5. まとめ

断層の数値解析WGの進め方

◆ 体系化・報告書

➤ 目次・記載内容の議論

- 整理した論点について、数回に分けてWGで順次議論する

➤ 報告書目次に基づき執筆担当の決定⇒執筆

◆ 数値解析の実施

➤ 報告書を執筆するにあたり、参照する解析事例がないもの

➤ 断層変位・地殻変動と地震動の重畳への貢献

◆ 報告書検討のミーティング予定

➤ 第3回(2022年12月6日) 3.1節, 3.2節

➤ 第4回(2023年2月27日) 3.3節, 4章

➤ 第5回(2023年6月ごろ) 1.4節, 3.4節, 3.5節

➤ 第6回(2023年9月ごろ) 予備(第5回までに積み残した項目, 課題, 追加検討の議論)

➤ 第7回(2023年12月ごろ) 報告書ドラフト完成

断層変位解析の例

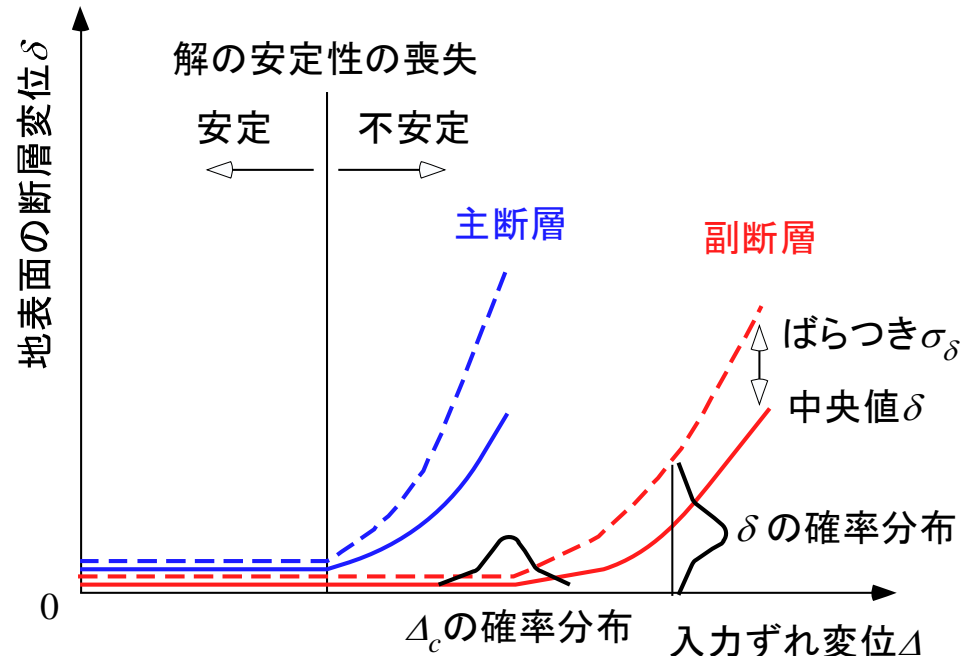
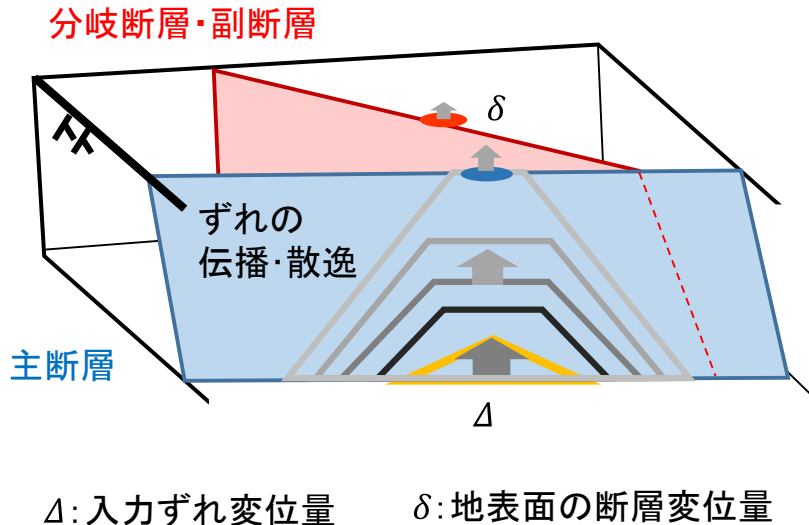
澤田幹事長, 羽場幹事, 堀委員

高性能計算による断層変位評価

高性能計算を用いた断層変位解析

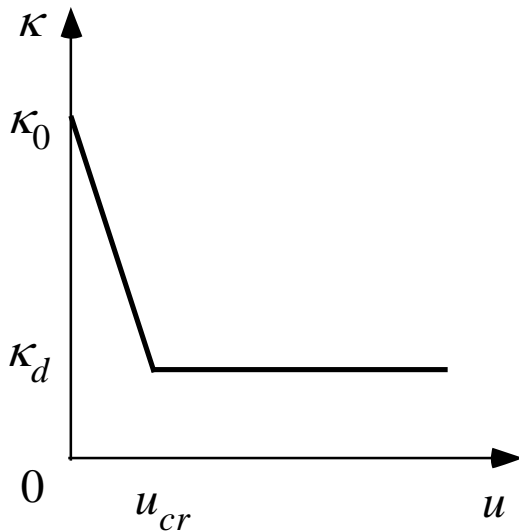
- ◆ 地下での入力ずれ変位が断層上を伝播する過程を解析する
- ◆ 破壊現象を伴う問題 ⇒ 解が不安定 ⇒ 入力条件の変化による結果の変動が大きい
- ◆ 敷地周辺を含めた三次元大規模解析 (capability computing)
- ◆ 不確実性を考慮し、ずれ変位を評価 (capacity computing)
- ◆ 評価の指標
 - 地表でずれ変位が発生する限界入力ずれ変位 Δ_c
 - 地表でのずれ変位の大きさ δ

➔ 高性能計算

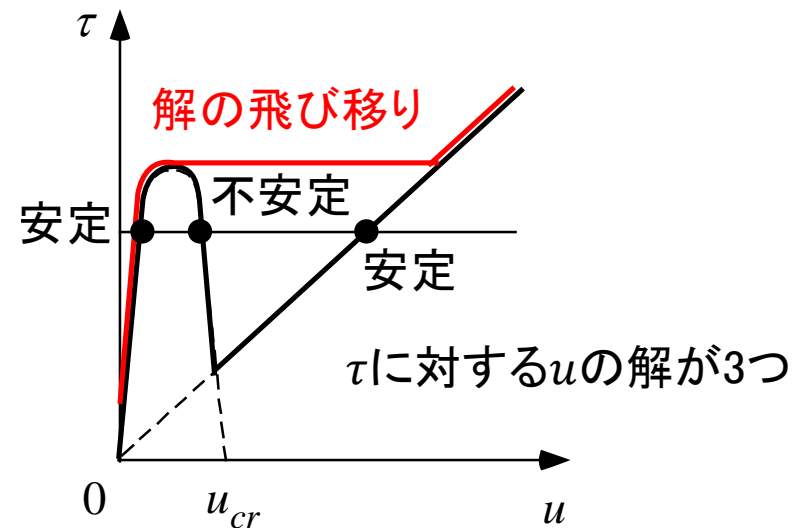
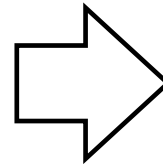


断層の構成式

断層の構成式を、ずれ—せん断応力の非線形ばねとして設定



ずれ—せん断剛性の関係



ずれ—せん断応力の関係

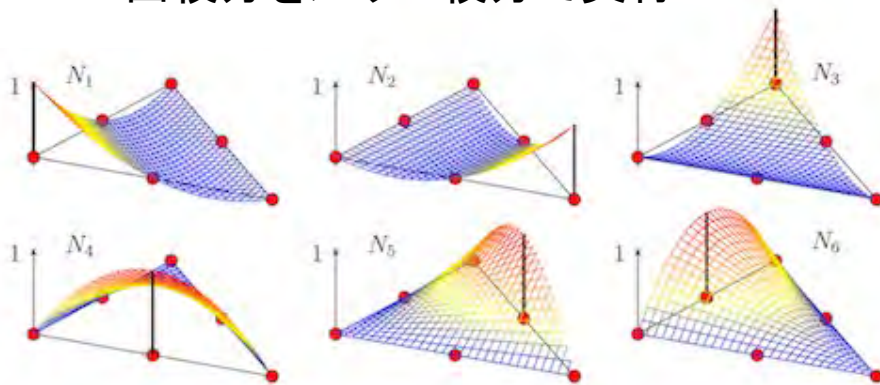
- 飛び移りにより解が一時的に不安定化する
- 解のない問題よりも安定

数値解析プログラムの整備

- ◆ オープンソース並列有限要素法プログラム FrontISTR
- ◆ 断層変位問題を高精度で解析するための機能追加
 - 厳密な定式化によるジョイント要素＋非線形ばね構成式
 - シンプレクティック時間積分(陽解法)⇒エネルギーの保存

アイソパラメトリック型

- ✓ 形状関数を用いて補間
- ✓ 面積分をガウス積分で実行

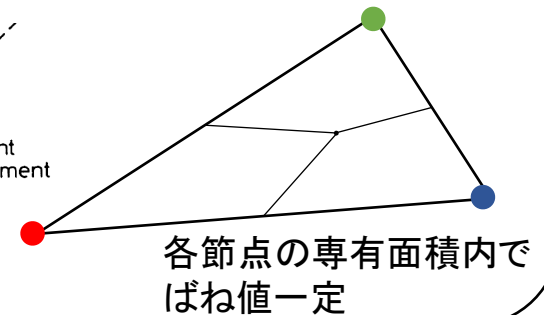
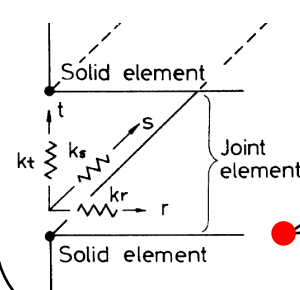


Guigen Zhang: Integrative Engineering: A Computational Approach to Biomedical Problem, CRC press, 2017

形状関数の例(三角形2次要素)

修正Goodman型

- ✓ ばねを節点に配置
- ✓ 面積分を各節点の和で表現



複雑な不連続面形状やトラクション関数への適用
格子収束性の実現

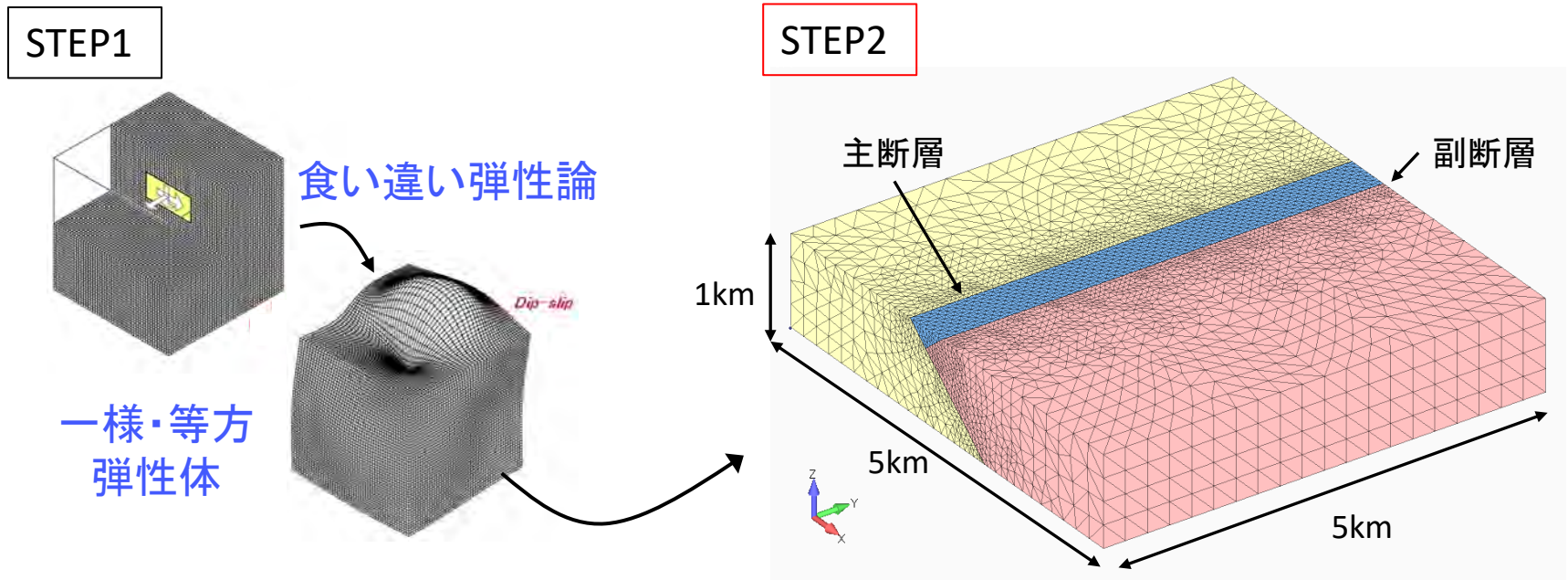
高性能計算による断層変位評価の方法

STEP 1 : 食い違い弾性論 (理論解)

- 食い違い弾性論 (Okada (1985))に基づいて, 主断層 (地震断層) のずれによる広域地盤の変形を理論的に評価.

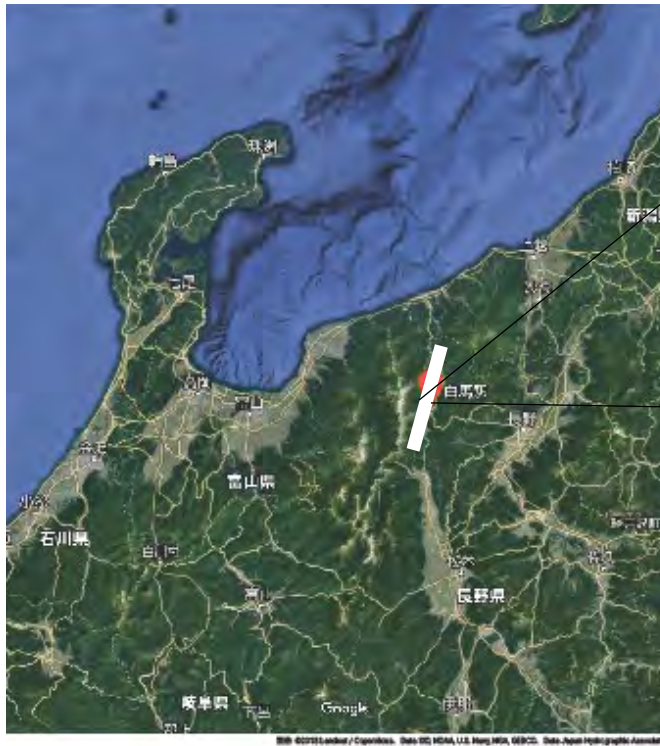
STEP 2 : 建屋周辺の数値解析 (3次元FEM)

- 浅部 (地下1km程度) の詳細解析モデルの境界にSTEP1の結果を作用させ, 主断層の活動による変形や断層のずれを評価.

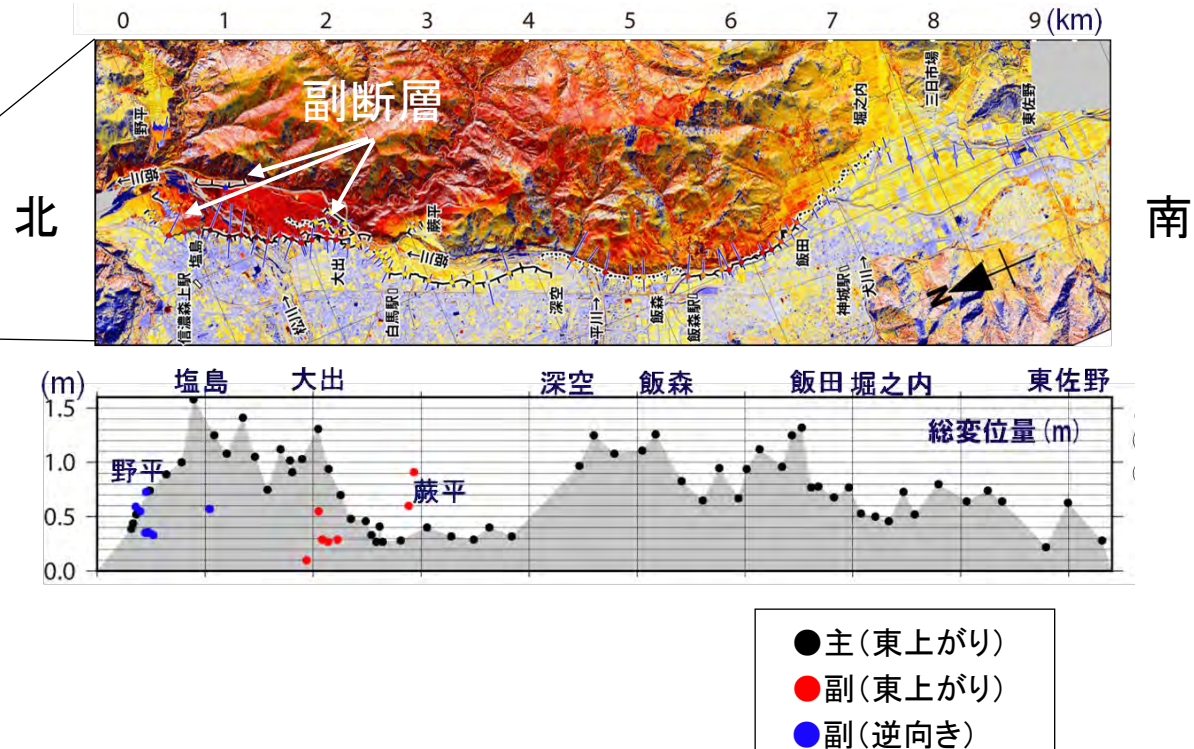


2014年長野県北部の地震の解析

- ◆ 2014年11月22日に発生, M_{JMA} 6.7, M_w 6.3, 最大震度6弱
- ◆ 発震機構: 西北西-東南東に圧縮軸を持つ**逆断層型**, 東側が隆起
- ◆ 震源深さ: 5km, 破壊長さ: 20km, 破壊深さ: 12km
- ◆ 震源域南側9kmに地表地震断層, **北端で副断層が発生**

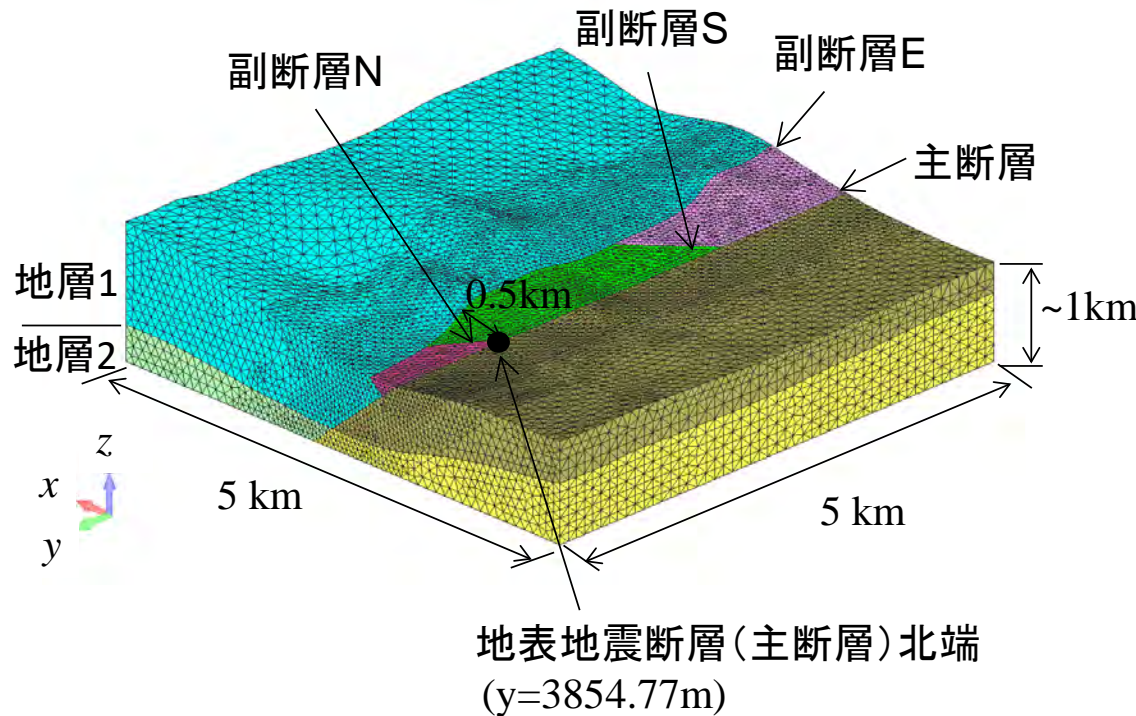


DEM差分解析(青柳, 2016JpGU)

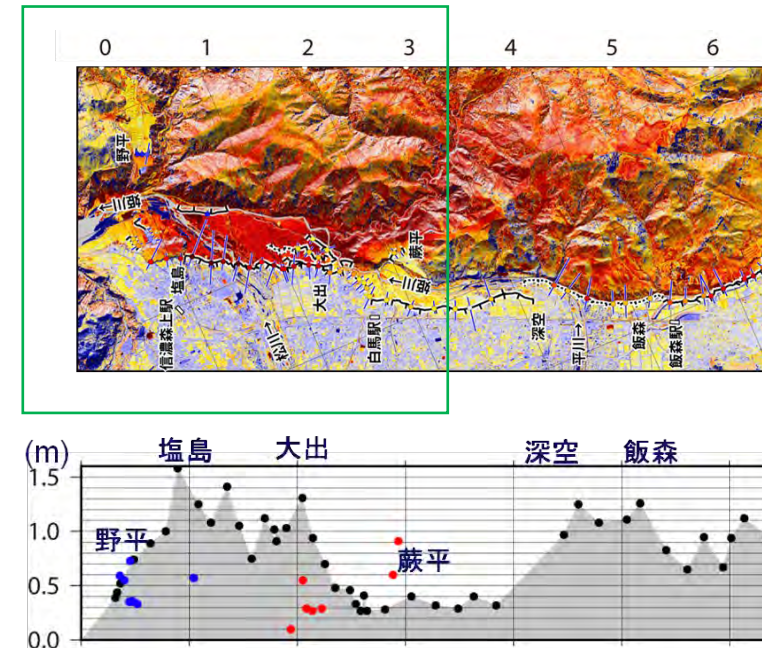


解析モデルの作成

- ◆ 副断層が発生した北側5km x 5km x 約1kmをモデル化
- ◆ J-SHIS地盤データベースに基づき二層
- ◆ 文献, 観測結果に基づき主断層は傾斜角40°, 副断層は3面(E, N, S)を考慮
- ◆ 約217万自由度 ←高性能計算が必要
 - 岩盤: 四面体2次ソリッド要素
 - 断層: 三角形2次ジョイント要素



モデル化領域



構成則と物性値

◆ 岩盤:

- J-SHIS地盤データベース(密度, 弾性波速度)に基づく

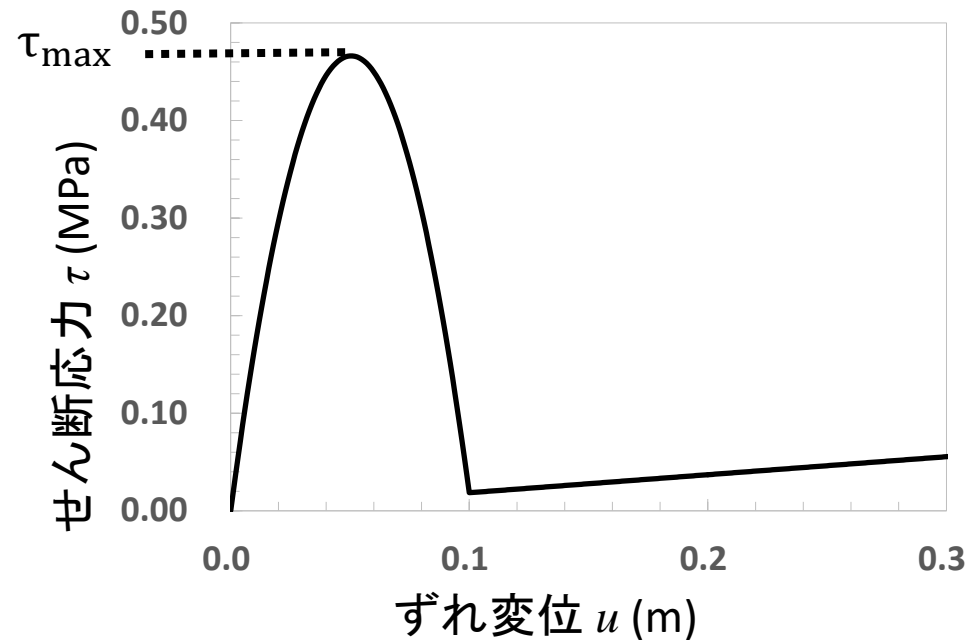
◆ 断層:

- ピーク強度の拘束圧依存性を考慮してせん断剛性を決定

$$\tau_{\max} = \sigma_n \tan \phi + c$$

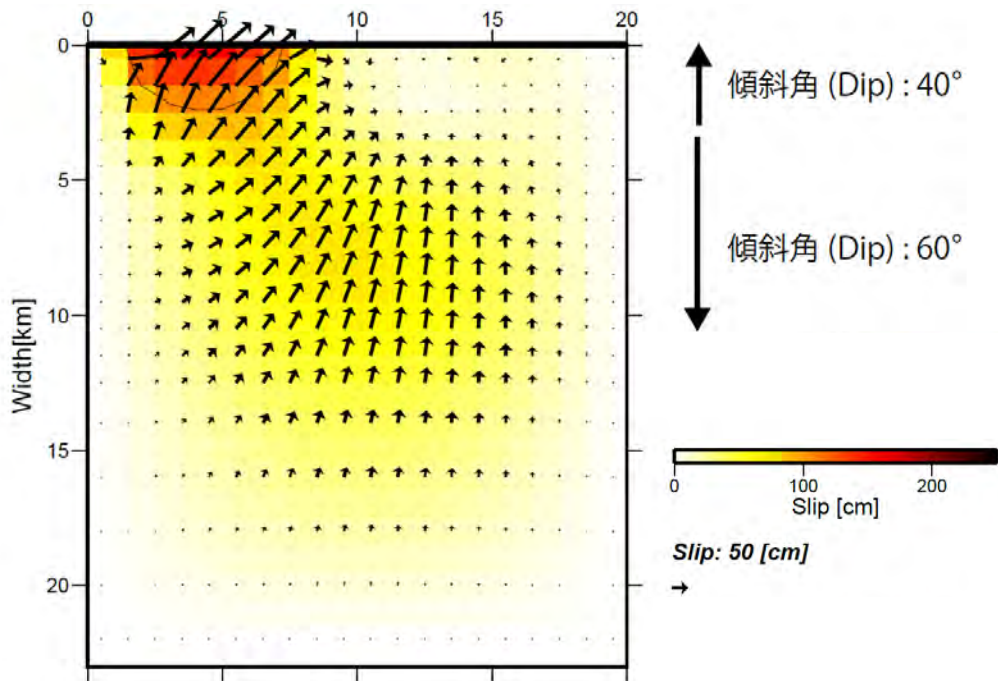
分類	項目(単位)	設定値
断層	摩擦角 ϕ (°)	25.0
	粘着力 c (MPa)	0.025
	静・動せん断剛性比 (-)	1/100
	すべりの限界値 (m)	0.10

ずれ—せん断応力関係



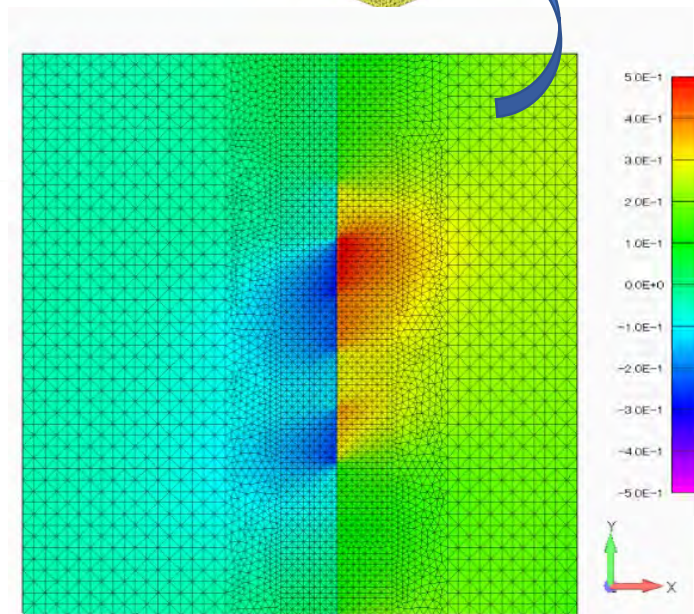
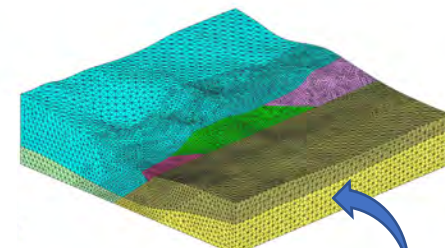
ずれ変位の入力

- ◆ 主断層面上のすべり分布: 国土地理院の逆解析結果
- ◆ 食い違い弾性論により底面での変位境界条件を評価
 - 地表面のずれ変位が一致しないため, 浅部のずれ変位を補正.
 - 逆解析結果の2倍程度までを入力(最大3m)



国土地理院のすべり分布(2015)

食い違い弾性論

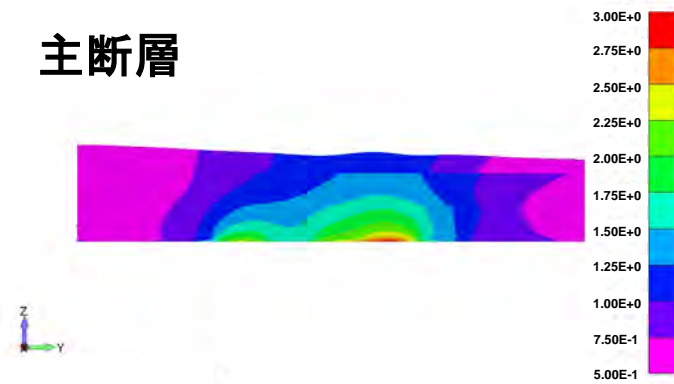


底面の鉛直方向変位

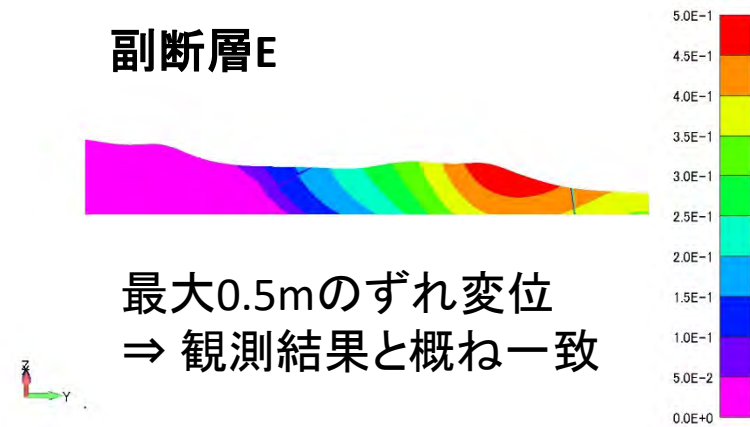
解析結果：ずれ変位分布

ずれ変位のコンター Δ=3.0m 東側(+x側)から見る

主断層

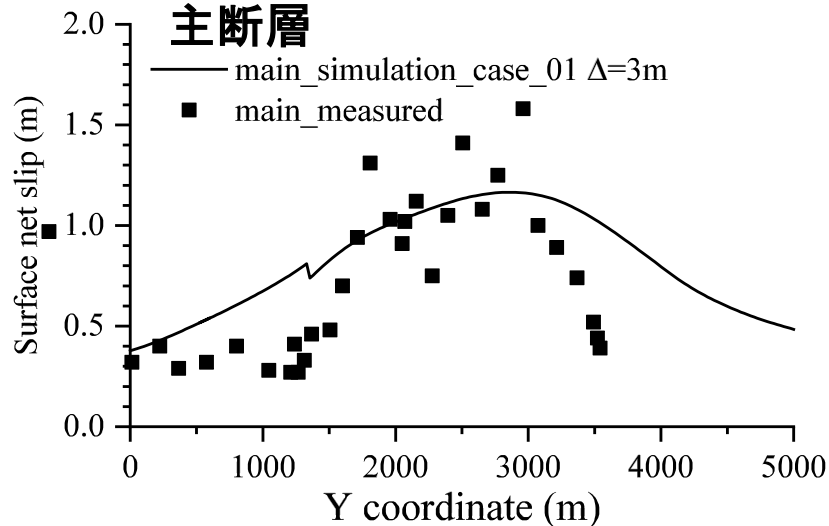


副断層E

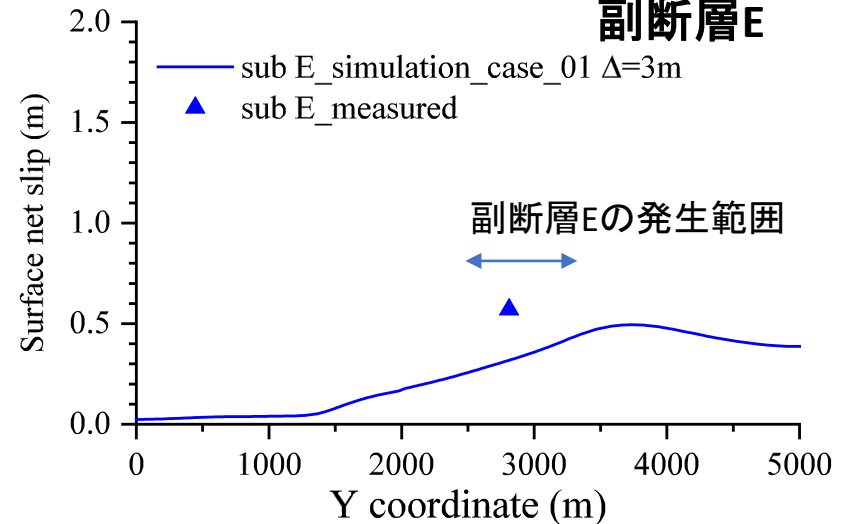


地表ずれ変位分布(観測値との比較)

主断層

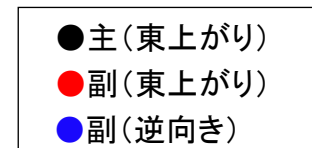
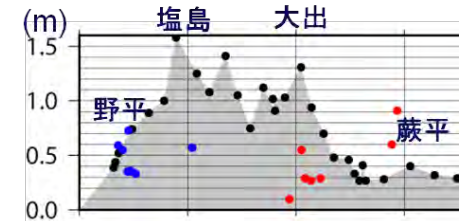
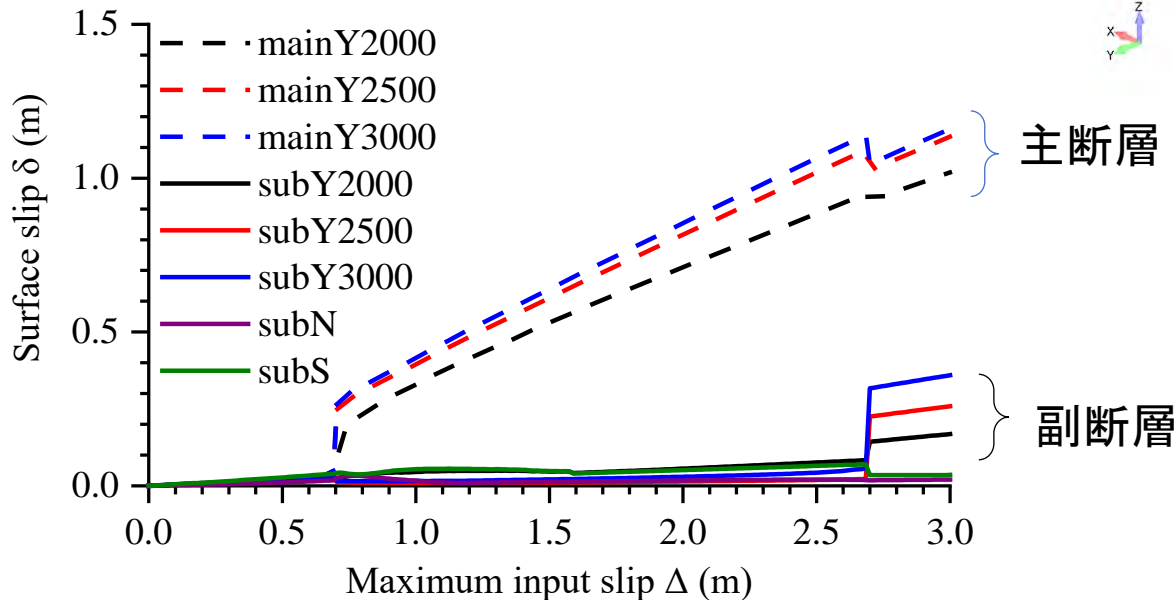
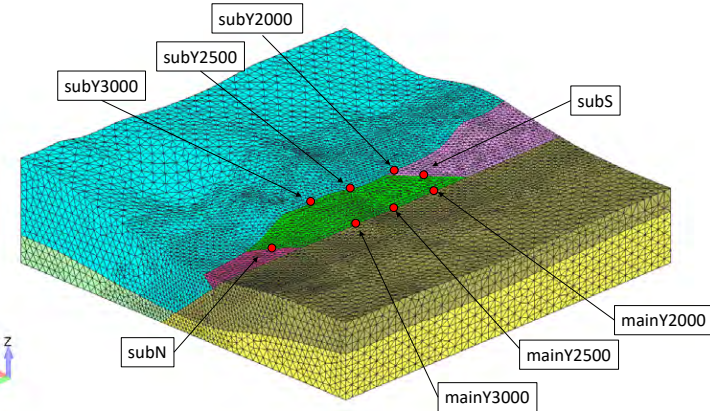


副断層E



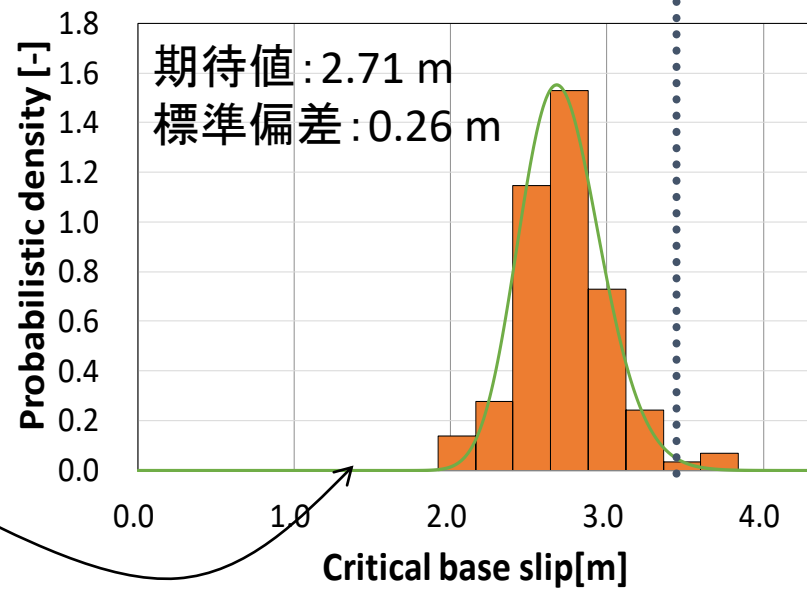
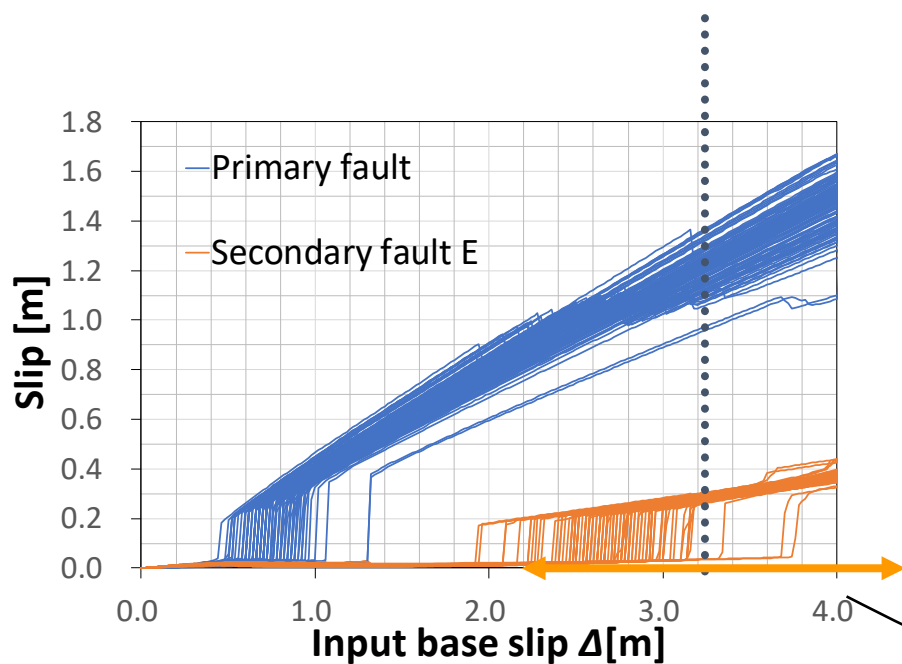
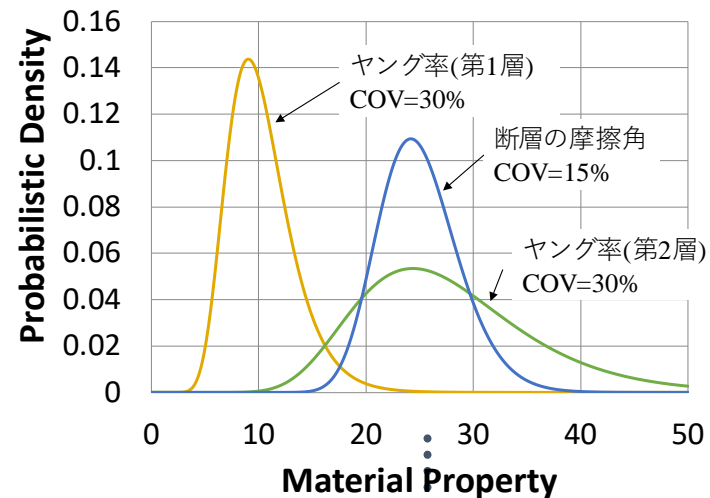
解析結果：地表ずれ変位の発生

- ◆ 入力ずれ変位-ずれ変位(ノルム)の関係
- ◆ 入力限界ずれ変位 Δ_C でずれ変位が急激に増大し、地表面に出現
 - 主断層: $\Delta_C = 0.705\text{m}$
 - 副断層E: $\Delta_C = 2.70\text{m}$
- ◆ ずれ変位量(ノルム)はおおむね観測と一致
- ◆ 縦ずれ成分のセンスが一致
 - 主断層:東上がり, 副断層E:西上がり
- ◆ 副断層(subN, subS)ではずれ変位は小さい



計算結果：物性値の不確実性の影響

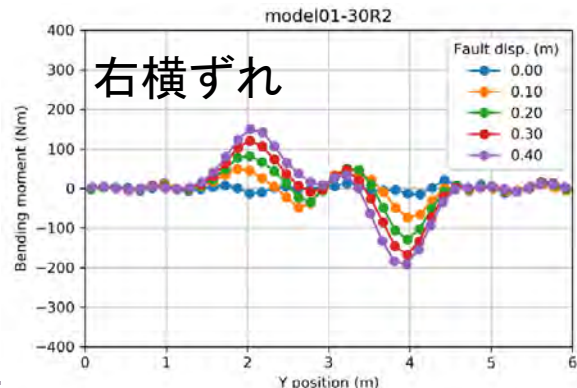
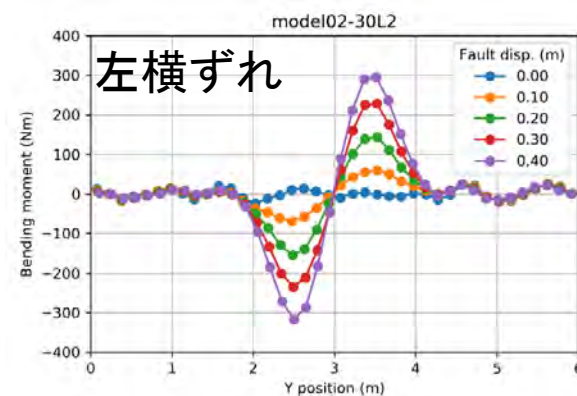
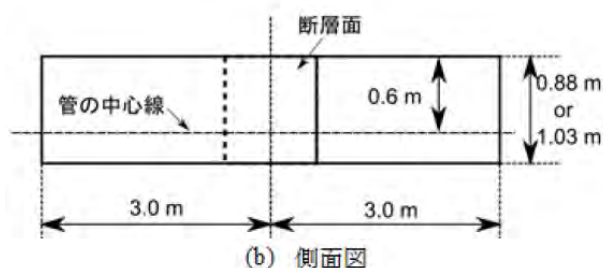
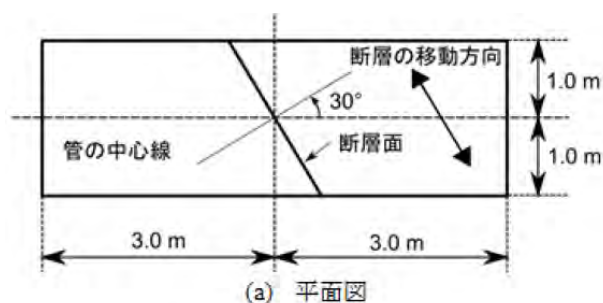
- ◆ 多数回計算により，物性値の不確実性を評価
 - 各層の地盤のヤング率(それぞれ30%)
 - 断層面の摩擦角(15%)の不確実性
- ◆ 限界入力ずれ変位 Δ_C はばらつく
 - Δ_C は対数正規分布でよく近似できる。(R²=0.999)



WGメンバーの研究

横ずれ断層変位を受ける埋設管の三次元個別要素法解析 (小野委員)

- ◆ 解析手法: 個別要素法(地盤を剛な粒子の集合としてしてモデル化)
- ◆ 横ずれ断層変位を受ける埋設管の変形, 曲げモーメント
- ◆ 2種類の地盤(密な砂、緩い砂), 2種類の断層変位(右横ずれ、左横ずれ)
- ◆ 断層と管の交差角度が同じでも, 断層変位の向きによって管に生じる軸力の向きが異なる。管に圧縮が作用する向きに断層が変位する場合, 管に引張が作用する場合よりも管に生じる曲げモーメントは大きくなる。
- ◆ 埋設管の位置が浅い場合, 地盤の変形が問題になる



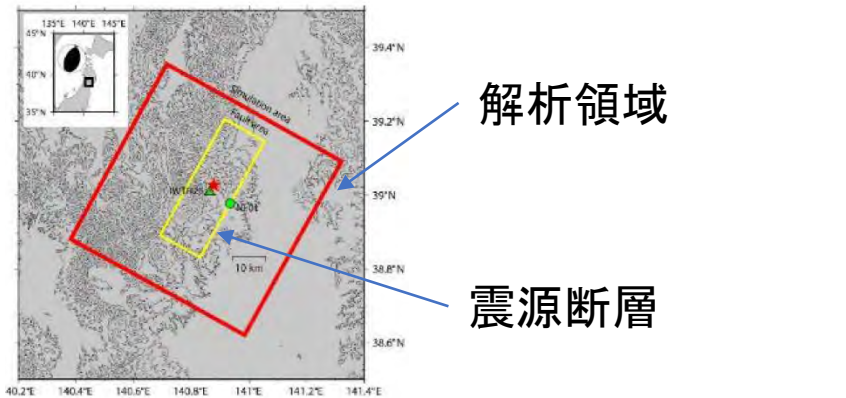
解析モデル概要

変形図(左横ずれ)

曲げモーメント

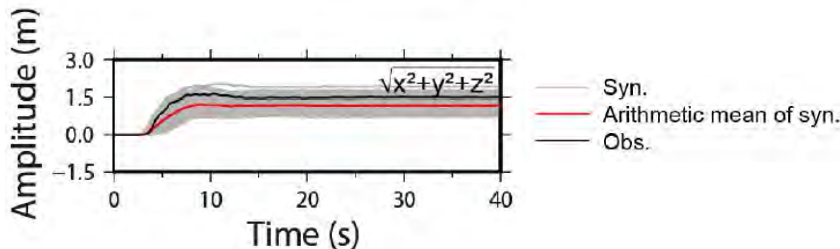
確率すべり分布および相反定理を用いた動的・静的変位評価 (中村(武)幹事)

- ◆ 解析手法: 差分法, 相反定理
- ◆ 2008年岩手・宮城内陸地震を対象とした確率すべり分布を活用した断層近傍観測点の変位シミュレーション
- ◆ 震源パラメータの不確実性に対する効率的な評価
- ◆ 最大変位/静的変位の比, 地形・三次元地下構造の影響, 小断層のすべり量と地表変位の相関

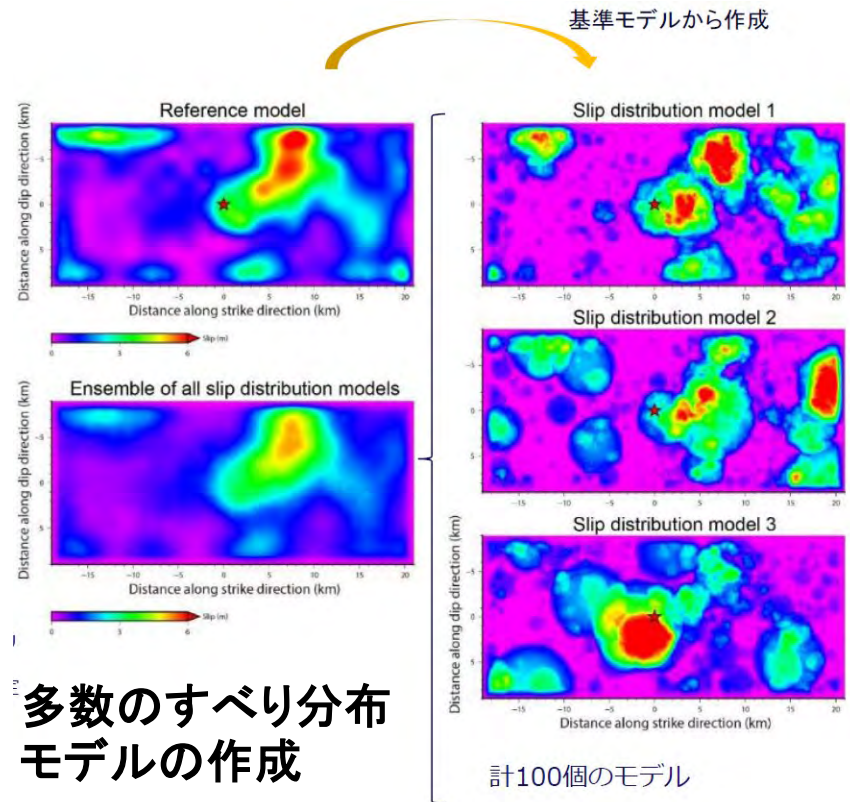


解析領域

震源断層

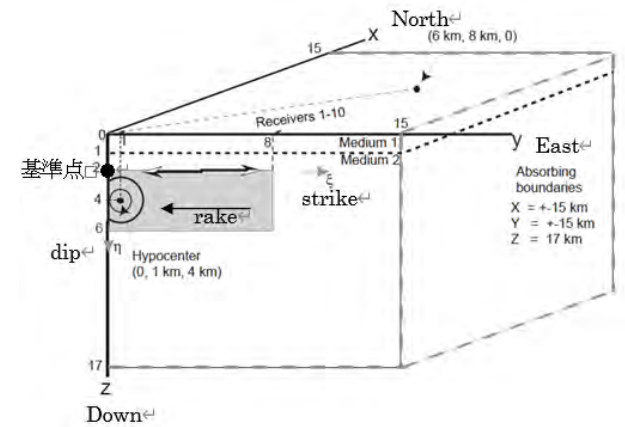
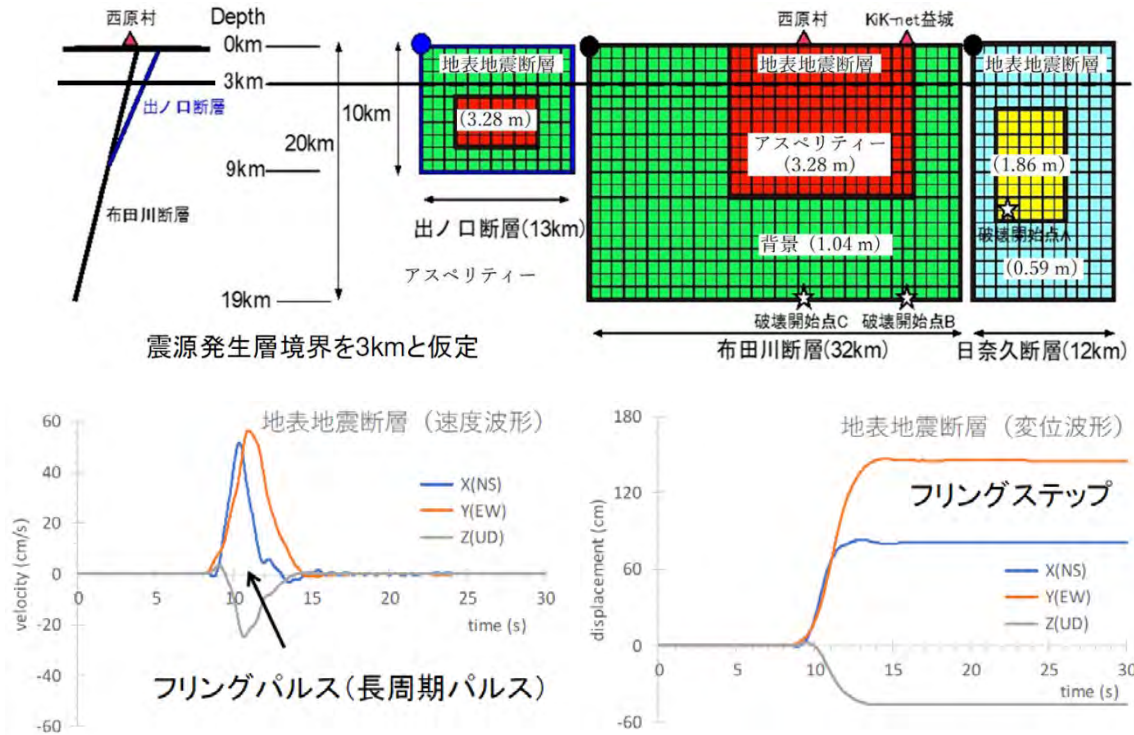


解析対象と変位振幅 (IWTH25)



地表地震断層ごく近傍の永久変位・強震動を計算する理論手法 (波数積分法)(久田委員)

- ◆ 解析手法: 波数積分法(理論的な手法)
- ◆ 震源モデルとその近傍の強震動(指向性パルスとフリングステップ)
- ◆ 計算コードと計算例の公開
- ◆ 強震動予測手法のベンチマークテスト

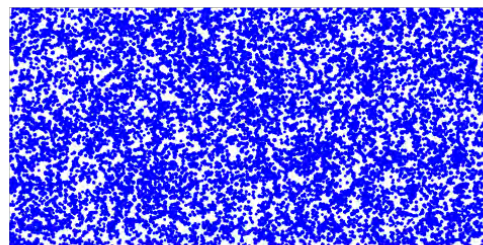


ベンチマーク問題の例
(Dayほか, 2000)

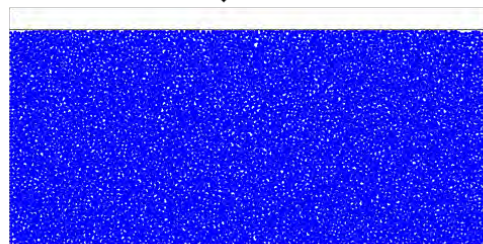
2016年熊本地震の西原波の部分再現

DEM断層解析を実サイトに適用するために (松島委員)

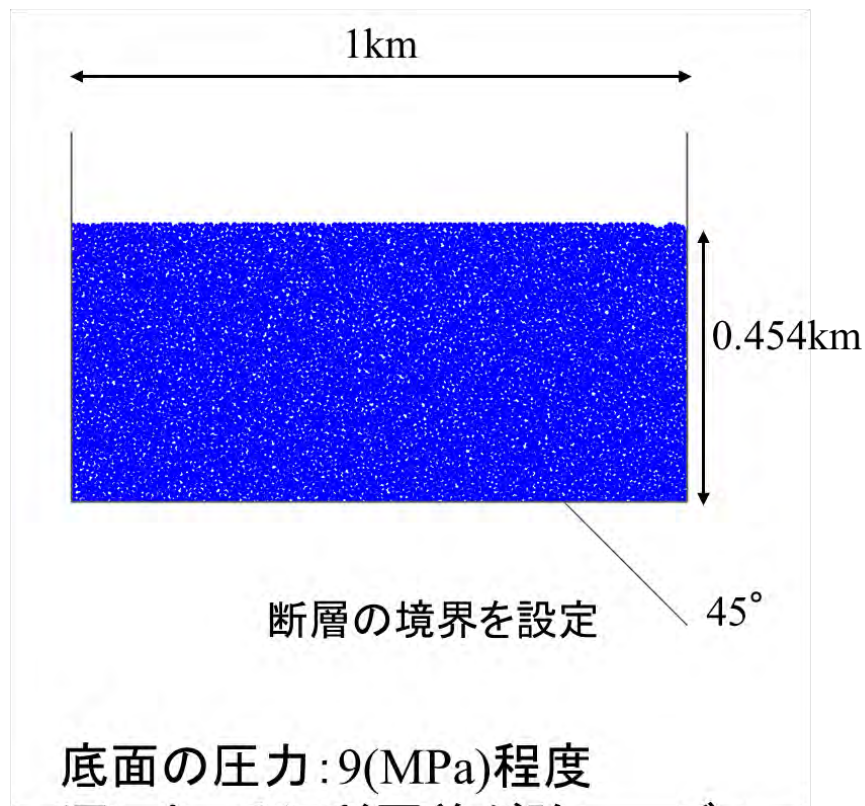
- ◆ 解析手法 個別要素法 (DEM)
- ◆ 固結モデルの導入, 多角形モデルや回転ばねの導入⇒岩盤破碎の模擬
- ◆ 課題 既知断層の設定



D=5~10(m)の粒子8394個



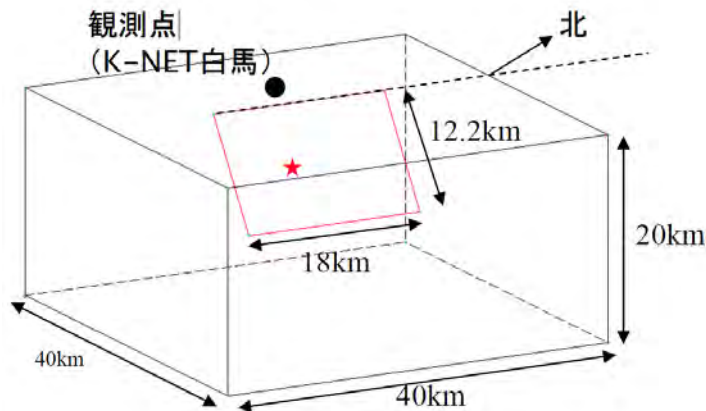
自由落下+地表面を板で
少し圧縮



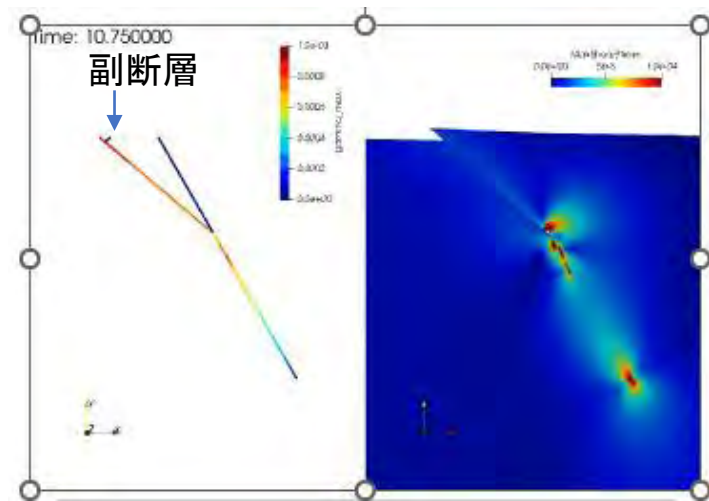
底面の圧力: 9(MPa)程度
深いところほど固着が強いモデル

動学的シミュレーションによる断層変位の評価 (三橋委員)

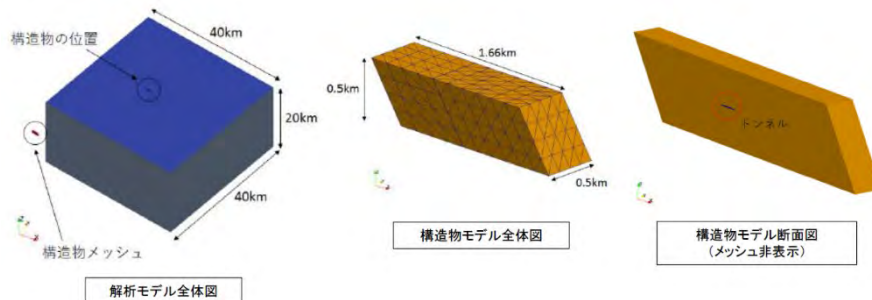
- ◆ 解析手法:有限要素法(動学的シミュレーション)
- ◆ 2014年長野県北部地震への適用
⇒解析モデル提供可能(三次元, 三次元トンネル有り, 二次元副断層有り)
- ◆ 動的影響評価, 地震動起因と地殻変動起因の副断層変位の重畳



三次元モデル

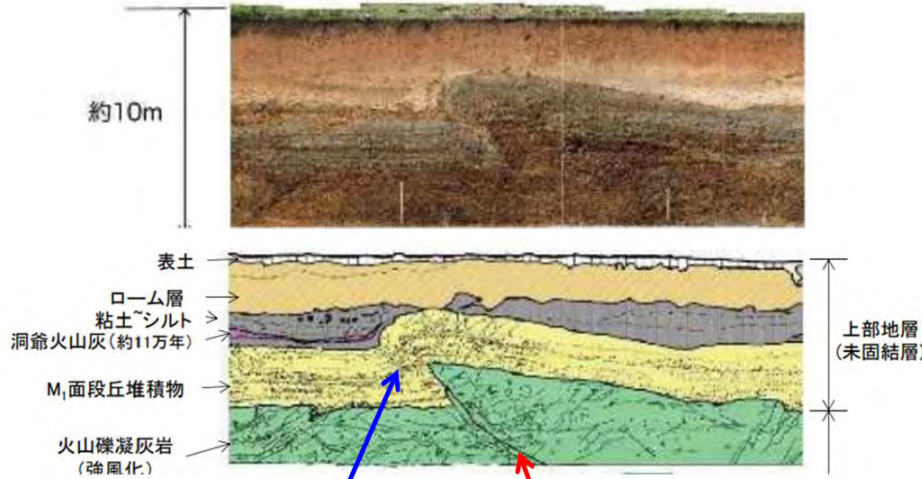


二次元モデル



三次元モデル(トンネル追加版)

地盤の速度依存性を考慮した変状地層の形成過程の推定 (山田委員)

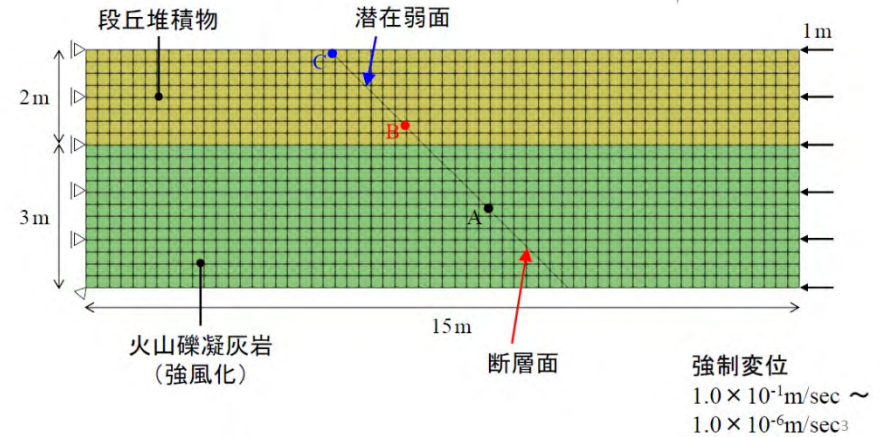
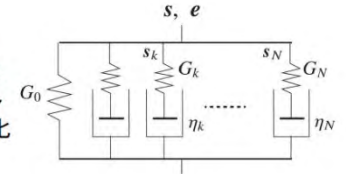


岩盤の上部地層が褶曲していることに着目して断層の変位速度を推定する

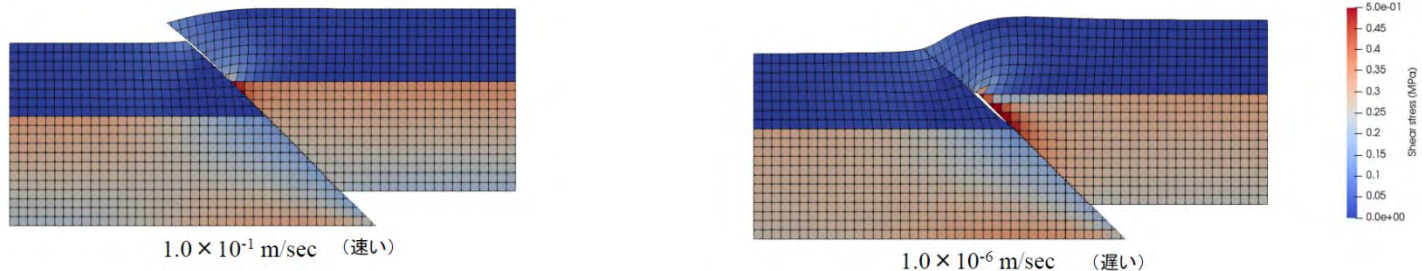
知りたいこと
この断層が地震活動によってできたのか否か

X-FEMを用いた強不連続解析

上部地層の時間依存性を一般化Maxwellモデルを用いて簡易にモデル化



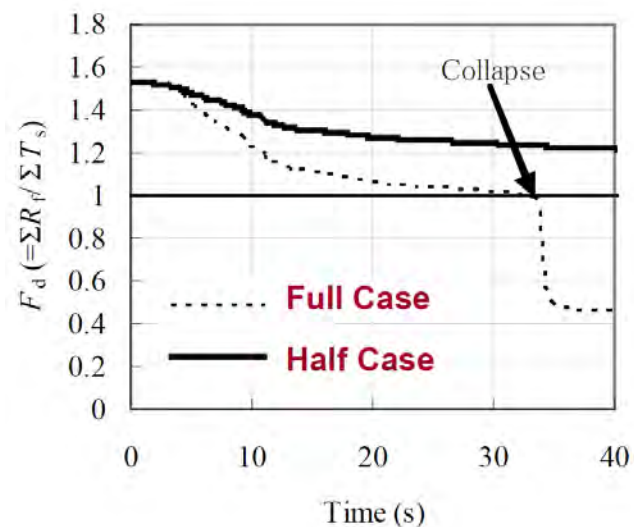
解析結果



強制変位速度により段丘堆積物の破断状況が異なる

地震時の岩盤すべりのシミュレーション (若井委員)

- ◆ 解析手法: 有限要素法
- ◆ 地震時の岩盤斜面すべり: 有限な変形で終息 or 長距離移動に至ってしまう
- ◆ 横渡の岩盤すべりの例(2004年新潟県中越地震) ← 砂岩・泥岩互層の層理面での大規模地すべり(第三紀層, 流れ盤斜面)



地すべり後の斜面

解析結果: 変形図
Half Case: 入力地震動の振幅が1/2

見かけのせん断抵抗と
自重によるせん断力の比の
推移

報告書の論点整理

3.地殻変動・断層変位による基礎地盤の変形評価

3.1 評価手順

◆ 基本的に用いる解析手法

- 広域・詳細一体型 or 広域・詳細2段階
- 動的 or 静的
- FEM(+Joint要素) or DEM

⇒ 静的2段階FEM解析を用いる方針

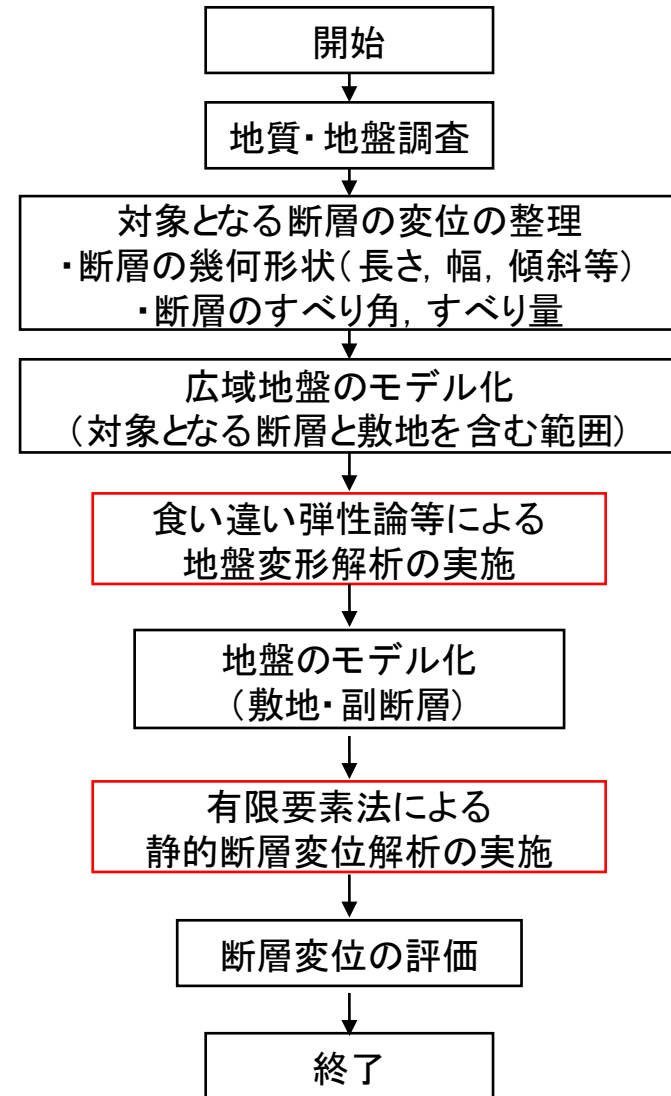
◆ 詳細モデルでの適切な境界条件の設定

◆ 考慮すべきこと

- 動的な影響(応答のピーク, 残留)
- 破壊過程の考慮(複数のケース)
- 安全係数のような考え方の適用

◆ 将来的には動的解析(一体型, 2段階)の適用も考えられる. 現状研究レベルでは行われているが条件設定や解析の実施に際して課題も多い.

- 広域な変位評価⇒食い違い弾性論, 波数積分法, 運動学的断層破壊シミュレーション, 動力的破壊シミュレーション
- サイトの評価⇒静的FEM, 動的FEM, DEM



3.2 地盤及び断層のモデル化

- ◆ 断層面は3次元で考慮することを基本とする
 - 2次元でモデル化する場合はその断面の取り方(縦断面／横断面)や妥当性, 安全側の評価であるかなどの説明が必要. 断層のタイプ(正・逆, 横ずれ)毎に整理が必要.
 - 構造側の評価が2次元で行われているものもあるため, 整合性を考慮する必要がある
- ◆ 地盤モデルの領域の取り方
 - 広く取りすぎると逆にサイト位置で変位が発生しにくくなることも予想される.
 - 副断層を包含する範囲, 震源断層上端を含む範囲
 - 記述にあたっては検討事例等が必要か
- ◆ 地盤モデル作成に用いるデータ
 - J-SHIS深部地盤データベース ⇒データの接続・整合性の確認が必要
 - サイト調査データ
- ◆ 3次元でモデル化する場合, 破碎帯が入り組んだサイトでは地層構造も合わせて入り組んでいるため, 破碎帯, 地層構造を忠実にモデル化するのは(特に実務では)理想的ではあるが現状の技術では少し難しくもあられると思われる
- ◆ 3次元で検討する場合, 実施可能な解析コードが限られるがよいか
- ◆ 構造物との相互作用について記載
 - 構造物の評価で地盤との相互作用を考慮する
 - ハザード評価側で考慮する必要性について議論

3.2 地盤及び断層のモデル化

(1) 断層面の選定

- ◆ 複雑で入り組んだ破砕帯を有するサイトなどでは、全ての断層面をモデルに含めることは難しいため、モデル化する断層を選定することになる
- ◆ 境界に変位を規定する検討(地殻変動起因)においては、全ての破砕帯をモデル化しないことは一部の破砕帯のみで全体の変位を受け持つことになり、結果的に安全側の評価になると考えられる。(検討事例が必要)
- ◆ 厚さも含めた剛性(単位面積当たりのばね値)が小さいもの(つまり破砕帯が厚いもの)を優先してモデル化する
- ◆ 破砕帯の延長性に関して、どのぐらい考慮する必要があるか
 - 端部が分からない場合は、境界や他断層まで延長する
 - 短い破砕帯はシミュレーションにおいてずれが発生しにくい(ずれが小さい)⇒評価対象の構造物に直接影響を与えないものは解析モデルから外しても良い
 - モデル化領域端部での取り扱い⇒変位を拘束しない
- ◆ 破砕帯の位置の(幾何的な)ばらつきに対してコメントが必要
 - 重要構造物近傍の地表において精度良く把握されている一方、地下では不確かさが大きくなる
 - 破砕帯の形状は平面ではないが、三次元解析モデルでは平面としている場合が多い
 - メッシュ変更を伴わない不確かさの評価(材料物性, 境界条件)は比較的容易だが、メッシュ変更を伴う場合はコストがかかる

3.2 地盤及び断層のモデル化

(2) 物性値の設定

- ◆ 断層面の構成則は何を重視して設定すべきか
 - 数値解析の安定性, 現実
 - 速度依存性, 摩擦力の回復
- ◆ 断層面の引張破壊の考慮
 - 特に副断層が連結する部分には引張が発生する.
- ◆ 地表面付近のずれ変位評価には一般的な非線形構成則を用いる. 試験結果としてひずみ軟化の傾向が得られている場合は, それを用いる.
- ◆ 動的な物性値を静的断層変位解析に適用してよいか.
- ◆ 岩盤の塑性を考慮すべきか.
 - 基本的には岩盤が柔らかくなると, ずれ変位は発生しにくくなる.
 - しかし, 副断層を解析モデル境界まで延長しない場合には, 周辺岩盤の塑性化がずれ変位に影響する可能性あり
- ◆ 物性のばらつきの影響とその評価法
- ◆ 断層の物性値に関して, 剛性が低い方が安全側(ずれを大きく評価する)の結果になる. 一方で, 破碎帯に変位が集中するため岩盤自体の変形は危険側になる可能性がある.

3.3 断層変位解析

(1) 入力ずれ変位の設定

- ◆ 基本的には食い違い弾性論の結果を用いて行う
- ◆ ただし、断層の破壊過程は考慮して複数ケースを設定する必要がある
- ◆ 動的に評価する手法もある
- ◆ 入力ずれ変位自体のばらつきの設定
- ◆ 浅部の大すべり領域の設定(副断層に変位が発生しやすい条件)
 - 地震発生層以浅の大すべり領域をどう設定するか. どの程度のばらつきを考慮するか.
 - 地表断層変位の痕跡がある場合, それを基準に大すべり領域を設定できるか.
 - 痕跡がない場合, 安全側の設定をどう設定するか.
- ◆ 一般的にはモデル境界に変位を入力することを想定するが, モデル端部まで破砕帯が伸びている場合には結果的に境界部の変位を拘束する可能性がある. それを避けるならば, 等価な荷重による検討などを実施する事にも触れたほうがよい.
 - 副断層がモデル境界まで到達しているとき, 強制変位がずれ変位を抑制する.
 - 荷重で与えると抑制はなくなるが, 計算が不安定となる. (⇒副断層の周辺のみに適用してよいか)

3.3 断層変位解析

(2) 評価基準

- ◆ アウトプットに関して
 - 破砕帯内の変位(ずれ量)分布・コンター図
 - モデル境界に入力する変位量に対する, 評価位置のずれ量の関係
 - 地表でのずれ変位速度(動的解析)
 - 地震動と変位の重畳(時刻歴波形, タイミングのずれ)(動的解析)
 - ずれの向きとその変化(三次元解析, プッシュオーバー or 動的解析)
- ◆ 地表での変位の発生の有無をまず評価する
- ◆ ずれ変位の定義
 - どの程度の食い違い量が出たらずれ変位と判断するか
- ◆ 力での照査
 - 線形解析での力での照査は考慮しないか. その場合, 基準はすべり安全率で良いか
 - 力での照査でダメなら, ずれ変位を考慮する解析にする等, 段階的に精度を向上させる方法もある.
- ◆ 基礎地盤の基準, もしくは別途実施する構造物の評価結果を基に定める. 構造物側では構造物位置でのすべり速度に着目して動的な影響を取り込もうという流れもあるようなので, 合わせて何らかの知見を提示できるといい. また, 構造物から見ると, 地盤(岩盤)の非線形性を考慮できるとより裕度を見込んだ評価が可能になる(地盤の見た目の剛性が下がるため構造物の応答は下がる方向になる).
- ◆ 動的効果を何らか(安全係数などとして)勘案すべき. 構造だと静的解析の結果に1.2倍などの割り増し係数を乗ずるが, そのまま用いることができるかは疑問.

論点整理

4.地震動，地殻変動・断層変位を考慮した基礎地盤の変形評価

4.1 評価の考え方

- ◆ 地震動と地殻変動・断層変位は、特に破碎帯の非線形性を考えると、本来的には一体で考慮する問題である。地殻変動が比較的大きい場合、基礎地盤や斜面、構造物の耐震安全性評価の検討にも影響する。
 - 地殻変動起因で破碎帯が滑動した状況での地震応答解析
 - 地震動起因で破碎帯が塑性化した状況での地殻変動解析
- ◆ 一方で、現時点では重畳を考慮して一体で解くまでに技術が成熟していない。
- ◆ 広域・詳細一体型の解析で何らかの知見が得られないか？
- ◆ 波数積分法でフリングスリップを考慮した地震動を評価できるので、それを考慮した地震応答解析は現実的と思われる
 - 副断層のずれによる影響を取り込めるか？
- ◆ 屋外重要土木構造物のマニュアルでも重畳に関連した検討が行われているので、参考にする
 - 構造物と地盤が剥離した状態での地震応答解析(等価線形)⇒応答評価 など
- ◆ 材料の適切なモデル化方法(速度依存の構成則を用いる必要があるか)なども含めて十分議論する必要がある。

論点整理：その他

- ◆ 事例として、既発表のものに加えて、比較的単純なモデルで個別具体的な問題を可能な範囲で検討したい。例えば以下が考えられる。
 - モデル化する破砕帯を簡略化(減ら)した場合の影響評価
 - 2Dと3Dの差異
 - モデル化領域(特に重要構造物周りの詳細モデル)の取り方に関して
 - トンネル等の構造物がある場合と無い場合の破砕帯の変位の違い。破砕帯変位量の評価においては、必ずしも構造物をモデル化する必要がないことを示す(構造側の課題?)
 - ⇒ トンネル構造物をモデル化した際のトンネル構造物付近のずれ量分布を示すと、構造物の検討においてどの程度の領域をモデル化すればいいかの知見が得られるかもしれない。
- ◆ 「震源を特定せず策定する地震動」における内陸地殻内地震の地表地震断層の現れ方の考え方も検討フローの中で参考にできるかもしれない。サイト近傍に存在する活断層による影響評価は行うことを前提として、それ以外に断層変位の検討において考慮すべき断層は「震源を特定できない地震」であり、その特徴(M_w , 平均すべり量, 地震発生層深さ)を有する地震はサイトの破砕帯ずれ量に影響を与えるかどうか(特に地殻変動起因で改めて考慮する必要がある結果を与えるかどうか)。

参考: 確率論的断層変位ハザード
解析 (PFDHA)

確率論的断層変位ハザード解析

Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis (PFDHA)

副断層による断層変位の年超過頻度を計算する場合のPFDHA

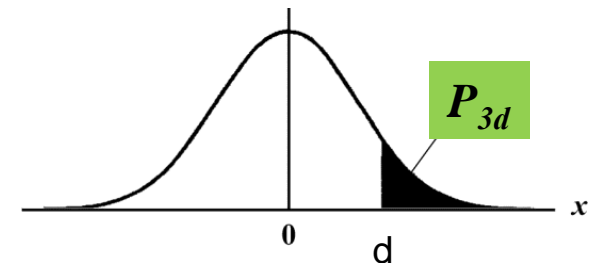
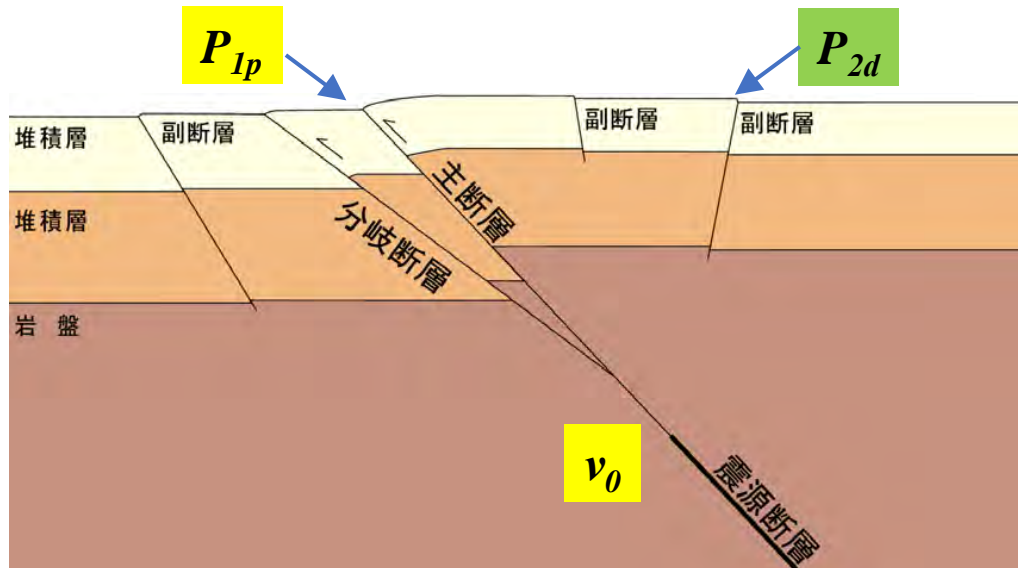
$$v(d)_d = v_0 \times P_{1p} \times P_{2d} \times P_{3d}$$

v_0 : 主断層が活動する1年あたりの頻度

P_{1p} : 主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、主断層から離れた場所で副断層の断層変位が地表で発生する確率

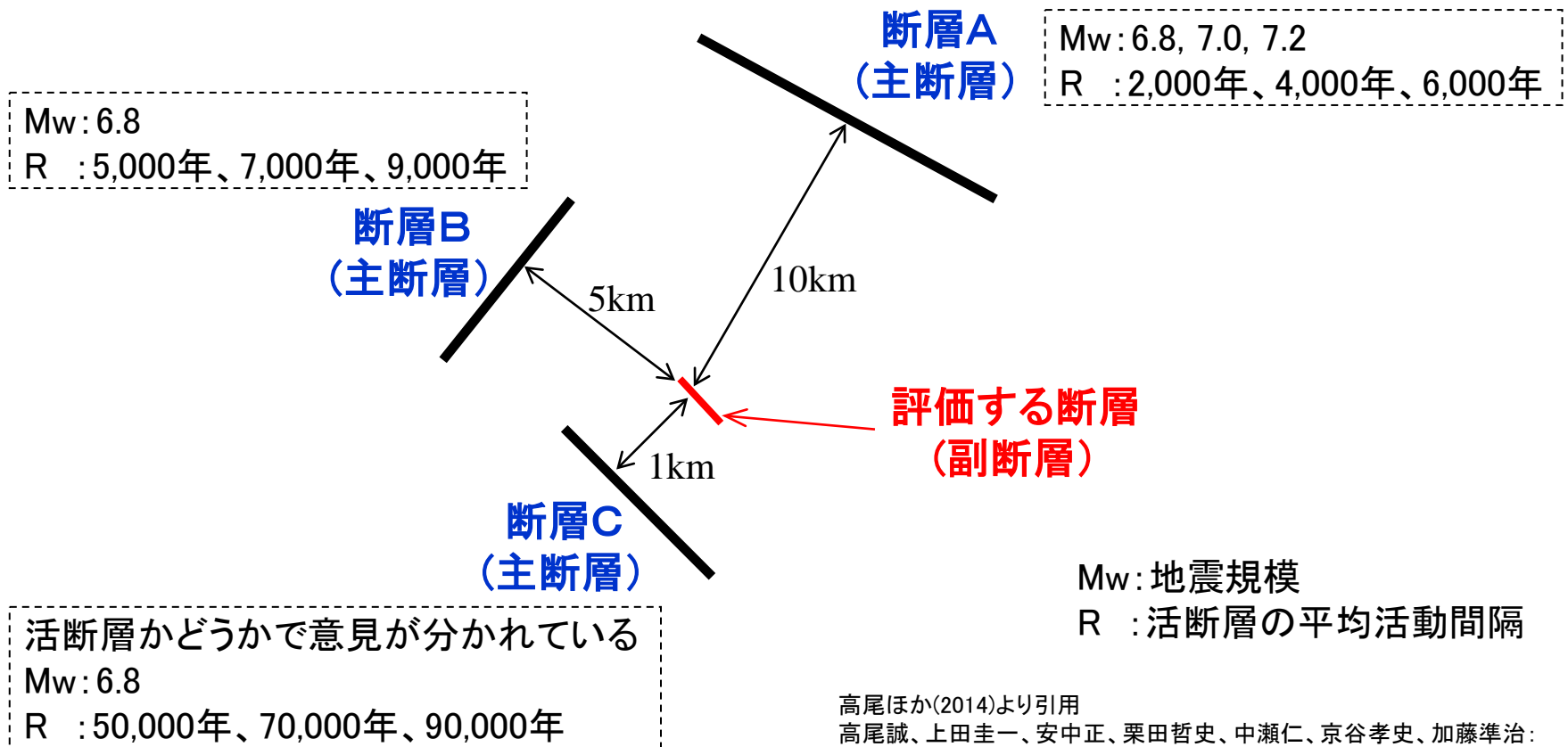
P_{3d} : 副断層の断層変位が評価地点で発生した場合にその断層変位がある値を超過する確率



副断層の変位量の確率密度分布

確率論的断層変位ハザード解析

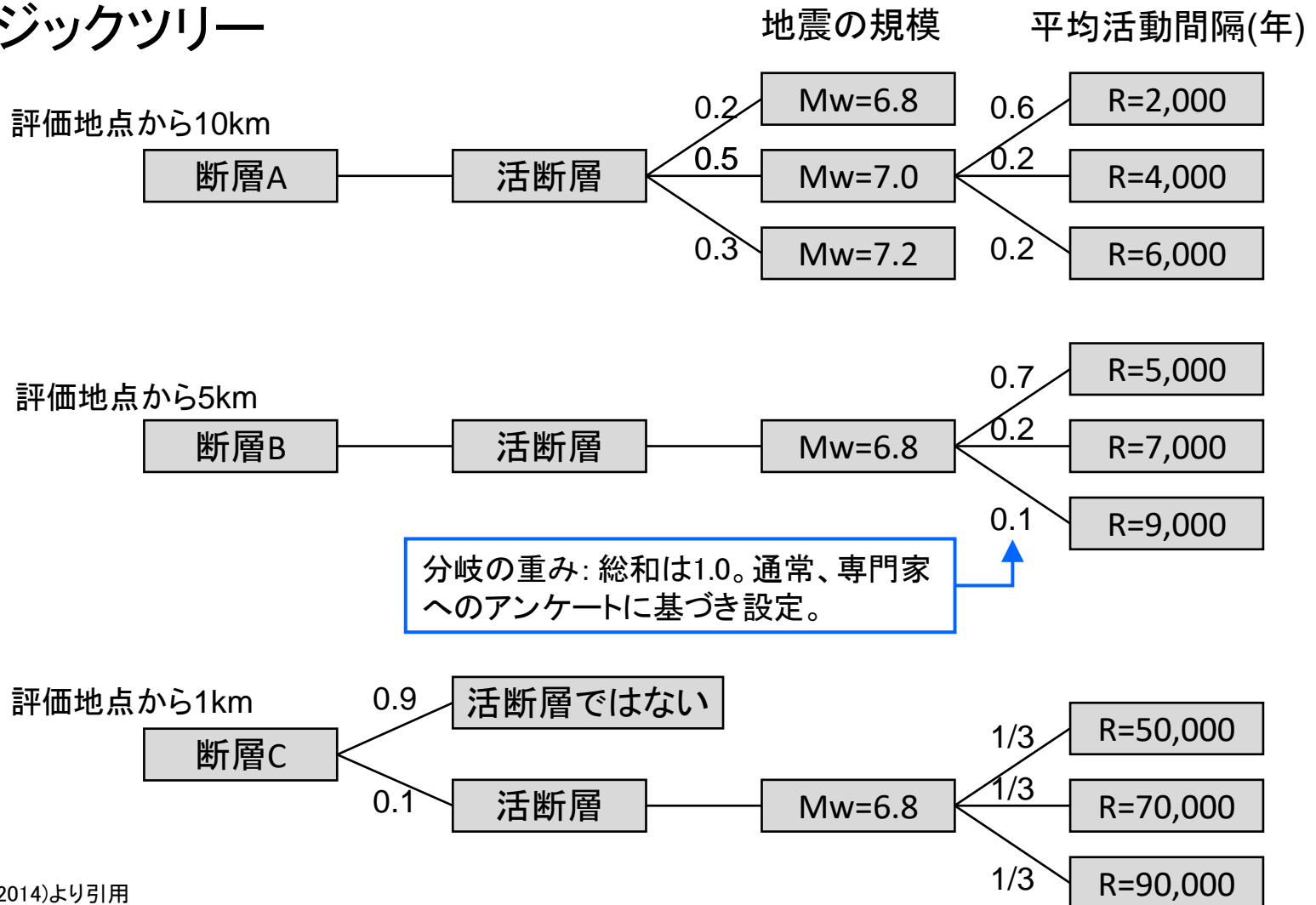
【例題】 断層A, BまたはCが活動した場合に,
評価地点で副断層の変位量がある値を超過する頻度？



高尾ほか(2014)より引用
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、2014年、pp.16-36.

確率論的断層変位ハザード解析

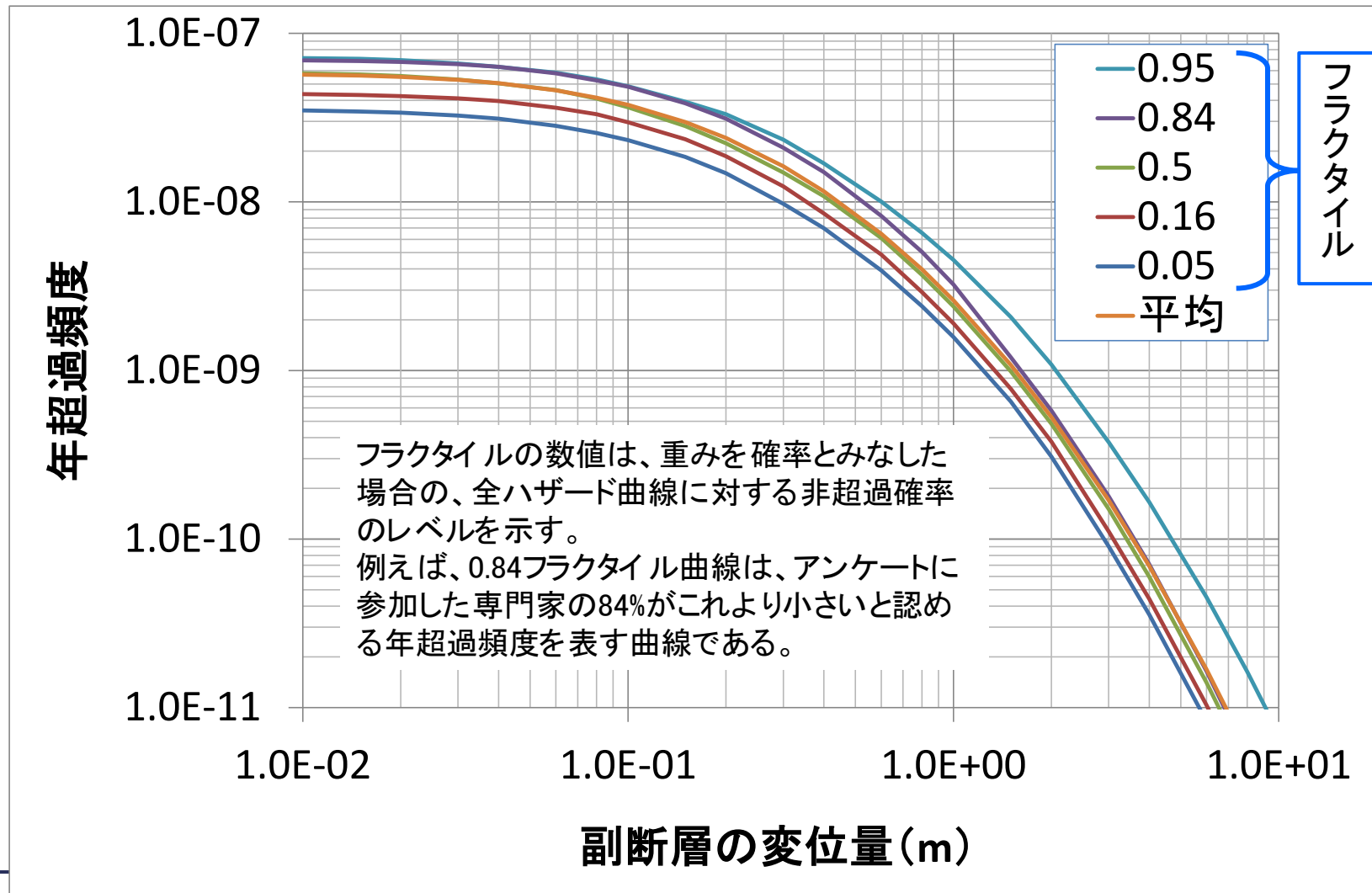
ロジックツリー



確率論的断層変位ハザード解析

フラクタイルハザード曲線の例

高尾ほか(2014)より引用



参考：WGミーティングの実施状況

第1回WG(2022/6/27, オンライン)

- ◆ 目標:WGメンバーの数値解析手法、断層変位関係の課題意識の共有
- ◆ 話題提供:
 - 解析手法
 - 適用事例
 - 断層変位関連で特に関心のある問題, 観点
 - 提供可能なデータ(解析モデル, ベンチマークなど)
- ◆ ディスカッション:
 - 報告書(技術資料):
 - 目次
 - 今後の進め方

第2回WG(2022/9/12, オンライン)

◆ 目標:

- WGメンバーの数値解析手法、断層変位関係の課題意識の共有(続き)
- 報告書目次を基に論点整理

◆ 話題提供:

- 解析手法; 適用事例; 断層変位関連で特に関心のある問題, 観点; 提供可能なデータ(解析モデル, ベンチマークなど)

◆ ディスカッション:

- 論点整理
- 広域モデル作成例(中村幹事)
- 原子力サイト敷地内での地質調査, 解析モデル作成例(澤田幹事長)

第3回WG(2022/12/6, オンライン)

◆ 目標:

- 報告書3.1節、3.2節の論点について記載の方針を決定する

◆ ディスカッション:

- 原子力サイト敷地内での地質調査, 解析モデル作成例(澤田幹事長)
- 地表断層変位解析における不確実性の考慮(羽場幹事)
- 報告書の整理に向けた話題提供(三橋委員)
- 3.1節の論点について
- 3.2節の論点について

技術資料（第2部）の目次案・内容

土木学会・原子力土木委員会
基礎地盤の変形評価に関する研究小委員会
液状化の影響評価WG

2023年1月25日

WGの活動内容

◆ 目的

- 岩ずり，固結した中部更新統の砂（以下，固結砂）を対象に，液状化の影響評価に係る事例の収集を行うとともに，物性値設定のあり方や，数値解析手法の適用に当たっての考え方をとりまとめる。
 - ✓ 注）本WGでの「液状化」は，「過剰間隙水圧の上昇」を意味する。

◆ 内容

- ① 原子力サイトの液状化の影響評価に係る地盤調査・室内力学試験・数値解析の現状整理
- ② 岩ずり，固結砂の既往の模型振動実験事例や数値解析事例の調査，意見交換
 - ✓ 砂質地盤は他分野でも事例が多いことから，岩ずり，固結砂地盤を対象とする。
 - ✓ [2018～2020年度の電力会社の共同研究](#)では，岩ずり，固結砂の液状化影響評価について，遠心力模型実験を対象とした複数の解析コードによる数値解析を実施。
 - ✓ 上記以外の事例についても，文献調査や話題提供等による情報収集，意見交換を行う。
- ③ 物性値設定や数値解析の適用（妥当性確認）に関する議論
 - ✓ 岩ずり，固結砂地盤を対象として，液状化の影響評価に係る物性値設定のあり方や，数値解析手法の妥当性確認・適用に当たっての考え方について議論する。

WGメンバー（全15名：五十音順，敬称略）

氏名	所属	基礎地盤の変形評価に関する 研究小委員会における役職
石丸 真	電力中央研究所	幹事
小川 健太郎	東京電力ホールディングス	常時参加者
加藤 一紀	大林組	幹事
河井 正	東北工業大学	委員
菊地 裕	東北電力	常時参加者
古関 潤一	東京大学	委員
小林 孝彰	鹿島建設	幹事
佐々 和樹	電源開発	常時参加者
沢津橋 雅裕	電力中央研究所	幹事
高尾 誠	原子力エネルギー協議会	委員
中村 晋	日本大学	委員
中村 秀樹	中部電力	常時参加者
兵頭 順一	東電設計	幹事
山田 正太郎	東北大学	委員
若井 明彦	群馬大学	委員

第1回WG（2022/9/21：オンライン）

◆ 議題

1. WGメンバー自己紹介
2. 液状化の影響評価WGの活動概要
3. 話題提供
 - 新規制基準と液状化評価（小川常時参加者）
 - 岩ずり地盤の液状化の影響評価に関する模型実験と数値解析（石丸幹事）
4. 議論
 - 今後の進め方
 - 第2回WG（1/6PM）では報告書の目次案・内容について議論
 - 数値解析の妥当性確認に利用できるように、公開を前提とした実験データの整備など

◆ 技術文書審議タスクに向けて

- 技術資料の大枠やストーリーをまず固める
- 技術文書審議タスクでは、個別の解析コードの是非（適用可否）ではなく、上記の評価プロセス等が審議される

第2回WG（2023/1/6：オンライン）

◆ 議題

1. 前回議事録の確認
2. 話題提供
 - 東北電力：液状化評価に関する話題提供（菊地常時参加者）
 - 固結した砂地盤の液状化の影響評価に関する模型実験と数値解析（沢津橋幹事）
3. 議論
 - 技術資料の目次案・内容

◆ 技術文書審議タスクに向けて

- 数値解析手法の適用の考え方について，岩ずりと固結砂に分けて記載するのではなく，両者を統合したフロー等を検討する

技術資料（第2部）の目次案【全体】

1. はじめに

- 1.1 背景
- 1.2 原子力サイトの液状化影響評価の現状
- 1.3 目的

2. 岩ずり埋立地盤の液状化影響評価

- 2.1 既往知見の整理
- 2.2 室内力学試験および模型振動実験の事例
- 2.3 数値解析の事例

3. 天然の固結砂地盤の液状化影響評価

- 3.1 既往知見の整理
- 3.2 室内力学試験および模型振動実験の事例
- 3.3 数値解析の事例

4. まとめ

- 4.1 液状化影響評価の考え方
- 4.2 今後の課題

1 章の概要

1. はじめに

1.1 背景

- ✓ 近年、原子力発電所の新規制基準適合性審査（原子炉設置変更許可および工事計画認可に係る申請の審査）において、液状化の影響を考慮した安定性評価が必要なケースが増加している。
 - ・入力地震動の増大（加速度の増大、継続時間の延長）
 - ・液状化しにくい地盤（密な砂・岩ずり、固結砂など）での液状化の可能性
- ✓ 液状化影響を考慮するため、有効応力解析が行われているが、液状化しにくい地盤に対して変形量の評価まで行った事例が少なく、数値解析手法の妥当性確認が十分ではない可能性がある。

1.2 原子力サイトの液状化影響評価の現状

- ✓ 地盤調査
- ✓ 室内力学試験
- ✓ 数値解析

1.3 目的

- ✓ 砂質地盤は他分野でも事例が多いことから、本技術資料では岩ずり地盤と固結砂地盤を対象とする。
- ✓ 一般的に、下記のような条件では、地盤の剛性低下を過大に評価して、地盤の変形量が大きくなる傾向がある。
 - ・岩ずり：排水が生じるような地盤条件に対して非排水の有効応力解析コードを使用する場合
 - ・固結砂：固結した地盤材料に対して粘着力を考慮できない有効応力解析コードを使用する場合
- ✓ 過度な保守性を排した合理的な液状化影響評価を行うことを念頭に、物性値設定のあり方や、数値解析手法の適用に当たっての考え方をとりまとめる。

2章の概要

2. 岩ずり埋立地盤の液状化影響評価

2.1 既往知見の整理

- ✓ 文献調査
 - ・ 港湾施設の被災事例など
 - ・ 港湾空港技術研究所報告（2015）：「岩ズリを用いた岸壁の地震時挙動に関する実験および解析」， など
- ✓ 岩ずり地盤の特徴
 - ・ 粒子径が大きいため，三軸試験以外の室内力学試験の事例がほぼない。
 - ・ 母岩の種類・特徴（破碎後の粒子形状，スレーキングの有無等），埋立時の粒度調整・締固め密度などにより，岩ずり地盤の特徴が大きく異なる場合がある（原子力サイトは比較的密詰めで，細粒分もそれなりに多い）。
 - ・ 加振によって粒子の配列が乱されることにより，地盤内の透水性が不均質に時々刻々変化する。
 - ・ 見かけの粘着力がある。
 - ・ 相対密度の議論が難しい。
 - ・ ダイレイタンスー特性の影響が大きい。
 - ・ ・ ・ など

2.2 室内力学試験および模型振動実験の事例

- ✓ 2018～2020年度の電力会社の共同研究など

2.3 数値解析の事例

- ✓ 2018～2020年度の電力会社の共同研究など

2章：補足資料(1)

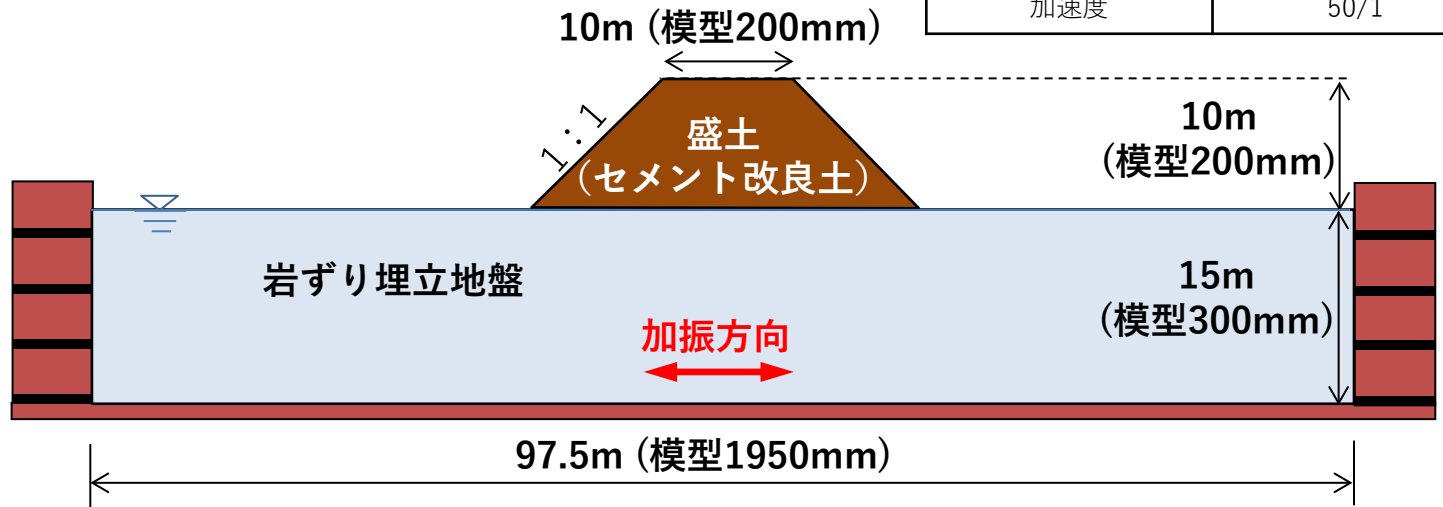
遠心力模型実験の相似則
(遠心加速度：重力加速度Gの50倍の場合)

物理量	相似則 (模型/実物)
変位 (スケール)	1/50
応力・ひずみ	1/1
時間	1/50
加速度	50/1

●実験条件 (遠心加速度：50G, 実物換算スケール)

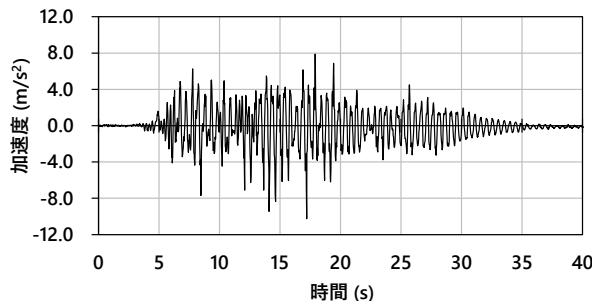


実験に用いた岩ずり



●実験結果

最大加速度：10.3m/s²



入力水平加速度
(実物換算)



加振前

加振後

盛土沈下量
実物換算：0.2m
模型寸法：4mm

地盤沈下量
実物換算：
0.055~0.095m
模型寸法：
1.1~1.9mm

2章：補足資料(2)

■ 3種類の解析手法を用いて検討を実施

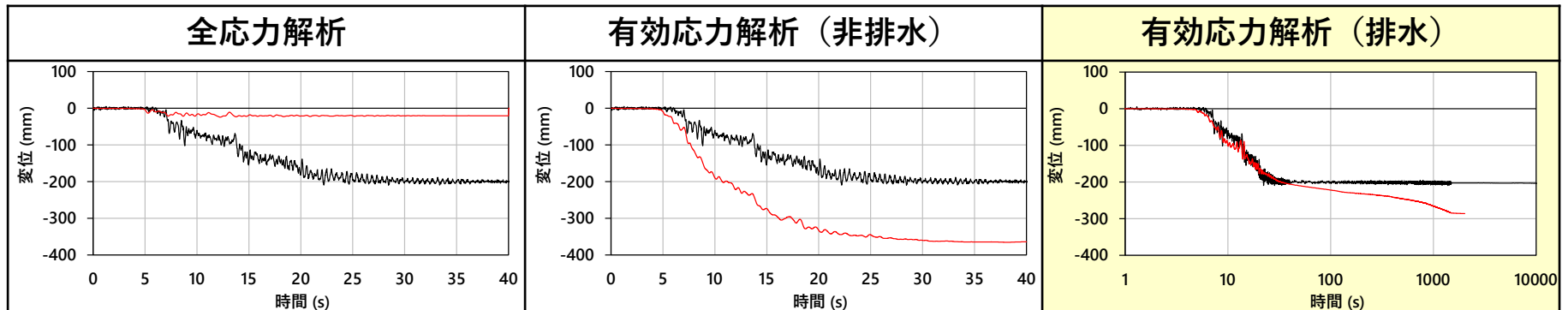
現行の液状化関連審査で適用されている手法

解析手法	全応力解析	有効応力解析 (非排水)	有効応力解析 (排水)
応力の評価方法	全応力	有効応力, 間隙水圧	有効応力, 間隙水圧
粘着力	○考慮できる	×考慮できない	×考慮できない
排水 (透水)	×考慮できない	×考慮できない	○考慮できる

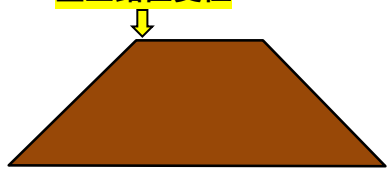
● 解析結果 (盛土鉛直変位)

黒：実験 赤：解析 ※実物換算

実験：盛土直下地盤の剛性低下に伴う側方へのはらみ出しによる沈下と過剰間隙水圧の消散に伴う沈下が加振中に発生



盛土鉛直変位



< 盛土の沈下量 >

- ✓ 水圧上昇による剛性低下が考慮できない全応力解析は**危険側評価**
- ✓ 水圧上昇による剛性低下を過大に評価する有効応力解析 (非排水) は、**沈下量を約2倍ほど過大評価 (保守的評価)**
- ✓ 有効応力解析 (排水) は**最も良好に実験結果を再現** (ただし、水圧消散過程は課題が残る)

2章：補足資料(3)

◆ 非排水条件の有効応力解析において、室内力学試験で設定したパラメータで現象の再現が難しい理由

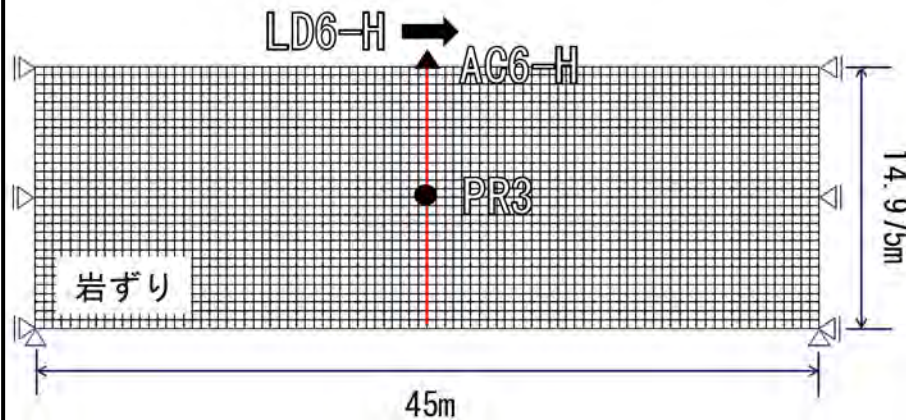
- 解析コードで考慮されていないメカニズムに起因しており、原理的に再現が難しいと推測。

◆ 岩ずり埋立地盤に対して非排水条件の有効応力解析を用いて合理的に評価を行う方策

- 室内力学試験の代わりに、**模型振動実験**を使ってパラメータ設定を行う。
(12～14ページに一例を示す)
 - ✓ **模型振動実験**で観察される排水やダイレイタンス特性等による剛性の回復を加味して、**パラメータを設定する。**
- 数値解析のパラメータ設定に利用する場合の**模型振動実験の条件**
 - ✓ 現地の着目する地層について、地盤条件や応力状態をできるだけ合わせる。
 - ✓ 入力地震動の規模を合わせる。
 - ✓ 入力地震動の波形等、条件を少し変えて複数ケースの実験を行う（室内力学試験の要素シミュレーションで、応力比や拘束圧を変えることに相当）。

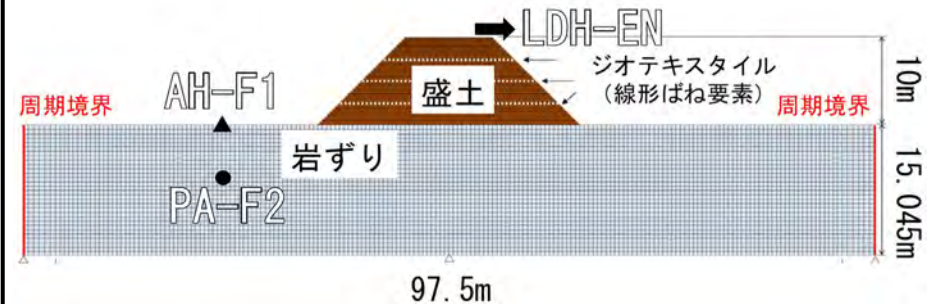
2章：補足資料(4)

- ①密な岩ずりの水平地盤の
遠心力模型実験
【パラメータ設定用】



- 有効応力解析（非排水）
 - A.室内力学試験フィッティング
室内試験結果からパラメータを設定
 - B.模型振動実験フィッティング
模型実験結果から逆解析的に設定
(地表面水平変位に着目)

- ②盛土を支持する密な岩ずり地盤の
遠心力模型実験
【現地想定】

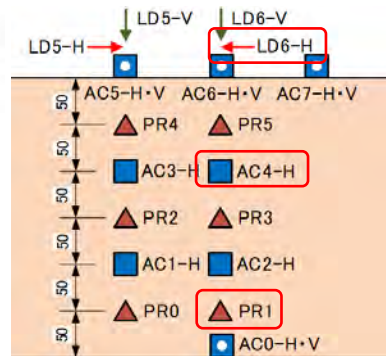
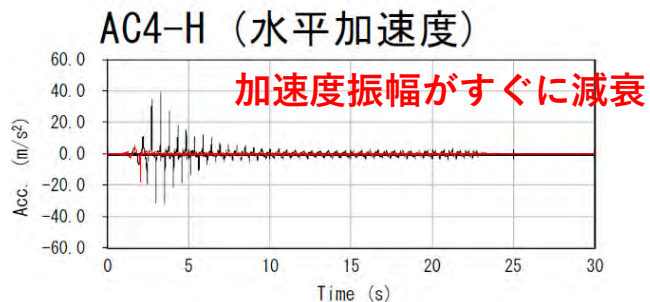
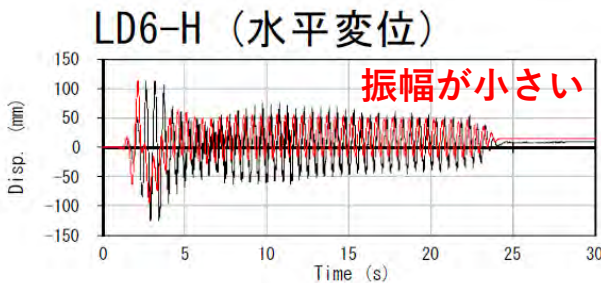
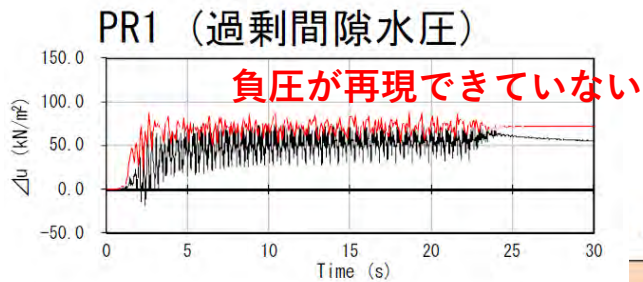


- ①で求めた
- A.室内力学試験フィッティング
 - B.模型振動実験フィッティング
- を適用して実験値と比較

2章：補足資料(5)

有効応力解析（非排水）では，過剰間隙水圧と地表面水平変位の両立が困難

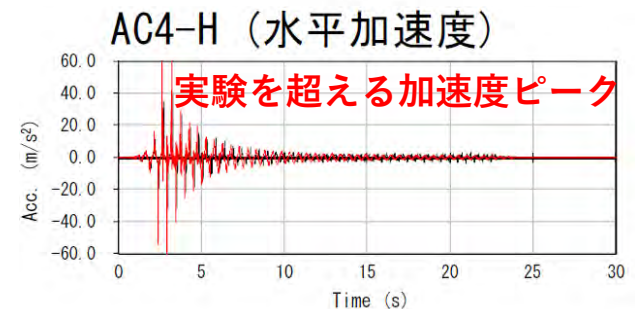
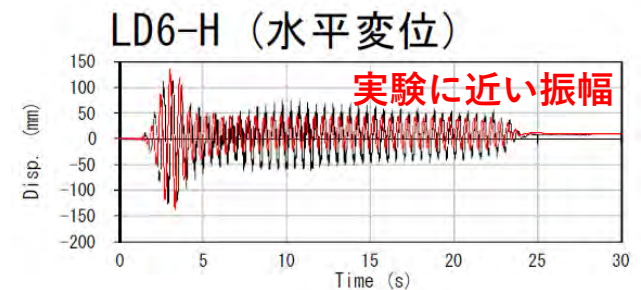
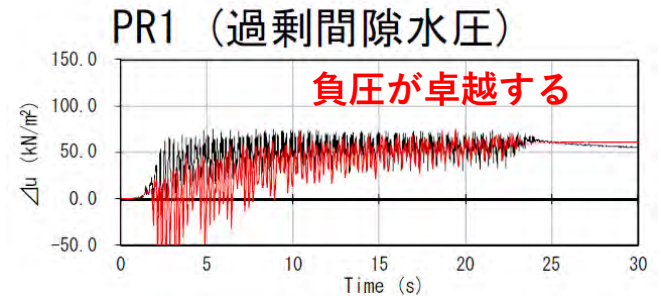
A: 室内力学試験フィッティング



黒：実験結果
赤：解析結果

B: 模型振動実験フィッティング

(地表面水平変位をターゲット)



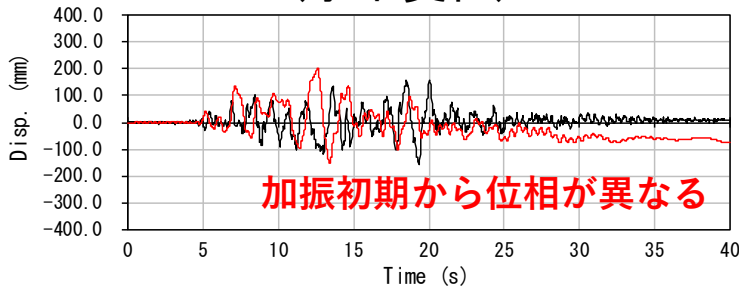
2章：補足資料(6)

● 盛土法肩の水平・鉛直変位，盛土直下の過剰間隙水圧

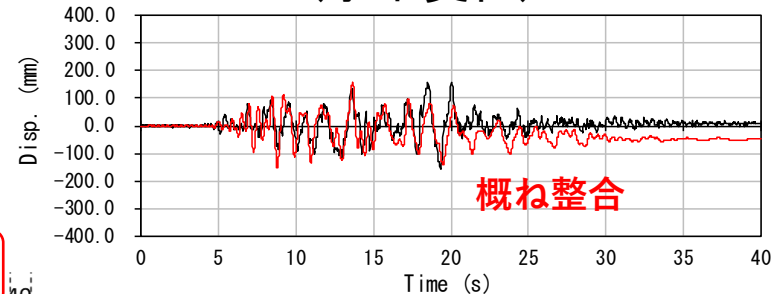
A: 室内力学試験フィッティング

B: 模型振動実験フィッティング

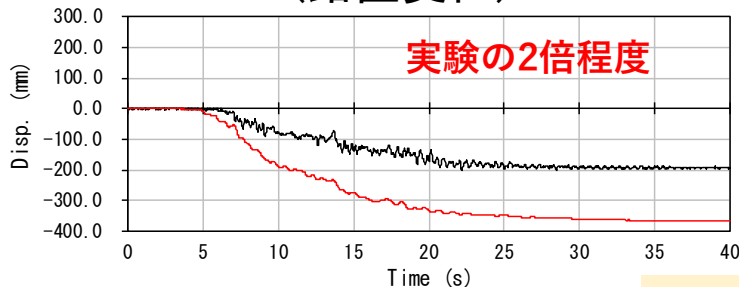
LDH-EN (水平変位)



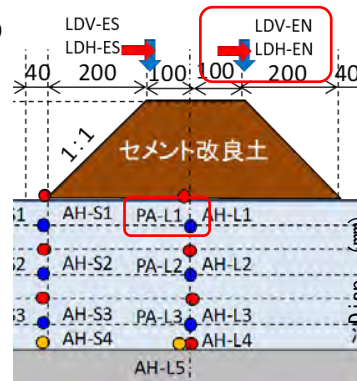
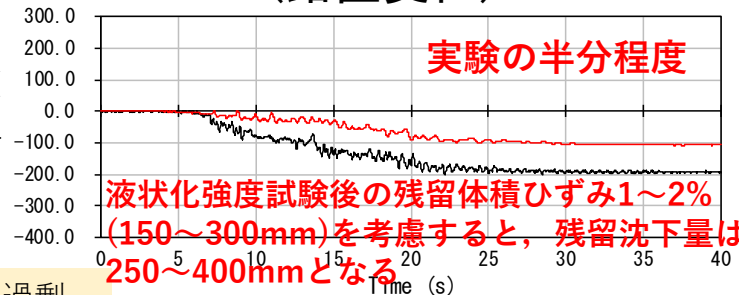
LDH-EN (水平変位)



LDV-EN (鉛直変位)



LDV-EN (鉛直変位)



有効応力解析 (非排水) では，過剰間隙水圧の消散による沈下は計算できない。

水圧消散による沈下を考慮する場合

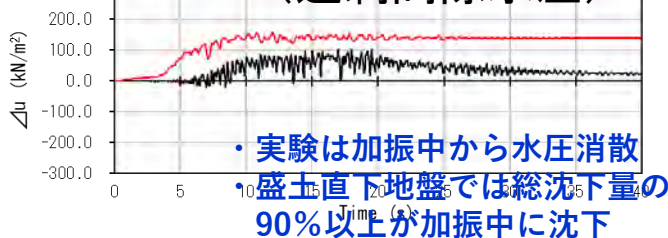
A: 室内力学試験フィッティング

⇒ 実験結果からさらに乖離

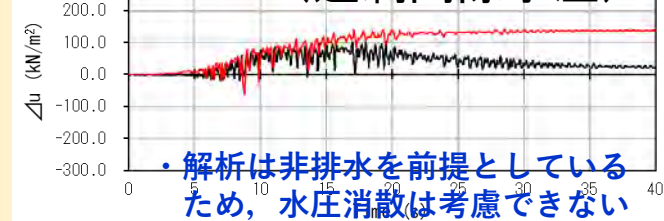
B: 模型振動実験フィッティング

⇒ 実験結果に近づく (保守的評価)

PA-L1 (過剰間隙水圧)



PA-L1 (過剰間隙水圧)



3 章の概要

3. 天然の固結砂地盤の液状化影響評価

3.1 既往知見の整理

- ✓ 文献調査
 - ・液状化による被害事例はほとんど報告されていない。
- ✓ 固結砂地盤の特徴
 - ・固結度にもよるが、非排水繰返し載荷試験で有効応力がゼロまで低下せずに、最終的にせん断破壊するケースもある。
 - ・天然の固結砂と地盤改良による固結砂の特徴の差異等を整理。

3.2 室内力学試験および模型振動実験の事例

- ✓ 2018～2020年度の電力会社の共同研究など

3.3 数値解析の事例

- ✓ 2018～2020年度の電力会社の共同研究など

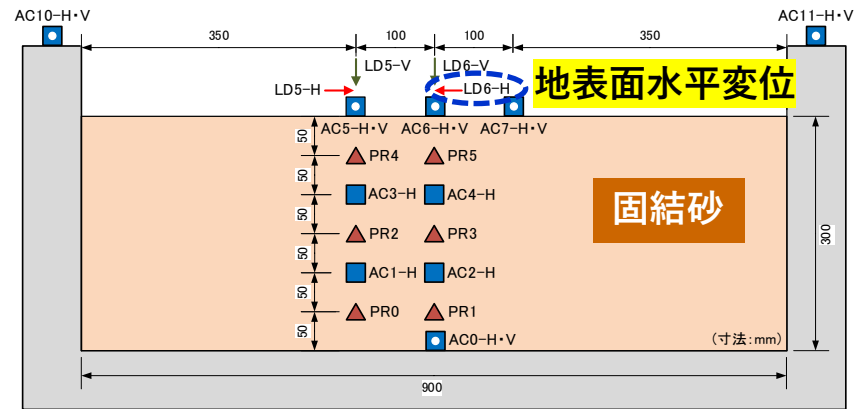
3章：補足資料(1)

遠心力模型実験の相似則

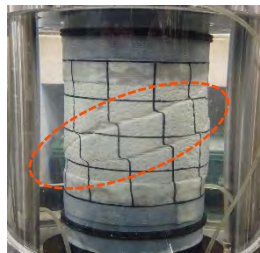
(遠心加速度：重力加速度Gの50倍の場合)

物理量	相似則 (模型/実物)
変位 (スケール)	1/50
応力・ひずみ	1/1
時間	1/50
加速度	50/1

地盤模型の幅 : 900mm ⇒ 実物換算45m
 地盤模型の高さ : 300mm ⇒ 実物換算15m



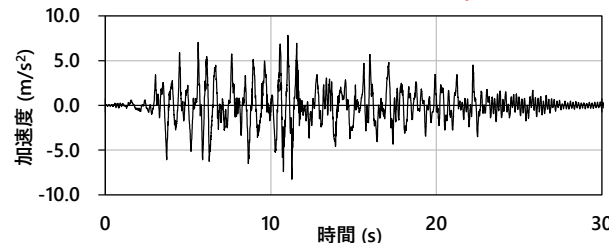
●室内力学試験 (液状化強度試験)



硬質な固結砂の場合、**明確な液状化 (液体状になり大変形)**を示さない。

●遠心力模型実験

最大加速度：8.3m/s²



加振後も地表面に噴砂や割れ目などの変状はなく、沈下もほとんどない。



3章：補足資料(2)

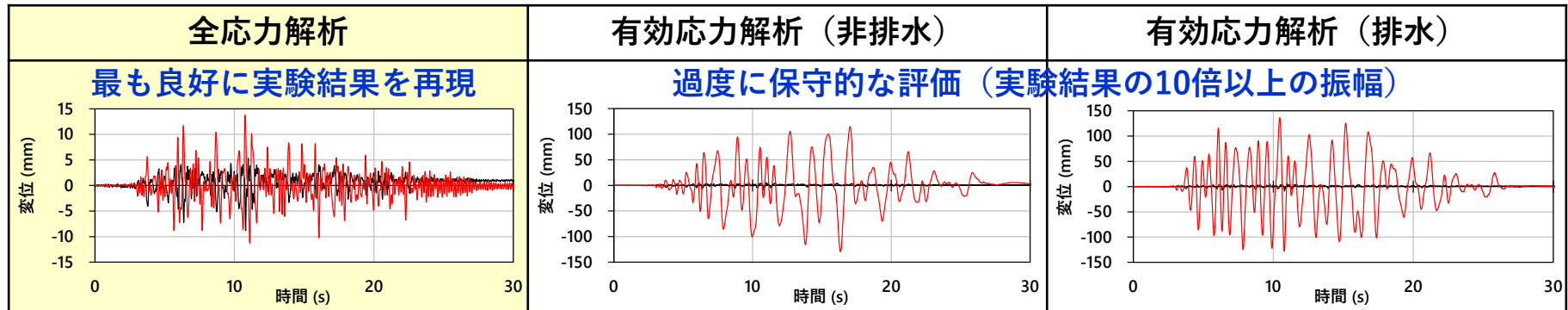
■ 3種類の解析手法を用いて検討を実施

現行の液状化関連審査で適用されている手法

解析手法	全応力解析	有効応力解析（非排水）	有効応力解析（排水）
応力の評価方法	全応力	有効応力, 間隙水圧	有効応力, 間隙水圧
粘着力	○考慮できる	×考慮できない	×考慮できない
排水（透水）	×考慮できない	×考慮できない	○考慮できる

● 解析結果（地表面水平変位）

黒：実験 赤：解析 ※実物換算



< 硬質な固結砂の地表面水平変位 >

- ✓ 全応力解析は最も良好に実験結果を再現
- ✓ 粘着力を考慮できない液状化に特化した有効応力解析（排水・非排水）は過度に保守的な評価

4 章の概要

4. まとめ

4.1 液状化影響評価の考え方

□ 岩ずり

- ✓ 排水の影響を考慮できる有効応力解析手法の適用が望ましい（ただし、透水性の変化までは困難）。
- ✓ 非排水の有効応力解析手法を用いる場合、室内力学試験をもとに設定したパラメータでは遠心力模型実験の再現が困難（剛性が低下しやすいため、一般的には変形が大きくなりやすい）。
⇒一案として、室内力学試験の代わりに模型振動実験をパラメータ設定に利用する方法を提示。

□ 固結砂

- ✓ 粘着力を考慮できない、一般的な砂の液状化に特化した有効応力解析手法では変形量を過大に評価。
- ✓ 少なくとも非排水繰返し载荷試験で、最後まで固結力を失わず（粒子骨格が大きく乱されず）、一定以上のせん断強さを維持するケースに対しては、液状化の影響評価は不要という方向性を提示。
- ✓ 上記の判断基準・クライテリア
 - ・静的強度と動的強度の比較など
 - ・地盤改良砂等の知見（一軸圧縮強さで判断）も参考にして整理

□ 液状化影響評価の考え方について、室内力学試験・模型振動実験の位置づけを含む体系的なフローを提示

4.2 今後の課題

- ✓ （より高度な数値解析手法の適用を視野に入れた）数値解析手法の妥当性確認の方法
・・・など

4章：補足資料

液状化影響評価フロー案（検討中）

■ 本技術資料で新たに追加した考え方

