２．調査業務の概要

２．１　全体計画

本業務の対象区域は、浦安市の戸建て住宅地区（戸建て住宅の宅地とその周辺の街路及びそれらの地下埋設管等）とし、幹線道路や橋梁、護岸等は含まないものとする。

この対象区域の状況を適切に反映した街区モデルを設定し、主に２次元有限要素法による地盤の液状化解析及び変形解析を実施して、対策工法として挙げられた各工法による液状化防止・軽減効果の検証を行うことを基本的な検討方法とする。

なお、解析に際しては、既存データの活用の他、必要に応じて当該地における土質試験などから必要な数値を設定し、解析の信頼度向上に努めることとした。

具体的な対策工法としては、道路と宅地を一体として行う工法として

（１）地下水位低下工法

（２）格子状改良工法

の 2 種類、上記 2 工法のいずれかまたは両方の補助的工法として、あるいは宅地における単独での対策工法として

（３）個別対策工法（注１）

の、あわせて 3 種類の工法について検討するものとした。

（注１）個別対策工法は特定の工法の名称ではなく、地下水位低下工法、格子状改良工法以外の複数の工法の総称であり、その概要や選定理由については５．にて詳述する。

各対策工法の実現可能性をまとめるにあたっては、

・解析結果による液状化防止・軽減効果や抑制の程度、地盤の沈下量などの大きさ

・施工性、技術的な課題

・維持管理費を含めた概算の事業コスト

・その他の事業リスク

などを総合的に勘案して検討を行った。

上記の観点から本調査業務を実施するにあたって、「液状化対策実現可能性技術検討委員会」を設置し、学識経験者等より技術的な助言を得るとともに、各液状化対策工法別にワーキンググループ（WG）、解析に関するタスクグループ（TG）等を設けて、検討に必要な調査・作業を実施した。

本調査の実施体制を図 2.1.1 に、「液状化対策実現可能性技術検討委員会」委員名簿を表 2.1.1 に示す。なお、表 2.1.2 に WG、TG の開催経過を付記する。

市街地液状化対策 実現可能性検討調査業務　実施体制

液状化対策実現可能性技術検討委員会

第１回：目標性能と検討対象モデル地盤の確認など（2012.6.25）
第２回：WG検討結果中間報告
液状化防止・低減効果の評価方法の統一（2012.8.24）
第３回：道路・宅地の一体的な液状化対策の事業実施可能性に関するとりまとめ（2012.11.7）

（主な検討事項）
①地盤調査、地盤モデルの設定
②レベル１、２地震動に対する液状化に係る道路・宅地の目標性能設定
③液状化防止・低減効果の評価方法の検討。同評価結果のとりまとめ
④道路・宅地の一体的な液状化対策の事業実施可能性に関するとりまとめ

＜事務局：ベターリビング＞

（委員会は公開にて実施）

地下水位低下工法検討WG

（主な検討事項）
① 有効応力解析手法による地下水位低下量と液状化防止軽減効果の定量的評価
② 地下水位低下に伴う地盤沈下、建築物の不同沈下などへの影響評価
③ 地下水位低下方法の検討、比較、止水壁の施工方法の検討、地下埋設管への対応検討
④ 地下水位および沈下管理手法の検討
⑤ 初期コスト、維持管理コストなど想定される事業費の試算と事業リスクの検討

＜事務局：ベターリビング＞

幹事
大成建設㈱

格子状改良工法検討WG

（主な検討事項）
① 数値シミュレーションによる格子の配置と液状化防止軽減効果の定量的評価
② 格子壁の施工方法の検討、格子壁の品質評価
③ 道路・周辺宅地等への影響評価
④ 初期コスト、公共施設の再整備など想定される事業費の試算と事業リスクの検討

＜事務局：ベターリビング＞

幹事
㈱竹中工務店
㈱竹中土木

個別対策工法検討WG

（主な検討事項）
① 建替時に個別に対応可能な対策工法の選定
② 各工法の性能設定、液状化防止軽減効果の定量的評価
③ 設計・施工法の検討、周辺宅地等への影響評価
④ 施工費など想定される事業費の試算と事業リスクの検討

＜事務局：ベターリビング＞

幹事
ベターリビング
（協力者）
㈱テノックス
旭化成建材㈱
㈱不動テトラ
飛島建設㈱
佐藤工業㈱

解析検討ＴＧ

※解析検討TG：解析モデル等の諸条件の検討、確認およびすり合わせを実施（各WGの解析担当者）。

図 2.1.1　業務実施体制

表 2.1.1　液状化対策実現可能性技術検討委員会　委員名簿

（50 音順）

委員長	東畑郁生	東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授
委員	新井　洋	国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部構造基準研究室 主任研究官
委員※1	加倉井正昭	東京理科大学大学院工学研究科 客員教授 パイルフォーラム株式会社 代表取締役社長
委員※2	末政直晃	東京都市大学工学部都市工学科 教授
委員	時松孝次	東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻 教授
委員	中井正一	千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻 教授
委員	安田　進	東京電機大学理工学部建築・都市環境学系 教授
委員	吉田　望	東北学院大学工学部環境建設工学科 教授
委員※3	若井明彦	群馬大学大学院工学系研究科社会環境デザイン工学専攻 教授
委員※4	二木幹夫	一般財団法人ベターリビング 理事、つくば建築試験研究センター 所長

※1：格子状改良工法検討 WG 主査
※2：地下水位低下工法検討 WG 主査
※3：個別対策工法検討 WG 主査
※4：受託者側委員

○「市街地液状化対策実現可能性技術検討委員会」の開催日と場所（いずれも公開にて実施）
・第１回：平成 24 年 6 月 25 日（月）：浦安市民プラザＷＡＶＥ１０１
・第２回：平成 24 年 8 月 24 日（金）：浦安市民プラザＷＡＶＥ１０１
・第３回：平成 24 年 11 月 7 日（水）：オリエンタルホテル東京ベイ

○上記、技術検討委員会の議事録を巻末に付す（別添資料２－１）。

表 2.1.2　WG・TG の開催経過

＜地下水位低下工法検討 WG（WG1）＞

主　　査　　末政直晃　　（前掲）

WG1 委員　　渦岡良介　　徳島大学大学院　ソシオテクノサイエンス研究部　教授

WG1 委員　　片桐雅明　　東京都市大学工学部　客員教授

株式会社日建設計シビル　地盤調査設計部　設計主管

幹事企業　　大成建設株式会社

（WG 開催日・場所）　※WG 出席は上記メンバー及び浦安市、ベターリビング

第 1 回　平成 24 年 5 月 31 日（水）：ベターリビング本部（飯田橋）　7B 会議室
第 2 回　平成 24 年 7 月 30 日（月）：ベターリビング本部　7B 会議室
第 3 回　平成 24 年 9 月 24 日（月）：ベターリビング本部　7B 会議室
第 4 回　平成 24 年 10 月 16 日（火）：ステージビルディング（飯田橋）17 階　会議室 1

＜格子状改良工法検討 WG（WG2）＞

主　　査　　加倉井正昭　　（前掲）

幹事企業　　株式会社竹中工務店、株式会社竹中土木

（WG 開催日・場所）※WG 出席は上記メンバー及び浦安市、ベターリビング

第 1 回　平成 24 年 6 月 7 日（木）：ベターリビング本部　7B 会議室
第 2 回　平成 24 年 7 月 31 日（火）：ベターリビング本部　7B 会議室
第 3 回　平成 24 年 9 月 27 日（木）：ステージビルディング 17 階　会議室 1
第 4 回　平成 24 年 10 月 25 日（木）：ベターリビング本部　7C 会議室

＜個別対策工法検討 WG（WG3）＞

主　　査　　若井明彦　　（前掲）

幹事企業　　一般財団法人ベターリビング

協力企業　　株式会社テノックス、旭化成建材株式会社、株式会社不動テトラ、
飛島建設株式会社、佐藤工業株式会社

（WG 開催日・場所）※WG 出席は上記メンバー及び浦安市

第 1 回　平成 24 年 6 月 1 日（金）：ベターリビング本部　7B 会議室
第 2 回　平成 24 年 7 月 24 日（火）：家の光会館（飯田橋）1 階セミナールーム
第 3 回　平成 24 年 9 月 10 日（月）：ベターリビング本部　7B 会議室
第 4 回　平成 24 年 10 月 16 日（火）：エレガンス飯田橋（飯田橋）2 階　会議室

＜解析検討 TG＞　※TG 出席は下記メンバー

渦岡委員（前掲）、片桐委員（前掲）、WG 幹事各企業、協力各企業より解析担当者

（TG 開催日・場所）

第 1 回　平成 24 年 6 月 13 日（水）：ステージビルディング 17 階　会議室 1
（以降は、随時電子メール等による打ち合わせ・調整を実施）

２．２　基本的事項の整理

２．２．１　目標性能の設定

液状化対策実現可能性の検討にあたっての設定目標は、委員会等での議論・検討を経て、以下のとおりとした（図 2.2.1 参照)。

（１）道路を含む公共用地（注２）

レベル１相当地震動（注３）に対して、地盤が液状化しないこと。

（２）宅地

レベル１相当地震動に対して、建物自重等による荷重が立地地盤の短期許容応力度を超えないこと。

（注２）本報告書の以降の記載の中で、「道路」と記載されている場合、「道路を含む公共用地」を指している場合がある。

（注３）本業務で定義する「レベル１相当地震動」については、２．２．３を参照。

地盤の許容応力度算定に関する詳細は、別添資料２－２を参照のこと。なお、宅地の検討に際して可能な場合には、数値解析による建物沈下量の参考推定値を適宜算出することとした。

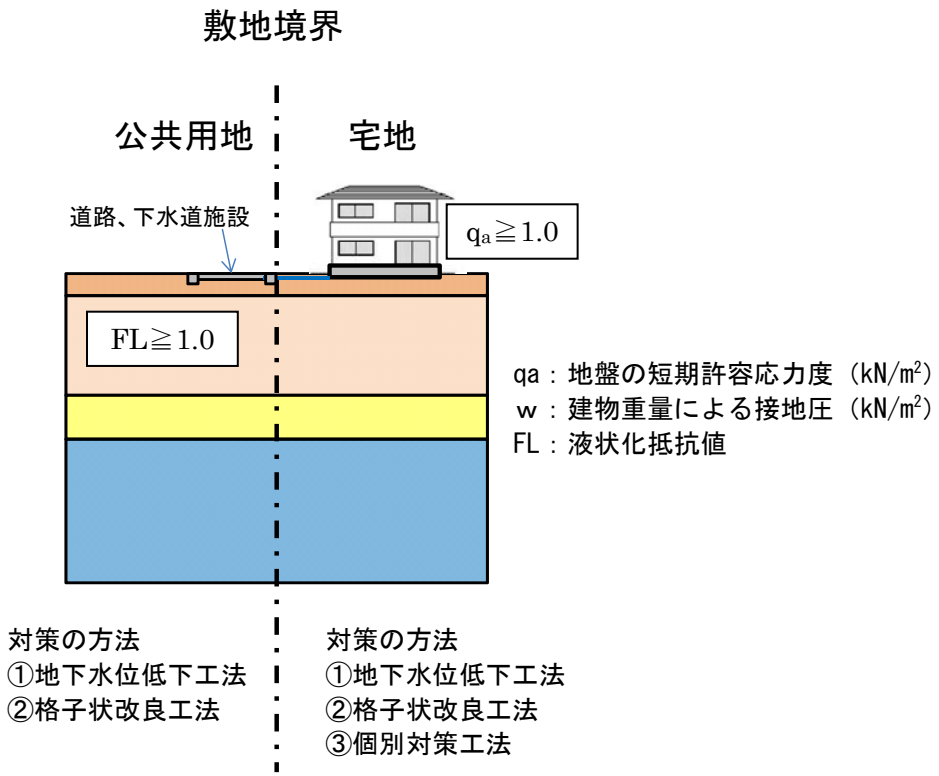


図 2.2.1　目標性能の設定

２．２．２　モデル地盤の設定

液状化対策検討用地盤（モデル地盤）については、第１回検討委員会等での議論・検討及び既存の土質データ（H23 年度実施及び H4 年度実施のボーリングデータ、室内試験試験結果等）を用いた各 WG、TG での再検討を経て、以下のように設定した。

①層構成

地表面から、Bs 層（埋土層）、Fs 層（浚渫土層）、As1 層（沖積砂層）、As2 層（沖積砂層）、Ac1 層（沖積粘性土層）、Ac2 層（沖積粘性土層）、Ds 層（洪積砂層：入力基盤層 Vs=388m/s 相当）の順で堆積していると想定した（地下水位は GL－1.0m）。

各層の層厚、N 値については、平成 23 年度（東北地方太平洋沖地震発生後）に実施されたボーリング調査 23 本のうち、液状化の被害が報告されている地区で調査されたボーリングデータ 3 本（無作為抽出）から求めた平均値を採用した。ただし Ac2 層以深まで調査された地点は１地点のみであったため、Ac2 層以深はその１地点のボーリングデータを参照している。

②土質データ

解析用モデル地盤の各層の物性値については、前述の平成 23 年度実施のボーリング調査、平成 4 年度に実施されたボーリング調査の各データ及び室内試験結果の中から、設定された土質、N 値および深度が類似したデータを参考に設定した。

モデル地盤の層厚、各層の N 値及び土質データについては表 2.2.1 に示すとおりである。

表 2.2.1　モデル地盤の諸条件

土質名	N 値	層厚 (m)	細粒分含有率 (%)	密度 (t/m³)	せん断波速度 (m/s)	初期せん断剛性 (kPa)	ポアソン比	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kPa)	間隙比	最大間隙比	最小間隙比	20%粒径 (mm)	透水係数 (cm/s)	構成式 (※)
			Fc	ρ	Vs	G_0	ν	ϕ	c	θ_0	θ_{max}	θ_{min}	D20	κ	
Bs(乾燥)	6	1	18	1.80	145	38,038	0.3333	31	0.00	0.79	1.01	0.61	0.090	1.4E-03	EP
Bs(飽和)	6	1	18	1.80	145	38,038	0.3333	31	0.00	0.79	1.01	0.61	0.090	1.4E-03	EP
Fs	4	6	22	1.80	127	29,029	0.3333	30	0.00	1.02	1.47	0.88	0.070	7.7E-04	EP
As1	15	2	21.9	1.80	197	70,067	0.3333	35	0.00	1.03	1.44	0.78	0.069	7.4E-04	EP
As2	7	2	31	1.70	153	39,813	0.3333	30	0.00	1.25	1.76	1.06	0.030	1.1E-04	EP
Ac1	2	20	93.6	1.50	133	26,534	0.3333	0	13.00	2.34	－	－	－	5.1E-06	RO
Ac2	14	13	93.6	1.50	220	72,600	0.3333	0	91.00	2.58	－	－	－	2.8E-06	RO
Ds	74	－	10	2.00	388	301,088	0.3333	38	0.00	0.71	－	－	－	2.2E-03	－

（※）EP：砂の弾塑性構成式（渦岡、2000）、RO：修正 R-O モデル

２．２．３　想定する地震動レベル（入力地震動）の設定

本業務において想定する地震動レベルは、第１回検討委員会等での議論・検討を経て、以下のように設定した。

①レベル１相当地震動

浦安市における東北地方太平洋沖地震による地震動と同レベルの地震動を、本業務における“レベル１相当地震動”（以下、L1 相当地震動という。）とみなし、具体的な入力用加速度波形として、夢の島地震観測所で計測された東北地方太平洋沖地震時の加速度を工学基盤に引き戻した加速度波形（図 2.2.2(1)参照）を採用した。なお、余震の影響は考慮しないものとした。

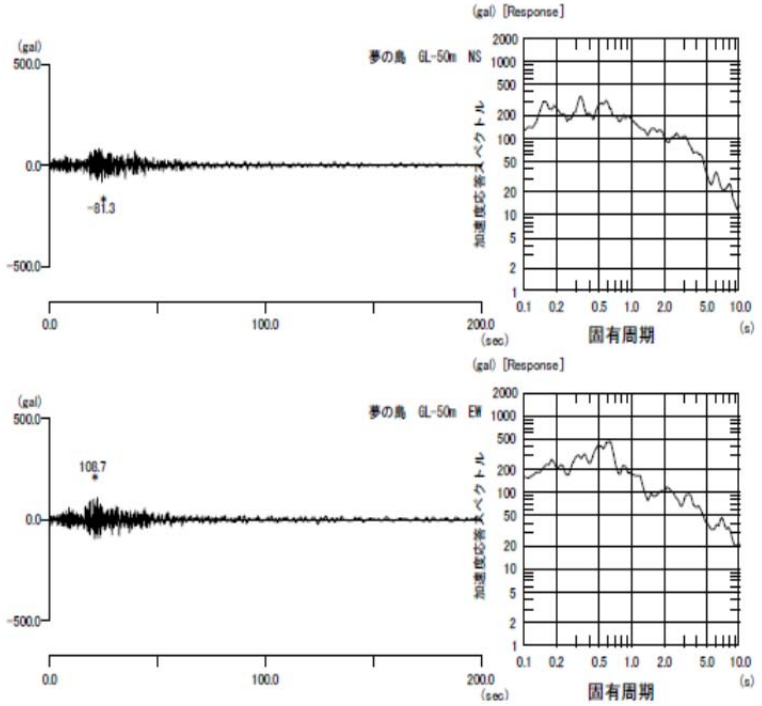
②レベル２地震動

また、レベル２地震動（以下、L2 地震動という。）には、入力用加速度波形として、東京湾北部地震の想定波形（図 2.2.2(2)参照）を採用した。

なお、２．２．１でも述べたように、液状化対策効果に関する基本的な検討は L1 相当地震動に関してのみ行えば十分であるが、主として宅地に関し、以下のようなケースについては L2 地震動に対する対策効果を検証する場合があることとした。

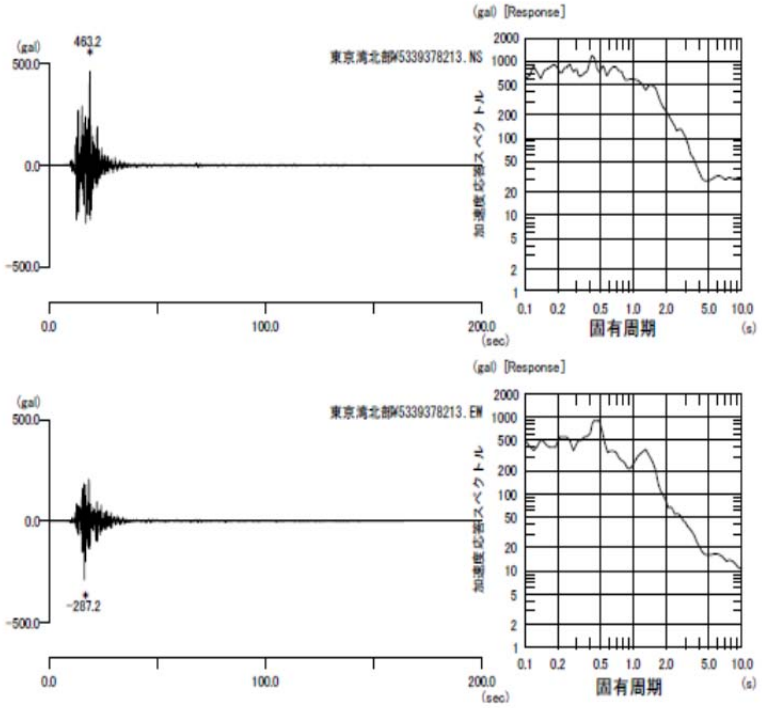
・L1 相当地震動に対して地盤の短期許容応力度を満足することが確認された上で、同じ対策が L2 地震動に対してどの程度効果を発揮するのかという検証が求められるケース
・主に個別対策工法に関して、宅地所有者が（一体化対策とは別に、またはこれを更に強化して）L2 地震動対応を求めることが想定されるケース

①311 地震(本震)：東京都港湾局のアレー観測データを用いた解放基盤波(夢の島地震観測所)



(1)　L1 相当地震動波形

②レベル 2 内陸直下型：東京湾北部地震(浦安新庁舎に該当するメッシュにおける工学的基盤の 2E 波)



(2)　L2 地震動波形

図 2.2.2　検証用入力地震動波形

２．２．４　モデル街区・住宅モデルの設定

（１）モデル街区の設定

液状化対策効果について主に数値解析による検証を行うためのモデル街区（具体的には面積、街路配置、住戸数等の規模）を以下のように設定した。

①基本モデル街区

基本的なモデル街区として、周囲を幅員 6mの街路に囲まれた幅 26m、長さ 130mの宅地（住戸数 20）を想定することとした（図 2.2.3(1)参照)。

②大規模モデル街区

工法の特性によっては、①よりも大規模な施工範囲を想定することが適切な場合もあるため、①相当の街区 27 を含む 310m×390mの範囲の大規模街区モデルも想定した(図 2.2.3(2)参照)。

なお、上記①、②は、対策工法としての効果検証を目的とした街区割りであるが、特殊な場合や、施工コスト算定時等には、これらと異なる区割り（①より小規模、①と②の中間、②より大規模、等）を用いることは差支えないこととした。

（２）住宅モデルの設定

解析検討に用いる住宅のモデルを設定するため、浦安市の都市計画を参考として以下のような条件を仮定した。

＜敷地条件＞

・敷地面積 169 ㎡（13.0m×13.0m）

・周辺道路は浦安市道（幅員 6m）

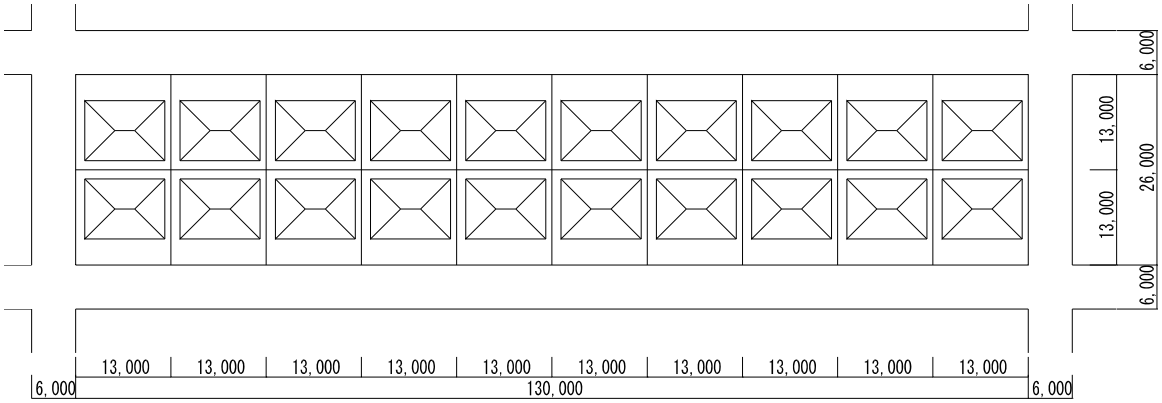
＜建物の法適合性＞

・用途地域：第一種低層住居専用地域

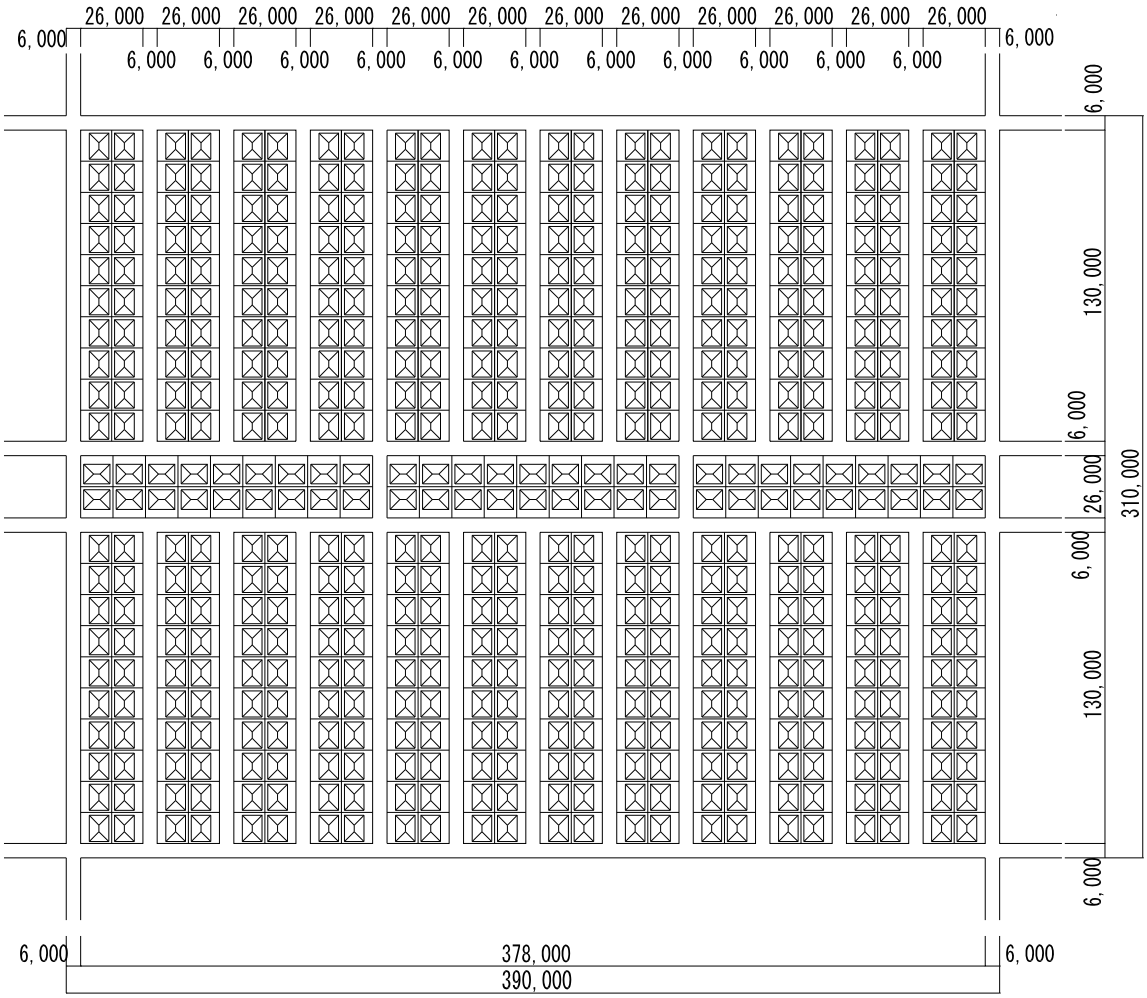
・建蔽率：50%（以下）

・容積率：100%（以下）

この条件で、「住まいづくりの情報サイト e-house」(http://www.e-house.co.jp/）等の情報に基づき間取りを決定し試設計を行った。その結果、モデル住宅は、木造２階建て、建築面積 82.81 ㎡、延べ床面積 155.68 ㎡、建蔽率 49%、容積率 92%となった。これを解析用の住宅モデルとして 11m×8m の平面寸法に置換することとし、また、地盤の短期許容応力度を照査するための設計用接地圧は、液状化時には長期相当の接地圧（ベタ基礎で 10kN/㎡、布基礎で 15kN/㎡）を採用することとした（住宅のモデル化を検討した過程は別添資料２－３を参照)。



(1) 基本モデル街区



(2) 大規模モデル街区

図 2.2.3　モデル街区の設定

２．２．５　解析手法について

本業務の各 WG における解析の流れは以下のとおりである。

（１）地下水位低下工法検討 WG（WG1）

①液状化発生の有無を等価線形解析（SHAKE）により検討

②短期許容応力度検討（別添資料２－２に準拠）

③３次元非定常浸透流解析による揚水井戸の配置と本数の検討

④２次元弾粘塑性 FEM 解析（DACSAR）による圧密沈下量計算

⑤浸透流解析の結果に基づく不同沈下量の検証

（２）格子状改良工法検討 WG（WG2）

①液状化発生の有無を等価線形解析（Super FLUSH）により検討

②改良体の安定性の検討（許容せん断応力度検討）

③２次元有効応力解析（LIQCA）による対策効果の検討

（３）個別対策工法 WG（WG3）

①2 次元有効応力解析（LIQCA）による対策効果の検討

②短期許容応力度検討（別添資料２－２に準拠）

２次元有効応力解析は、実証実験が困難な液状化現象への対策検討において、非常に有力な手法であるが、あくまでも数値解析（シミュレーション）であるため、計算結果、特に沈下量等の数値的な結果に関する精度はそれほど高くないという点に留意が必要である。

２．２．６　液状化対策工法の実現可能性検討手順

道路と宅地の一体的な液状化対策の実現可能性を検討するに当たり、液状化対策工法選定の流れがどのようなものであるかを把握するため、「道路と宅地の一体化対策施工の有無から見た実現可能性検討ケース一覧」（別添資料２－４参照）を作成した。

主に宅地の液状化対策工法を検討（５．個別対策工法にて記述）する観点から作成されたものであるが、このフローでは、まず道路と宅地の一体化対策工法として

①　地下水位低下工法の採用を前提とした場合

②　格子状改良工法の採用を前提とした場合

③　①②のいずれの工法も採用されない場合、または局所的に採用されなかった場合

の３通りを想定し、以降、個別対策工法の選択に当たっての敷地条件・施工条件（既存建物の有無、沈下修正の有無など）や、対策を行う地震動のレベルなどについて勘案した上で、想定しうるすべてのケースを網羅したものである。

したがって、すべてのフロー端末に「コスト算定、メリット・デメリットの整理」の表記があるものの、検討の経過あるいは結果において、実現可能性が高くないケースについてはこれらの算定、整理は行わないこととした。

２．２．７　地盤への対策以外での対応について

本業務において主たる検討対象としている工法は、地盤に対して何らかの対策を施すことによって液状化防止を目指す工法であるが、他方、地盤には手を加えず、建物側にて対策を施すことにより液状化被害を防止するという工法も存在する。

例えば、ごく一般的に使用される杭基礎工法の場合、短期許容応力度は当然満足し、家屋（建物自体）の液状化被害はほぼ防げる（ただし、当然ながら建物以外の宅地の液状化を軽減するものではない)。

また、何ら事前の対策を行わず、液状化による被害が発生してしまった場合でも、個別の沈下・傾斜を修正する工法を（被災のたびごとに）適用することによって、建物の液状化被害是正は可能である。もし、被災後の沈下・傾斜修正工法の適用を前提に、建物側に何らかの「仕掛け」を施しておけば、被災毎の修正工法が比較的容易に導入できる可能性もある。

このような観点から、個別対策工法検討 WG（WG3）においては、建物側で対応する工法として、

・杭基礎等の従来型工法や、その他主に建物の基礎部分に工夫をする工法
・被災後の沈下等修正を前提として、建物に事前に「沈下・傾斜修正のためのシステムを組み込む工法」

についても検討することとした。