

泊発電所防潮堤支持地盤の検討状況について

平成29年3月10日
北海道電力株式会社

1. 検討経緯	3
2. 液状化に関する検討方針	7
3. 埋立土の液状化に関する検討	9
4. 砂層の液状化に関する検討	16
補足資料	21

1. 検討経緯

防潮堤(セメント改良土盛立部)

【平成28年7月26日審査会合】

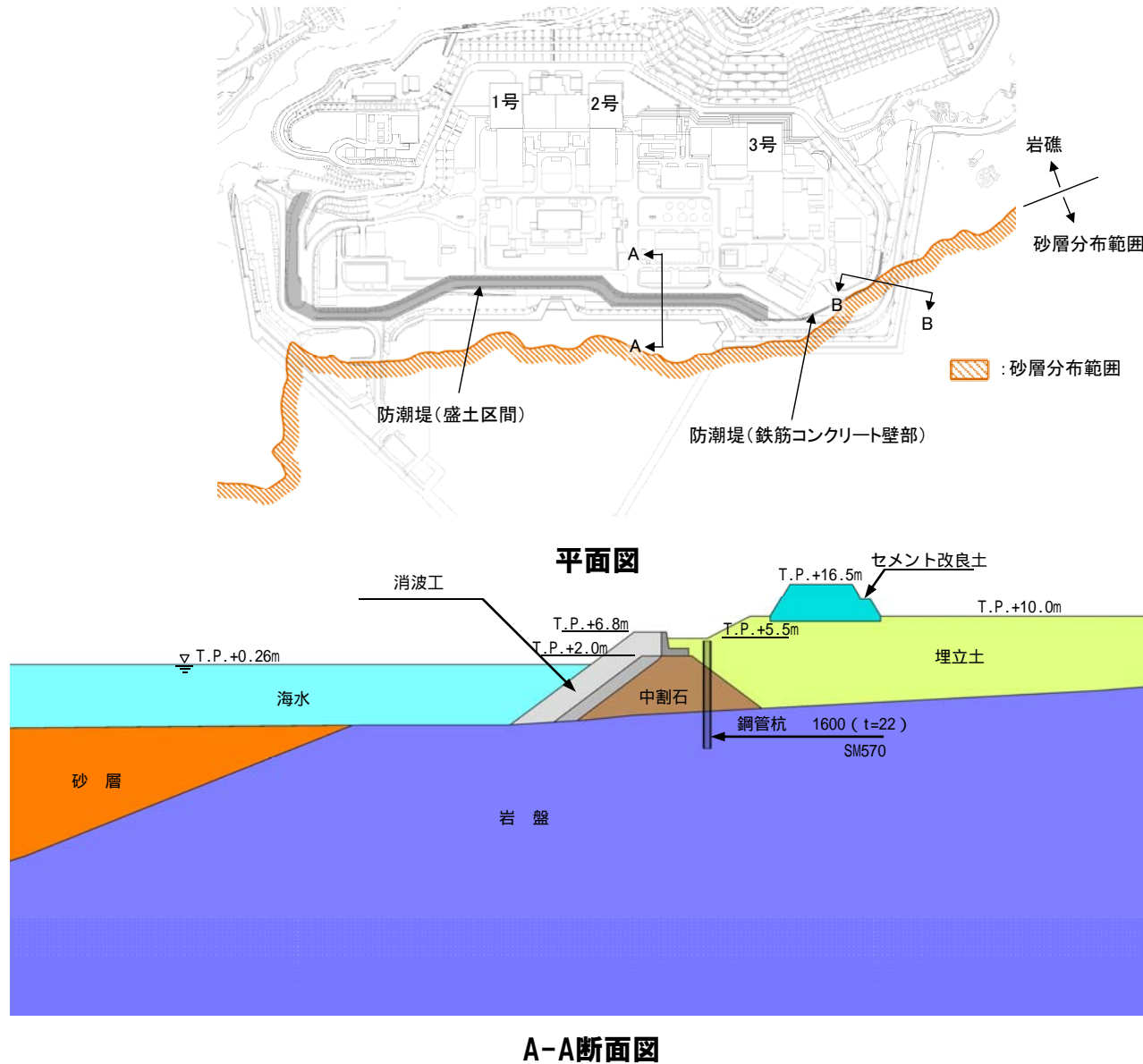
- 防潮堤(セメント改良土盛立部)設置地盤に埋立土が分布している。
- 入力津波の設定における地形条件を決定するためには、埋立土の液状化及び揺すり込み沈下による影響を考慮する必要がある。
- 今後、さらに埋立土のデータ拡充をしたうえで液状化に対する評価、揺すり込み沈下による防潮堤(セメント改良土盛立部)への影響評価を行っていく。

【平成28年10月27日審査会合】

- 当初の評価として、埋立土は発電所造成時の掘削岩砕を使用しており、液状化の評価については道路橋示方書に基づき、粒度分布特性から、液状化の判定は不要と評価していた。
- 埋立土の性状データを拡充するために、追加地質調査及び室内試験を行っている状況である。
- 今後、埋立土の液状化に関する評価、防潮堤(セメント改良土盛立部)の地盤状況の違いによる揺すり込み沈下に対する防潮堤(セメント改良土盛立部)への影響と対策について説明する。

1. 検討経緯

防潮堤断面図(セメント改良土盛立部)



1. 検討経緯

防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)

【平成28年7月26日審査会合】

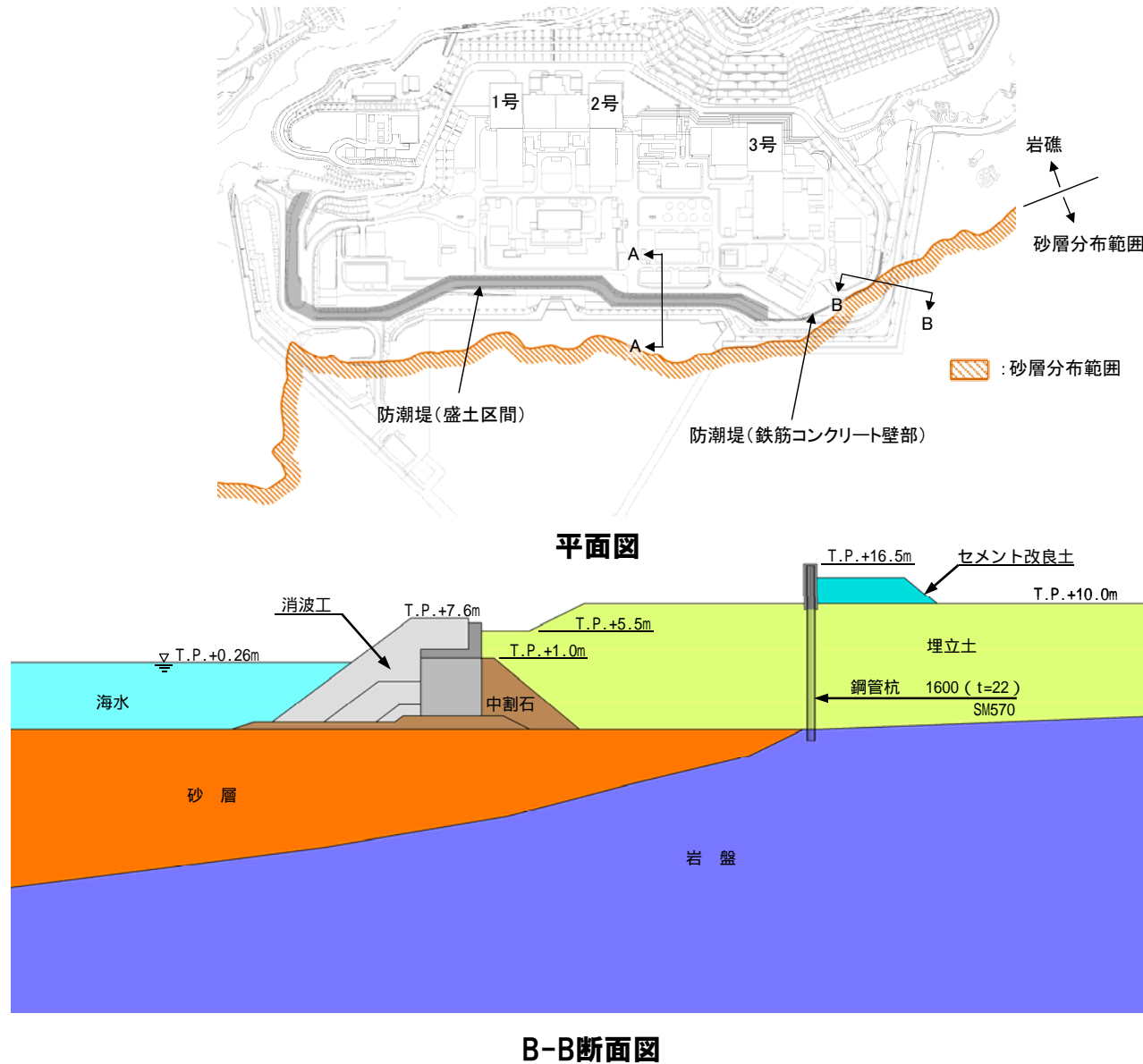
- 防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)の海側に砂層が分布しており、地震時の砂層の液状化による地盤の沈下が懸念される。
- 入力津波の設定における遡上解析に用いる地形条件及び防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)の地震時の評価については、砂層の液状化の影響を考慮した評価が必要である。
- 防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)海側の砂層のデータ拡充に若干時間を要するものもあり、しっかり整理したうえで説明する。

【平成28年10月27日審査会合】

- 砂層については、既往地質調査結果から緩い砂層($N < 20$)及び締まった砂層($N > 50$)により分類し、緩い砂層についてはN値が低いこと等から液状化強度試験に基づく液状化パラメータを設定し、評価を実施していた。
- 締まった砂層については、緩い砂層の下位の深度25m程度以深に分布するN値が概ね50以上の締った砂層であり、既往文献レビュー等から、非液状化層として評価していた。
- 泊発電所の基準地震動の規模、既往地質調査結果の増強等を考慮し、砂層のデータを拡充するために、追加地質調査及び室内試験を行い、砂層の区分及び液状化パラメータの再評価を行っている。
- 液状化対策として、防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)付近の砂層については、海側埋立土の沈下抑制を目的とした地盤改良工事を実施している。
- 今後、砂層の液状化の再評価結果、並びに防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)に対する液状化の影響と対策内容及び評価について説明する。

1. 検討経緯

防潮堤断面図(鉄筋コンクリート壁部)



2. 液状化に関する検討方針

検討方針

【埋立土】

- 埋立土については、防潮堤の設置地盤に分布しており、液状化による影響が防潮堤(セメント改良土盛立部)及び防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)の評価に影響するため、道路橋示方書の適用性を明確にしたうえで、それに基づく液状化判定を行い、支持地盤としての評価及び構造物への影響評価を実施する。

【砂層】

- 砂層については、敷地前面に分布しており、液状化による影響が防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)の評価に影響するため、砂層の区分及び液状化パラメータの再評価を行い、構造物への影響評価を実施する。

2. 液状化に関する検討方針

新規制基準における液状化について

○**实用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に関する規則**
(設計基準対象施設の地盤)

第三条 設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。))にあつては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。)が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。

2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。

○**实用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に関する規則(別記1)**

第3条(設計基準対象施設の地盤)

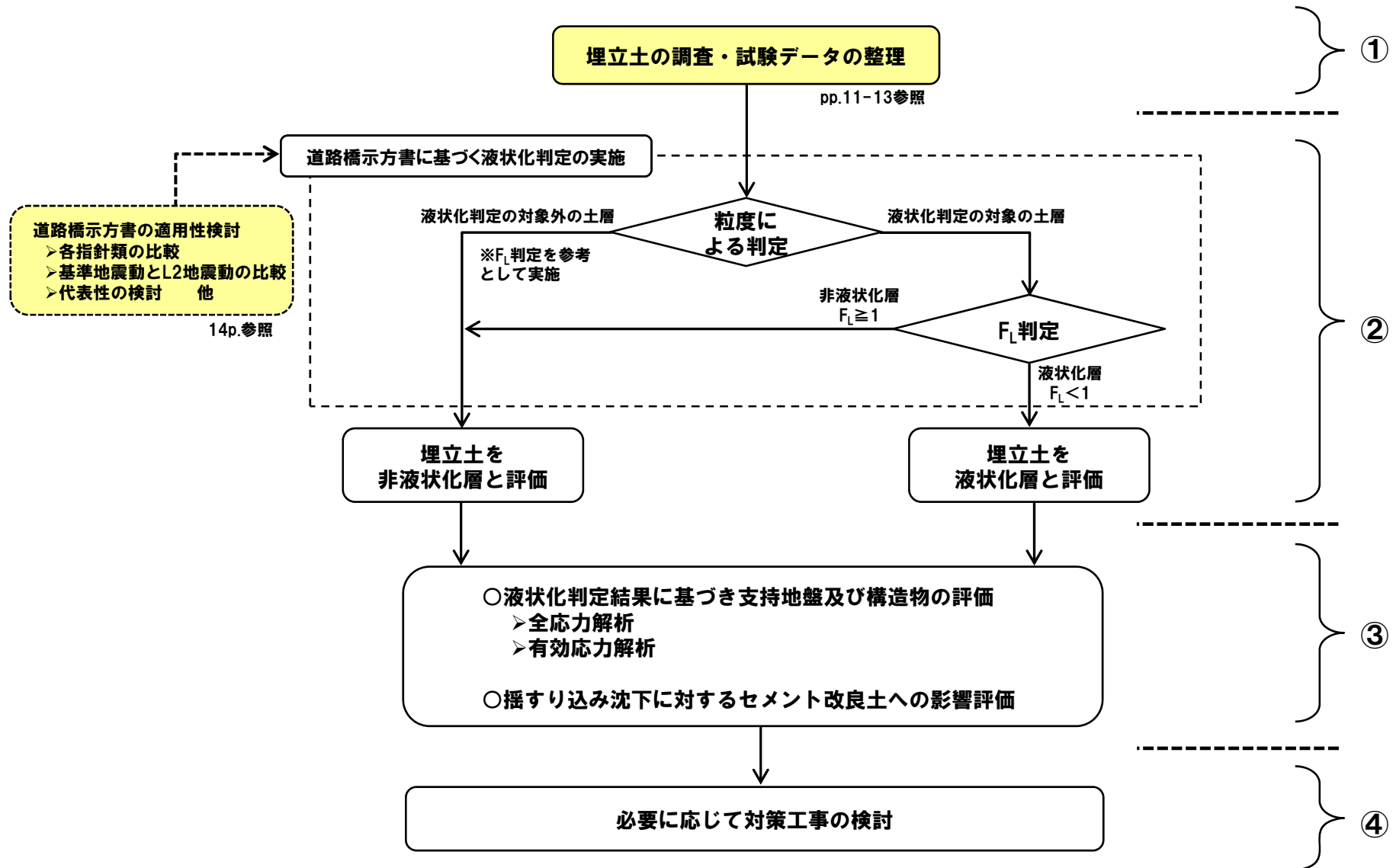
1 第3条第1項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは、設計基準対象施設について、自重及び運転時の荷重等に加え、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する設計であることをいう。

なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。

2 第3条第2項に規定する「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。

3. 埋立土の液状化に関する検討

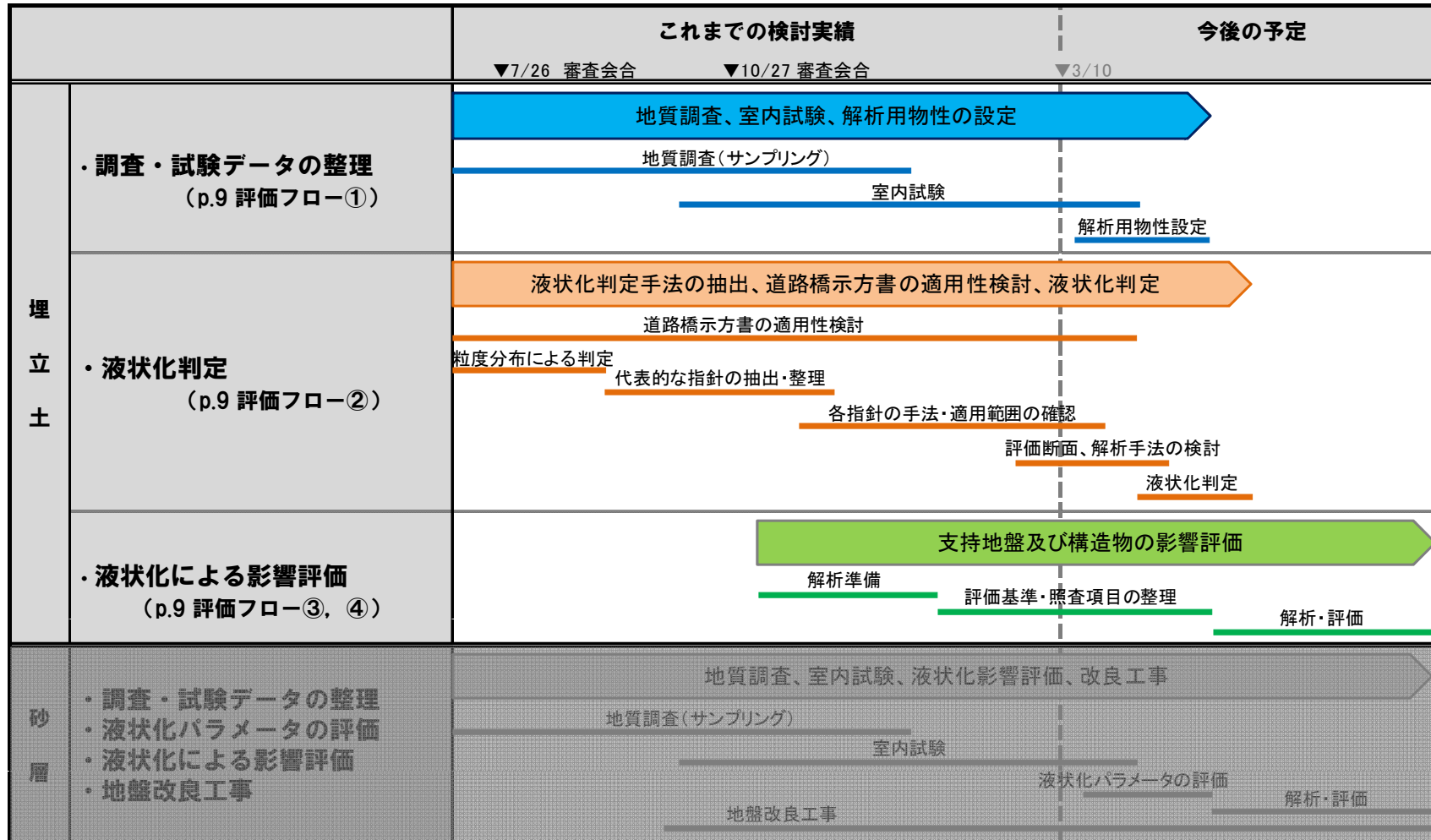
検討方針(評価フロー)



3. 埋立土の液状化に関する検討

検討スケジュール

○埋立土の液状化評価については、調査・試験データの整理と並行して検討を実施している。



3. 埋立土の液状化に関する検討

検討状況(埋立土の調査・試験データの整理)

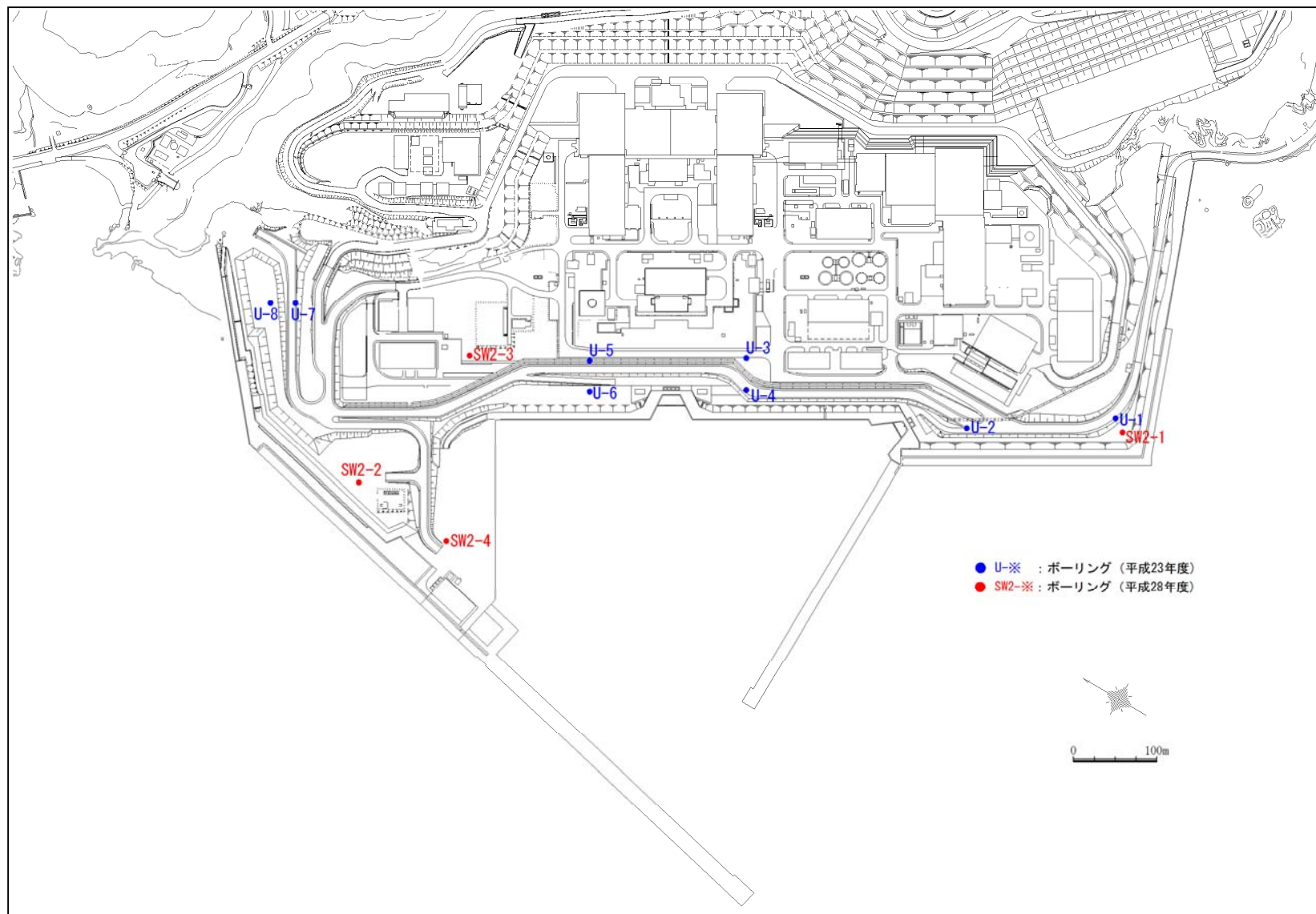
- 埋立土については、平成23年度に地質調査を行っているが、液状化の評価に関して、データ拡充を目的に平成28年度も継続的に地質調査及び室内試験を実施し、現在、取得データの取りまとめを実施している。
- 検討状況は以下のとおりである。

【検討状況】

- 平成28年度に実施した地質調査のうち、原位置試験及び試料採取(終了)
- 平成28年度に実施した室内試験(一部を除き、終了)
- 平成23年及び平成28年に実施した地質調査及び室内試験結果から、埋立土の力学特性、物理特性に関して、妥当性・代表性に着目したデータの整理(実施中)

3. 埋立土の液状化に関する検討

検討状況(地質調査位置)



3. 埋立土の液状化に関する検討

検討状況(室内試験実施状況)

	サンプリング	原位置試験			室内試験				備考	
		N値	密度検層	PS検層	物理特性	強度特性	変形特性	液状化特性		
平成23年度	U-1	-		-			-	-	-	
	U-2			-					-	
	U-3	-		-			-	-	-	
	U-4	-		-		-	-	-	-	
	U-5	-		-			-	-	-	
	U-6			-					-	
	U-7	-		-			-	-	-	
	U-8	-		-			-	-	-	
平成28年度	SW2-1									
	SW2-2	-		-	-	-	-	-	-	
	SW2-3									
	SW2-4									

- :実施済み
- :実施中
- :データ整理中

3. 埋立土の液状化に関する検討

検討状況(道路橋示方書に基づく液状化判定)

- 埋立土の液状化判定については、道路橋示方書に基づき行うことで考えている。
- これまでの検討においては、道路橋示方書に記載の項目のうち、粒度試験による判定のみを行い、液状化判定の対象外として判断していた。
- 現在、液状化判定を行うための埋立土の調査・試験データの整理と併せて、道路橋示方書を用いることの適用性検討として、各指針類の比較を行い、代表性の検討等のデータ拡充を行っているところである。
- 検討状況は以下のとおりである。

【検討状況】

- 代表的な指針類による液状化判定手法の抽出(終了)
 - ・道路橋示方書ほか計10指針類の液状化判定手法のレビュー
- 各指針類において対象となる土質の比較により適用性を確認(実施中)
 - ・各指針類で取り扱っている土質の範囲の比較
- 基準地震動と道路橋示方書に示されているL2地震動の比較により適用性を確認(実施中)
- F_L 法の汎用性検討(実施中)
 - ・道路橋示方書に基づく F_L 法を踏襲している指針類の確認
 - ・大地震を契機とした道路橋示方書の改訂経緯のまとめ
- F_L 値算定に用いる評価断面・解析手法等の検討(実施中)
 - ・液状化特性試験によるRと地盤の応答解析によるLを用いた F_L 値の代表断面における算定

3. 埋立土の液状化に関する検討

今後の予定

【p.9 フロー①】

○埋立土については、平成23年度に地質調査を行っているが、液状化の評価に関して、データ拡充を目的に平成28年度も継続的に地質調査及び室内試験を実施し、現在、取得データの取りまとめを実施している。

【p.9 フロー②】

- これまでの検討においては、道路橋示方書に記載の項目のうち、粒度試験による判定のみを行い、液状化判定の対象外として判断していた。
- 現在、各指針類の比較、基準地震動とL2地震動の比較、代表性の検討等のデータ拡充を行っているところである。
- そのうえで、再度、道路橋示方書により埋立土の液状化判定を実施し、評価をご説明する。

【p.9 フロー③】

○液状化判定結果に基づき、支持地盤及び構造物の評価についてご説明する。

【p.9 フロー③, ④】

○防潮堤(セメント改良土盛立部)の地盤状況の違いによる揺すり込み沈下に対する防潮堤(セメント改良土盛立部)への影響と対策についてご説明する。

4. 砂層の液状化に関する検討

検討状況

- 砂層については、泊発電所における基準地震動の規模を鑑み、液状化層として評価することで考えている。
- 砂層の地質調査については、平成24年度、平成27年度に実施しているが、データ拡充を目的に平成28年度も継続的に地質調査及び室内試験を実施し、現在、取得データの取りまとめを実施している。
- 検討状況は以下のとおりである。

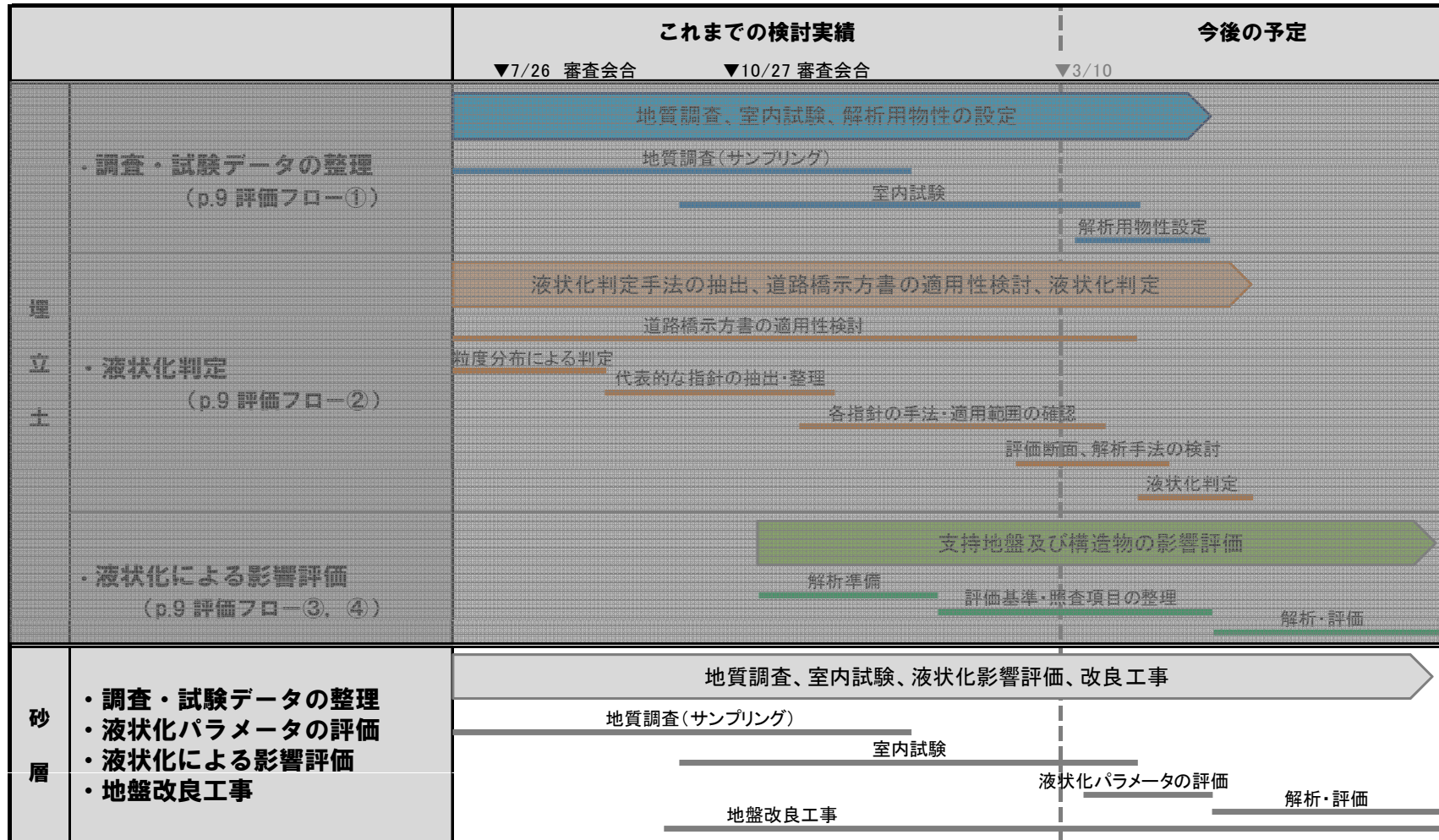
【検討状況】

- 平成28年度に実施した地質調査のうち、原位置試験及び試料採取(終了)
- 平成28年度に実施した室内試験(実施中)
- 平成24年度、平成27年度及び平成28年に実施した地質調査及び室内試験結果から、砂層区分、力学特性、物理特性に関して、妥当性・代表性に着目したデータの整理(実施中)
- ばらつきを考慮した液状化パラメータの整理(実施中)

4. 砂層の液状化に関する検討

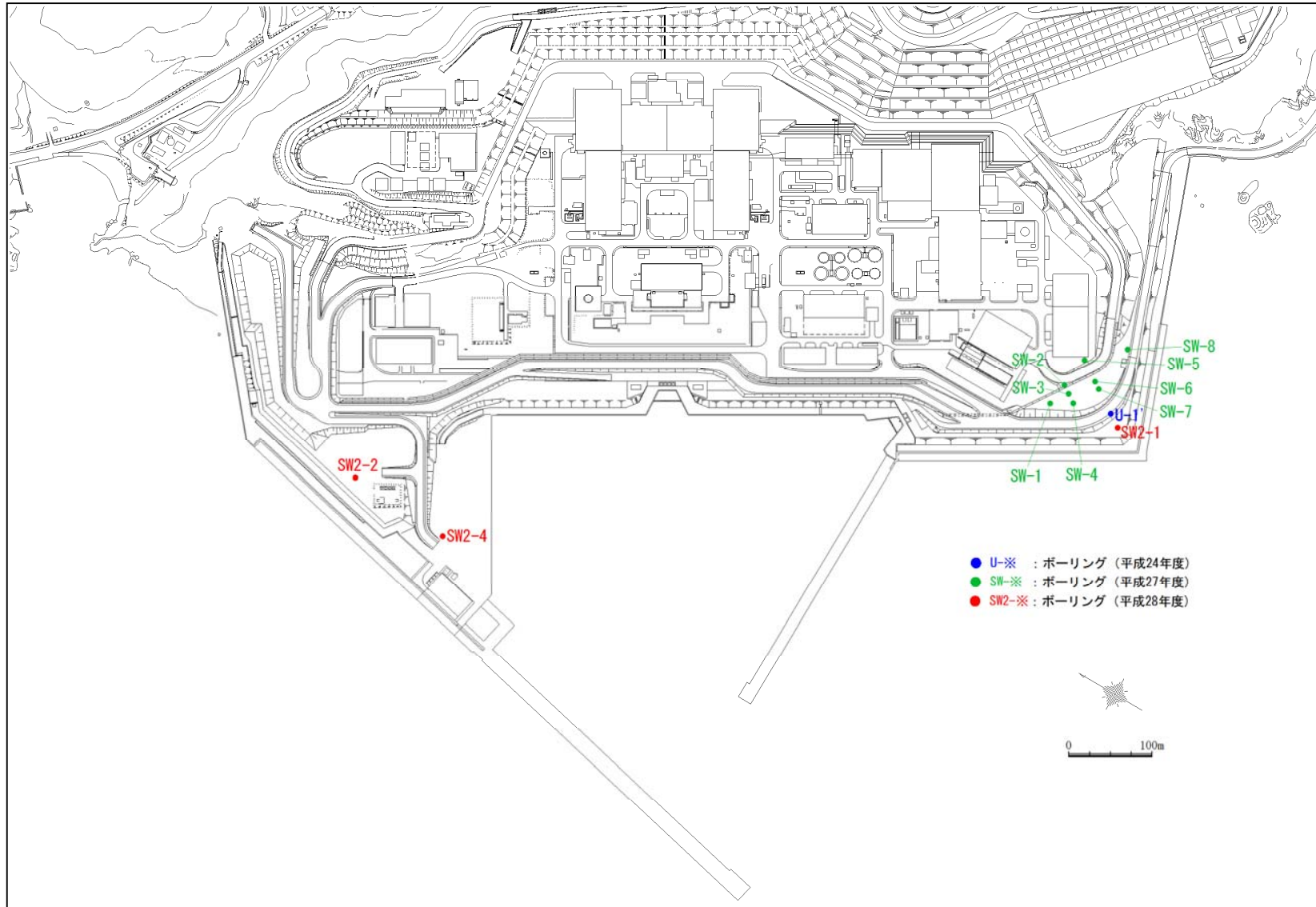
検討スケジュール

○砂層の評価については、調査・試験データの整理と並行して検討を実施している。



4. 砂層の液状化に関する検討

検討状況(地質調査位置)



4. 砂層の液状化に関する検討

検討状況(室内試験実施状況)

	サンプリング	原位置試験			室内試験				備考
		N値	密度検層	PS検層	物理特性	強度特性	変形特性	液状化特性	
平成24年度	U-1'		-						
平成27年度	SW-1	-	-	-	-	-	-	-	
	SW-2	-	-	-	-	-	-	-	
	SW-3	-	-	-	-	-	-	-	
	SW-4		-			-	-		
	SW-5	-	-	-	-	-	-	-	
	SW-6		-			-	-		
	SW-7		-			-	-		
	SW-8	-	-	-	-	-	-	-	
平成28年度	SW2-1								
	SW2-2	-	-	-	-	-	-	-	
	SW2-4								

- :実施済み
- :実施中
- :データ整理中

4. 砂層の液状化に関する検討

今後の予定

- 砂層については平成24年度、平成27年度に地質調査を行っているが、砂層の区分及び液状化パラメータの評価に関して、データ拡充を目的に、平成28年度も継続的に地質調査及び室内試験を実施し、現在、取得データの取りまとめを実施している。
- 今後、取得データのとりまとめ結果を踏まえた、砂層区分及び液状化パラメータの妥当性についてご説明する。
- また、防潮堤(鉄筋コンクリート壁部)に対する液状化の影響及び沈下抑制を目的とした地盤改良工事の内容及び評価についてご説明する。

補足資料

液状化判定における道路橋示方書の適用性検討状況

- 比較対象の選定
 - 次頁の比較表のとおりである。
- 代表的な液状化判定方法の抽出
 - 道路橋示方書に基づく液状化判定法(F_L 法)を踏襲している指針が多い。
※ F_L 法はせん断抵抗力 R とせん断力 L の比較を行うもの。
- FL法の適用方法
 - F_L 法の適用に当たっては、簡易法のほかに液状化強度 R は液状化特性試験から求め、外力 L を地盤の応答解析から求める詳細法がある。
- 道路橋示方書の主な改訂・検証
 - 道路橋示方書は、大地震を契機として、内容の検証が適宜、行われ変遷している。
 - ・ F_L 法の導入(1964年新潟地震)
 - ・L2地震動による判定の追加(1995年兵庫県南部地震)
 - ・ F_L 法の検証(2011年東北地方太平洋沖地震)

液状化判定における道路橋示方書と他指針類の比較

比較対象一覧

指針類	対象構造物	制定年月／機関名
道路橋示方書 V耐震設計編	道路橋	平成24年3月／(公社)日本道路協会
港湾の施設の技術上の基準・同解説	港湾施設	平成24年8月／(公社)日本港湾協会
建築基礎構造設計指針	建築物	平成13年10月／(一社)日本建築学会
鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)	鉄道構造物	平成24年9月／(公財)鉄道総合技術研究所
危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示	屋外貯蔵タンク	昭和49年／自治省
高圧ガス設備等耐震設計指針 レベル2耐震性能評価	高圧ガス設備	平成19年／高圧ガス保安協会
水道施設耐震工法指針・解説	水道施設	平成21年／(公社)日本水道協会
下水道施設の耐震対策指針と解説	下水道施設	平成26年5月／(公社)日本下水道協会
共同溝設計指針	共同溝	昭和61年3月／(公社)日本道路協会
河川構造物の耐震性能照査指針・解説 I.共通編	河川構造物	平成24年2月／国土交通省

道路橋示方書の適用性

2011年東北地方太平洋沖地震時の事例レビューによるF_L法の検証

- 「液状化対策技術検討会」検討成果(平成23年8月31日, 国土交通省・液状対策技術検討会)
 - 2011年東北地方太平洋沖地震における液状化現象の発生と被害を受けて, 国土交通省が関係学会・関係研究機関と連携して設置した検討会の成果を取りまとめたもの。
 - 各社会基盤施設等に共通する技術的事項として, 各地点で液状化発生の可能性の有無を判定する代表的な液状化判定法であるF_L法の検証を中心に検討を進めている。



- 2011年東北地方太平洋沖地震を契機として道路橋示方書のF_L法に関する検証が行われている。

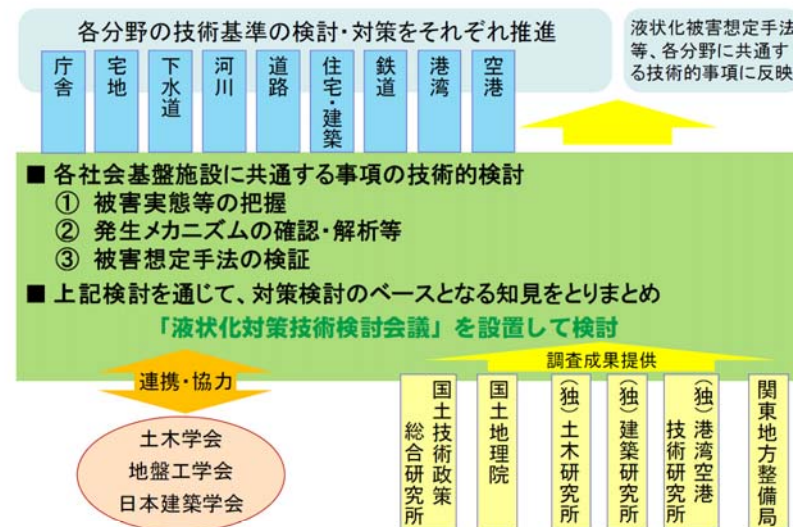


図 1-1 検討体制

道路橋示方書の適用性

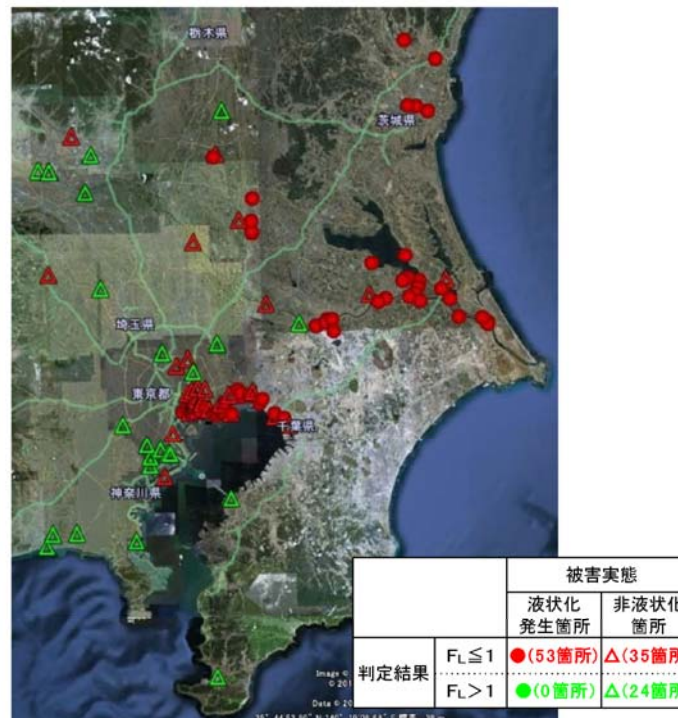
2011年東北地方太平洋沖地震時の事例レビューによる F_L 法の検証

○液状化対策技術検討会による F_L 法の検討結果

- 検討対象箇所を対象として、2011年東北地方太平洋沖地震時の地震を外力として用いて F_L 法による液状化判定を実施している。
- 液状化発生箇所で F_L 値を求めると、「液状化しない($F_L > 1$)」と判定される「見逃し」(●)はなかった。



○ F_L 法は保守的な検討結果を与えることが示されている。



国土交通省 液状対策技術検討会資料より抜粋