

浦安市市街地液状化対策検討委員会

報告書

平成 28 年 9 月

浦 安 市

巻 頭 言

2万人を超す犠牲者、建築物の全壊・半壊が合わせて40万戸という、壊滅的な被害が生じた平成23年（2011年）3月11日の東日本大震災を通して、我々が得た共通の教訓は「絶対の安全はない。」あるいは「災害に想定外はない。」というものでした。また、長年にわたり地盤工学、とりわけ地盤の液状化について研究してきた私が、今回の震災によって感じたことは、高層ビルや長大橋などに比べて相対的に廉価な施設や構造物には十分な耐震技術が普及していない、ということでした。これは、上・下水道などのライフラインや河川堤防において顕著でしたが、戸建住宅などの低層建築物も例外ではありません。

東日本大震災は千年に一度ともいわれる、巨大地震と大津波による我が国の歴史上最大の災害となったことから、避難誘導や災害後の生活再建などソフト対策に関する提案が盛んに行われています。しかし、これらの対応策は災害発生後のものであり、地震による家屋の倒壊で失われた生命や資産・設備を元に戻すことは不可能です。このため、私としては、耐震性の強化・向上、すなわちハード対策が重要であり、これらによる対応が困難な場合にはソフト対策に頼るということが防災対策の要諦である、と考えています。

我が国は自然災害の多い国です。過去にも、地震をはじめ火山の噴火、台風・豪雨による洪水、山崩れ、そして高潮災害など、大規模な災害によって甚大な被害が幾度も発生しています。これらの多くの災害を教訓として、土木建築技術を駆使しながらこれに備え、少しずつ災害対応力を高めてきたのが、日本列島の住民の歴史です。

東日本大震災では、浦安市においては埋立地で大規模な液状化災害が見舞われ、これからどうすればよいか、多くの市民の皆さんが迷われたことと存じます。また、震災直後は余震も頻発し、さらに近々大地震も発生すると心配される方もいました。液状化した地盤は、再び大地震が起きると再液状化してしまいます。そのためかどうか、「こんな危険な地域は居住に適さない。」という旨の発言も仄聞されました。しかし、都心に近接し、優れた都市景観を備えた住宅地を災害のために放棄することなど、「勿体無い。早計である。」というのが私の思いです。また、一度液状化災害に遭っただけで対応を諦めてしまうのであれば、後世の人々や技術者から、私どもは努力不足、あるいは無能という誹りを受けると思います。そんな個人的な意識もあり、私自身、浦安市の一連の液状化対策の検討を進めるに当たって「ベストを尽くし、やれることはやった、そういう成果を後世に残す必要がある。」と考えました。

液状化対策の技術は、昭和39年（1964年）の新潟地震以降、この50年間、土木建築分野において精力的に検討されたことにより大きな発展を遂げ、住宅地の開発段階で行う地盤の締固めなどの対策などの多数の技術が開発され、実用化されています。しかし、冒頭に述べましたように、戸建住宅などの廉価な施設向けの技術は必ずしも十分ではありませんでした。これは、液状化対策を実施すると人件費、材料調達などの費用が必要となるため、廉価な施設の建設に高額な対策費用をかけることが困難であったことによるものと考えます。また、浦安市のように地下水位低下工法の適用が難しい地域において、廉価な費用で住宅を地表に残したまま直下の地盤に対策を行い、液状化災害を軽減することは極めて難問でありました。

この「浦安市市街地液状化対策検討調査」では、これまでの検討結果を踏まえつつ、格子状地盤改良工法による市街地の一体的な液状化対策について、最新の技術を駆使して可能な限りの検討を行い、具体的な事業計画を取りまとめました。また、今回の調査では、埋立地盤を対象に詳細な地盤調査や液状化に対する検討も行き、本調査の成果が後世の方にもご活用されることを念頭に置いて、報告書の取りまとめを行っています。

結びに、本調査で検討を行ったそれぞれの地区で住民の皆様の合意形成が進み、着実に対策が行われて、素晴らしい成果が得られることを祈っています。

平成28年3月9日

浦安市市街地液状化対策検討委員会 委員長

東京大学名誉教授 東 畑 郁 生

はじめに

(東日本大震災による浦安市の被害)

平成 23 年 (2011 年) 3 月 11 日、宮城県牡鹿半島の東南東沖 130km、仙台市の東方沖 70km の太平洋を震源とする東北地方太平洋沖地震 (マグニチュード Mw=9.0) とこれに伴う大津波、およびその後の余震によって、東北地方・関東地方の太平洋沿岸各地で未曾有の人的・物的被害が発生しました。

この東日本大震災では、浦安市においては本震で震度 5 強、その後の余震で震度 5 弱の大きな揺れが生じ、1960 年代から 1980 年まで 2 期にわたり埋立造成した中町・新町地域 (面積 : 約 1,455ha) のほぼ全域において液状化現象が発生しました。幸いにも、浦安市内では家屋倒壊や火災は発生せず人的な被害はなかったものの、液状化現象によって、道路は噴出土砂による通行障害やひび割れ・せり上がり・陥没などの変状が発生、上・下水道などの地下埋設物は管路の破損やたるみ・ずれ、マンホールの浮上、液状化した土砂の流入による管路閉塞などによって使用不能となり、快適な都市生活が大混乱に陥りました。また、戸建住宅などの直接基礎建築物は、液状化に伴う地盤の支持力不足によって沈下・傾斜し、学校の校舎や集合住宅などの杭基礎建築物には、周辺の地盤の沈下による浮き上がりやライフラインの損傷などの被害が生じました。

また、東日本大震災において、液状化による建築物への被害は、震源から遠く離れた千葉県東京湾沿岸と茨城・埼玉・千葉県の利根川沿いの埋立地で特に集中して発生し、全国で約 27,000 棟、その約 3 分の 1 にあたる約 8,700 棟が浦安市で発生しました (平成 23 年 9 月現在、国土交通省調べ)。

(浦安市における液状化対策の検討と道路・下水道の復旧)

甚大な液状化被害から立ち直るため、浦安市では、市民と市職員の総力をあげた応急復旧、液状化被災自治体との連携による国の被害家屋に関する認定基準の見直し、市独自の住宅再建支援制度の創設などを行うとともに、平成 23 年 7~12 月、地盤工学会・土木学会・日本建築学会の 3 学会の英知を結集した「液状化対策技術検討調査委員会」を設置し、液状化の要因分析と対策について検討を行いました。この「浦安市液状化対策技術検討調査」において、主にポンプ浚渫で造成した緩い埋立砂層が液状化することで被害が発生したことや道路・下水道などの液状化対策、傾斜した家屋の修復方法について取りまとめました。

この調査結果を踏まえ、浦安市は公共施設の復旧・液状化対策工事を鋭意進め、市立小・中学校の校舎の復旧・グラウンドの液状化対策工事は平成 24 年度に完了、被災延長が合計 25km に及んだ下水道の復旧・液状化対策工事は、地中での工事が難航したことから平成 27 年度末に完了、また、交通規制を行いながら順次進めた主要幹線道路の復旧・液状化対策工事も平成 28 年度で完了する見通しです。

(復興交付金制度と「市街地液状化対策事業」)

一方、平成 23 年 12 月、東日本大震災による未曾有の被害からの早期の復旧・復興を図るため、国は、東日本大震災復興特別区域法に基づき、東日本大震災復興交付金制度を制定しました。この復興交付金制度に、地方自治体と地域住民が協力して液状化災害に強い安全なまちづくりを目指すことを目的とした「市街地液状化対策事業」の仕組みが新規に盛り込まれました。当事業は、街区内の道路・下水道などの「公」の施設と「民間」の宅地を対象に一体的な液状化対策を行うもので、「公」の施設の対策に加えて、民間の宅地内で実施する公の施設のための対策についても一定の国費を支出することとしたものです。

ところで、宅地開発時に更地の状態で行う地盤の静的締固めなどの対策と違い、既設の家屋が密接して立ち並ぶ戸建住宅街での液状化対策について具体的な工法は確立されていません。また、阪神淡路大震災後に、尼崎市で行われた地下水位低下工法による液状化対策は、浦安市のような埋立地では地盤沈下が懸念されます。

このため、浦安市では、平成 24 年 6~11 月、学識経験者による「市街地液状化対策可実現可能性検討委員会」を設け、「格子状地盤改良工法」と「地下水位低下工法」の二つの工法について検討を行うとともに、住宅建て替え時に行う個別対策について整理しました。また、「格子状地盤改良工法」については、国土交通省国土政策技術総合研究所による遠心載荷模型実験により対策効果が検証されました。さらに、地下水位低下工法については、平成 25 年 1~3 月、高洲 7 丁目において現地実証実験を行った結果、浦安市の埋立地では地下水位の低下による地盤沈下や埋立地盤のばらつきに起因する不同沈下のリスクがあることが判明しました。

これらの検討結果を踏まえて、浦安市は本事業で適用可能な工法として「格子状地盤改良工法」を選択しました。

(格子状地盤改良工法の概要)

浦安市が市街地液状化対策事業として採用することとした「格子状地盤改良工法」は、液状化しやすい砂地盤上の道路と宅地を基盤の目のように囲んで壁状に地盤改良を行うもので、地震の揺れ (地震動による地盤のせん断変形) を抑え、液状化の発生を抑制することによって被害を軽減するものです。具体的な工事は、機械式攪拌機械または高圧噴射攪拌機械を用いて、道路の中央部と宅地相互の境界部の地盤にセメント系固化材を注入して混合・攪拌することで円柱または楕円形状に連続して地盤改良を行い、これらの一部重ね合わせて接合させて格子状に地盤改良体を造成していきます。

(市と地域住民による取組)

浦安市は、格子状地盤改良工法による工事概要と事業の仕組みについて、平成25年4月24日、地域住民に対する以下の内容の住民説明会を実施しました。

1. 復興交付金事業制度の「市街地液状化対策事業」の工法として、格子状地盤改良工法による事業の実施を検討する。なお、地下水位低下工法については、浦安の地盤条件では地盤沈下のリスクがあるため、市は推奨しない。
2. 格子状地盤改良工法による工事費用は、国との調整結果を踏まえて、道路部分はすべて公費で、宅地部分は2分の1を公費、残り2分の1は民(各地権者)の負担とすし、さらに、民の費用については100万円を上限に2分の1を市が助成する。
3. 国の事業採択要件は住宅10戸以上かつ面積3千㎡以上であるが、効率的な事業の実施、地権者による費用負担が必要であることから、基本的に100戸程度、事業区域の全ての地権者の合意を要件とする。

その後、市主催による計3回の住民説明会、当事業についてより詳細に検討することを目的とした地域住民の勉強会の開催、勉強会への市職員の出前説明など、市職員および地域住民による延べ197回に及ぶ熱心な検討が行われた結果、平成26年6月までに要望が出された16地区、4,103宅地(当初は20地区。その後、隣接する地区を統合して16地区)を対象として、事業実施に向けた事業計画案の策定などの詳細な調査検討を実施することとなりました。

(市街地液状化対策検討調査)

「浦安市市街地液状化対策検討調査」は、このような経緯を経て、16地区、4,103宅地を対象に、各地区の地盤調査の結果を基に格子状地盤改良工法による市街地液状化対策事業に関する調査・設計および事業計画案の検討を行ったものです。

調査にあたっては、東畑郁生・東京大学名誉教授に委員長をお願いし、学識経験者、地権者代表および行政担当者を委員とする「浦安市市街地液状化対策技術検討委員会」を設け、計6回の委員会(第1回:平成27年2月~第6回:同12月)を開催して、格子状地盤改良工法による市街地液状化対策事業計画案について、安全性、経済性等の観点からその妥当性について審議、助言を頂きながら検討を進めました。また、本委員会は地権者の方々を始め広く一般に公開し、毎回、多くの市民の皆さんが傍聴して行われました。

(市街地液状化対策検討調査報告書の概要)

本報告書は、第1~5編で構成されています。

第1編は、「市街地液状化対策委員会」の概要、委員会の開催経緯について整理しました。第2編は、16地区で詳細に実施した地質調査結果と宅地の液状化可能性判定について取りまとめました。第3編は、格子状地盤改良の設計方法と各地区の改良体の配置や深度などの改良仕様の検討結果を取りまとめました。第4編は、格子状地盤改良の施工方法に関する共通事項と各地区の施工計画の概要について取りまとめました。第5編は、16地区それぞれの事業計画(案)について取りまとめました。また、第2~4編の付録として、内容の理解を助けるための簡単な用語解説を掲載しました。

なお、委員からの技術的な指摘や検討要請に対して個別に検討した事項については、本調査報告書の別冊資料編として、別途取りまとめています。

浦安市市街地液状化対策検討委員会委員名簿

区分	氏名 ・ 所属等		備考
学識経験者	東 畑 郁 生 (委 員 長)	公益法人地盤工学会会長 東京大学名誉教授	土質力学 地盤耐震工学
	中 井 正 一 (副委員長)	千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻 教授	建築基礎構造 地震工学、都市防災
	北 詰 昌 樹	東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 教授	地盤工学・軟弱地盤 対策・地盤改良
	佐々木 哲 也	国立研究開発法人土木研究所 地質・地盤研究 G 土質・振動チーム 上席研究員	土質工学・振動工学
	吉 田 望	東北学院大学 工学部 環境建設工学科 教授	地盤工学・耐震工学
地権者代表	團 彦太郎	浦安市舞浜三丁目	地権者代表
	山 田 幸一郎	浦安市美浜三丁目	地権者代表
	横 山 和 夫	浦安市弁天一丁目	地権者代表
行政職員	石 井 一 郎	浦安市 副市長	行政代表
	宇田川 義 治	浦安市 都市整備部 復旧・復興担当部長	行政代表

浦安市市街地液状化対策検討委員会報告書

巻頭言

はじめに

委員会名簿

目次

	頁
第1編 委員会の概要	1
1.1 委員会の目的	3
1.2 市街地液状化対策事業	3
1.3 液状化対策の考え方	3
1.4 市街地液状化対策事業計画案策定調査	4
1.5 委員会の構成	5
1.6 委員会開催経緯	6
〔付録1〕 第1回～第6回 議事要旨および指摘事項の対応	7
第2編 地質調査および宅地の液状化可能性判定	9
2.1 地質調査概要	11
2.2 浦安市域の地盤特性	14
2.3 浦安市域の地形・地質概要	17
2.4 各地区の地質調査結果	19
2.5 土質特性および設計に用いる物性値	51
2.6 工学的基盤と速度特性	59
2.7 簡易液状化判定	63
2.8 宅地の液状化可能性判定	66
〔付録2〕 街区毎の「建築H ₁ -D _{0.5} 法」に基づく“二次判定”結果	70
〔付録3〕 地盤調査および液状化判定に関する用語説明	86

	頁
第3編 格子状地盤改良の設計	89
3.1 格子状地盤改良工法の実績・効果と課題	91
3.2 設計での性能規定値	92
3.3 設計地震動	93
3.4 設計解析手法	95
3.5 設計方針と設計手順	96
3.6 設計解析で用いる地盤条件設定	98
3.7 被災状況との整合性確認	104
3.8 改良仕様設定	108
3.9 今川三丁目13街区の設計	114
3.10 今川二丁目13～15街区の設計	120
3.11 弁天二丁目25～31街区の設計	129
3.12 美浜三丁目1～8街区、10～14街区の設計	137
3.13 舞浜三丁目全街区の設計	146
3.14 弁天二丁目3～12・14～24・32～38街区の設計	165
3.15 弁天一丁目6～20街区、弁天四丁目1～12・14～20街区の設計	185
3.16 舞浜二丁目（南側）18～46街区の設計	216
3.17 舞浜二丁目（北側）2～9・12～17街区の設計	233
3.18 入船四丁目34～46街区の設計	243
3.19 富岡一丁目2～21街区の設計	251
3.20 東野三丁目12～27・29～40街区の設計	260
3.21 美浜三丁目16～32街区の設計	278
3.22 美浜四丁目16～31街区の設計	286
3.23 美浜四丁目1～5・7～15街区の設計	294
3.24 富岡四丁目1～8・11～14・19～22街区の設計	302
〔付録4〕 格子状地盤改良の設計用語説明	311

	頁
第4編 格子状地盤改良の施工計画	313
4.1 適用工法概要	315
4.2 現況調査	318
4.3 施工計画の基本方針	319
4.4 品質確保のための管理計画	323
4.5 安全計画	330
4.6 改良体配置計画と工事費	332
4.7 今川三丁目13街区の施工計画	336
4.8 今川二丁目13～15街区の施工計画	337
4.9 弁天二丁目25～31街区の施工計画	338
4.10 美浜三丁目1～8街区、10～14街区の施工計画	339
4.11 舞浜三丁目全街区の施工計画	340
4.12 弁天二丁目3～12・14～24・32～38街区の施工計画	341
4.13 弁天一丁目6～20街区、弁天四丁目1～12・14～20街区の施工計画	342
4.14 舞浜二丁目（南側）18～46街区の施工計画	344
4.15 舞浜二丁目（北側）2～9・12～17街区の施工計画	346
4.16 入船四丁目34～46街区の施工計画	348
4.17 富岡一丁目2～21街区の施工計画	349
4.18 東野三丁目12～27・29～40街区の施工計画	350
4.19 美浜三丁目16～32街区の施工計画	352
4.20 美浜四丁目16～31街区の施工計画	353
4.21 美浜四丁目1～5・7～15街区の施工計画	354
4.22 富岡四丁目1～8・11～14・19～22街区の施工計画	355
〔付録5〕 格子状地盤改良の施工計画用語説明	356

	頁
第5編 市街地液状化対策事業計画(案)	357
5.1 今川三丁目13街区の事業計画(案)	359
5.2 弁天二丁目25～31街区の事業計画(案)	375
5.3 美浜三丁目1～8街区、10～14街区の事業計画(案)	393
5.4 舞浜三丁目全街区の事業計画(案)	411
5.5 弁天二丁目3～12・14～24・32～38街区の事業計画(案)	437
5.6 弁天一丁目6～20街区、弁天四丁目1～12・14～20街区の事業計画(案)	463
5.7 舞浜二丁目（南側）18～46街区の事業計画(案)	491
5.8 舞浜二丁目（北側）2～9・12～17街区の事業計画(案)	515
5.9 入船四丁目34～46街区の事業計画(案)	535
5.10 富岡一丁目2～21街区の事業計画(案)	553
5.11 東野三丁目12～27・29～40街区の事業計画(案)	573
5.12 美浜三丁目16～32街区の事業計画(案)	595
5.13 美浜四丁目16～31街区の事業計画(案)	617
5.14 美浜四丁目1～5・7～15街区の事業計画(案)	635