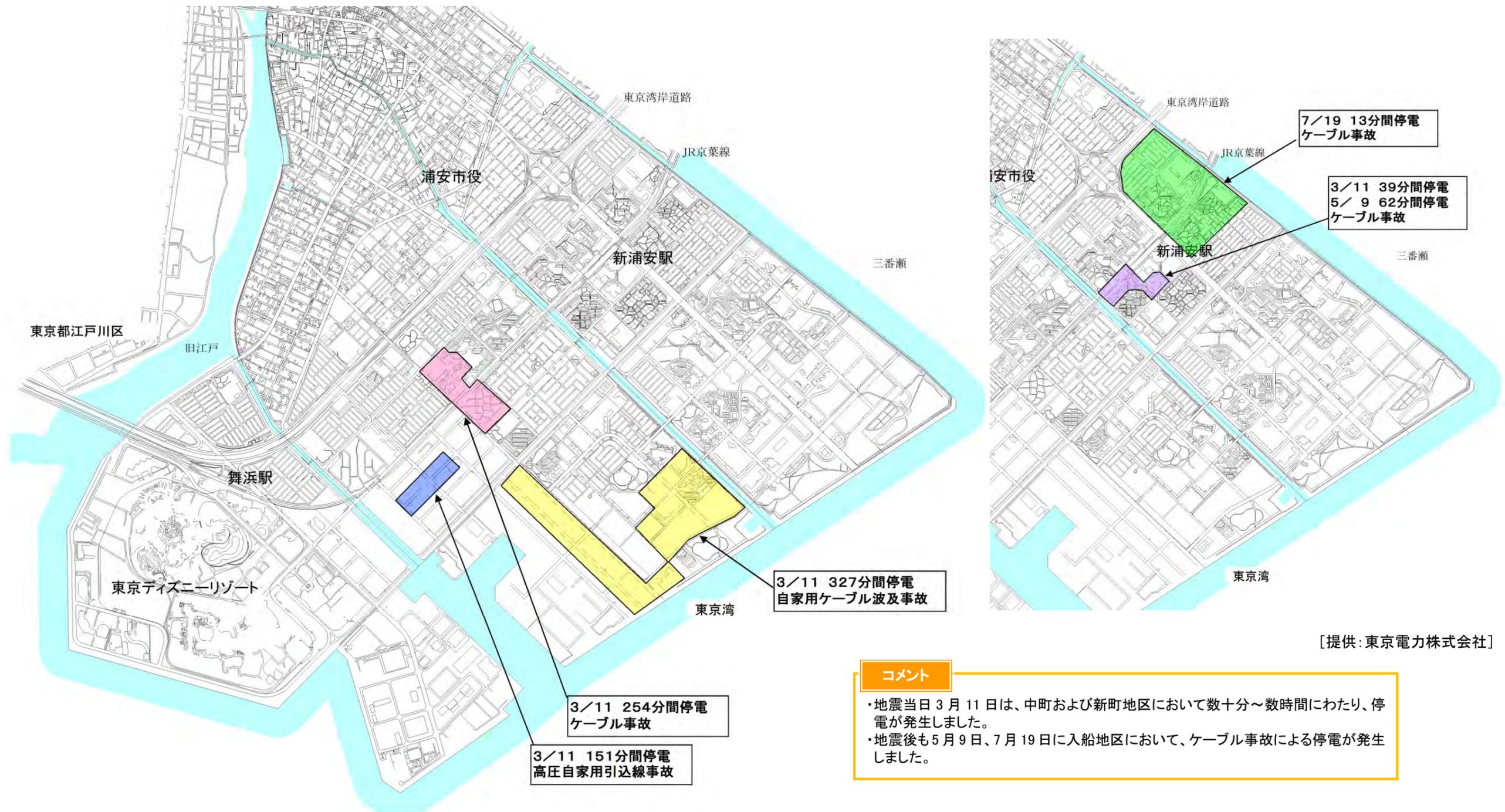


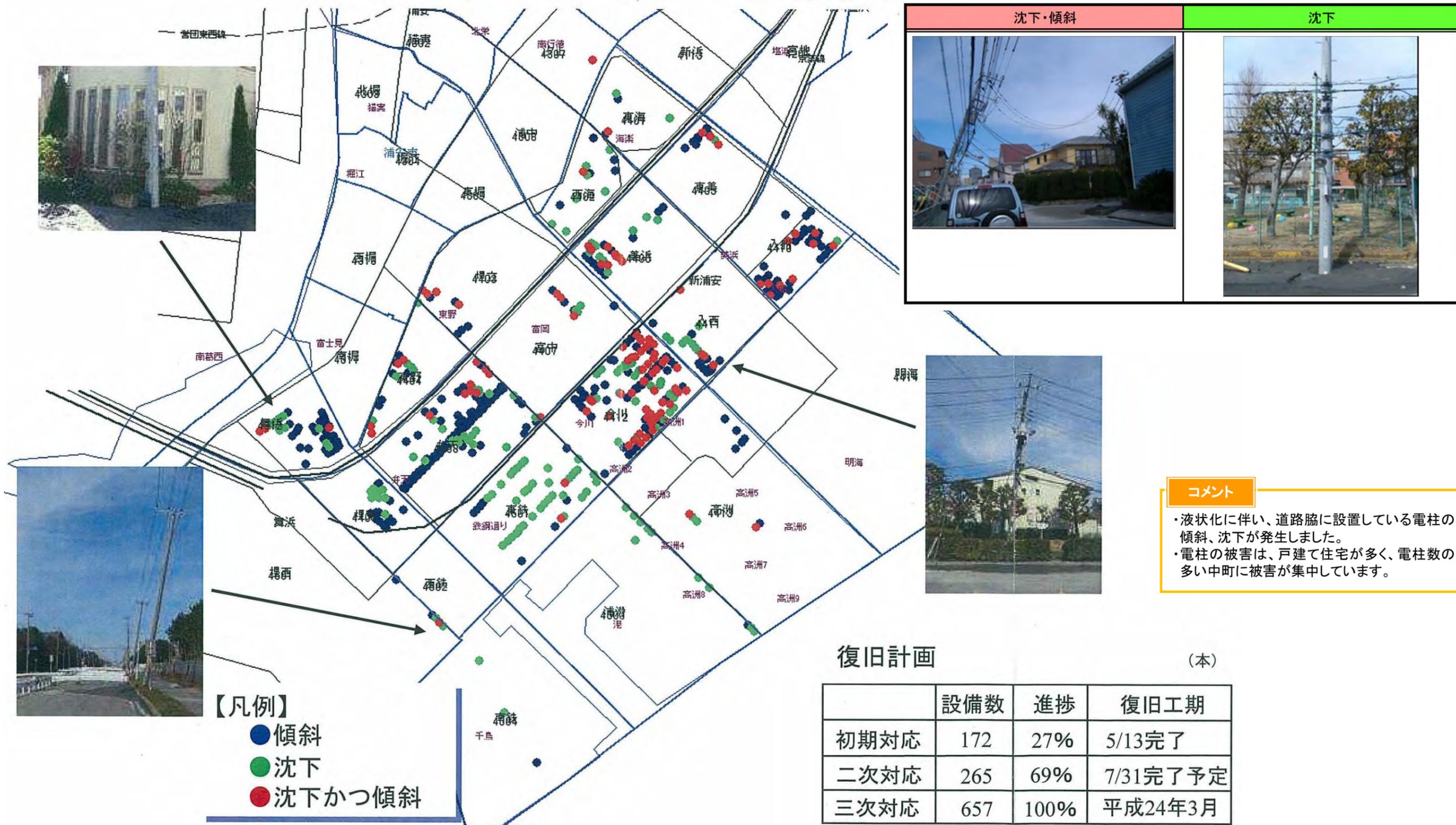
電気施設被害状況資料（その1）

（1）停電状況



電気施設被害状況資料（その2）

(2) 電柱被害状況

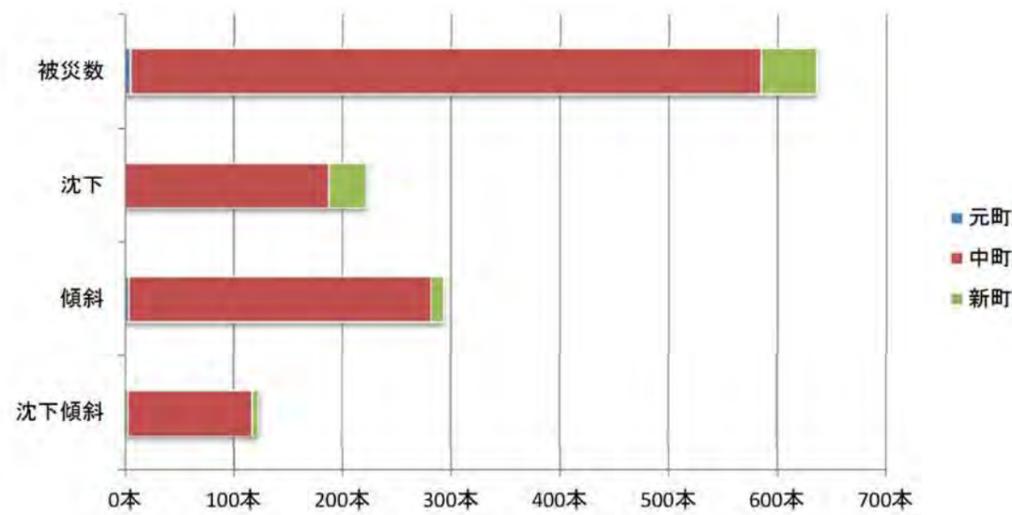


[提供: 東京電力株式会社]

電気施設被害状況資料（その3）

電柱被害状況

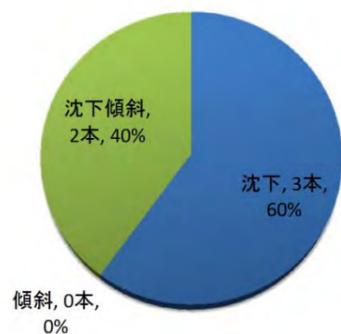
対象施設	内容	元町			中町			新町			中町・新町計			合計		
		数量	内容別 ③/②	地区別 ②(③)/①	数量	内容別 ③/②	地区別 ②(③)/①	数量	内容別 ③/②	地区別 ②(③)/①	数量	内容別 ③/②	地区別 ②(③)/①	数量	内容別 ③/②	被災率 ②(③)/①
電柱	施設数※①	3,000本	—	—	2,934本	—	—	558本	—	—	3,492本	—	—	6,492本	—	—
	被災数※②	5本	—	0.2%	580本	—	19.8%	51本	—	9.1%	631本	—	18.1%	636本	—	9.8%
	傾斜※③	3本	60.0%	0.1%	278本	47.9%	9.5%	12本	23.5%	2.2%	290本	46.0%	8.3%	293本	46.1%	4.5%
	沈下※③	本	0.0%	0.0%	187本	32.2%	6.4%	34本	66.7%	6.1%	221本	35.0%	6.3%	221本	34.7%	3.4%
	沈下傾斜※③	2本	40.0%	0.1%	115本	19.8%	3.9%	5本	9.8%	0.9%	120本	19.0%	3.4%	122本	19.2%	1.9%



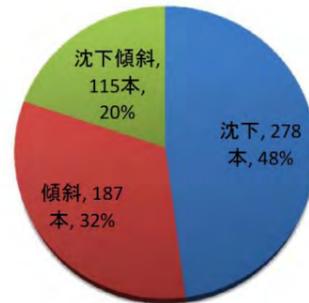
地区別電柱被害数



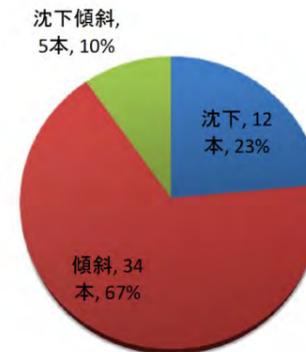
地区別電柱被害割合



元町電柱被害割合



中町電柱被害割合



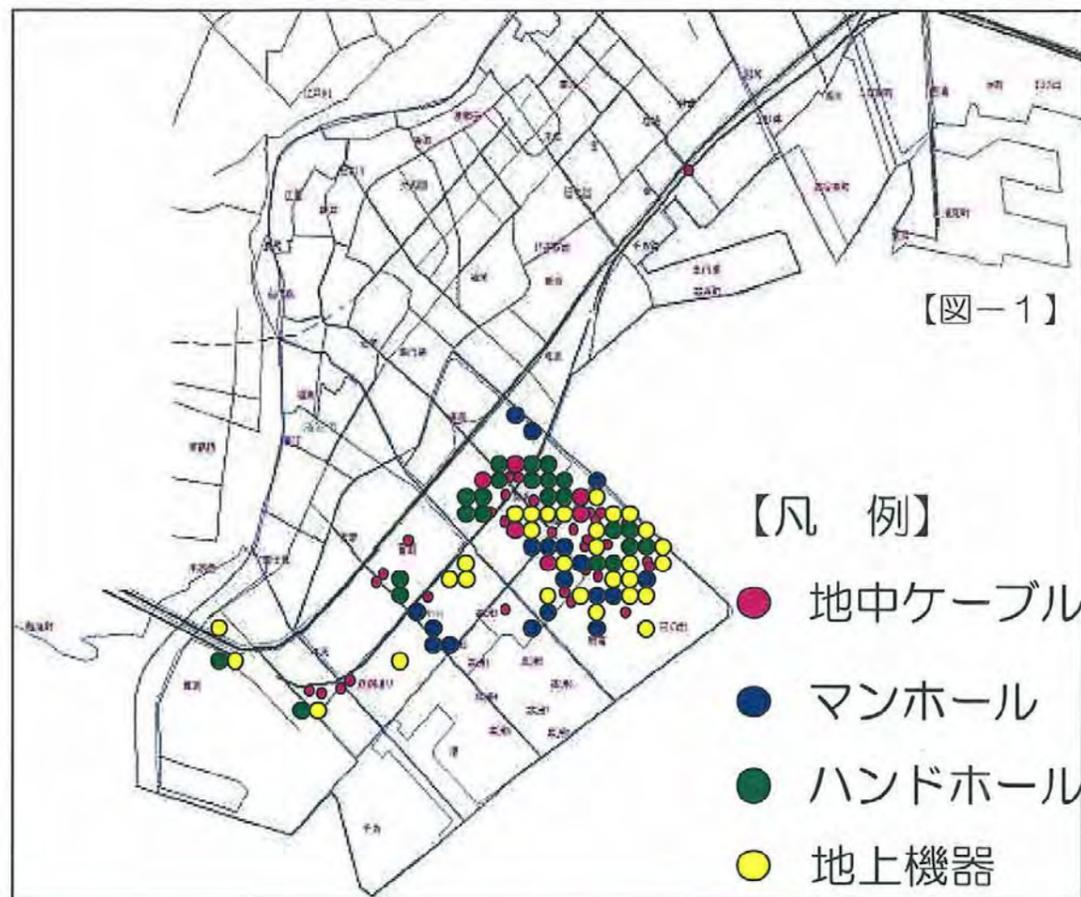
新町電柱被害割合

コメント

- ・電柱の被害は、液状化に伴う傾斜、沈下です。
- ・液状化の発生が少ない元町の被害は少なく、電柱本数が多い中町に被害が集中しています。また、被災率も約 20% と他の地区に比べ高いことから、液状化による道路の被害が大きいと想定されます。

[提供:東京電力株式会社]

（3）電気設備被害状況



【図-2】



＜設備別被災状況と復旧工期＞ 【表-1】

設備名	被災数	復旧工期
地中ケーブル	38本	平成24年3月
マンホール	18箇所	平成24年3月
ハンドホール	23箇所	平成24年3月
地上機器	30箇所	平成24年3月

*平成23年7月15日現在

【図-4】

【図-3】



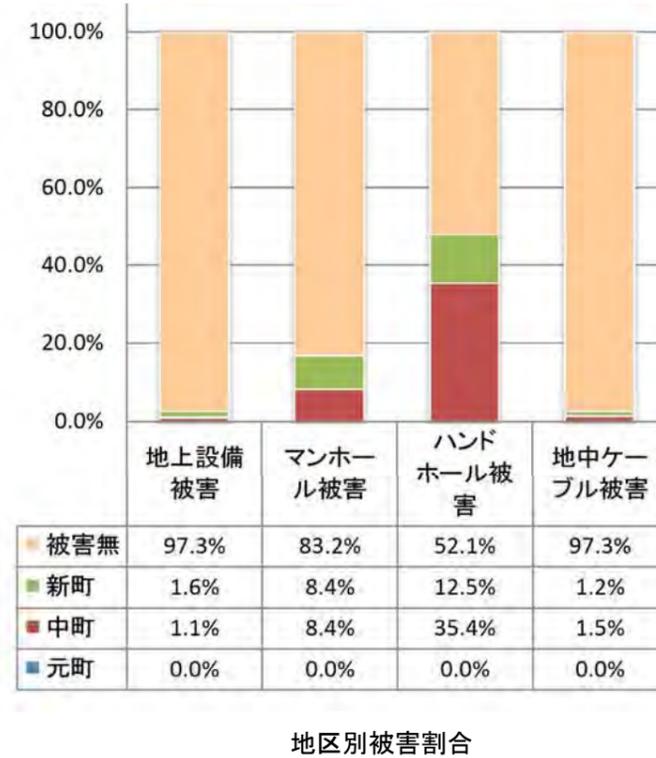
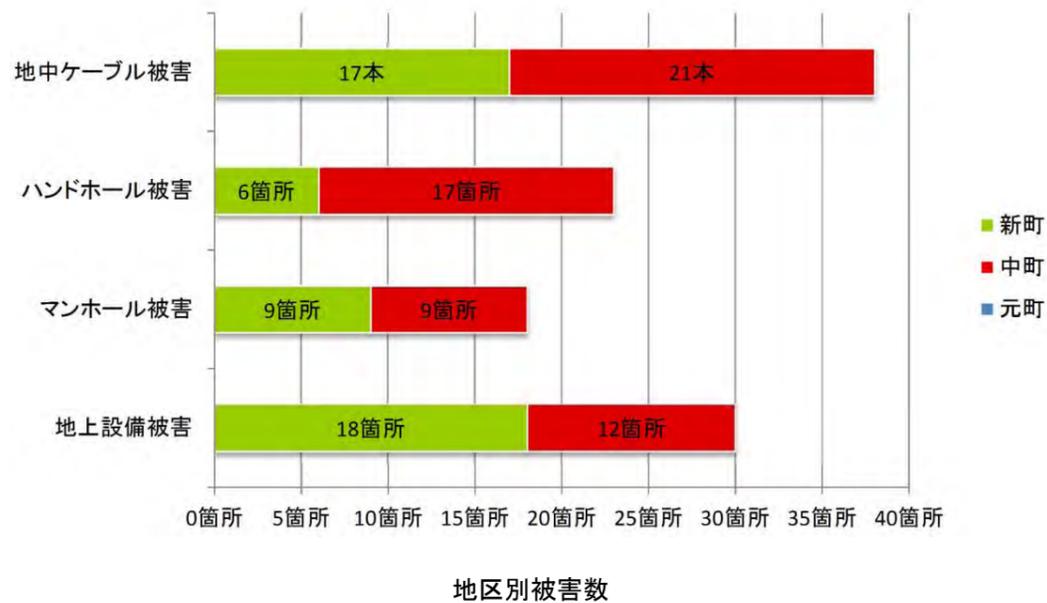
【図-5】



電気施設被害状況資料（その5）

電気設備被害状況

対象施設		元町			中町			新町			中町・新町計			合計	
		数量	地区別 ②/①	被災率 ②/③	数量	地区別 ②/①	被災率 ②/③	数量	地区別 ②/①	被災率 ②/③	数量	地区別 ②/①	被災率 ②/③	数量 ※③	被災率 ②/③
地中ケーブル	施設数※①	348本	—	—	476本	—	—	571本	—	—	1047本	—	—	1,395本	—
	被災数※②	0本	0.0%	0.0%	21本	4.4%	1.5%	17本	3.0%	1.2%	38本	3.6%	2.7%	38本	2.7%
マンホール	施設数※①	2箇所	—	—	20箇所	—	—	26箇所	—	—	46箇所	—	—	48箇所	—
	被災数※②	0箇所	0.0%	0.0%	9箇所	45.0%	18.8%	9箇所	34.6%	18.8%	18箇所	39.1%	37.5%	18箇所	37.5%
ハンドホール	施設数※①	1箇所	—	—	26箇所	—	—	80箇所	—	—	106箇所	—	—	107箇所	—
	被災数※②	0箇所	0.0%	0.0%	17箇所	65.4%	15.9%	6箇所	7.5%	5.6%	23箇所	21.7%	21.5%	23箇所	21.5%
地上機器	施設数※①	415箇所	—	—	130箇所	—	—	571箇所	—	—	701箇所	—	—	1,116箇所	—
	被災数※②	0箇所	0.0%	0.0%	12箇所	9.2%	1.1%	18箇所	3.2%	1.6%	30箇所	4.3%	2.7%	30箇所	2.7%



コメント

- ・地中ケーブルの被害は、中町、新町で発生しています。
- ・マンホール、ハンドホール、地上機器も地中ケーブルと同様に中町の被災率が高い傾向にあります。

[提供：東京電力株式会社]

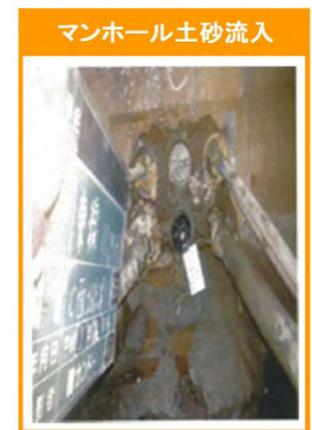
NTT被害状況資料（その1）

（1）被害状況



コメント

- ・電柱の被害は、液状化に伴う沈下、傾斜が2,424本中308本発生し、戸建て住宅が多く、電柱数が多い中町地区に電柱の被害が集中しています。
- ・集合住宅の引き込み部においてケーブルの損傷が発生しました。



- 傾斜
- 沈下
- 傾斜+沈下
- その他(ひび割れ、剥離、損壊等)
- ▲ 集合住宅引き込みケーブル

[提供: 東日本電信電話株式会社]

NTT被害状況資料（その2）

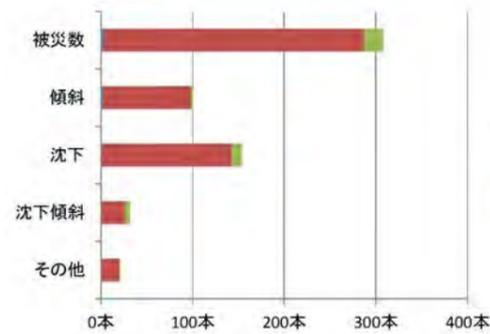
（2）被害状況分析

NTT施設被害状況

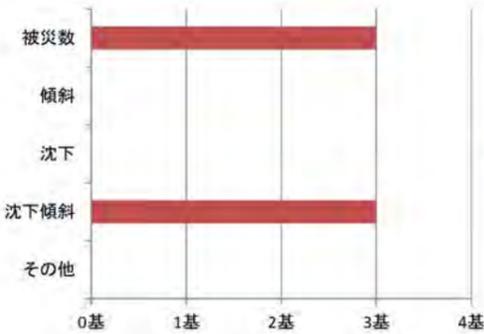
対象施設	内容	元町		中町		新町		中町・新町計				合計														
		供架柱	単独柱	計	内容別 ②/①	被災率 ②(①)/③	供架柱	単独柱	計	内容別 ②/①	被災率 ②(①)/③	供架柱	単独柱	計	内容別 ②/①	被災率 ②(①)/③	供架柱	単独柱	計※③	内容別 ②/①	被災率 ②(①)/③					
電柱	施設数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,424本	—	—				
	被災数※①	3本	0本	3本	—	0.1%	252本	32本	284本	—	11.7%	20本	1本	21本	—	0.9%	272本	33本	305本	—	12.6%	275本	33本	308本	—	12.7%
	傾斜※②	2本	0本	2本	66.7%	0.1%	70本	26本	96本	33.8%	4.0%	3本	0本	3本	14.3%	0.1%	73本	26本	99本	32.5%	4.1%	75本	26本	102本	33.1%	4.2%
	沈下※②	1本	0本	1本	33.3%	0.0%	141本	1本	142本	50.0%	5.9%	11本	0本	11本	52.4%	0.5%	152本	1本	153本	50.2%	6.3%	153本	1本	164本	53.2%	6.8%
	沈下傾斜※②	0本	0本	0本	0.0%	0.0%	26本	0本	26本	9.2%	1.1%	5本	1本	6本	28.6%	0.2%	31本	1本	32本	10.5%	1.3%	31本	1本	38本	12.3%	1.6%
	その他※②	0本	0本	0本	0.0%	0.0%	15本	5本	20本	7.0%	0.8%	1本	0本	1本	4.8%	0.0%	16本	5本	21本	6.9%	0.9%	16本	5本	22本	7.1%	0.9%
光アクセス装置 F	施設数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17基	—	—	
	被災数※①	—	—	0基	—	0.0%	—	—	3基	—	17.6%	—	—	0基	—	0.0%	—	—	3基	—	17.6%	—	—	3基	—	17.6%
	傾斜※②	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%
	沈下※②	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%
	沈下傾斜※②	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	3基	100.0%	17.6%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	3基	100.0%	17.6%	—	—	3基	100.0%	17.6%
その他※②	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	—	—	0基	0.0%	0.0%	
集合住宅引込み ケーブル	施設数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,112条	—	—	
	被災数※①	—	—	0条	—	0.00%	—	—	8条	—	0.09%	—	—	4条	—	0.04%	—	—	12条	—	0.13%	—	—	12条	—	0.13%
	メタル※②	—	—	0条	0.0%	0.00%	—	—	5条	62.5%	0.05%	—	—	2条	50.0%	0.02%	—	—	7条	58.3%	0.08%	—	—	7条	58.3%	0.08%
光※②	—	—	0条	0.0%	0.00%	—	—	3条	37.5%	0.03%	—	—	2条	50.0%	0.02%	—	—	5条	41.7%	0.05%	—	—	5条	41.7%	0.05%	

NTT埋設施設被害状況

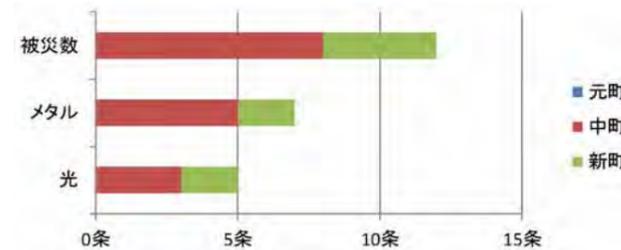
対象施設	被災状況	被災状況	
		数量	被災率
地中ケーブル	施設数	76スパン	—
	被災数	27スパン	35.5%
	4号マンドレル不通過	2スパン	2.6%
	3号マンドレル不通過	13スパン	17.1%
	ロード通線不通過	12スパン	15.8%
マンホール	施設数	200個	—
	首部不良	72個	36.0%
	本体不良	36個	18.0%
	ダクト不良	39個	19.5%
土砂流入	23個	11.5%	



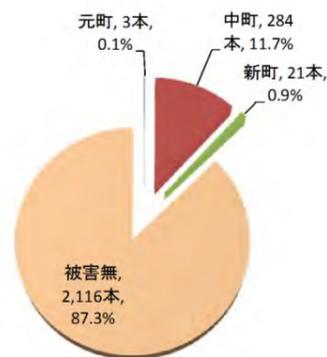
地区別電柱被害数



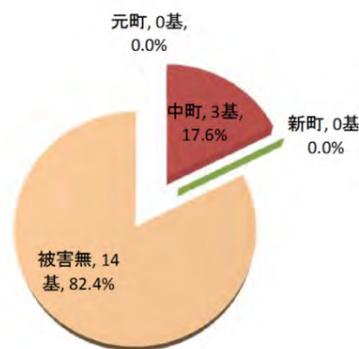
地区別光アクセス被害数



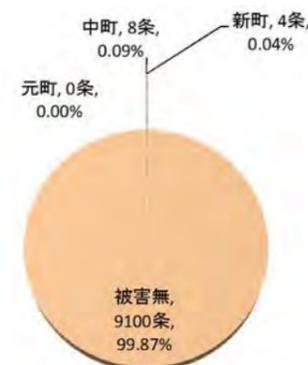
地区別集合住宅引込み被害数



地区別電柱被害割合



地区別光ケーブル被害割合



地区別集合住宅引込み被害割合

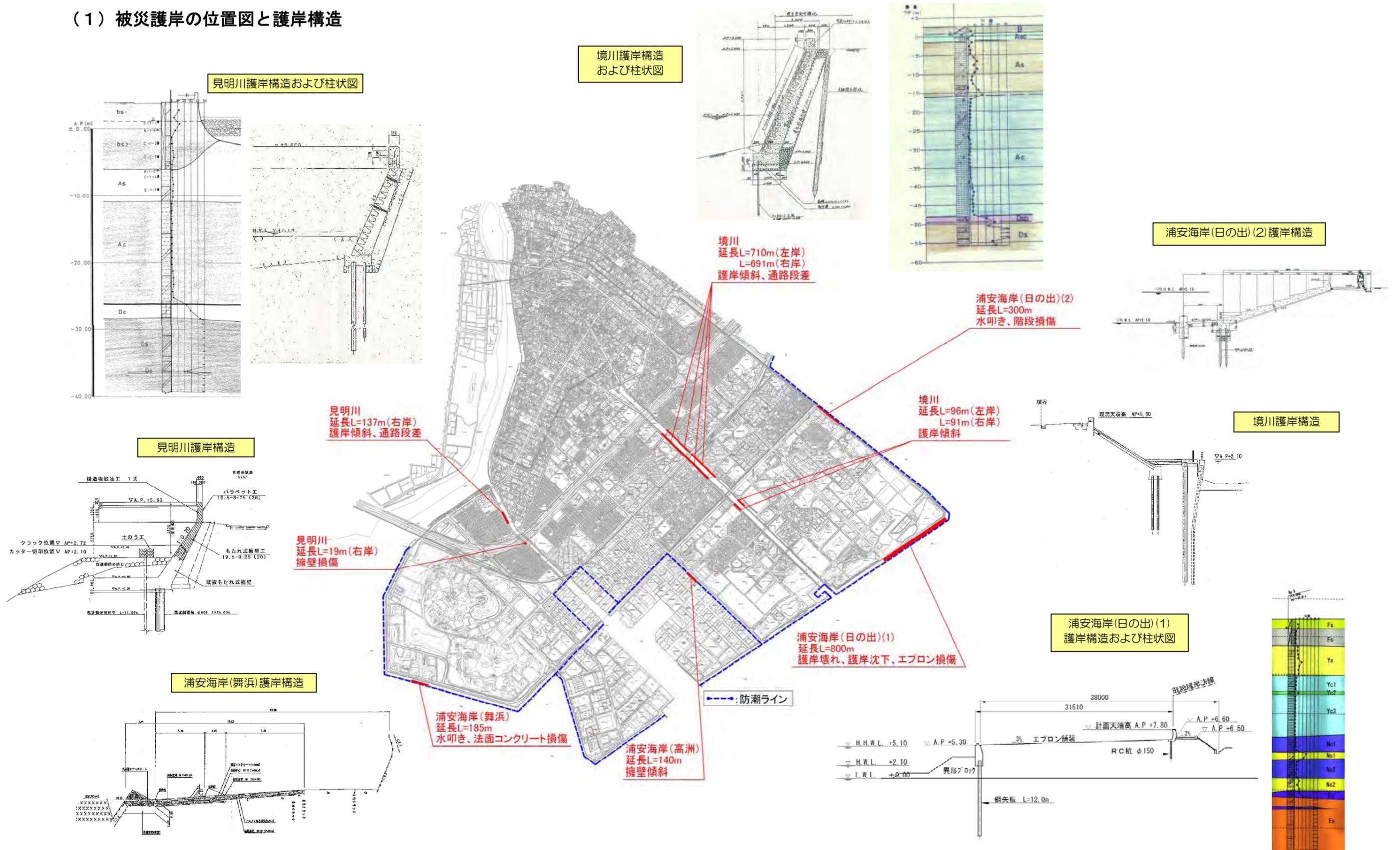
コメント

- ・電柱の被害は、液状化に伴う沈下、傾斜が大半を占めており、被災率は約13%です。
- ・戸建て住宅が多く、電柱数の多い中町に被害が集中しています。
- ・光アクセス装置は、中町で沈下傾斜の被害が発生し、被災率は約18%です。
- ・新町の明海、日の出地区は、地中化されており、地中ケーブルがマンホールの接続部で損傷し、マンホールも首部、本体、ダクト部でクラック等の被害が発生しました。
- ・一部マンホール内への土砂流入も発生しています。

[提供: 東日本電信電話株式会社]

護岸の被害状況資料 (その1)

(1) 被災護岸の位置図と護岸構造



護岸の被害状況資料（その2）

（2）損傷状況一覧

損傷パターン	損傷部位	被害写真		
①護岸本体の傾斜	重力式護岸本体	 <p data-bbox="1169 884 1288 919">(見明川)</p>	 <p data-bbox="1703 884 2027 919">(浦安海岸 (日の出(1)))</p>	
②ブロック積護岸のはらみだし	コンクリートブロック	 <p data-bbox="1169 1337 1288 1373">(見明川)</p>		
③沈下	護岸 背後地エプロン	 <p data-bbox="1169 1791 1288 1827">(見明川)</p>	 <p data-bbox="1792 1791 1887 1827">(境川)</p>	 <p data-bbox="2386 1791 2481 1827">(境川)</p>

護岸の被害状況資料（その3）

損傷パターン	損傷部位	被害写真		
④舗装の損壊	エプロン舗装	 <p>(浦安海岸（日の出）)</p>  <p>(浦安海岸（日の出）)</p>	 <p>(浦安海岸（日の出）(1))</p>	 <p>(浦安海岸（日の出）)</p>

護岸の被害状況資料（その4）

（3） 損傷パターンの整理

1. 液状化に伴う側方流動により護岸本体が海側へ変位し、天端および背後地の沈下、エプロンの損傷が生じている（日の出）。

浦安海岸(日の出)では、背後の墓地公園の緩い砂地盤の側方流動により護岸が押され、舗装が損傷したと考えられる

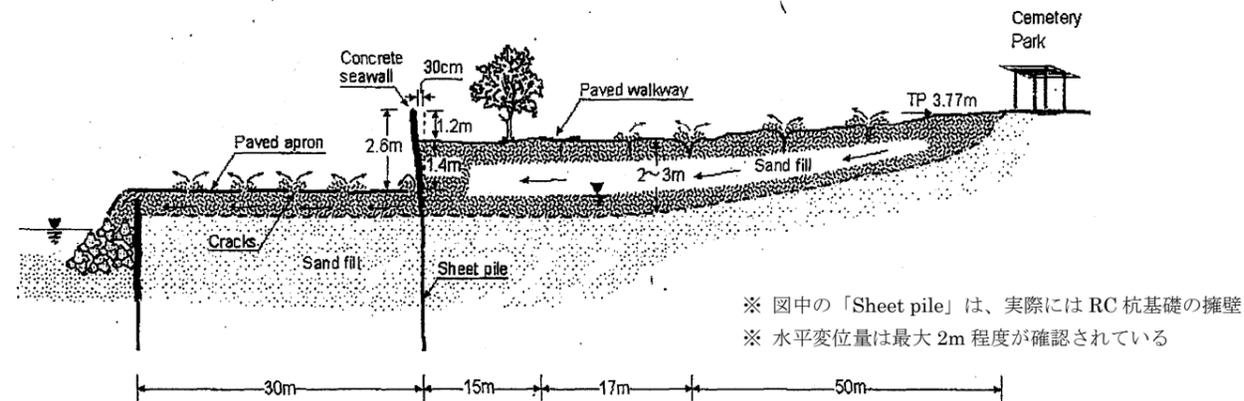


Figure 23 A conceptual picture of the lateral spreading at the seaside zone in the south of the Cemetery Park, Urayasu .



(c) Damage at the edge of the apron - a view to the west

※ 「Characteristics of Liquefaction-Induced Damage in the 2011 Great East Japan Earthquake K.Ishihara,K.Araki,B.Bradley ; Geotec Hanoi 2011 October ISBN 978-604-82-000-8」より抜粋

浦安海岸(日の出)の被災前後の地盤面の標高を比較すると、背後の墓地公園部が沈下してエプロン舗装部が隆起している。これは、側方流動によって土砂が海側に移動した可能性を示唆していると考えられる。



図2-4 各断面の標高変位と航空写真の重ね合わせ

2. 地震による護岸本体の傾斜、損傷、また液状化による背後地の沈下が生じている。

護岸の被害状況資料（その5）

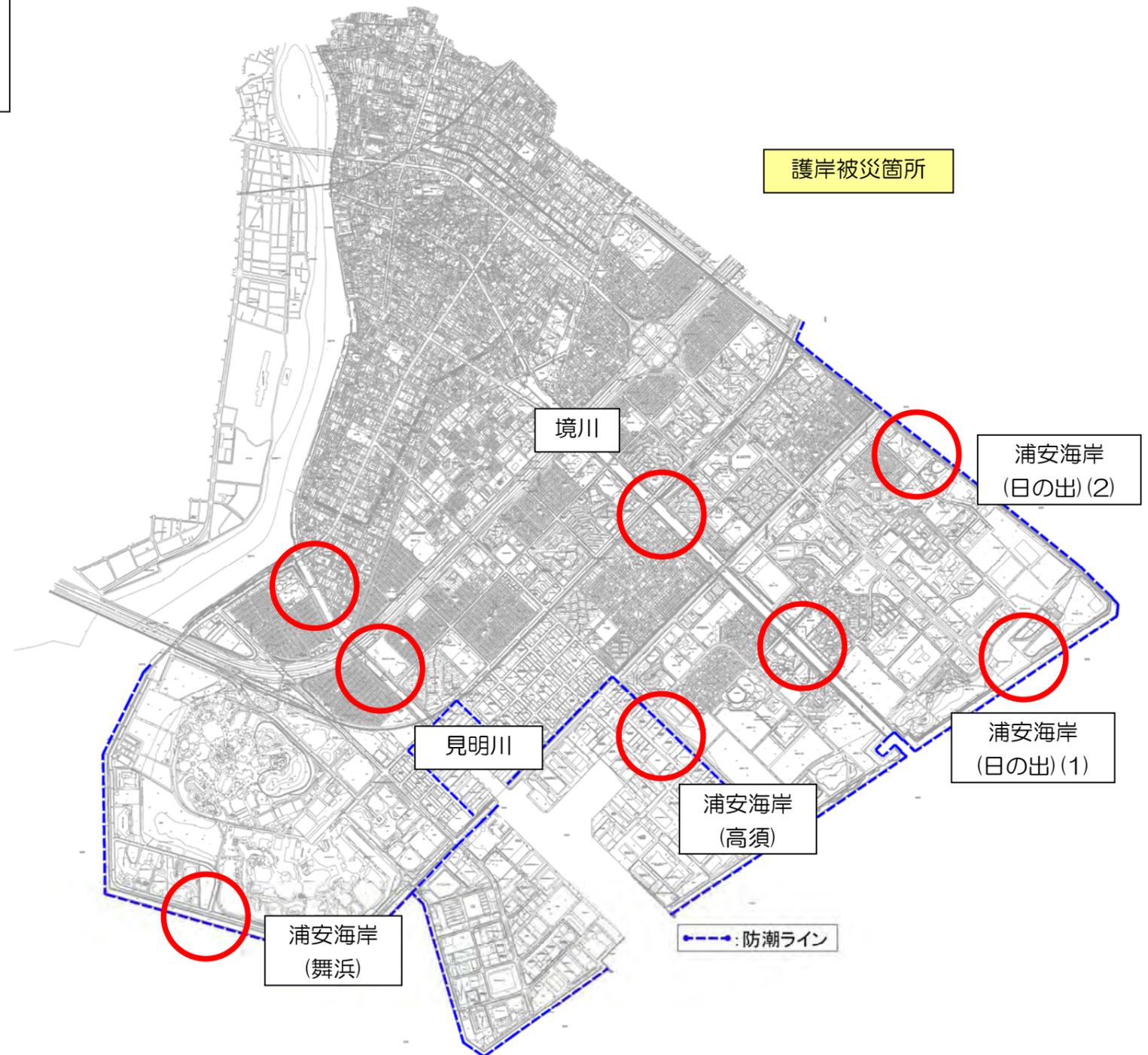
（4）海岸保全施設としての被害状況およびまとめ

被災した境川、見明川、浦安海岸(日の出)(1)、浦安海岸(高須)では、「被災前より天端高が低くなった」、「本体構造の変位、傾斜が生じて安定性に問題がある」といった問題が生じており、復旧が必要な状態となっている。浦安海岸(舞浜)、浦安海岸(日の出)(2)では、水たたき、法面コンクリートの損傷等の軽微な被災であった。

被災護岸	海岸保全施設としての被害状況	
	天端高	構造物の安定性
見明川	護岸の天端高はほとんど沈下していない	本体が傾斜、損傷しており安定性に問題がある
境川	被災後の護岸の天端高が被災前より10～20cm程度低くなっている	本体が傾斜、損傷しており安定性に問題がある
浦安海岸(日の出)(1)	被災後の護岸の天端高が被災前より70cm程度低くなっている	本体の変位および地盤の変形が生じており、安定性に問題がある
浦安海岸(日の出)(2)	水たたき、階段コンクリートが被災した程度で、天端高はほとんど沈下していない	護岸本体は特に被災していないため安定している
浦安海岸(舞浜)	水たたき、法面コンクリートが被災した程度で護岸の天端高はほとんど沈下していない	護岸本体は特に被災していないため安定している
浦安海岸(高須)	被災後の擁壁の天端高が被災前より10cm程度低くなっている	本体が傾斜しており安定性に問題がある

まとめ

- ① 液状化に伴う側方流動により護岸本体が海側へ変位し、天端および背後地の沈下、エプロンの損傷が生じている（日の出）。
- ② 被災の程度は比較的軽微なものが多く、構造物の倒壊といった致命的な被災は見られなかった。
- ③ 背後地の液状化による側方流動が主原因となった浦安海岸(日の出)では、サンドコンパクションパイルによる液状化対策の実施が予定されている。



公園被害状況資料（その1）

1. 公園の概要

(1) 浦安市の公園数

表-1.1 浦安市の公園総数（0.25ha以上）
（各年3月31日現在）

年次	総数		街区公園		近隣・地区公園		運動公園		総合公園		人口一人当たり公園面積㎡	市域に対する割合%
	園数	面積ha	園数	面積ha	園数	面積ha	園数	面積ha	園数	面積ha		
平成17年 2005	111	58.68	99	15.10	11	25.40	1	18.18	-	-	3.92	3.46
18 2006	114	61.63	100	15.19	13	28.26	1	18.18	-	-	4.04	3.63
19 2007	117	69.88	101	15.44	14	31.26	1	18.18	1	5.0	4.51	4.12
20 2008	119	76.55	103	15.71	14	33.16	1	18.18	1	9.5	4.89	4.51
21 2009	119	80.25	103	15.71	14	33.16	1	18.18	1	13.2	4.93	4.73
22 2010	122	80.59	106	16.05	14	33.16	1	18.18	1	13.2	4.91	-

資料 みどり公園課

(2) 公園の防災機能

公園の要求される都市防災機能には「災害時の避難地・避難路」、「火災時の延焼防止」、「災害応急対策の拠点」などのオープンスペースの確保が上げられる。

浦安市の公園・緑道の防災機能は、以下に示す通りである。

公園の防災機能	<ul style="list-style-type: none"> ■ 避難場所（一時避難場所）としての指定公園は17箇所（図-1.1に参照）。 ■ 運動公園（総合体育館）は宿泊可能な避難所を有する広域避難場所に指定されている。 ■ 公園内での耐震化施設は、運動公園内総合体育館および耐震性貯水槽である。 ■ 災害時に水道施設が被災したときの飲料水を確保するため、「高洲中央公園」「富岡中央公園」「総合公園」に耐震性貯水槽（100m³）を設置している。 ■ 火災時に使用する防火水槽が設置されている公園もある。 ■ ヘリコプター離発着予定地（ヘリポート）は、「運動公園」「富岡中央公園」「高洲海浜公園」「総合公園」の4箇所となっている。 ■ 物資の受け入れ先の一つに「総合公園」が計画されている。
---------	---



図-1.1 浦安市の避難場所位置図

*一時避難場所：災害時の危険を回避するために一時的に避難する場所、または帰宅困難者が公共交通機関の回復するまで待機する場所のこと。浦安市ではトイレ、防災倉庫、災害無線を配備している。

*広域避難場所：市が指定した大人数収容できる避難場所で、地震などの大災害時に使用される場所のこと。浦安市運動公園（総合体育館）は宿泊可能な避難所である。

公園被害状況資料（その2）

2. 公園・緑道の被災状況

被害の概要	<p>■みどり公園課の管理対象公園122施設の中、81箇所を災害申請対象として検討していたが、最終的には表-2.1および図-2.1に示す30施設（11施設は一時避難場所指定公園）となった。対象以外でも噴砂、不同沈下等が生じたが、被災小となった。</p> <p>■被災した公園は、首都高速湾岸線と京葉線付近より南東側で多く、中町地区、新町地区はことごとく被害があった。</p> <p>■交通公園、中央公園、運動公園など施設利用者が特に多い公園においても、地震による直接的な人的被害は無かった。</p>
初動対応	<p>■震災直後の緊急点検の結果、公園8施設を全面あるいは一部閉鎖とした（一時避難場所指定公園の使用禁止には至らなかった）。公園11施設を遊具の使用禁止とした。</p> <p>■緊急措置が必要となった公園施設は「中央公園」の照明灯1灯であり、民地へ倒壊の危険があったため、速やかに撤去作業を行った。</p>
防災関連施設の状況	<p>■運動公園内の総合体育館本体には被災はない（ただし、上下水道は被災。建物周辺には地盤沈下による段差が生じる）。</p> <p>■「高洲中央公園」中に設置された耐震性貯水槽は浮き上がりが生じ、「富岡中央公園」の貯水槽は側方流動によりマンホール箇所がせん断し使用不可能となった。</p> <p>■防火水槽の浮き上がりと周辺地盤の沈下により数十cmの段差が生じた。</p> <p>■17箇所の一時避難場所指定公園内に設置した防災倉庫は沈下・傾斜が生じた箇所もあったが、扉が開かない等の使用上の問題は無かった。また、防災無線柱は傾斜したが、倒壊せず機能上問題無かった。</p> <p>■噴砂現象が見られたが、ヘリポートは離発着可能な状態であった。</p>
公園の被災パターン	<p>■軽微なものは噴砂、不同沈下が生じた程度。</p> <p>■遊具施設は傾斜・沈下が生じた。</p> <p>■築山盛土や護岸付近など高低差がある箇所では側方流動による押し出しが生じ、地面に亀裂が生じた。周辺では空洞が目立つ。</p> <p>■園路の波打ち・沈下・噴砂によって園路遮断となった箇所はない。</p> <p>■便所・洗面施設は流末である下水幹線が機能不全となり、使用不可となった。一部可能であった洗面施設は、市民の給水に利用された。</p> <p>■照明柱には傾斜が生じたが、倒壊はない。</p> <p>■噴砂は層厚30cmに達したものもあったが、足を取られ歩行困難に至ることはなかった。</p> <p>■テニスコートは噴砂・沈下により、球技場として使用不可能となった。</p>
被災状況のまとめ	<p>■耐震性貯水槽は給水として利用できたが、高洲中央公園、中央公園では浮上りの被災を受け、機能しなかった。</p> <p>■噴砂被害はあったものの、一時避難、集合場所としての機能は確保できた。</p> <p>■復旧にあたり、噴砂土砂の仮置き場として機能したことから、スペースとして確保しておくことが必要。</p>

表-2.1 主要な公園・緑道と被災（災害申請30施設）の一覧

NO.	公園名称	面積(m2)	駐車場	便所	指定避難場所		ヘリポート	耐震性貯水槽	一部・全面 使用禁止
					一時避難場所	広域避難場所			
1	高洲中央公園	50,000	○	○	○	-	-	○	-
2	入船京葉線沿い緑道	3,632	-	-	-	-	-	-	-
3	今川京葉線沿い緑道	5,250	-	-	-	-	-	-	-
4	高洲中央緑道	7,279	-	-	-	-	-	-	-
5	海楽公園	11,595	-	○	○	-	-	-	-
6	美浜公園	14,560	-	○	○	-	-	-	-
7	若潮公園	15,723	-	-	○	-	-	-	-
8	高洲海浜公園	50,000	○	○	-	-	○	-	-
9	入船南街区公園	990	-	-	-	-	-	-	-
10	今川記念公園	5,464	-	-	-	-	-	-	-
11	今川街区公園	2,597	-	-	-	-	-	-	-
12	今川広場公園	1,893	-	-	-	-	-	-	-
13	今川トリム公園	6,755	-	○	○	-	-	-	-
14	舞浜第4街区公園	3,321	-	-	-	-	-	-	-
15	高洲境川沿い緑道	13,822	-	-	○	-	-	-	-
16	高洲東街区公園	2,500	-	-	-	-	-	-	-
17	舞浜第2児童公園	3,155	-	-	-	-	-	-	○
18	舞浜第3街区公園	1,049	-	-	-	-	-	-	-
19	舞浜公園	14,886	-	○	○	-	-	-	-
20	83緑道		-	-	-	-	-	-	-
21	日の出第4街区公園		-	-	-	-	-	-	○
22	明海の丘公園	18,697	○	○	○	-	-	-	-
23	日の出海岸緑道		-	-	-	-	-	-	-
24	日の出第1街区公園	2,447	-	-	-	-	-	-	-
25	交通公園	7,494	○	○	-	-	-	-	○
26	シンボルロード	13,800	-	-	-	-	-	-	-
27	富岡中央公園	43,950	○	○	○	-	○	○	-
28	浦安市運動公園	181,830	○	○	○	○	○	-	-
29	高洲太陽の丘公園	17,578	○	○	-	-	-	-	-
30	大三角公園	14,502	-	-	○	-	-	-	-

公園被害状況資料（その3）

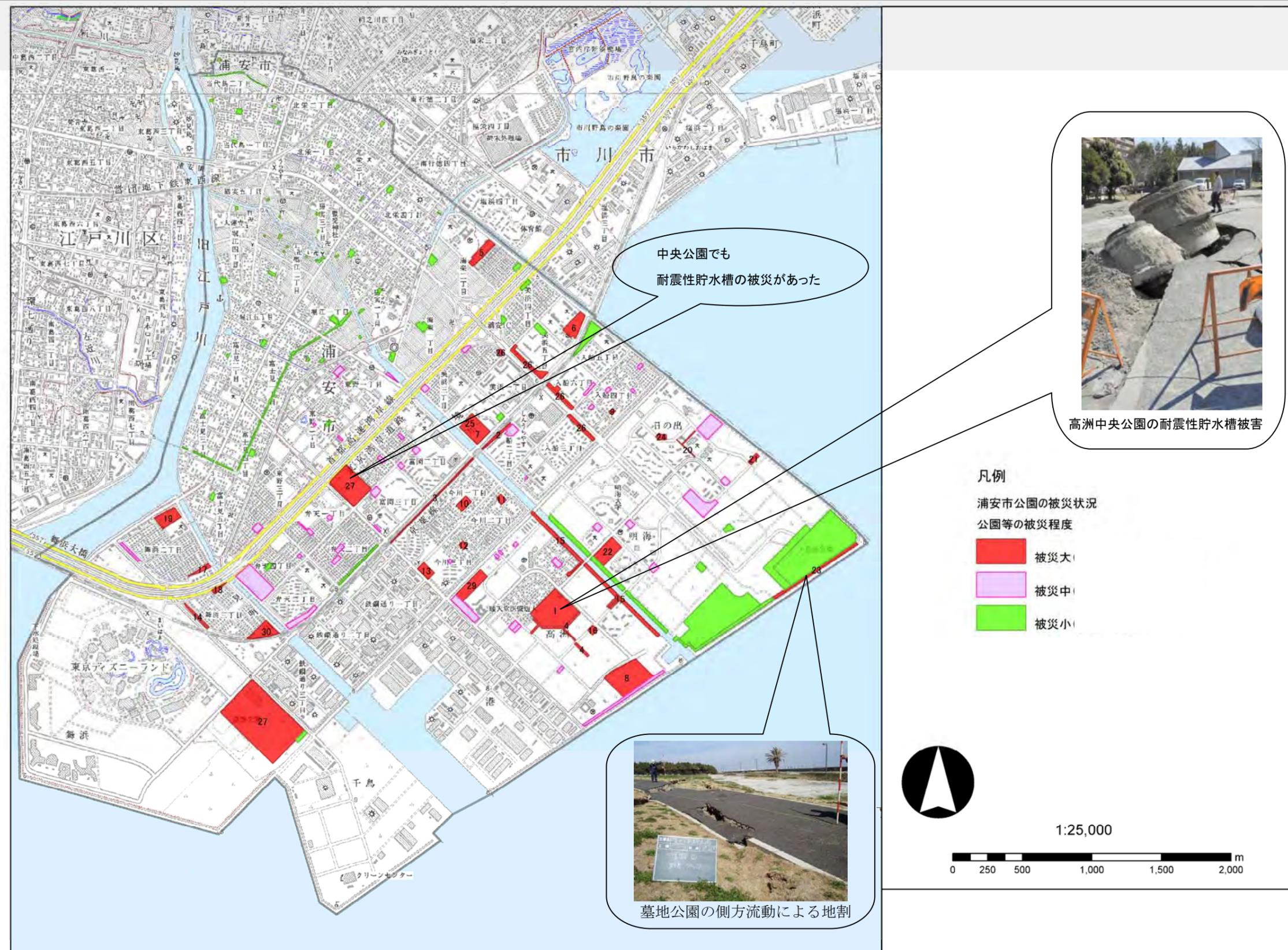


図-2.1. 主要な公園の平面位置と災害申請箇所

公園被害状況資料（その4）

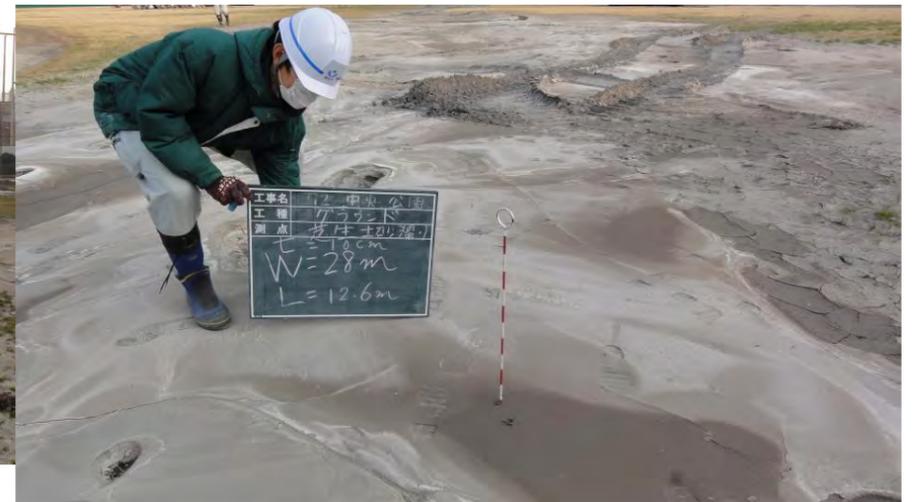


写真-2.1 中央公園の被災状況

公園被害状況資料（その5）



写真-2.2 高洲中央公園の被災状況

公園被害状況資料（その6）



写真-2.3 墓地公園の被災状況

表-2.2（1） 公園施設の被災パターン

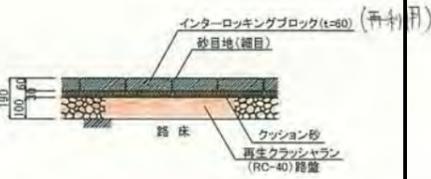
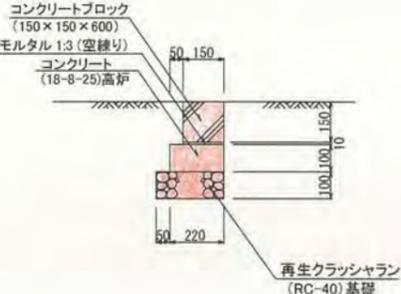
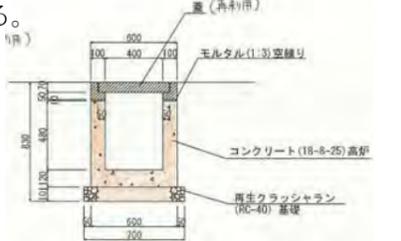
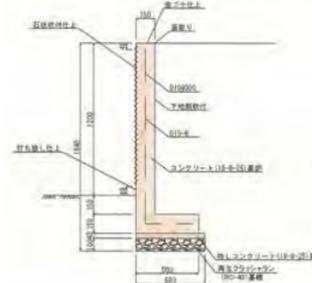
施設	細目	損傷パターン	損傷状況		
園路	<p>■舗装（アスファルト、コンクリート平板ブロック、インターロッキング）</p>	<p>・地盤沈下および水平変位による波打ち、段差、たわみ、亀裂が発生する。</p> <p>・インターロッキングは再利用可能なものも多い。</p> 	 <p>(高洲海浜公園 アスファルト舗装破損)</p>	 <p>(海楽公園 インターロッキング舗装破損)</p>	 <p>(高洲中央緑道 タイル舗装破損)</p>
	<p>■歩道境界・地先境界ブロック</p>	<p>・地盤沈下および速報変位による押し出し、剥落が発生する。再利用可能な箇所も多い。</p> 	 <p>(高洲東街区公園 歩道境界ブロック破損)</p>	 <p>(舞浜第2児童公園 地先境界ブロック破損)</p>	 <p>(舞浜第4街区公園 地先境界ブロック破損)</p>
排水	<p>■側溝・集水枳</p>	<p>・地盤沈下および側方からの押し出しにより破断する。逆勾配となる。</p> <p>・グレーチングは再利用可能。</p> <p>・側溝境界から噴砂現象がみられる。</p> 	 <p>(美浜公園 側溝の破損)</p>	 <p>(明海の丘公園 側溝の破損)</p>	 <p>(舞浜第2児童公園 側溝の破損)</p>

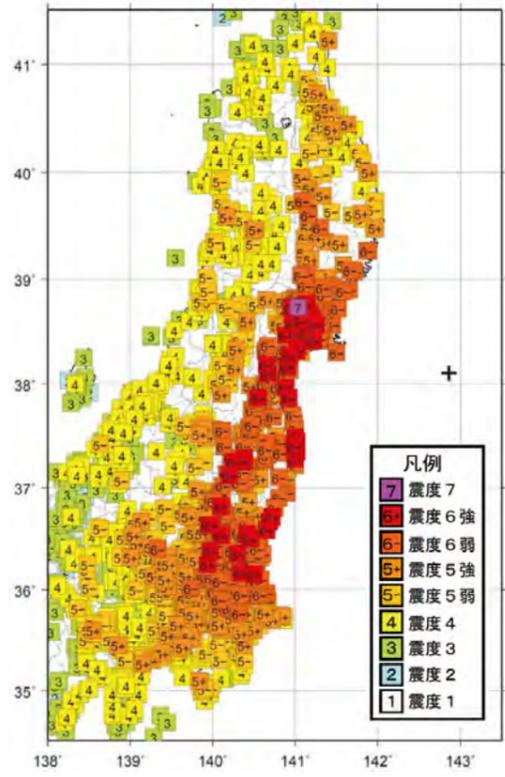
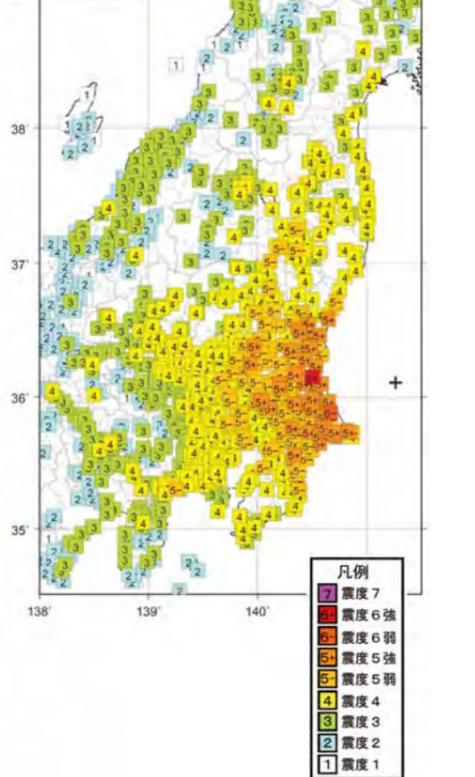
表-2.2（2） 公園施設の被災パターン

施設	細目	損傷パターン	損傷状況		
広場	<p>■擁壁</p>	<p>・地盤沈下および側方変位により、中央部や隅角部などでの損傷が生じる。</p> 	 <p>(海楽公園 擁壁破損)</p>	 <p>(今川記念公園 擁壁破損)</p>	 <p>(明海の丘公園 擁壁破損)</p>
	<p>■築山・広場</p>	<p>・地割れ、段差が随所で見られる。 ・盛土や築山などでは数列の平行した地割れが見られる。 ・噴砂は細流分を多く含み、シルト質細砂が多い。噴出時は足がぬかるむが歩行困難とはならない。乾燥するとシルト分が舞う。噴砂の厚さは5～300mm程度が多い。</p>	 <p>(高洲海浜公園 堆積土砂)</p>	 <p>(明石第3街区公園 芝地の亀裂)</p>	 <p>墓地公園 (盛土の亀裂)</p>
建物	<p>■照明灯・引込み柱・フェンス</p>	<p>・公園内の電柱、照明柱は随所で傾斜がみられるものの、電線の破断、電柱の倒壊は見られない。 ・電気施設、便所などでは地盤沈下により建物に沈下・傾斜が生じた。防火水槽は周辺地盤に対し数十 cm の浮き上がりが生じた。</p>	 <p>(高洲海浜公園 引込み柱の傾斜)</p>	 <p>(若潮公園 受変電設備の沈下)</p>	 <p>(入船南街区公園 フェンスの傾斜)</p>

Ⅱ－２ 東北地方太平洋沖地震の概要

平成23年3月11日14時46分、三陸沖を震源とするマグニチュード (Mw) 9.0の地震が発生し、宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の4県37市町村で震度6強を観測した他、東日本を中心に北海道から九州地方にかけての広い範囲で震度6弱～震度1を観測した。これは1900年以降に我が国で発生した地震では最大の地震である。また、世界でも1960年チリ地震、1964年アラスカ地震、2004年スマトラ島沖地震に次ぐ4番目の大きさの地震である。この地震に伴い、東北地方から関東地方北部の太平洋側を中心に、北海道から沖縄にかけての広い範囲で津波を観測した。また、広範囲にわたって液状化現象をはじめとする地盤変状が生じた。この地震（津波及び余震を含む）により、死者15,401人、行方不明8,146人、全壊家屋112,490棟などの甚大な被害を生じた（6月9日現在、緊急災害対策本部による）。

表2.1.1 東北地方太平洋沖地震（本震、最大余震）の震源要素と震度分布¹⁾

	本震	最大余震（平成23年6月11日現在）
	発震時刻：2011年3月11日14時46分18.1秒 震央地名：三陸沖 震源位置：北緯38° 06.2′ 東経142° 51.6′ 深さ 24km 規模（マグニチュード）：9.0 （Mwモーメントマグニチュード）	発震時刻：2011年3月11日15時15分34.4秒 震央地名：茨城県沖 震源位置：北緯36° 06.5′ 東経141° 15.9′ 深さ 43km 規模（マグニチュード）：7.7 （Mwモーメントマグニチュード）
	最大震度：震度7（宮城県栗原市築館） 浦安市猫実：震度5強	最大震度：震度6強（茨城県鉾田市当間） 浦安市猫実：震度5弱
震源要素および震度分布	 <p>震度分布図（本震）：東北地方太平洋沖地震の震度分布を示す地図。震度は震度1から震度7まであり、震度7は宮城県栗原市築館で観測された。震度6強は宮城県、福島県、茨城県、栃木県の4県37市町村で観測された。震度6弱は北海道から九州地方にかけての広い範囲で観測された。震度5強、震度5弱、震度4、震度3、震度2、震度1はそれぞれ震度5強、震度5弱、震度4、震度3、震度2、震度1の凡例に従って色分けされている。</p>	 <p>震度分布図（最大余震）：茨城県鉾田市当間で発生した最大余震の震度分布を示す地図。震度は震度1から震度7まであり、震度7は宮城県栗原市築館で観測された。震度6強は茨城県鉾田市当間で観測された。震度6弱は北海道から九州地方にかけての広い範囲で観測された。震度5強、震度5弱、震度4、震度3、震度2、震度1はそれぞれ震度5強、震度5弱、震度4、震度3、震度2、震度1の凡例に従って色分けされている。</p>

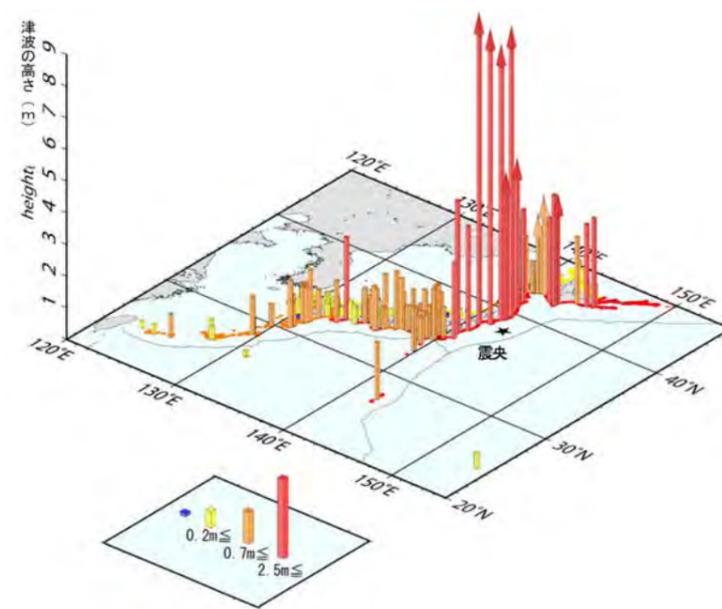


図2.1.1 国内での津波観測状況¹⁾

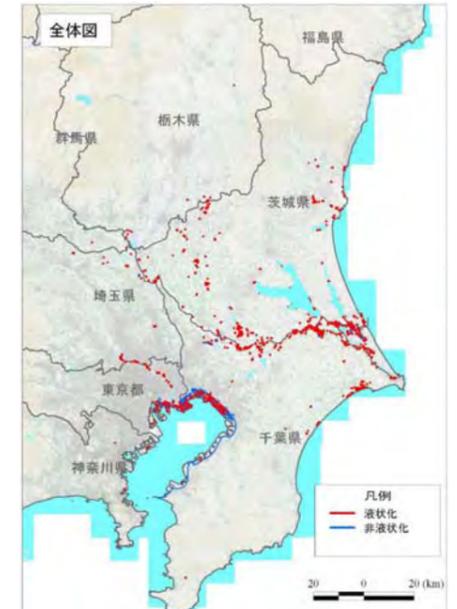


図2.1.2 関東地方の液状化発生分布²⁾

東北地方太平洋沿岸をはじめとして全国の沿岸で津波が観測された。各地の津波観測施設では、福島県相馬で9.3m以上、宮城県石巻市鮎川で8.6m以上など、東日本の太平洋沿岸を中心に非常に高い津波を観測したほか、北海道から鹿児島県にかけての太平洋沿岸や小笠原諸島で1m以上の津波を観測した（図2.1.1）。この津波により東日本の太平洋沿岸各地で甚大な被害が発生した。

図2.1.2に関東地方で液状化が発生した地点の全体分布を示す。液状化は東京湾岸の京葉間および利根川下流域に集中し、あと川崎・横浜方面、那珂川や久慈川方面、利根川中流、鬼怒川・小貝川流域、古利根川流域に散在している²⁾。

この地震の発震機構は、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界の広い範囲で破壊が起きたことにより発生した地震である。（図2.1.3）

図2.1.4に断層方向におおよそ並ぶKIK-NET地中観測データを選択してEW成分のenvelope（包絡）波形を並べて示す。IWTH05で最も早く観測されるフェーズがおおよそ50secおいて2つ認められ、これとは独立にTCGH13付近で最も早い時刻に観測され、北側に伝播するフェーズが認められる。つまり、断層の破壊に伴って少なくとも顕著な破壊が3つ発生し、そのうち最初の2つは岩手県から宮城県にかけて影響し、3つ目の破壊が栃木県、茨城県から関東地方にかけて影響したと考えられる³⁾。

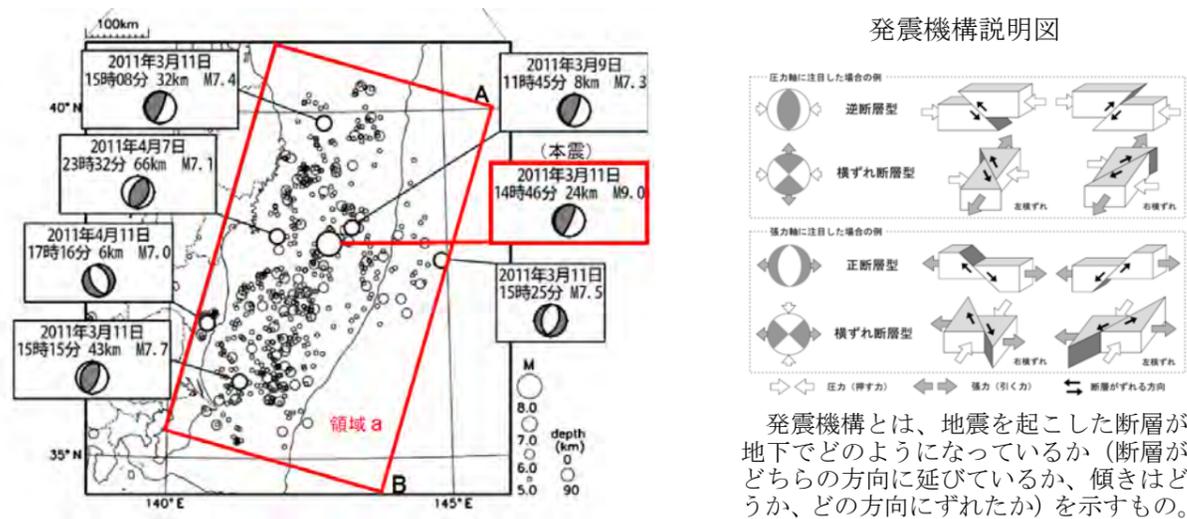


図 2.1.3 震源域と本震および主な余震の発震機構¹⁾

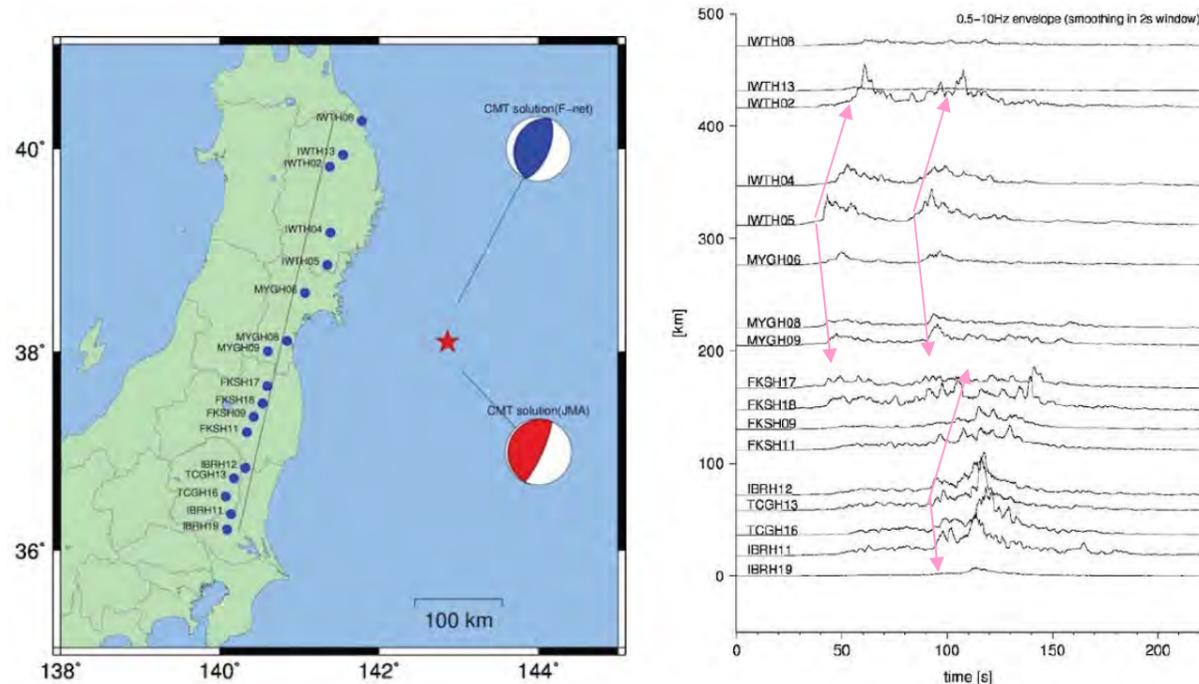


図2.1.4 KIK-NETの地中観測記録EW成分のEnvelope波形³⁾

地震活動は本震—余震型で推移しており、余震は徐々に減ってきているが、M7.0以上の余震が6回、M6.0以上の余震が89回、M5.0以上の余震が552回発生するなど、他の既往地震に対しても余震活動は非常に活発といえる（8月4日現在）（図2.1.4）。

余震は岩手県沖から茨城県沖にかけて、震源域に対応する長さ約 500km、幅約 200km の範囲に密集して発生しているほか、震源域に近い海溝軸の東側、福島県及び茨城県の陸域の浅い場所も含め広い範囲で発生している。8月4日までの最大余震は、3月11日15時15分に茨城県沖で発生したM7.7の地震である。（図2.1.3）

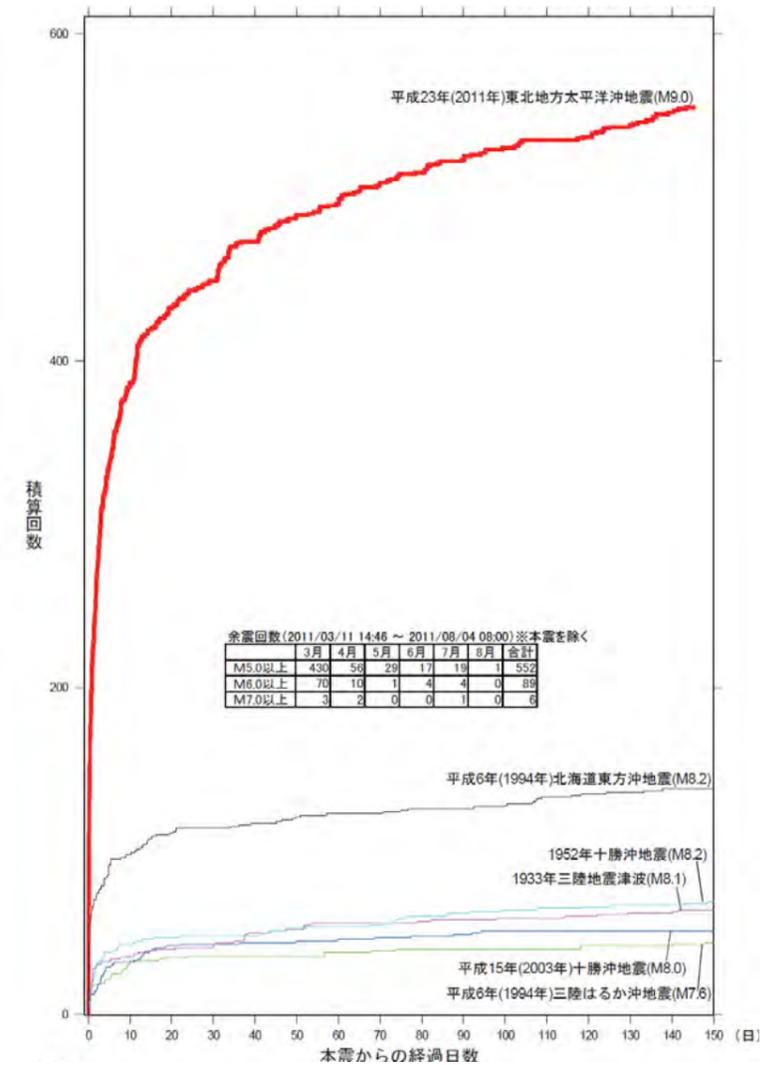
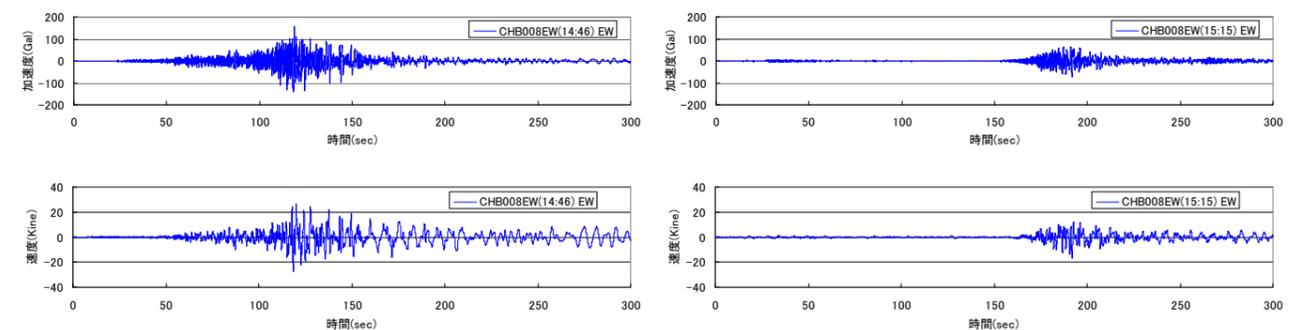


図 2.1.5 余震回数比較図（本震を含む海域で発生した M5.0 以上の余震回数）⁴⁾



(a)本震 (3月11日14:46)

(b)最大余震 (3月11日15:15)

図 2.1.6 K-NET 浦安 (CHB008) 観測記録

以上から、今回の地震の特徴を以下のように整理することができる。

- 東北地方太平洋沖地震の規模は M9.0 で、国内観測史上最大規模である。
- 震源域は 500km×200km に及んでおり、破壊開始から破壊が終わるまでにかかる時間が長く、その結果、観測記録は継続時間が長かった。
- 本震は 3 つの破壊が連続して発生し、関東地方への影響は最後の破壊の影響が大きかったものと推定されている。
- 余震活動が著しく活発である。

参考文献

- 1) 気象庁, 災害時地震・津波速報 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震, 災害時自然現象報告書2011年第1号, 平成23年8月17日
- 2) 国土交通省関東地方整備局, 地盤工学会, 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書, 平成23年8月
- 3) 土木学会, 土木学会東日本大震災被害調査団(地震工学委員会)緊急地震被害調査報告書(暫定版), 平成23年4月11日
- 4) 気象庁, 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第53報), 8月4日16時

各土木施設の技術基準

表 2.2-1 に対象となる土木施設の耐震設計に関連する基準類の地震動に関する概要を一覧にして示す。

- ① 水道施設および下水道施設は埋設管、マンホールなどの地中構造物を対象としており、工学的基盤面における速度応答スペクトルあるいはこれに適合した時刻歴加速度波形を用いている。(上水道施設は、この他の方法でも時刻歴加速度波形を作成する方法も選択することが可能である。)
- ② 港湾の施設は、港湾施設や海岸護岸、埋立地などが対象となるが、汎用性に配慮して露頭した工学的基盤での時刻歴加速度波形を作成することを基本としており、応答スペクトルなどの規定は行っていない。サイト増幅特性(地震基盤から工学的基盤までの増幅特性)、減衰特性、震源断層特性から時刻歴加速度波形を作成する統計的グリーン関数法などが使われている。
- ③ 道路橋、鉄道高架橋は、地上構造物であるため慣性力作用で設計を行う震度法や地震時保有水平耐力法などが適用されるため、地表面での加速度応答スペクトルで規定されている。

図 2.2-1 に東京都港湾局の観測地点で得られた工学的基盤での速度応答スペクトル(減衰定数 $h=0.15$)および下水道施設の耐震対策指針で規定されているレベル1地震動およびレベル2地震動の設計速度応答スペクトルを重ねてプロットして示す。これによると、2sec程度まではレベル1地震動のスペクトル特性よりも小さいが、2秒以上の範囲で大きな特性を有している。しかし、レベル2地震動の80 (cm/sec)よりもはるかに小さい。

図 2.2-2 はK-NET 浦安(CHB008)の地表面で得られた波形の加速度応答スペクトル(減衰定数 $h=0.05$)および道路橋示方書V耐震設計編で規定されているⅢ種地盤でのレベル1地震動およびレベル2タイプI地震動、タイプII地震動の設計加速度応答スペクトルを重ねて示す。これによると、レベル1地震動よりも若干大きい、レベル2地震動よりもかなり小さかったことが伺える。したがって、元町地区にある観測地点データであることから、液状化しない条件での地上構造物に対する慣性力作用は比較的小さかったといえる。

したがって、地上および地中いずれの設計応答スペクトルとの比較から、レベル1地震動よりは大きい、レベル2地震動よりもかなり小さな応答スペクトル特性を有していることがわかる。これは、最大の弾性応答に着目した振幅特性での評価であり、今回の地震動の特徴は長い継続時間を含めた位相特性に特徴があるものと考えられる。

表 2.2-2 に対象となる土木施設の耐震設計の目標性能に関する概要の比較を一覧にして示す。どの施設においても重要度に応じて目標とする耐震性能(例えば耐震性能2)を設定する考え方に立脚しており、重要度の高い施設はレベル2地震動に対して損傷が軽微で機能回復が比較的容易に行える性能を目標としている。

下水道施設は下流側となる幹線が重要度が高い施設であり、枝線はその他の施設に分類される。したがって、レベル2地震動を想定した設計は行われておらず、損傷したとしても事後対応で機能回復が図れるという考え方に基づいている。今回の地震においては大量の泥水が管およびマンホールの継手部や損傷部位から流入することによって閉塞する事態が発生したことを考えると、復旧の容易さという点では十分な注意が必要といえる。

同様に、表 2.2-3 に液状化判定方法に関する比較を示す。液状化現象に伴う構造物の安定性や残留変形に関する検討ならびに部材や継手などの諸元決定については、地中構造物や水際構造物が安定性を確保するために地盤改良などの対策を行うことが多いのに対し、橋梁などの基礎は地盤のバネ値や強度を低減することで基礎の諸元を大きくする対応を行うことが多い。ただし、港湾の耐震強化施設など、液状化した状態での応答を求めて性能を評価するなどの対処はごく限られた対象でしか行われていない。

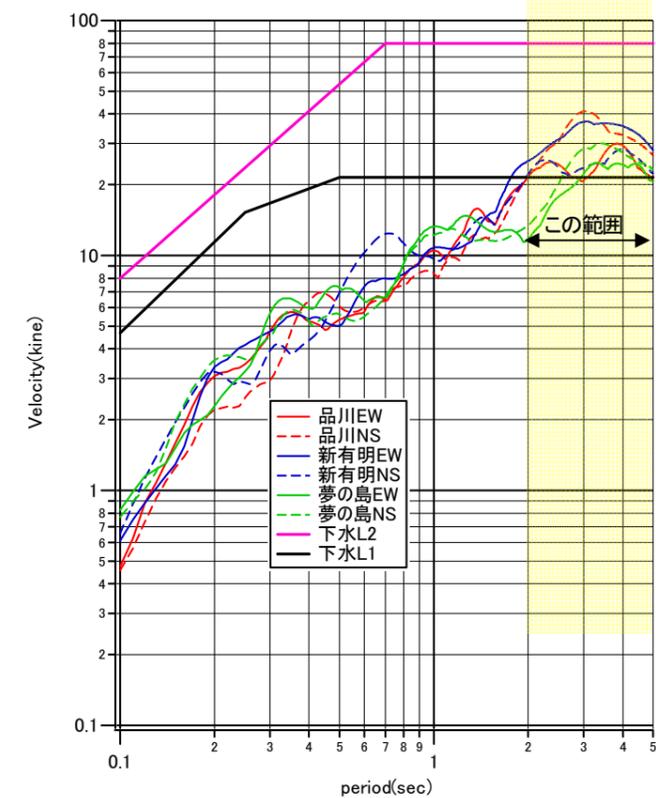


図 2.2-1 工学的基盤における速度応答スペクトルの比較(東京都港湾局)

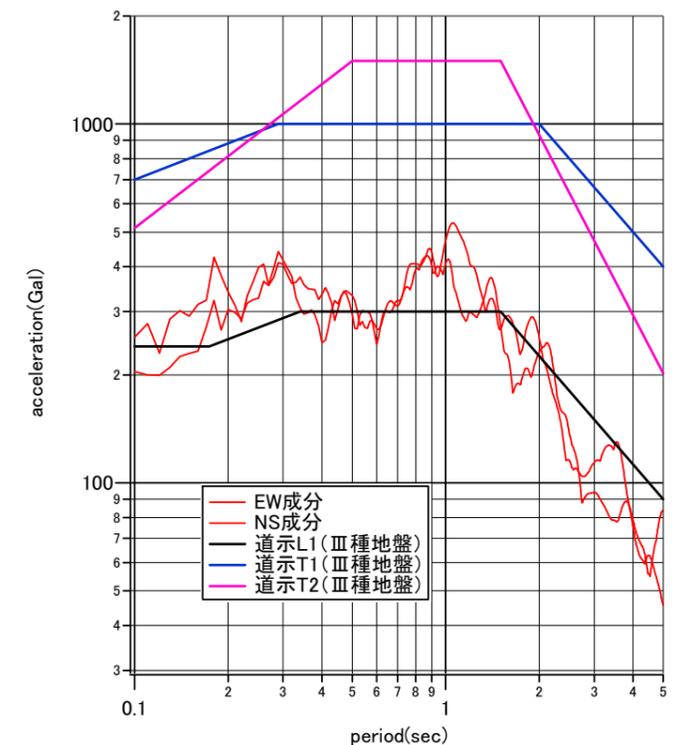


図 2.2-2 地表面における加速度応答スペクトルの比較(K-NET 浦安)

表 2.2-1 耐震設計関連基準における地震動の比較

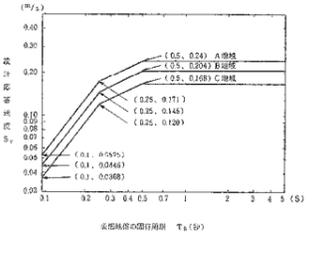
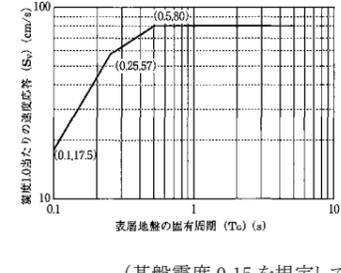
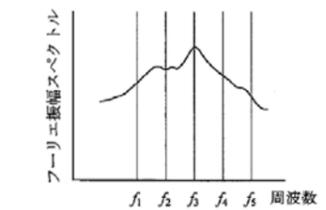
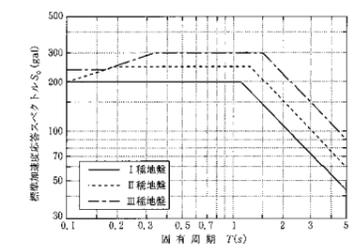
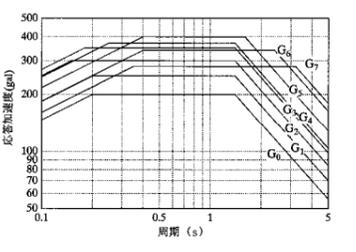
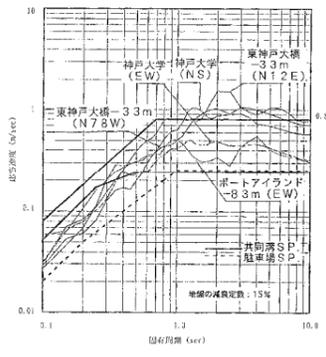
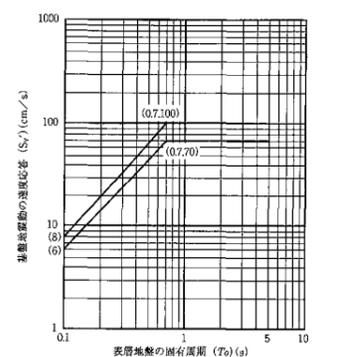
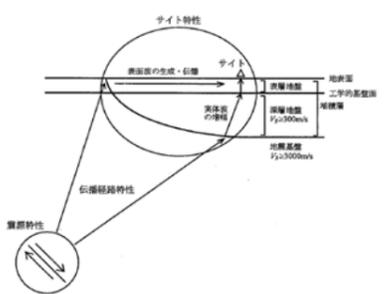
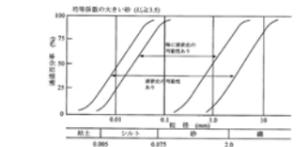
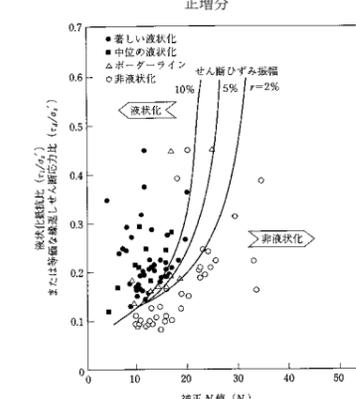
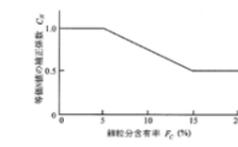
基準名	下水道施設の耐震対策指針と解説 平成 18 年(2006 年)	水道施設耐震工法指針・解説 平成 21 年(2009 年)	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成 19 年(2007 年)	道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 14 年(2002 年)	鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成 11 年(1999 年)	備考								
発行者	日本下水道協会	日本水道協会	日本港湾協会	日本道路協会	鉄道総合技術研究所									
対象	下水道施設(管路、マンホール)	上水道施設(管路)	港湾施設(埋立地、護岸)	道路橋(歩道橋)	鉄道高架橋	<ul style="list-style-type: none"> 道路橋、鉄道高架橋は地上構造物 護岸は水際構造物 管路およびマンホールは地中構造物 								
設計方法	応答変位法	応答変位法	震度法、動的解析	震度法、地震時保有水平耐力法、動的解析	震度法、非線形スペクトル法、動的解析	<ul style="list-style-type: none"> 地上構造物、地中構造物、水際構造物などで適用する設計方法が異なる。 								
地震動	レベル1地震動 施設の供用期間内に 1~2 度発生する確率を有する地震動 	想定される地震動のうち、施設の供用期間中に発生する可能性の高いもの  (基盤震度 0.15 を規定している)	施設の設計供用期間中に発生する可能性の高いもの (全国の港湾におけるレベル1地震動の時刻歴波形を提供している。一様フーリエハザードスペクトルと位相特性より地震動波形を作成する) 	橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動 (加速度応答スペクトルおよびスペクトル適合波形を標準波形として提供) 	構造物の設計耐用期間内に数回程度発生する確率を有する地震動 (加速度応答スペクトルおよびスペクトル適合波形を標準波形として提供) 	・主に兵庫県南部地震(1995年)以降、レベル1地震動とレベル2地震動に対する2段階設計を採用している。 <レベル2地震動について> ・上水道施設および港湾施設は地震環境調査をもとに想定地震を設定し地震動を作成する。ただし、上水道施設では1997年版の速度応答スペクトルを適用してもよいとしている。 ・下水道施設は、内陸直下地震がプレート境界型地震を包括し、静的解析による設計方法を想定した速度応答スペクトルを規定している。 ・道路橋、鉄道高架橋ともに内陸直下地震とプレート境界型の2種類想定している。								
	レベル2地震動 陸地近傍に発生する大規模なプレート境界地震や、直下型地震のように、施設の供用期間内に発生する確率は低いが大規模な強度をもつ地震動(ただし、内陸直下型が包括するとしている。) 	想定される地震動のうち、最大規模の強さを有するもの  (下記の方法が提示され選択が可能である) <table border="1" data-bbox="831 1375 1231 1743"> <thead> <tr> <th colspan="2">設定方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>方法1</td> <td>震源断層を想定した地震動評価を行い、当該地点での地震動を使用する。</td> </tr> <tr> <td>方法2</td> <td>地域防災計画等の想定地震を使用する。</td> </tr> <tr> <td>方法3</td> <td>当該地点と同様な地盤条件(地盤種別)の地表面における強震記録の中で、震度6強~震度7の記録を用いる。</td> </tr> <tr> <td>方法4</td> <td>兵庫県南部地震の観測記録を基に設定された設計震度、設計応答スペクトルを用いる。</td> </tr> </tbody> </table>	設定方法		方法1		震源断層を想定した地震動評価を行い、当該地点での地震動を使用する。	方法2	地域防災計画等の想定地震を使用する。	方法3	当該地点と同様な地盤条件(地盤種別)の地表面における強震記録の中で、震度6強~震度7の記録を用いる。	方法4	兵庫県南部地震の観測記録を基に設定された設計震度、設計応答スペクトルを用いる。	設置する地点において発生するものと想定される地震動のうち、最大規模の強さを有するもの (地震環境調査を踏まえ、想定地震を設定する。また、統計的グリーン関数法などにより地震動波形を作成する) 
設定方法														
方法1	震源断層を想定した地震動評価を行い、当該地点での地震動を使用する。													
方法2	地域防災計画等の想定地震を使用する。													
方法3	当該地点と同様な地盤条件(地盤種別)の地表面における強震記録の中で、震度6強~震度7の記録を用いる。													
方法4	兵庫県南部地震の観測記録を基に設定された設計震度、設計応答スペクトルを用いる。													

表 2.2-2 耐震設計関連基準の重要度と性能について

基準類	下水道施設の耐震対策指針と解説 平成 18 年 (2006 年)	水道施設耐震工法指針・解説 平成 21 年 (2009 年)	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成 19 年 (2007 年)	道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 14 年 (2002 年)	鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成 11 年 (1999 年)	備考																																																																
発行	日本下水道協会	日本水道協会	日本港湾協会	日本道路協会	鉄道総合技術研究所																																																																	
対象	下水道施設 (管路、マンホール)	上水道施設 (管路)	港湾施設 (埋立地、護岸)	道路橋 (歩道橋)	鉄道高架橋																																																																	
重要度の区分	【管路施設】 ①流域幹線の管路、②ポンプ場・処理場に直結する幹線管路、③河川・軌道等を横断する管路で地震被害による二次災害の恐れや、復旧が極めて困難と予想される幹線管路、④緊急輸送路等に埋設されている管路 ⑤広範囲の排水区を受け持つ吐き口に直結する幹線管路、⑥防災拠点等から排水を受ける管路、⑦下水道のシステムとして重要な管路 【処理場・ポンプ場施設】 全てを重要な施設とする。	【重要な水道施設】 ①取水、貯水、導水、浄水施設、②配水施設のうち破損が重大な二次災害を生ずる可能性が高いもの、③配水本管、配水本管に接続するポンプ場・配水池等 ランク A1 施設： 重要な水道施設のうちランク A2 以外の施設 ランク A2 施設： 重要な水道施設のうち、代替施設や二次災害の恐れのない施設 ランク B 施設： ランク A1、A2 に該当しない施設	発災後の段階的な緊急物資輸送等に対応するため、 ①耐震強化施設 (特定 (緊急物資輸送対応))、 ②耐震強化施設 (特定 (幹線貨物輸送対応))、 ③耐震評価施設 (標準 (緊急物資輸送対応)) に分類している。分類は、防災基本計画において想定されている必要品目に応じた段階的な緊急輸送を考慮して施設配置を決定している。	橋の重要度は、道路種別及び橋の機能・構造に応じて ①重要度が標準的な橋 (A 種の橋) B 種の橋に該当しない橋 ②重要度が高い橋 (B 種の橋) ・高速自動車道、都市高速道路、指定都市高速道路、本州四国連絡道路、一般国道の橋 ・都道府県道、市町村道のうち、複断面、跨線橋、跨道橋及び地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋	以下を重要度の高い構造物としている ①新幹線鉄道および大都市旅客鉄道の構造物 ②開削トンネル等被害が生じた場合の復旧が困難な構造物	施設を重要度で分類して設計を行うことが基本方針となっている。																																																																
重要度の考え方	<ul style="list-style-type: none"> システムとして影響が大きい箇所 二次災害の懸念される箇所 損傷した場合の復旧が極めて困難な箇所 避難所や防災拠点からの排水管路 	水道システムの視点から重要度を判断する ・代替施設の有無 ・二次災害の影響度合い	<ul style="list-style-type: none"> 防災基本計画で想定されている必要品目の段階的な緊急物資輸送 緊急物資輸送が可能となるまでの復旧期間 	<ul style="list-style-type: none"> 橋が地震後の救援活動、復旧活動等緊急輸送を確保するために必要とされる度合 複断面、跨線橋や跨道橋等、橋が被害を受けたとき、それが他の構造物・施設に影響を及ぼす度合い 利用交通量や橋が通行機能を失ったとき直ちに他の代替構造物・施設によってそれまでの機能を維持できるような代替性の有無 橋が被害を受けた後に、その機能回復に要する時間、費用の大きさ 	<ul style="list-style-type: none"> 社会的損失が極めて高いもの 復旧の困難さ 	総括すると以下の項目が視点となっている。 ・システムとしての影響度合い ・社会的な損失の度合い ・復旧の困難さ ・代替施設の有無 ・二次災害の懸念 ・復旧期間 ・地震後の役割																																																																
耐震性能の定義	設計流下能力の確保： 流量計算書に記載された管渠の流下能力を確保することで、管渠の抜け出しを防ぐとともに、管渠断面が使用限界状態で発生応力が許容応力度以内の状態 流下機能の確保： 地震によって本管部のクラックや沈下等の被害が生じ、設計流下能力の状態が困難となっても補修や敷設替えの対策を講じるまでは、管路として下水を上流から下流に流せる状態で、土砂の流入を防ぐとともに、管渠断面がひび割れを起こしているが破壊しない終局状態	耐震性能 1： 地震によって健全な機能を損なわない性能。 耐震性能 2： 地震によって生じる損傷が軽微で、施設の修復が少なく、機能に重大な影響を及ぼさない性能。 耐震性能 3： 地震によって生じる損傷が軽微であって、修復を必要とするが機能に重大な影響を及ぼさない性能。	使用性： 想定される作用に対し損傷を生じない、または簡易な修復により速やかに所要の機能を発揮できる性能。 修復性： 技術的に可能で経済的に妥当な範囲の修繕で継続的に使用できる性能。 安全性： 人命の安全等を確保できる性能。	耐震性能 1： 恒久復旧に関して軽微な修復で対応できる被害程度の性能 耐震性能 2： 機能回復のために応急復旧で対応可能であり、恒久復旧が比較的容易に行える被害程度の性能 耐震性能 3： 落橋に対する安全性を確保する性能	耐震性能 I： 地震後にも補修せずに機能が保持でき、過大な変位を生じない。 耐震性能 II： 地震後に補修を必要とするが、早期に機能が回復できる。 耐震性能 III： 地震によって構造物全体が崩壊しない。	3 段階の性能を定義しており、崩壊などに対する安全性や機能維持、機能保持といった使用性 (供用性)、修復の困難さや修復時間にかかわる修復性が主な視点となっている。																																																																
耐震設計の目標	その他の管路は重要な幹線と比較して一般に復旧が容易であること、既に敷設されている管路は延長が膨大であることから、それらすべてに対して高い耐震性能を確保することは現実的ではないので、レベル 1 地震動に対してのみ耐震性能を確保することを原則としている。	<table border="1"> <thead> <tr> <th>レベル 1</th> <th>耐震性能 1</th> <th>耐震性能 2</th> <th>耐震性能 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ランク A1</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ランク A2</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ランク B</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table> △：構造的な損傷が一部あるが、断面修復等によって機能回復が図れる <table border="1"> <thead> <tr> <th>レベル 2</th> <th>耐震性能 1</th> <th>耐震性能 2</th> <th>耐震性能 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ランク A1</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ランク A2</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>ランク B</td> <td></td> <td></td> <td>※</td> </tr> </tbody> </table> ※：断水やその他の給水への影響ができるだけ少なくなるとともに、速やかな復旧ができるよう配慮されていること	レベル 1	耐震性能 1	耐震性能 2	耐震性能 3	ランク A1	○	—	—	ランク A2	○	—	—	ランク B	—	○	△	レベル 2	耐震性能 1	耐震性能 2	耐震性能 3	ランク A1	—	○	—	ランク A2	—	—	○	ランク B			※	<table border="1"> <thead> <tr> <th>施設</th> <th>目標とする性能</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>特定 (緊急物資輸送対応)</td> <td>地震動の作用後に緊急物資の輸送等を可能とする施設であり、レベル 2 地震動に関する偶発状態に対して、構造的な安定が保たれ、地震動の作用後に速やかに船舶の利用、人の乗降および緊急物資等の荷役が行えること (使用性)</td> </tr> <tr> <td>特定 (幹線貨物輸送対応)</td> <td>地震動の作用後に幹線貨物の輸送を可能とする施設であり、レベル 2 地震動に関する偶発状態に対して、構造的な安定が保たれ、軽微な修復の範囲内で、一定期間のうちに船舶の利用および幹線貨物の荷役が行えること (修復性)</td> </tr> <tr> <td>標準 (緊急物資輸送対応)</td> <td>地震動の作用後にある程度の修復を行うことにより緊急物資の輸送を可能とする施設であり、レベル 2 地震動の作用後に必要とされる機能 (緊急物資等) を軽微な修復により回復することができ、一定期間の後に緊急物資等の荷役が行えること (修復性)</td> </tr> </tbody> </table>	施設	目標とする性能	特定 (緊急物資輸送対応)	地震動の作用後に緊急物資の輸送等を可能とする施設であり、レベル 2 地震動に関する偶発状態に対して、構造的な安定が保たれ、地震動の作用後に速やかに船舶の利用、人の乗降および緊急物資等の荷役が行えること (使用性)	特定 (幹線貨物輸送対応)	地震動の作用後に幹線貨物の輸送を可能とする施設であり、レベル 2 地震動に関する偶発状態に対して、構造的な安定が保たれ、軽微な修復の範囲内で、一定期間のうちに船舶の利用および幹線貨物の荷役が行えること (修復性)	標準 (緊急物資輸送対応)	地震動の作用後にある程度の修復を行うことにより緊急物資の輸送を可能とする施設であり、レベル 2 地震動の作用後に必要とされる機能 (緊急物資等) を軽微な修復により回復することができ、一定期間の後に緊急物資等の荷役が行えること (修復性)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">目標とする性能</th> </tr> <tr> <th>地震動</th> <th>A 種</th> <th>B 種</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>レベル 1</td> <td colspan="2">耐震性能 1</td> </tr> <tr> <td>レベル 2</td> <td>耐震性能 3</td> <td>耐震性能 2</td> </tr> </tbody> </table>	目標とする性能			地震動	A 種	B 種	レベル 1	耐震性能 1		レベル 2	耐震性能 3	耐震性能 2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">目標とする性能</th> </tr> <tr> <th>地震動</th> <th>重要度の高い構造物</th> <th>その他の構造物</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>レベル 1</td> <td colspan="2">耐震性能 I</td> </tr> <tr> <td>レベル 2</td> <td>耐震性能 II</td> <td>耐震性能 III</td> </tr> </tbody> </table>	目標とする性能			地震動	重要度の高い構造物	その他の構造物	レベル 1	耐震性能 I		レベル 2	耐震性能 II	耐震性能 III	<ul style="list-style-type: none"> 重要度に応じた目標を設定する設計の基本方針に従う。 幹線、枝線の観点だけでなく、土砂の大量流入について復旧の容易さに配慮した評価が必要である。 道路歩道部の損傷によるライフライン施設への影響に注意を要する。 橋台取り付け部の段差の程度によっては道路機能への影響が懸念される。
レベル 1	耐震性能 1	耐震性能 2	耐震性能 3																																																																			
ランク A1	○	—	—																																																																			
ランク A2	○	—	—																																																																			
ランク B	—	○	△																																																																			
レベル 2	耐震性能 1	耐震性能 2	耐震性能 3																																																																			
ランク A1	—	○	—																																																																			
ランク A2	—	—	○																																																																			
ランク B			※																																																																			
施設	目標とする性能																																																																					
特定 (緊急物資輸送対応)	地震動の作用後に緊急物資の輸送等を可能とする施設であり、レベル 2 地震動に関する偶発状態に対して、構造的な安定が保たれ、地震動の作用後に速やかに船舶の利用、人の乗降および緊急物資等の荷役が行えること (使用性)																																																																					
特定 (幹線貨物輸送対応)	地震動の作用後に幹線貨物の輸送を可能とする施設であり、レベル 2 地震動に関する偶発状態に対して、構造的な安定が保たれ、軽微な修復の範囲内で、一定期間のうちに船舶の利用および幹線貨物の荷役が行えること (修復性)																																																																					
標準 (緊急物資輸送対応)	地震動の作用後にある程度の修復を行うことにより緊急物資の輸送を可能とする施設であり、レベル 2 地震動の作用後に必要とされる機能 (緊急物資等) を軽微な修復により回復することができ、一定期間の後に緊急物資等の荷役が行えること (修復性)																																																																					
目標とする性能																																																																						
地震動	A 種	B 種																																																																				
レベル 1	耐震性能 1																																																																					
レベル 2	耐震性能 3	耐震性能 2																																																																				
目標とする性能																																																																						
地震動	重要度の高い構造物	その他の構造物																																																																				
レベル 1	耐震性能 I																																																																					
レベル 2	耐震性能 II	耐震性能 III																																																																				

表 2.2-3 耐震設計関連基準における液状化判定方法の比較

基準名	下水道施設の耐震対策指針と解説 平成 18 年(2006 年)	水道施設耐震工法指針・解説 平成 21 年(2009 年)	港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成 19 年(2007 年)	道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 平成 14 年(2002 年)	鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成 11 年(1999 年)	備考																				
発行者	日本下水道協会	日本水道協会	日本港湾協会	日本道路協会	鉄道総合技術研究所																					
対象	下水道施設(管路、マンホール)	上水道施設(管路)	港湾施設(埋立地、護岸)	道路橋(歩道橋)	鉄道高架	<ul style="list-style-type: none"> 道路橋、鉄道高架橋は地上構造物 護岸は水際構造物 管路およびマンホールは地中構造物 																				
液状化判定方法	道路橋示方書(H14)に準拠	建築基礎構造設計指針(H13)に準拠	限界N値による方法	FL法	FL法																					
対象層	-----	<ul style="list-style-type: none"> 飽和土 地表面から 20m 程度以浅の沖積層 Fc ≤ 35% 人工地盤では Fc > 35% であっても Pc ≤ 10% または Ip ≤ 15 は対象 細粒分を多く含む礫、透水性の低い層に囲まれた礫は対象 	<ul style="list-style-type: none"> 粒径加積曲線が対象が設定されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 原則として沖積砂質土層 地下水位が現地盤面から 10m 以内、かつ、深さ 20m 以内 Fc ≤ 35% または Fc > 35% であっても Ip ≤ 15 D₅₀ ≤ 10mm、かつ、D₁₀ ≤ 1mm 	<ul style="list-style-type: none"> 原則として沖積砂質土層 地下水位が現地盤面から 10m 以内、かつ、深さ 20m 以内 D₅₀ ≤ 10mm、かつ、D₁₀ ≤ 1mm Fc ≤ 35% または Fc > 35% であっても粘土含有率 pc ≤ 15 	<ul style="list-style-type: none"> 港湾施設や鉄道施設については、工学的基盤面での加速度時刻歴で規定されるので、地震応答解析との親和性が高い。 																				
地震作用	-----	<ul style="list-style-type: none"> 設計震度 (97 年版) <table border="1"> <tr> <td>(α_{max}/g)</td> <td>Ⅲ種地盤</td> </tr> <tr> <td>レベル 1</td> <td>0.24</td> </tr> <tr> <td>レベル 2</td> <td>0.4~0.60</td> </tr> </table>	(α_{max}/g)	Ⅲ種地盤	レベル 1	0.24	レベル 2	0.4~0.60	<ul style="list-style-type: none"> 工学的基盤面における加速度時刻歴 	<ul style="list-style-type: none"> レベル 2 地震動の地表面設計震度 K_{hg} を適用 <table border="1"> <tr> <td>$K_{hg}0$</td> <td>Ⅲ種地盤</td> </tr> <tr> <td>タイプ I</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>タイプ II</td> <td>0.60</td> </tr> </table>	$K_{hg}0$	Ⅲ種地盤	タイプ I	0.40	タイプ II	0.60	<ul style="list-style-type: none"> 設計震度および基盤加速度時刻歴 <table border="1"> <tr> <td></td> <td>(α_{max}/g)</td> </tr> <tr> <td>レベル 1</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>レベル 2 スペクトル I</td> <td>加速度時刻歴</td> </tr> <tr> <td>レベル 2 スペクトル II</td> <td>加速度時刻歴</td> </tr> </table>		(α_{max}/g)	レベル 1	0.15	レベル 2 スペクトル I	加速度時刻歴	レベル 2 スペクトル II	加速度時刻歴	<ul style="list-style-type: none"> 設計震度を用いた簡易法と、地震応答解析による詳細法がある。
(α_{max}/g)	Ⅲ種地盤																									
レベル 1	0.24																									
レベル 2	0.4~0.60																									
$K_{hg}0$	Ⅲ種地盤																									
タイプ I	0.40																									
タイプ II	0.60																									
	(α_{max}/g)																									
レベル 1	0.15																									
レベル 2 スペクトル I	加速度時刻歴																									
レベル 2 スペクトル II	加速度時刻歴																									
地盤応答の計算	-----	<ul style="list-style-type: none"> 地中等価せん断応力度 τ_d を直線分布と仮定 $\tau_d/\sigma'_z = \gamma_u \cdot (\alpha_{max}/g) \cdot \sigma_v/\sigma'_v \cdot \gamma_d$ $\gamma_u = 0.1 (M-1)$, 繰返し回数の補正係数 $\gamma_d = 1.0 - 0.015z$ M: マグニチュード z: 地表面からの深さ (m) σ_z: 全上載圧 (kN/m²) σ'_z: 有効上載圧 (kN/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> 重複反射理論による等価線形化法 (SHAKE) を用いた地震応答解析により地中せん断応力度を求める方法を推奨している。 $\alpha_{eq} = 0.7 \frac{a_{max}}{\sigma'_v} g$ ここに、 α_{eq}: 等価加速度 (Gal) a_{max}: 最大せん断応力 (kN/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> 地中最大せん断応力度 τ_d を直線分布と仮定 $L = \tau_{dmax}/\sigma'_v = \gamma_d \cdot K_{hg} \cdot \sigma_v/\sigma'_v$ $\gamma_d = 1.0 - 0.015z$ x: 地表面からの深さ (m) σ_v: 全上載圧 (kN/m²) σ'_v: 有効上載圧 (kN/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> 地中最大せん断応力度 τ_d を直線分布と仮定 (レベル 1) $L = \tau_{dmax}/\sigma'_z = (\alpha_{max}/g) \cdot \sigma_v/\sigma'_v \cdot \gamma_d$ $\gamma_d = 1.0 - 0.015z$ z: 地表面からの深さ (m) σ_z: 全上載圧 (kN/m²) σ'_z: 有効上載圧 (kN/m²) レベル 2 地震動に対しては地震応答解析により地中せん断応力時刻歴を求める。 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易法では地中せん断応力の分布を直線とするなどの仮定がされている。 詳細法では、地中せん断応力の時刻歴を適用する。 																				
液状化抵抗	-----	<ul style="list-style-type: none"> $N_1 = C_N \cdot N$ N_1: 換算 N 値 $C_N = \sqrt{98/\sigma'_z}$ C_N: 拘束圧に関する換算係数 $N_u = N_1 + \Delta N_f$ ΔN_f: 細粒含有率に応じた N 値補正増分 	<ul style="list-style-type: none"> 等価 N 値 (N₆₅) を基本とし、細粒含有率 Fc および塑性指数 Ip などによる補正を行っている。 $(N)_{65} = \frac{N - 0.019(\sigma'_v - 65)}{0.0041(\sigma'_v - 65) + 1.0}$ ここに、 $(N)_{65}$: 等価 N 値 N: 土層の N 値 σ'_v: 土層の有効上載圧 (kN/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> $R = C_R \cdot R_L$ C_R: レベル 1, タイプ I では 1.0、タイプ II では次式による $C_R = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases}$ R_L: 繰返し三軸強度比で次式による $R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_u/1.7} & (N_u < 14) \\ 0.0882\sqrt{N_u/1.7} + 1.6 \times 10^{-6}(N_u - 14)^{4.5} & (14 \leq N_u) \end{cases}$ <砂質土> $N_u = c_1 N_1 + c_2$ $N_1 = 170N / (\sigma'_v + 70)$ $c_1 = \begin{cases} 1 & (Fc < 10\%) \\ (Fc + 40)/50 & (10\% \leq Fc < 60\%) \\ Fc/20 - 1 & (60\% \leq Fc) \end{cases}$ $c_2 = \begin{cases} 1 & (Fc < 10\%) \\ (Fc - 10)/18 & (10\% \leq 10\%) \end{cases}$ 	<ul style="list-style-type: none"> レベル 1 地震動については次式による。 $R = \begin{cases} a_1 N^{0.5} + (AN)^{0.7} + f(D_{50}, Fc, \alpha) & D_u > 60\% \\ 0.0882 \sqrt{N_u/1.7} + f(D_{50}, Fc, \alpha) & D_u < 60\% \end{cases}$ ここに、R: 液状化強度比 L: 最大せん断応力比 z: 検討する位置 (m) N: N 値 D_u: 相対密度で次式による。 N₁: 換算 N 値で次式による。 $N_1 = 2.5 \frac{N}{100} + 1.5$ f(D₅₀, Fc, α): 細粒分および平均粒径の補正項で次式による。 $f(D_{50}, Fc, \alpha) = \begin{cases} 0.0027 Fc + 0.063 & (D_{50} < 0.075 \text{ mm}, Fc > 50\%) \\ 0.21 \log \left(\frac{0.20}{D_{50}} \right) + 0.055 \log (Fc + 1) - 0.085 \log \frac{D_{50}}{100} & (0.075 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0.5 \text{ mm}) \\ -0.084 + 0.005 \log \alpha (Fc + 1) - 0.085 \log \frac{D_{50}}{100} & (D_{50} > 0.5 \text{ mm}) \end{cases}$ D₅₀: 平均粒径 (mm) Fc: 細粒含有率 (%) a, b, c: 係数でそれぞれ 0.0676, 0.0388 および 4.32 である。 レベル 2 地震動に対しては累積損傷度理論を用いて評価する。 $R = \frac{2}{3} R_L$ ここに、R_L: 累積損傷度理論を用いて補正した液状化強度比 R_L: 静止土圧係数 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易法では補正係数などによって繰返し回数の多さなどの影響を考慮している。 詳細法では、液状化強度曲線などを利用した累積損傷度理論による繰返し回数の評価などが可能となる。 																				
液状化判定	-----	<ul style="list-style-type: none"> $F_L = (\tau_d/\sigma'_z) / (\tau_{dL}/\sigma'_z)$ により判定 	<ul style="list-style-type: none"> 等価 N 値と等価加速度をプロットして判定 	<ul style="list-style-type: none"> $F_L = R/L$ により判定 	<ul style="list-style-type: none"> $F_L = R/L$ により判定 																					
液状化判定結果の反映	<ul style="list-style-type: none"> 浮上などの安定性検討に反映 側方移動、沈下に対する残留変位の考慮 	<ul style="list-style-type: none"> 浮上などの安定性検討に反映 杭基礎の安定性、部材照査に反映 (バネ値、強度の低減) 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤改良検討への反映 護岸の残留変位量などへの反映 	<ul style="list-style-type: none"> 杭基礎の安定性、部材照査に反映 (バネ値、強度の低減) 水際での流動圧作用による安定性検討 	<ul style="list-style-type: none"> 杭基礎の安定性、部材照査に反映 (バネ値、強度の低減) 水際での流動圧作用による安定性検討 	<ul style="list-style-type: none"> 地中構造物は安定性の確保を前提としている。 道路橋や高架橋基礎はバネ値や耐力の低減を行い、大きな諸元を確保することに配慮されている。 液状化時の挙動を評価した設計は港湾の耐震強化施設など、限定した対象である。 																				

今回の地震は、発生頻度や規模からレベル2地震であるものの、浦安での観測記録では震度5強でありレベル1地震動よりも若干大きな応答スペクトル特性を有する程度のものであった。一方、断層規模が大きく破壊過程が多段階であったことから、地震動の継続時間が長く、繰り返し回数が多かったことや、30分後に発生した余震の規模が大きかったため、震源から遠い浦安市域でも埋立地全域において液状化現象による地盤変状が生じたものと考えられる。

公共土木施設の技術基準において、対象とする地震動はレベル1、レベル2に区分され、かつ各地震動に対して保有すべき性能を重要度に応じて規定する基本方針を採用している。しかし、それらは振動によって生じる構造物の損傷状態と施設全体の安全性や供用性、復旧性を対象としており、地震によって引き起こる液状化現象とこれに伴う地盤変状による構造物の損傷状態や施設の保有性能という観点から、浦安市における今後の公共土木施設の整備に当たり、対象とするレベル1、レベル2地震動の設定と求める性能、地震後の地盤調査結果に基づくFL法による液状化判定手法の妥当性を検討いただいた上で、今後の復旧・復興における液状化対策にあたっての技術的な検討指針を取りまとめる。