

第5編

市街地液状化対策事業計画(案)

5.1 今川三丁目13街区の事業計画（案）

浦安市市街地液状化対策事業計画（案）

今川三丁目13街区

平成27年10月
浦安市

1. 市街地液状化対策事業の考え方と地区の特性

1.1 市街地液状化対策事業について

市街地液状化対策事業は、東日本大震災による甚大な被害を受けて国が創設した復興交付金制度を活用した事業で、地盤の液状化により、著しい被害を受けた地域において、再度災害の発生を抑制するため、道路や下水道などの公共施設と隣接宅地等との一体的な液状化対策を推進する事業です。

道路と宅地を一体的に液状化対策することで、効果的かつ効率的に面的な液状化対策を行うことが可能となり、事業区域内の宅地に加えて街区内の道路や下水道などの公共施設の液状化被害を軽減することが可能となります。

1.2 液状化対策の考え方

浦安市では震災以後2年にわたり、さまざまな検討や現地実験を行った結果、道路と宅地の一体的な対策で実現可能性のある工法として、「格子状地盤改良工法」が適切であると判断しました。

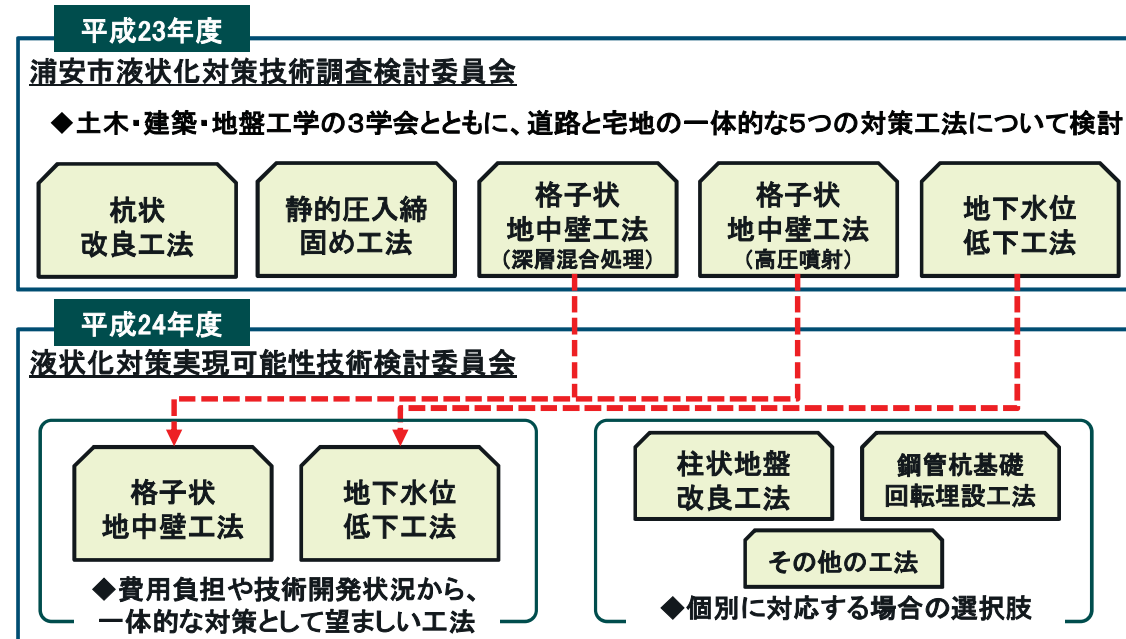


図-1.1 これまでの検討経緯

「格子状地盤改良工法」は、道路と宅地の基礎地盤に連続的に広がる液状化する地盤を、一体的に格子状に改良し、地震時の発生せん断応力ⁱの大部分を改良体に作用させることで、格子状改良体で囲まれた地盤内に発生するせん断応力を低減し、効果的かつ効率的に液状化被害の軽減を図るものです。(図-1.2)

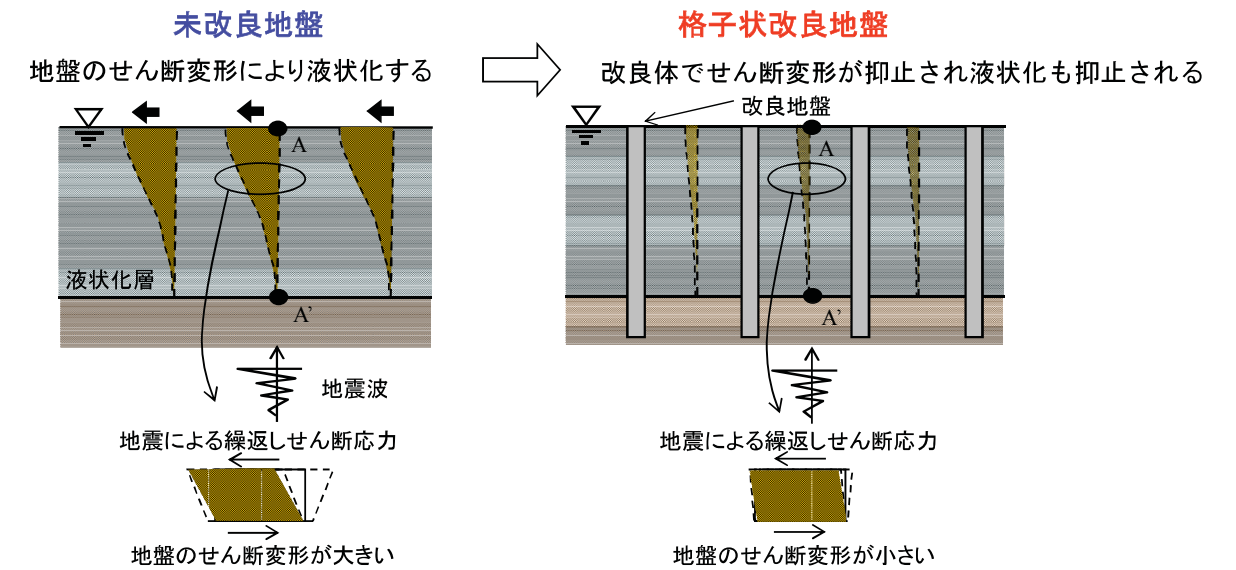


図-1.2 格子状地盤改良の液状化抑制原理

ⁱ せん断応力：地震時に地盤にゆがみを生じさせる力。地下水位以深の緩い砂地盤が、地震により発生したせん断応力により変形することで、液状化が発生します。

1.3 費用負担の考え方

道路部分の液状化対策費は公費で負担し、民間宅地部分の液状化対策費は所有者が負担することが原則です。ただし、道路の液状化対策に寄与する民間宅地において実施する液状化対策については、その一部を公費で負担します。

なお、負担割合については、図-1.3のとおりです。

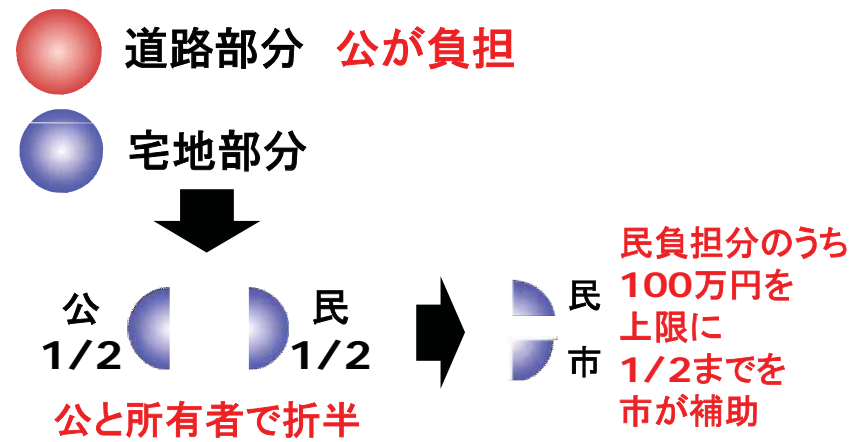
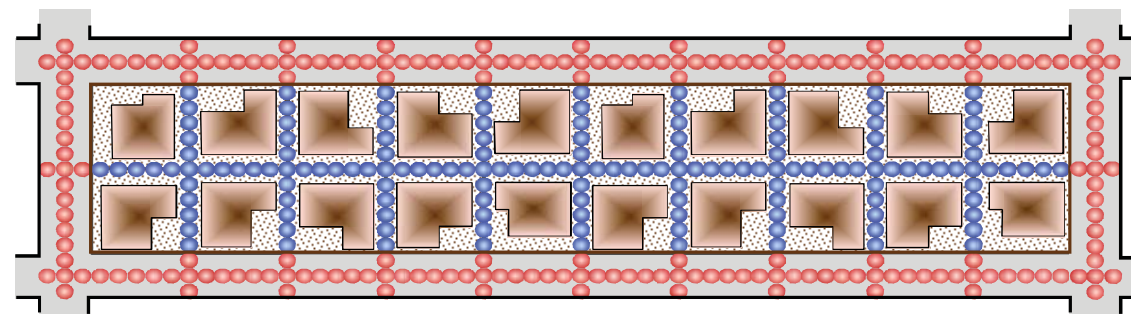


図-1.3 浦安市における費用負担の考え方

1.4 地区の特性

(1)地盤調査結果

- ・ 地表面から深度 1.5m程度まで Bs 層(盛土層)、深度 5m付近まで Fs, Fc 層(浚渫土砂による埋土層)が分布しています。その下には、沖積層の上部砂質土(As1, As2, Asc 層)が深度 16m付近まで堆積しており、さらにその下に Ac1 層(沖積粘性土層)が分布していることが分かりました。(図-1.4~図-1.5)
- ・ 土質試験結果や液状化被害再現性の検討等から、各層の物性値ⁱを表-1.1 のとおり設定し、この物性値に基づいて分析を行いました。

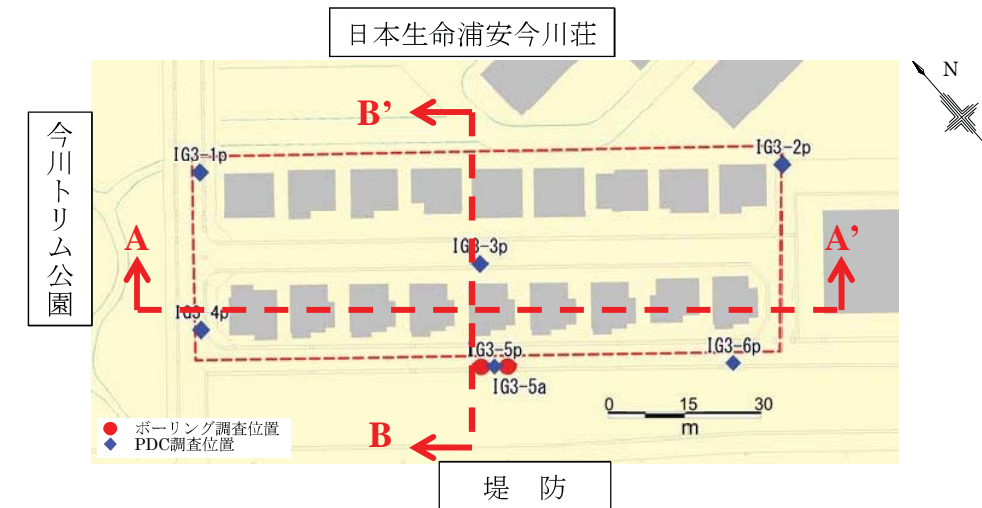


図-1.4 地盤断面位置図

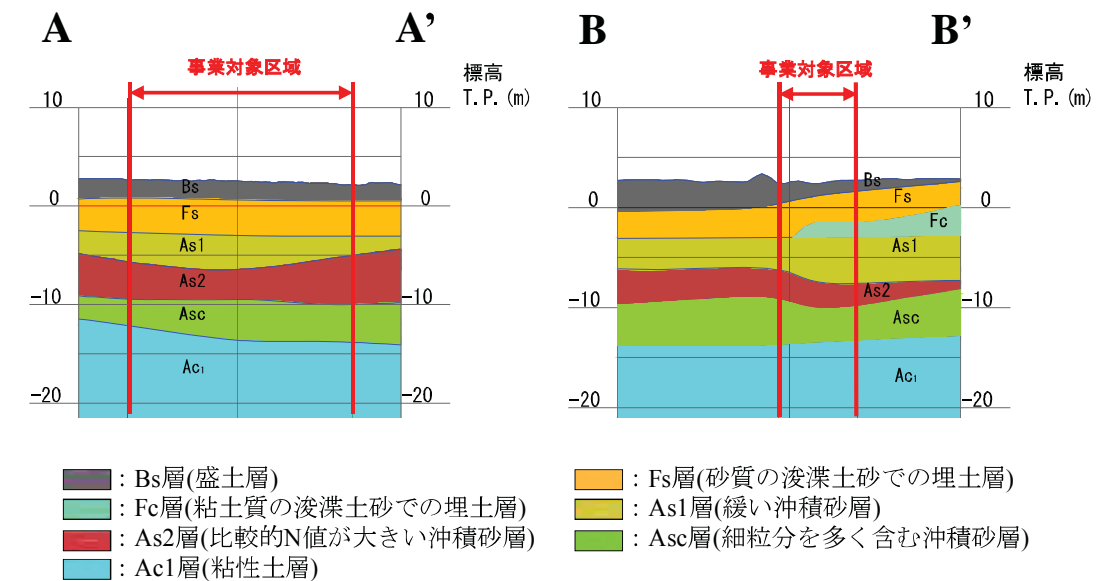


図-1.5 地盤断面図

ⁱ 物性値：液状化に関係した特性を示す N1 値、FC、Na 値のこと

- 地下水位は概ね GL-1.2m と浅い位置に分布していました。(図-1.6)

表-1.1 物性値一覧表

地層	換算 N 値 (N1 値) ⁱ	細粒分含有率 (FC (%)) ⁱⁱ	補正 N 値 (Na 値) ⁱⁱⁱ
Bs	12.0	20.0	20.0
Fs	6.7	23.2	14.7
Fc	2.6	65.5	12.9
As1	12.2	29.3	21.0
As2	12.2	26.9	20.7
Asc	4.4	52.4	14.8
Ac1	1.3	74.3	12.2

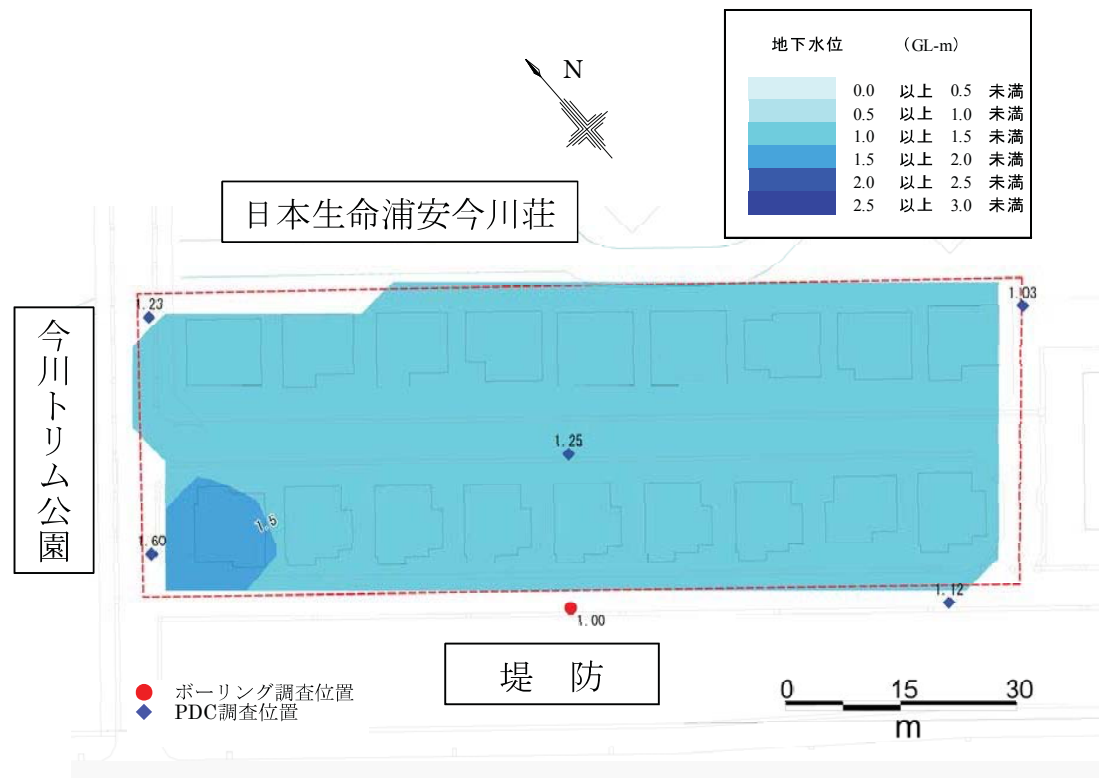


図-1.6 地下水位コンター図

ⁱ N1 値：地盤の硬さを示す指標である N 値から深さによる影響を除くように一定の有効拘束圧に換算した N 値。
ⁱⁱ FC：土中にある粒子のうち、0.075mmふるいを通過した粒子の含有質量百分率をいい、FCで表す。(JIS A 1223 2000)。地盤材料の工学的分類方法では、細粒土と粗粒土に分類するのに用いられる。また、N値から液状化の判定を行う場合の対象土層の条件及び砂質土の繰返し三軸強度比を求める際の係数や、盛土の品質管理を規定するための材料区分にも使われる。
ⁱⁱⁱ Na 値：換算 N 値と細粒分含有率に応じた N 値増分・拘束圧による補正を行った N 値。

(2) 宅地等現況調査結果

- 概ね 50 坪程度の 18 宅地で構成される地区となります。
- 道路内の地下埋設物の配置から、地区の南西、北西側の宅地については、格子間隔を広めに設定する必要があることが分かりました。(図-1.7)
- 宅地内では小型施工機械による施工が可能であるということが分かりましたが、一部の物置や植栽等が施工の障害となり、撤去あるいは移設が必要になったことが分かりました。
- 地区に近接して堤防(旧護岸)があるため、影響を考慮する必要があると推測されます。(図-1.8)

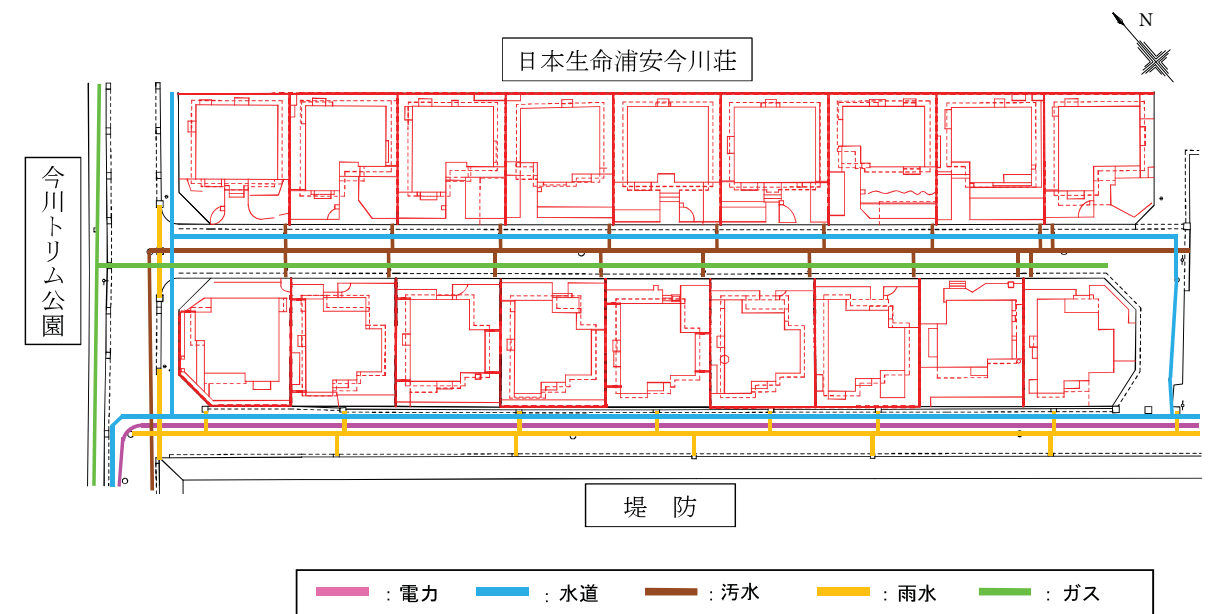


図-1.7 埋設管敷設状況平面図

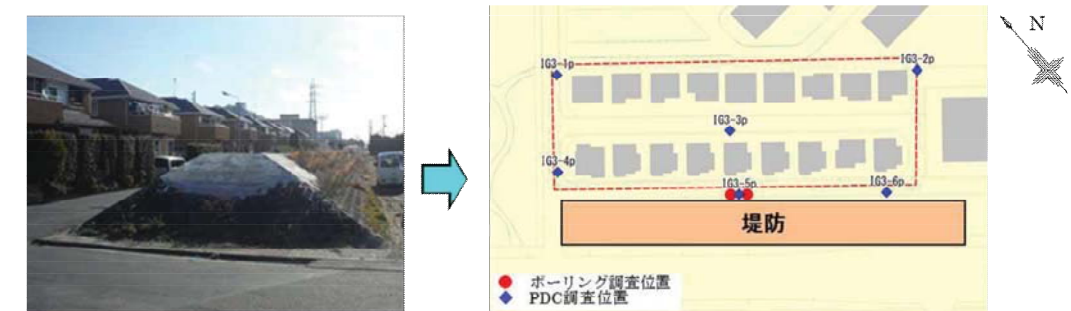


図-1.8 堤防(旧護岸)の写真及び位置

2. 格子状地盤改良の設計

2.1 設計の基本的考え方

(1) 対策の目標

- 浦安市で観測された東日本大震災の本震で顕著な液状化被害が発生しないことを対策目標とし、原則、地盤全層にわたるような液状化が発生しないこと（地盤中の液状化層の全層 FL 値ⁱ（液状化安全率） >1.0 であること）としました。
- レベル2地震動（直下型地震による大きな地震動、マグニチュード M_w^{ii} 7.5、地表面加速度 350Gal^{iii} 程度の地震動）において、地震後も対策対象地震動に対する、格子状改良体としての効果が保持されることとしました。（表-2.1）

表-2.1 要求性能と性能規定値一覧表

設計地震動	要求性能	性能規定値
対策対象地震動	液状化による顕著な被害が生じない	原則、液状化層全層で FL 値 > 1.0 場合により $D_{cy}^{iv} \leq 5\text{cm}$ かつ 非液状化層厚 $H1^v \geq 5.0\text{m}$
レベル2地震動	格子状改良体としての対策効果の保持	改良体発生せん断応力 \leq 改良体のせん断強度

ⁱ FL 値：想定される地震動に対する各層の液状化の発生しやすさを示す指標。FL ≤ 1.0 で液状化する可能性ありと判断される。通常は、深さ 1m 毎に判定を行う。

ⁱⁱ M_w （モーメントマグニチュード）：地震のエネルギーを表したもので、断層運動の強さや継続時間と関係がある。マグニチュードが 1 大きくなると地震のエネルギーは 30 倍となる。

ⁱⁱⁱ Gal（ガル）：加速度の単位であり、 cm/s^2 と同じ意味である。震度は加速度と相関がある。

^{iv} D_{cy} ：「建築基礎構造指針」（日本建築学会）で定める液状化の程度を表す指標で、液状化時に発生する地盤の沈下量である。液状化によって生じる地盤の水平変位量と同等と仮定している。

^v $H1$ ：地表面から液状化しない条件を満足する連続した層厚である。

(2) 設計方法と設計で採用する地震動

- 設計は、2次元（疑似3次元）モデルを用いた等価線形解析ⁱで実施しました。
- 対策の目標の前提となる対策対象地震動として、夢の島観測波（2011.3.11 観測）を採用しました。
- なお、レベル1地震動（建築基準法 告示レベル1）及びレベル2地震動（東京湾北部地震模擬波）に対しても解析を実施し、その影響等を確認しました。

（図-2.1）

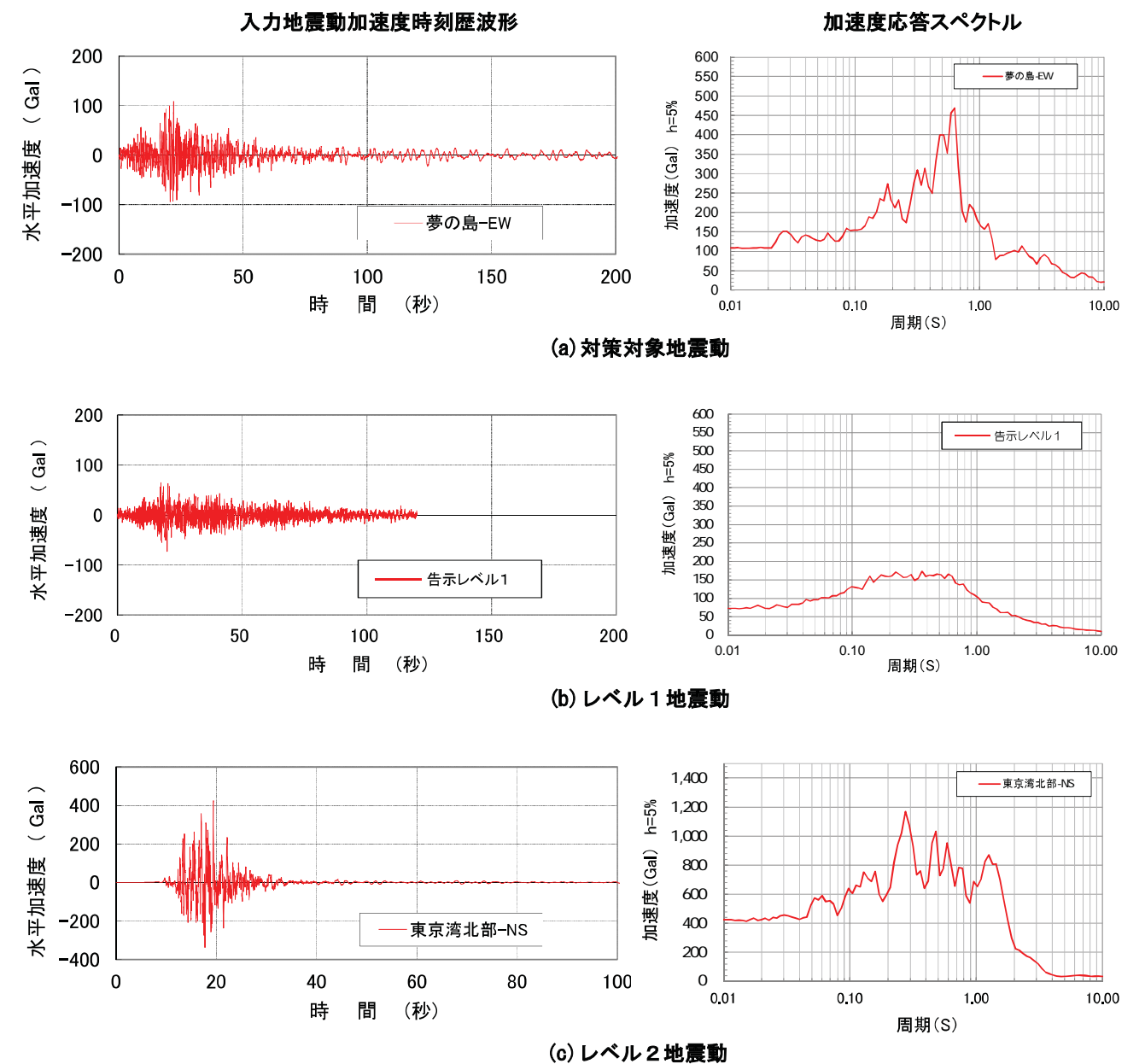


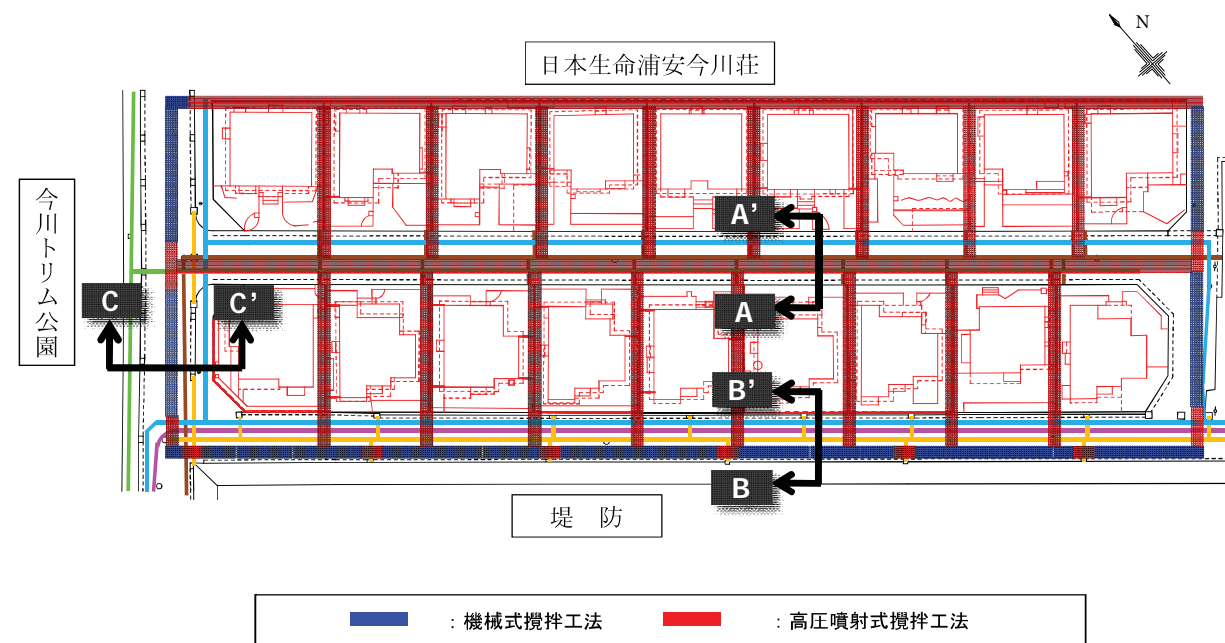
図-2.1 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

ⁱ 等価線形解析：建築基礎の液状化対策に採用されている格子状地盤改良の設計で実績の多い解析手法である。解析に用いるパラメータの設定が容易で、解析を行う技術者によって得られる結果に大きな差が生じない手法である

2.2 基本格子配置計画

(1) 計画条件

- 1 宅地1格子を基本に、地下埋設物等の状況(図-2.3~図-2.5)を踏まえて合理的な改良体の配置を検討し、解析結果等を考慮しながら、格子間隔(図-2.2)及び改良深度の設定を行いました。格子配置の基本的な考え方を以下に記します。
 - ①道路部は原則φ1000mmの円形改良体(機械攪拌工法)、宅地部はφ1500mmの円形改良体もしくは3600×1200mmの楕円形改良体(高圧噴射攪拌工法)により計画しました。
 - ②宅地内の配置検討にあたり、まず近接物(家屋、地表物、地中埋設物)が施工上支障とならないかどうかを確認し、さらに電柱の位置と改良体の通り芯がぶつからない位置であることを確認しました。以上により近接物に影響が少なく、かつコスト的及び施工的にも合理的な配置を計画しました。
- 改良体の上端はBs層の地盤条件と地下埋設管への影響を考慮し、GL-1.5mとしました。
- 改良体の設計基準強度は1.5N/mm²としました。



※全宅地に格子を配置した場合の計画案

図-2.2 基本格子配置案

①改良体割付図(A-A'断面)

- ・ガス管と汚水管との間に2m以上離隔がないため、機械攪拌工法の適用は困難です。
- ・施工は高圧噴射攪拌工法での施工となります。

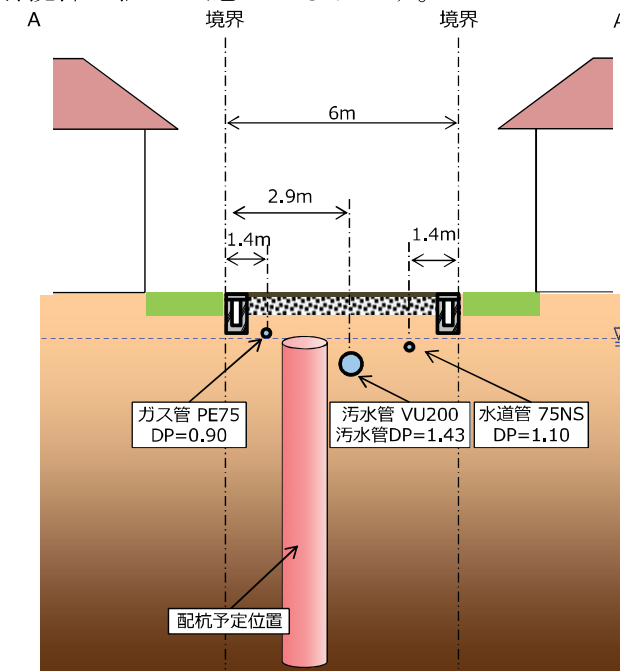


図-2.3 道路内断面図(A-A'断面)

②改良体割付図(B-B'断面)

- ・汚水管と護岸との間に2m以上の離隔があるため機械攪拌工法による施工となります。

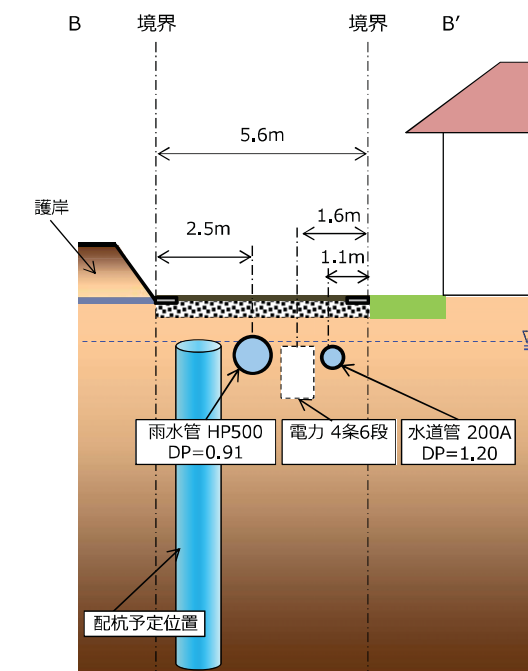


図-2.4 道路内断面図(B-B'断面)

③改良体割付図(C-C' 断面)

- ・汚水管とガス管との間に2m以上の離隔があるため、機械攪拌工法による施工となります。
- ・汚水管の位置関係から、改良体は道路中央付近の配置となります。

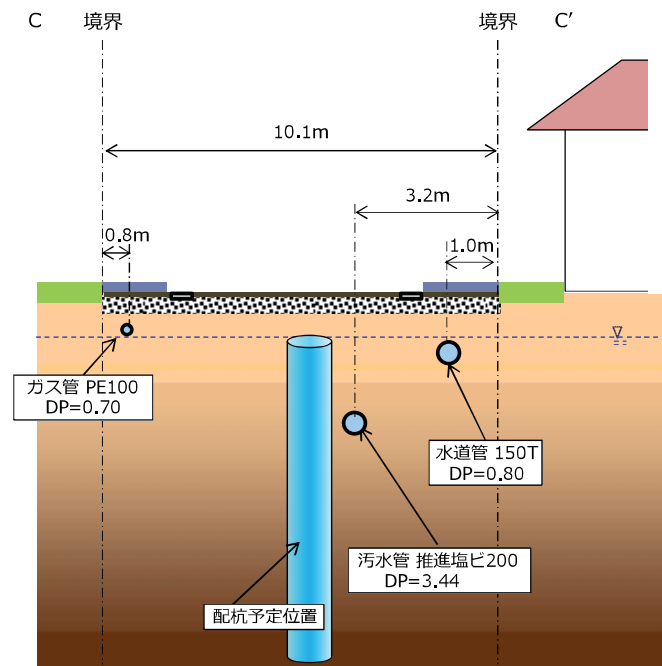
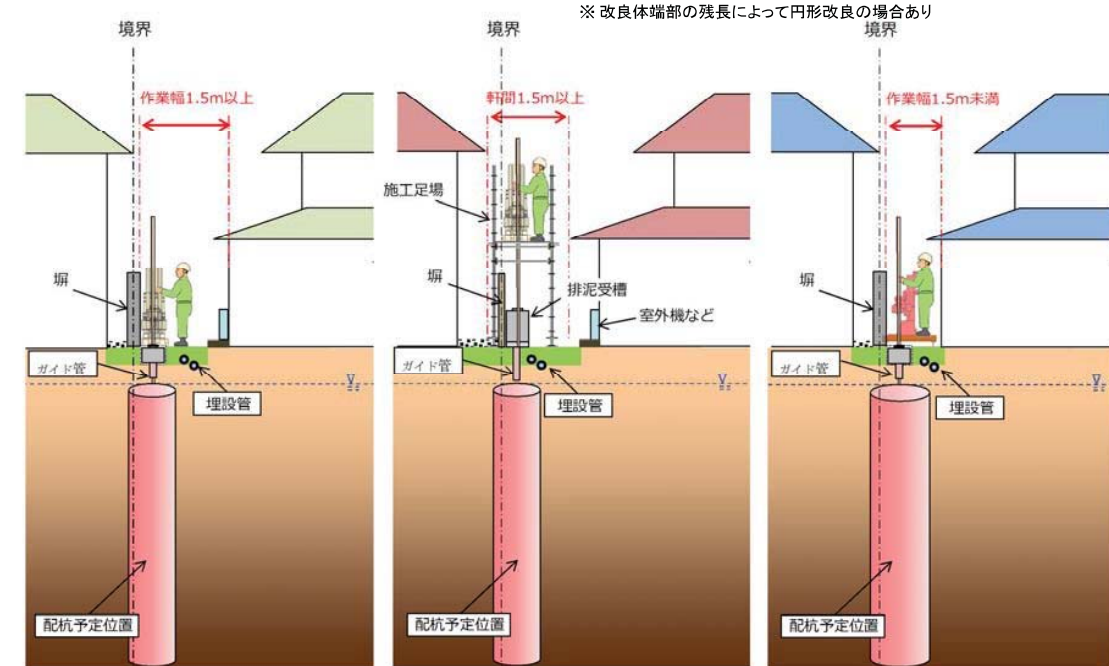
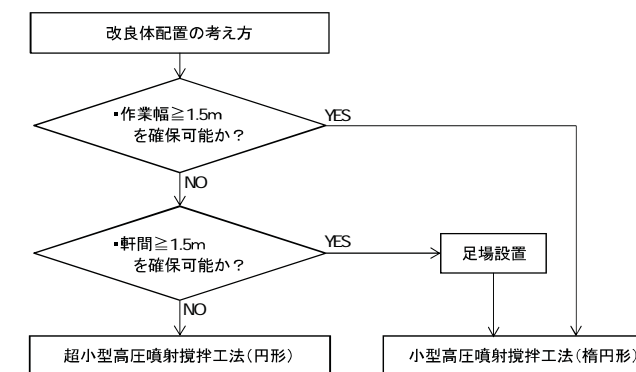


図-2.5 道路内断面図 (C-C' 断面)

④改良体配置図 (宅地内断面例)

- ・作業幅として、1.5m以上確保できる場合は、楕円施工が可能な小型高圧噴射攪拌工法で楕円形の改良体を配置しています。ただし改良体端部において楕円形改良体を配置するに満たない残長の場合には、円形改良体を配置することによって、無駄を省いた経済的な計画としています。
- ・作業幅として軒間が1.5m以上で足場の設置が可能な場合にも、楕円施工が可能な小型高圧噴射攪拌工法で楕円形の改良体を配置しています。この場合においても改良体端部において楕円形改良体を配置するに満たない残長の場合には、円形改良体を配置することによって、無駄を省いた経済的な計画としています。
- ・作業幅が1.5m未満の場合には、超小型高圧噴射攪拌工法による円形改良体を配置しています。
- ・境界付近で塀、植栽、室外機、宅内埋設管などが出来るだけ支障とならない場所を探して改良体を配置しています。



(1) 作業幅 1.5m以上ある場合 (2) 足場設置が可能な場合 (3) 足場設置ができない場合

図-2.6 宅地内の改良体配置断面イメージ図

(2) 解析条件

- ・解析モデルは、地盤調査結果を踏まえて図-2.7、図-2.8 のとおり設定し、図-2.9 に示す2断面で検討を行いました。
- ・地下水位はGL-1.2mと設定して解析を行いました。

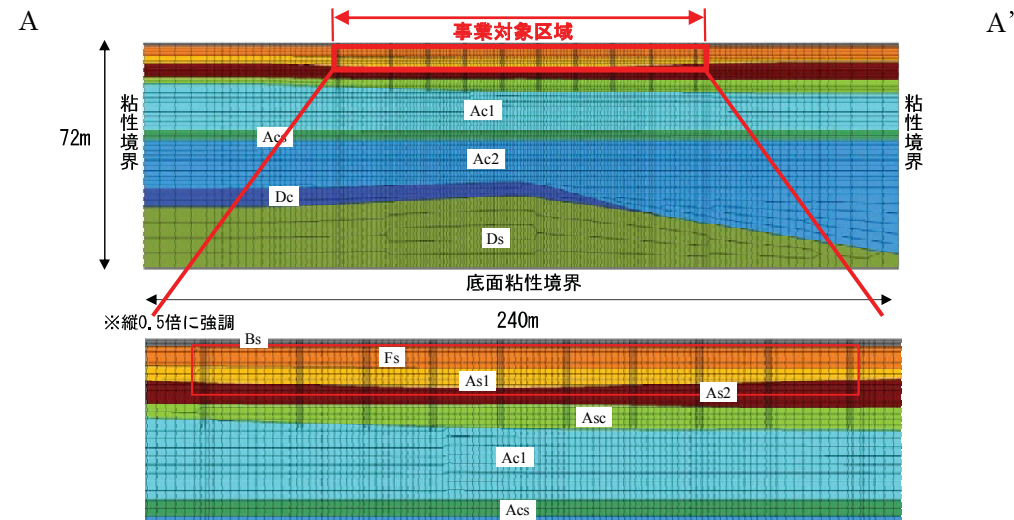


図-2.7 A-A' 断面の擬似3次元解析モデル（上：全体、下：対策範囲拡大）

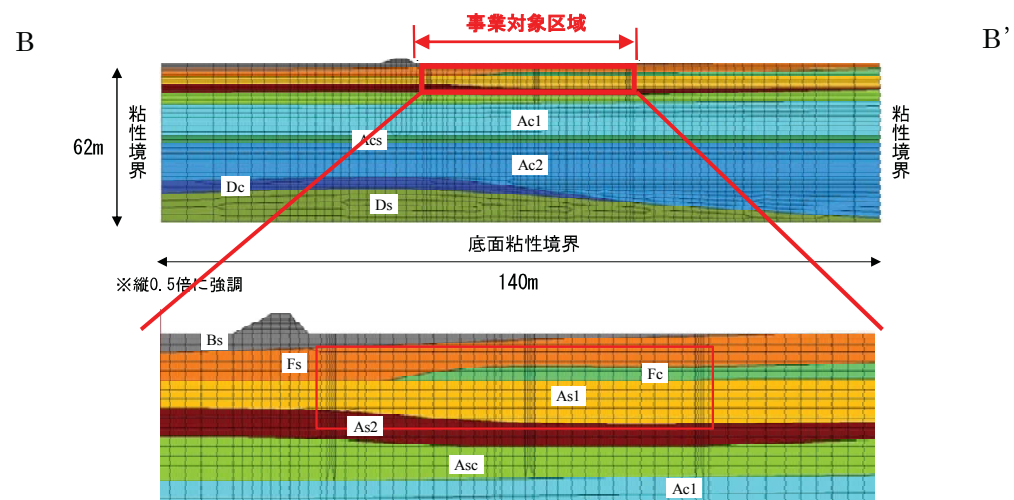


図-2.8 B-B' 断面の擬似3次元解析モデル（上：全体、下：対策範囲拡大）

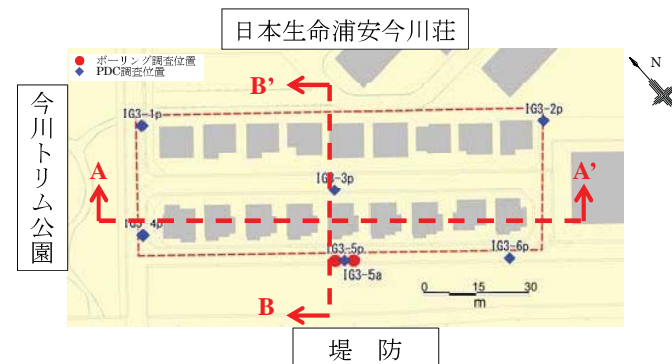


図-2.9 解析検討断面平面位置

(3) 格子配置

- ・改良体の工法種別と適用の優先順位と施工分担場所に関して表-2.2 に示します。

表-2.2 改良体の工法種別及び施工分担場所と適用の優先順位一覧表

場所	優先順位	種別	規格・寸法 (mm)	施工分担場所
道路	①	機械攪拌工法 (スラリー攪拌)	円形 φ1000	埋設物との離隔が 0.5m 確保可能な場所
	②	高圧噴射攪拌工法	円形 φ1500	機械攪拌工法不可の場所 (埋設物並列方向)
	③	小型高圧噴射攪拌工法	楕円形 3600×1200	機械攪拌工法不可の場所 (埋設物横断方向)
宅地部	①	小型高圧噴射攪拌工法	楕円形 3600×1200	作業可能な幅が 1.5m 以上、又は軒間が 1.5m 以上で足場の設置が可能な場所
	②	小型高圧噴射攪拌工法	円形 φ1500	作業可能な幅が 1.5m 以上確保できる場所、かつ改良体端部の残長が楕円形に満たない場所
	③	超小型高圧噴射攪拌工法	円形 φ1500	作業可能な幅が 1.5m 未満の場所




- ・改良体の配置基準に関して表-2.3 に示します。




表-2.3 改良体の配置基準

場所	優先順位	内 訳
道路	①	地下埋設物の状況により工法選定を行う。
	②	宅地方向の改良体は小型高圧噴射攪拌工法 (楕円) を原則とする。
宅地部	①	事業参加意向の無い宅地には改良体を入れないようにする。
	②	配杭は宅地の公平性の観点から民境界の中央付近を原則とする。
	③	1 宅地内の配杭は 2 辺を原則とし、3 辺の杭配置は避ける。なお、障害物及び事業不参加宅地により施工困難な場所は 3 辺配置とし、その理由を明記する。
	④	境界部に施工することにより、既設工作物及び樹木の撤去・復旧が大規模となる場合には影響の少ない宅地側に配置し、その理由を明記する。

- 改良体全体配置図（平面図）を図-2.10 に示します。配置にあたっては、地下埋設管や地上部工作物への影響が極力出ないように、かつ現段階でコスト的にも最適と考えられる配置計画としました。
- 改良工法の基本的な使い分けについて以下に記します。
 - ①基本的に道路部はφ1000mmの円形改良体（機械攪拌工法）、宅地部はφ3600×1200mmの楕円形改良体もしくはφ1500mmの円形改良体（小型高圧噴射攪拌工法及び超小型高圧噴射攪拌工法）で計画しました。
 - ②道路内は埋設企業者との交渉で、埋設管との離隔0.5m以上を求められています。離隔0.5m以上を確保可能な場所を機械攪拌工法、確保できない場所を高圧噴射攪拌工法（円形）で計画しています。また、埋設物横断部は小型高圧噴射攪拌工法（楕円形）で計画しています。
 - ③宅地内では、少しでも工期を短縮するため、楕円形改良体の配置を第一に検討しました。その上で隣棟間隔に応じて、作業可能な幅で機種を選択、円形・楕円形改良体を組み合わせて計画しました。（表-2.4）

表-2.4 工法別施工分担範囲

表示	宅地部	施工分担場所
	小型高圧噴射攪拌工法(楕円形)	作業可能な幅が1.5m以上または軒間が1.5m以上で足場の設置が可能な場所
	小型高圧噴射攪拌工法(円形)	作業可能な幅が1.5m以上確保できる場所かつ改良体端部の残長が楕円形を配置するに満たない場所
	超小型高圧噴射攪拌工法(円形)	作業可能な幅が1.5m未満の場所

表示	道路部	施工分担場所
	機械攪拌工法(円形)	埋設物との離隔0.5mが確保可能な場所
	高圧噴射攪拌工法(円形)	機械攪拌工法不可の場所(埋設物並列方向)
	小型高圧噴射攪拌工法(楕円形)	機械攪拌工法不可の場所(埋設物横断方向)

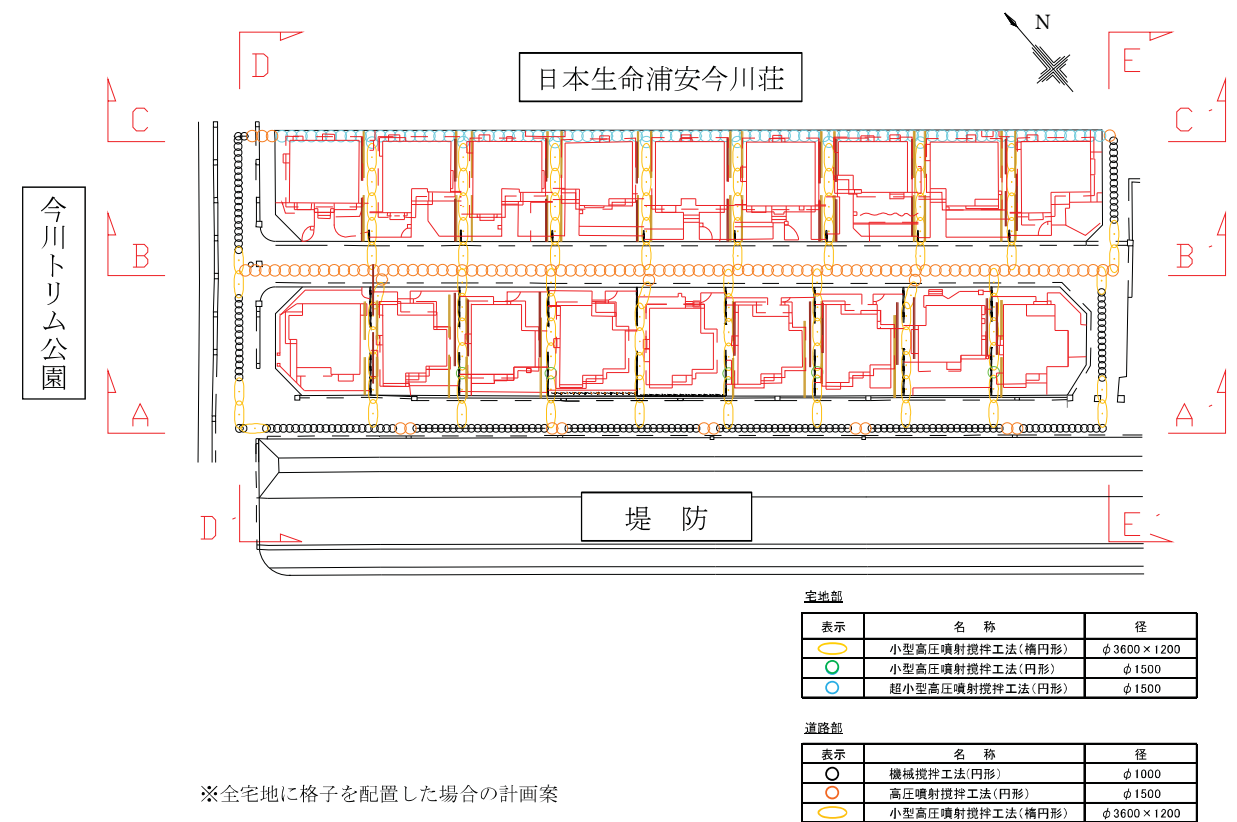


図-2.10 改良体全体配置図（平面図）

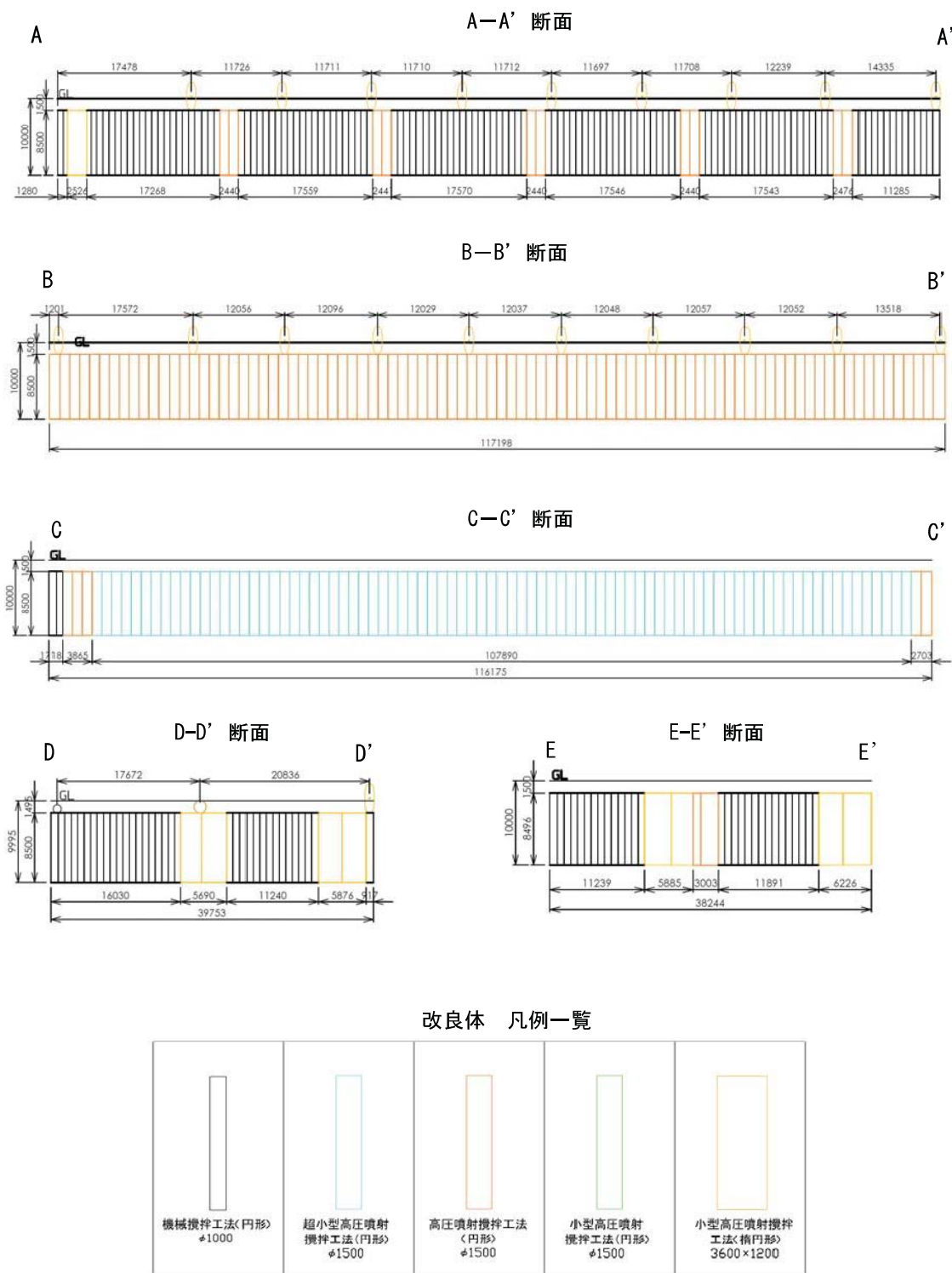


図-2.11 改良体全体配置図(断面図 A-A' ~ E-E')

(4)解析結果

- 改良下端深度は、FL 値が最も小さくなる解析結果 B-B' 断面の解析結果から設定しています。(図-2.12) B-B' 断面の解析結果を次頁以降に示します。

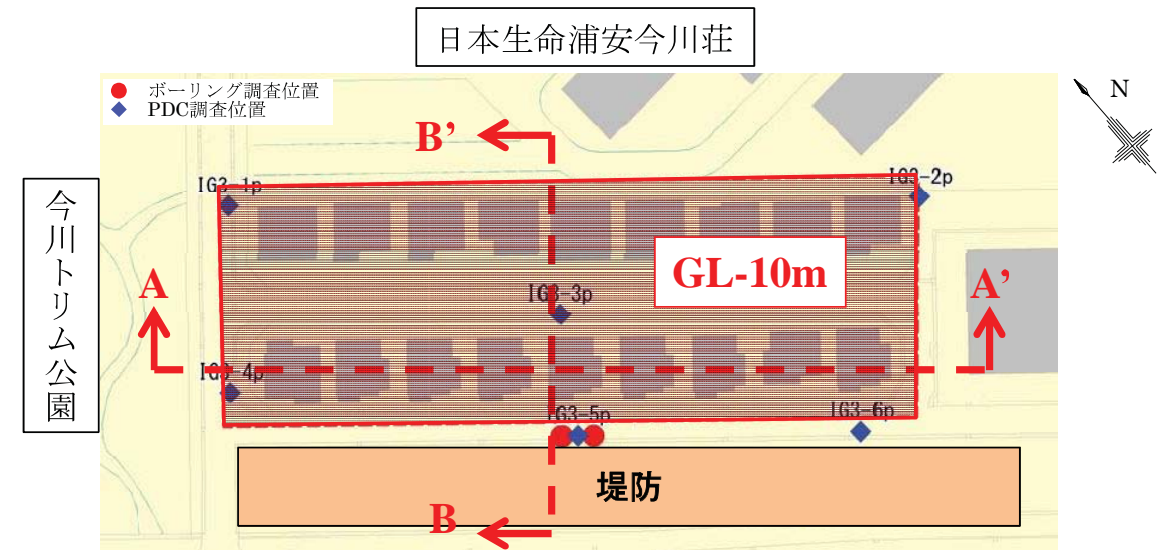


図-2.12 改良体下端深度の平面分布図(今川三丁目)

- 解析の結果、対策対象地震動に対して図-2.12 に示す改良体下端深度に設定すると、地盤全層にわたってFL>1.0を確保することができました。(図-2.13(1))
- レベル2地震動に対しては、FL値が1以下の層が発生するものの、改良体に発生するせん断応力が許容値以下であり、改良体の健全性が確認されました。(図-2.13(2))

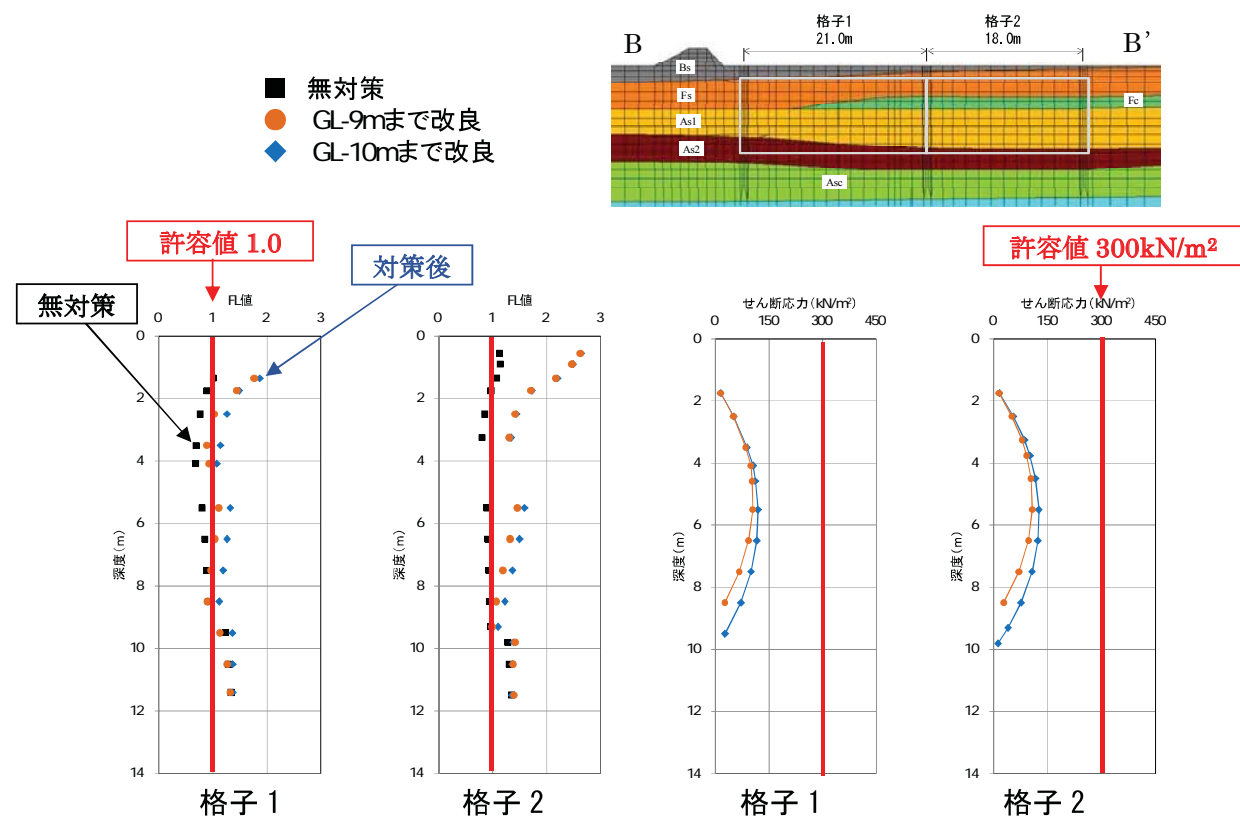


図-2.13(1) FL値と加振平行方向改良体に発生するせん断応力最大値の深度分布 (対策対象地震動 B-B'断面)

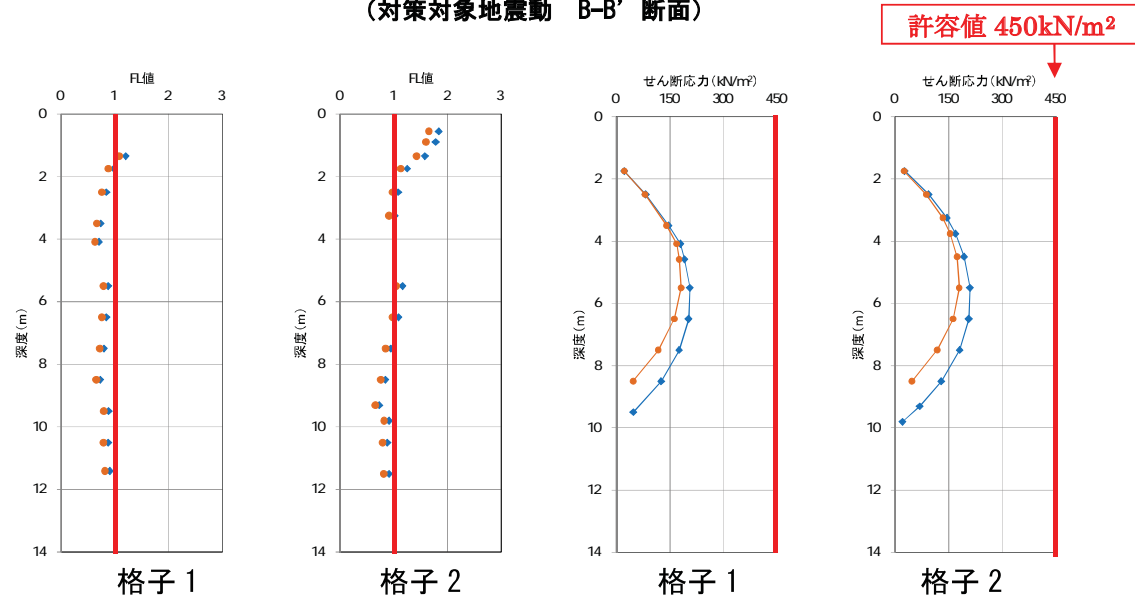


図-2.13(2) FL値と加振平行方向改良体に発生するせん断応力最大値の深度分布 (レベル2地震動 B-B'断面)

2.3 格子状地盤改良施工計画

(1) 工法概要

【高圧噴射攪拌工法】

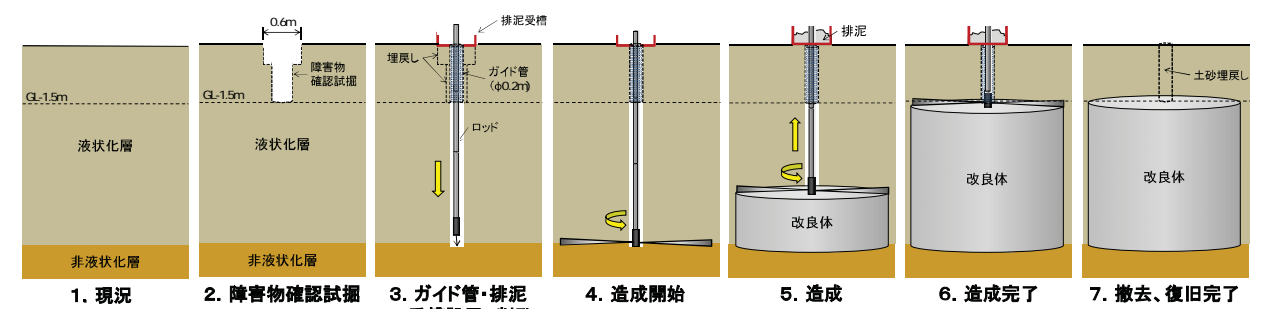
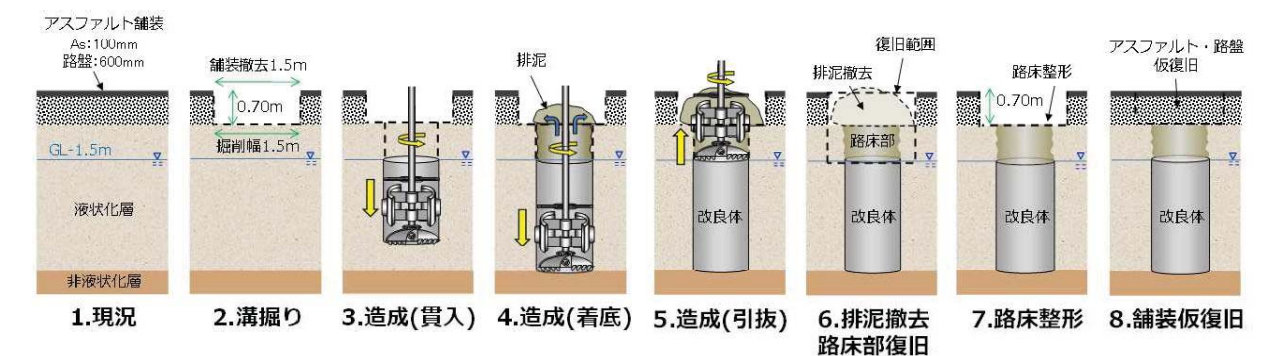


図-2.14 高圧噴射攪拌工法の施工手順 (宅地部を標準)

【機械攪拌工法】



※ 舗装本復旧は本事業終了後に実施予定

図-2.15 機械攪拌工法の施工手順 (道路部を標準)

(2) 工程

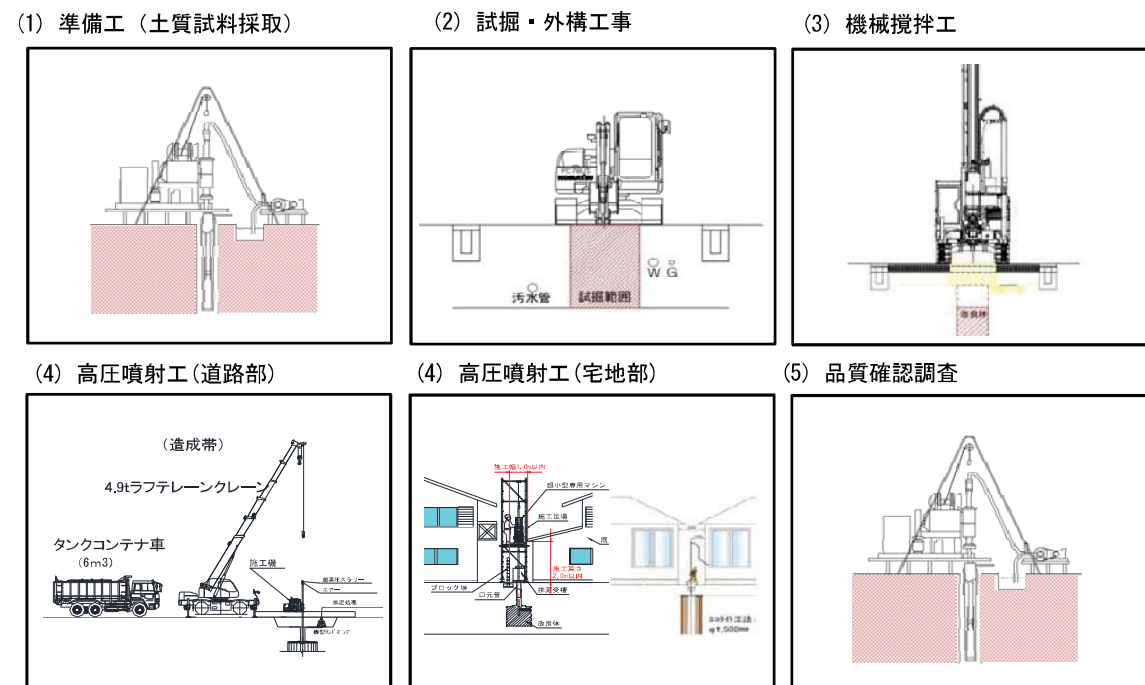
- 工程は次のようになります。

表-2.5 工程表

■ 施工時間(月～土 8:30～19:30)

	期 間																	
	1か月			2か月			3か月			4か月			5か月					
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30			
(1)準備工 (土質試料採取)	■																	
(2)試掘・外構工事				■														
(3)機械攪拌工				■														
(4)高圧噴射攪拌工				■														
(5)品質確認調査				■														

【作業項目のイメージ】



(3) 宅地内の施工計画

- 建物とブロック塀（又はフェンス、垣根）との離隔や、埋設管等の状況により、地盤面に直接機械を配置して施工する場合、足場により障害物を跨いで施工する場合、どうしてもスペースが取れず障害物を撤去して施工する場合など、各宅地の状況に応じた施工計画を検討しました。宅地ごとに作成した宅地機械配置図の例及び宅地内工作物等の撤去復旧図の例を示します。(図-2.16、図-2.17)

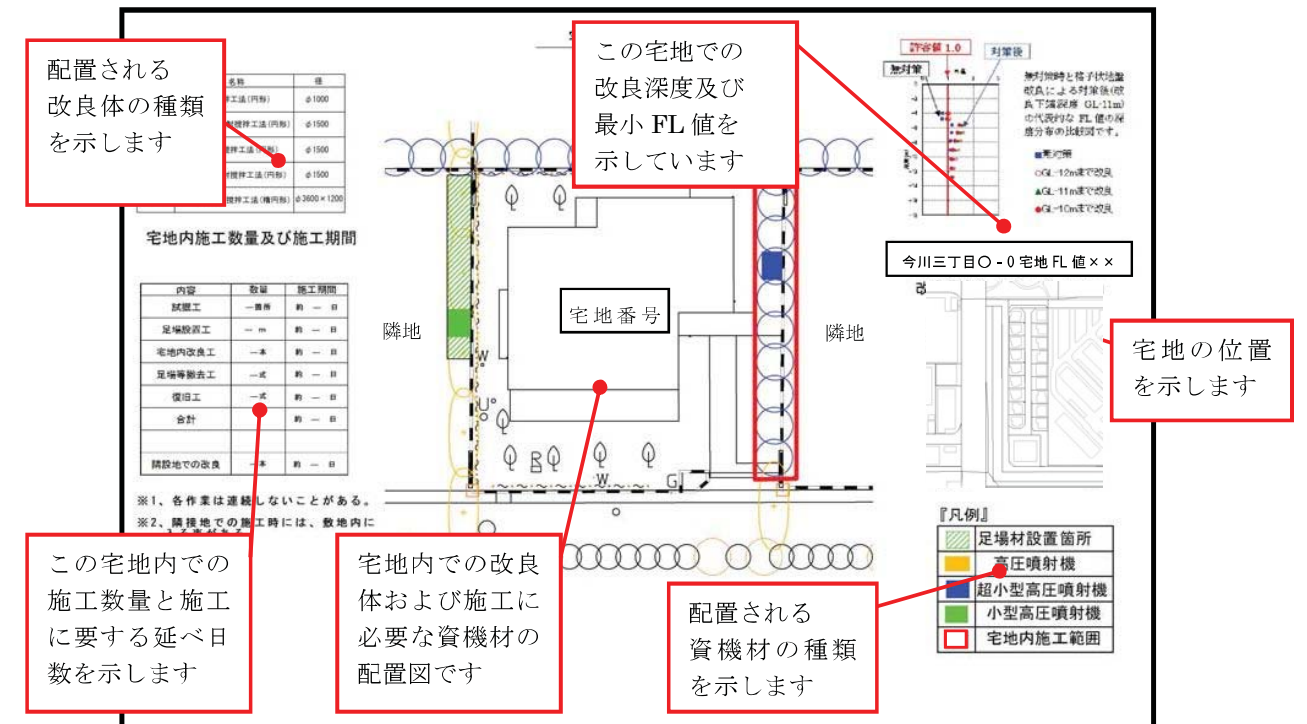


図-2.16 宅地機械配置図の例

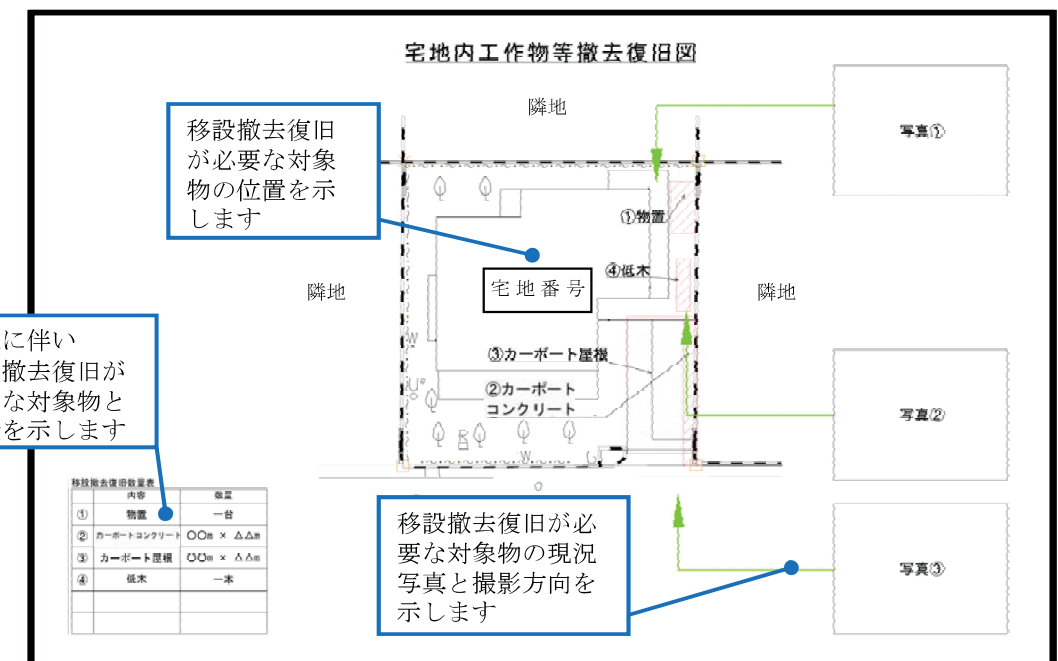


図-2.17 宅地内工作物等撤去復旧図の例

(4) 道路及び周辺地域での機械配置

- 地区の道路内及び周辺地域に対する機械配置案を示します。施工に伴う周辺設備（セメントスラリー製造プラント）は、隣接する緑地への配置を検討しています。

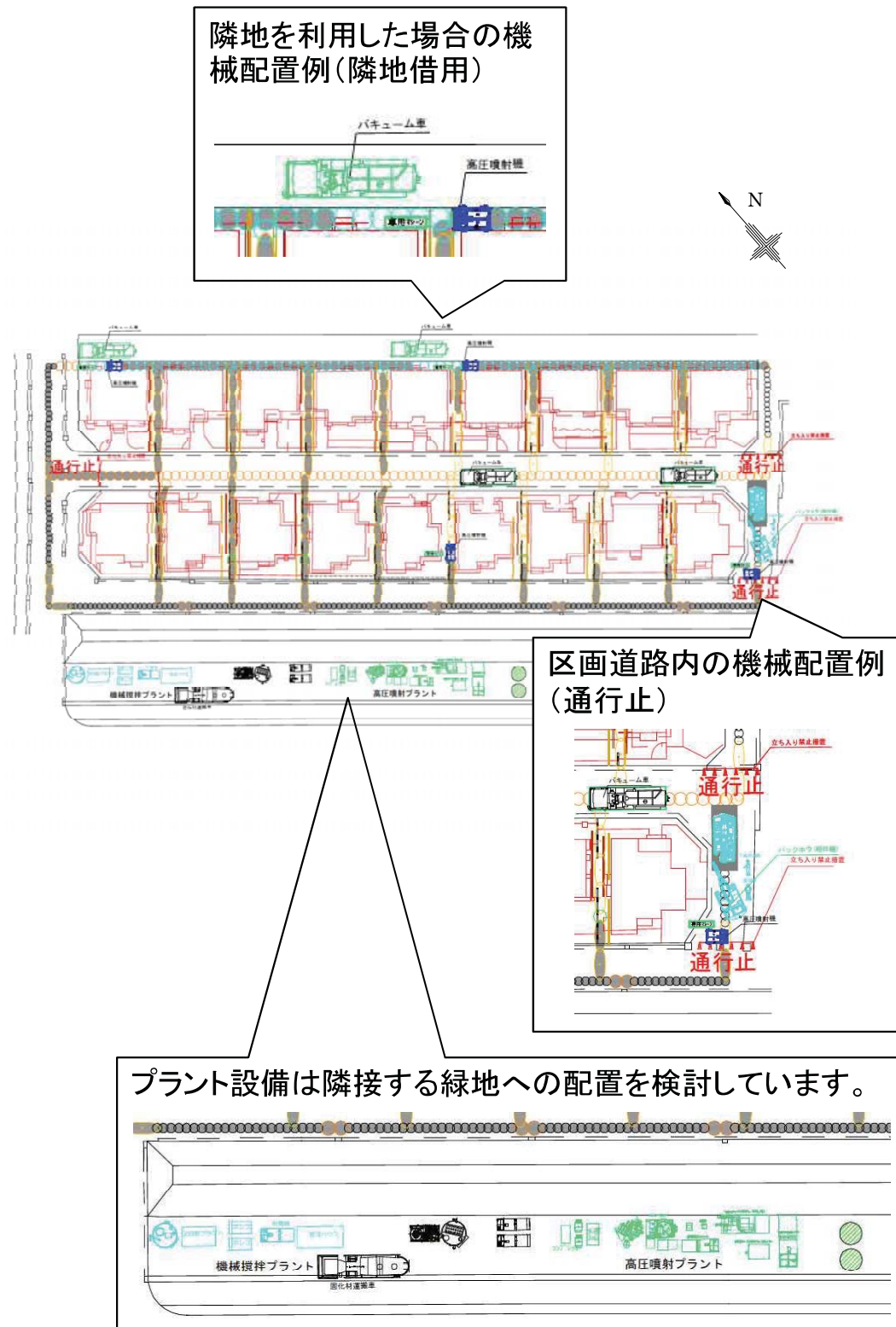


図-2.18 道路及び周辺地域での機械配置

(5) 施工ステップ及び安全対策

- 通行の支障を極力少なくできるように、次のような施工ステップを計画しています(図-2.19、図-2.20、図-2.21、表-2.6)。

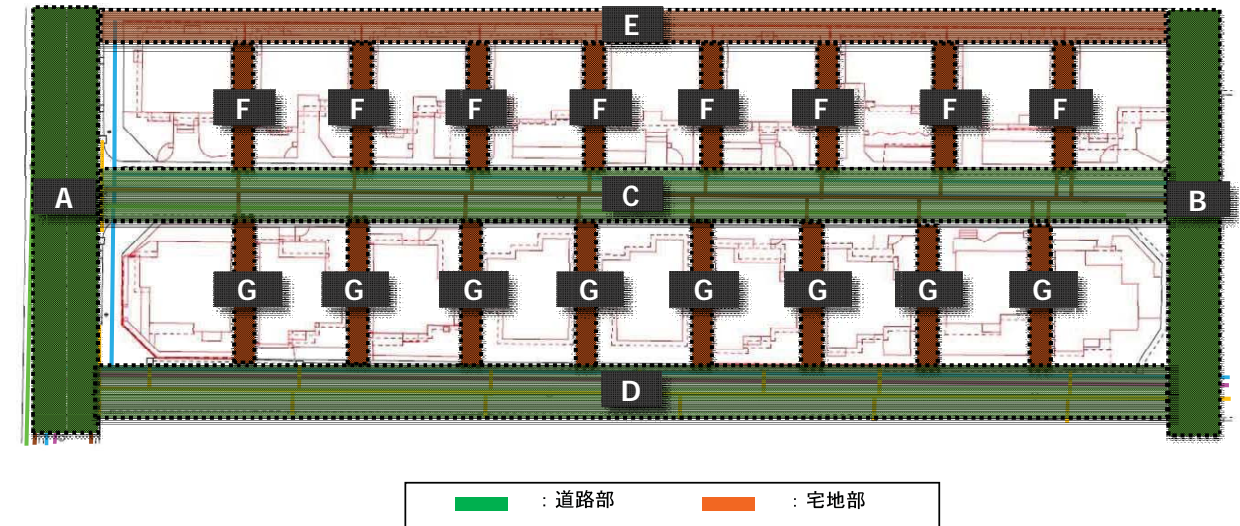


図-2.19 今川三丁目施工エリア

表-2.6 各STEPにおけるエリア毎の施工状況

		STEP1	STEP2	STEP3	STEP4
		1日～4日	5日～21日	22日～27日	28日～54日
道路	A	機械式			
	B			機械式	高圧噴射式
	C				高圧噴射式
	D		機械式 高圧噴射式		
宅地	E	高圧噴射式			
	F	高圧噴射式			
	G	高圧噴射式			

※日数は実稼働日数を示す

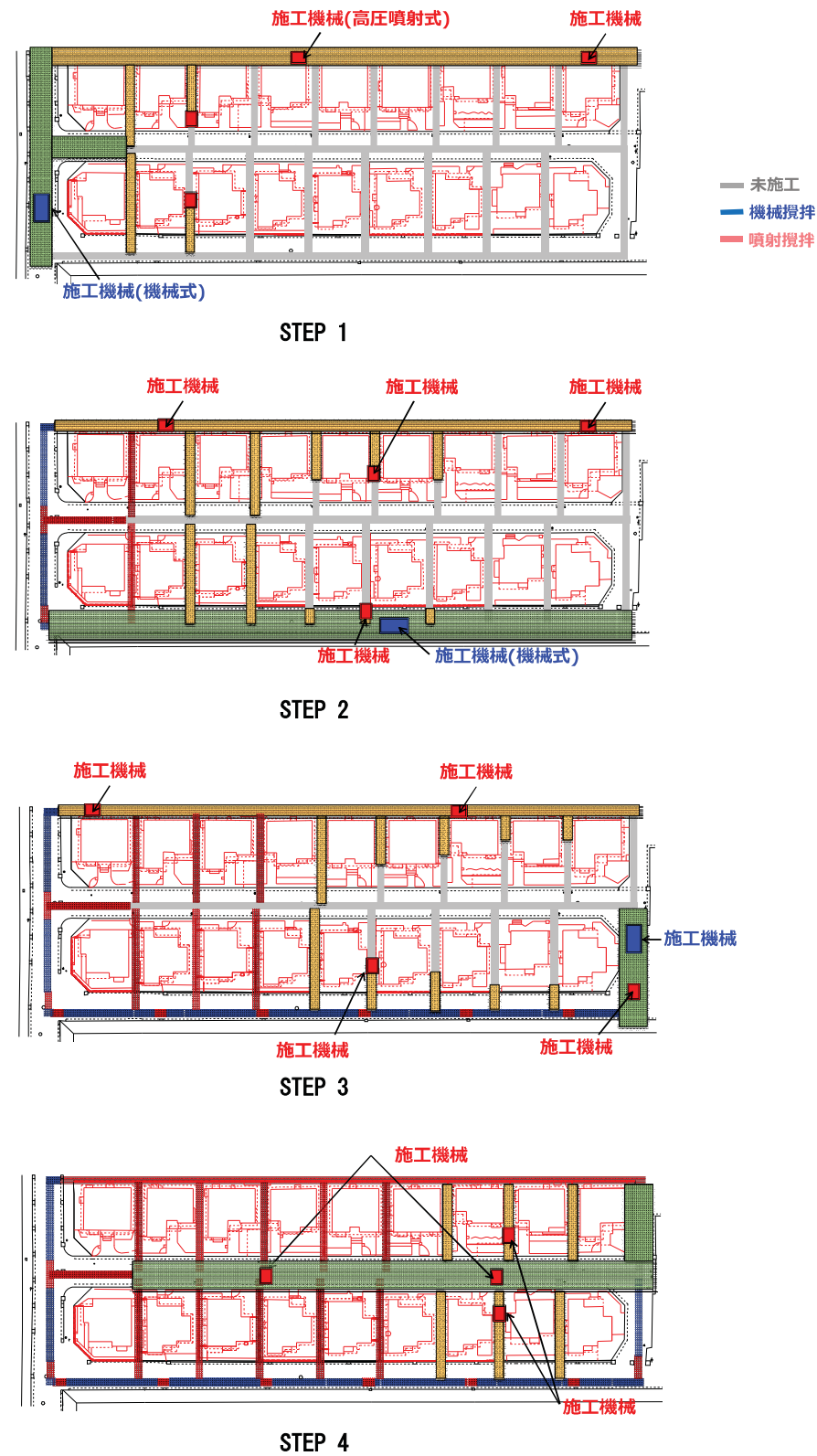


図-2.20 各STEPにおける施工状況と機械配置例

- 図-2.21 にSTEP1におけるある1日の車両通行止の一例を示します。宅地内やその前面道路で施工が行われている時間帯には、当該宅地を含む6軒程度の自家用車の出入りは出来なくなりますが、住民の生活に支障がないよう歩行者用通路は確保します。また、一日の作業終了後には道路覆工板を用いて掘削箇所を養生し道路交通の開放をいたします。なお、緊急車両などの通行には支障が無いよう計画し、交通誘導員を配置して、安全管理に努めます。同様にすべての施工STEPにおいて、通行に支障が出ないように計画しています。

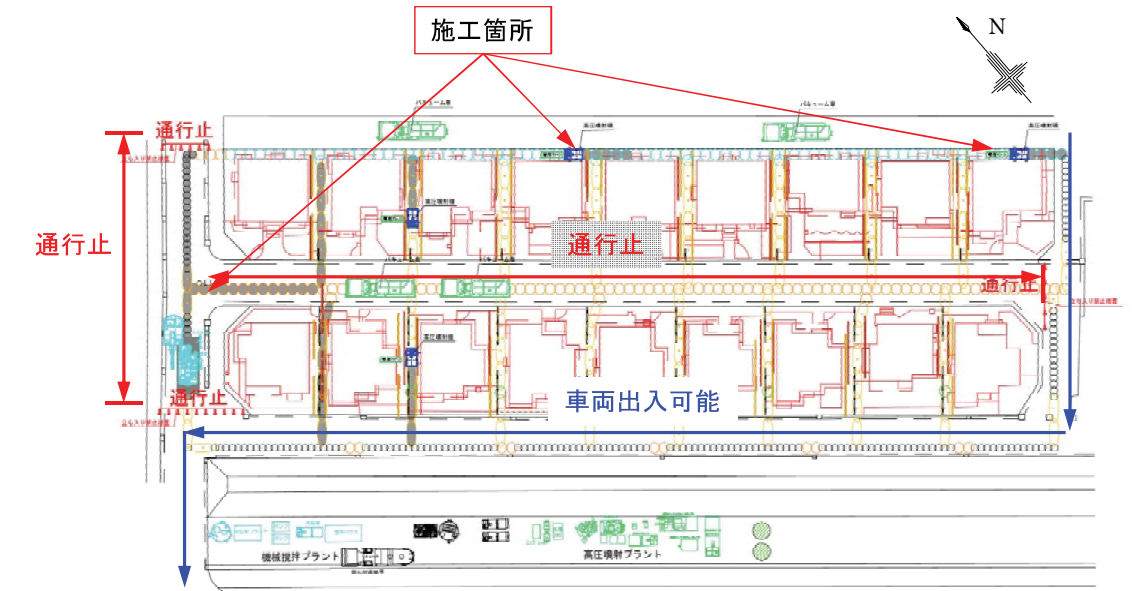
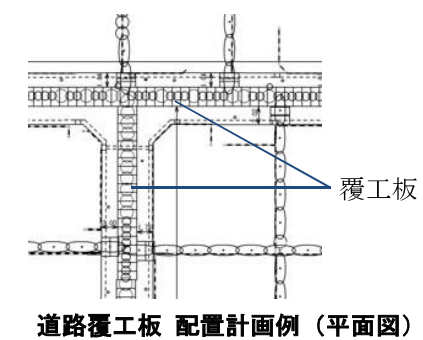


図-2.21 車両通行止の例 (STEP1のある1日の例)



交通誘導員の配置イメージ

2.4 工事費

(1) 工事費

- 2.2 及び 2.3 を踏まえた工事費は次のとおりになります。

※今川三丁目地区 13 街区の特徴

- この地区は、隣接民地との境界に機械式を入れる余裕がなく、宅地内は全て噴射式地盤改良機での施工となります。
- 道路部も埋設物の関係で機械式の施工が制限されます。
- 今回の事業費は、コストを抑えるために出来る限りの検討を行いました。作業終了時間については、18:30 頃改良終了、19:30 までに片付け終了・撤収として算出しました。

現時点における工事費は次のとおりです。(消費税込)

総工事費	305,092,000 円
道路部分	205,462,000 円
宅地部分	99,630,000 円

(2) 工事費内訳

- 格子配置に基づく、主な施工数量とその工事費の内訳は、次のとおりになります。

表-2.7 工事費内訳

道 路 部				
工 種	概 要	単 位	数 量	金 額
格子状地盤改良工	機械攪拌工法、高圧噴射攪拌工法(円形)、小型高圧噴射攪拌工法(楕円形)	m ³	3,824	177,012,214
		本	327	
雑 工	試掘、道路舗装撤去等関連工	式	1	28,449,786
計				205,462,000

宅 地 部				
工 種	概 要	単 位	数 量	金 額
格子状地盤改良工	超小型高圧噴射攪拌工法、小型高圧噴射攪拌工法(円形)、小型高圧噴射攪拌工法(楕円形)	m ³	3,538	95,089,189
		本	164	
雑 工	試掘、植栽等外構関連工	式	1	4,540,811
計				99,630,000

5.2 弁天二丁目 25-31 街区の事業計画（案）

浦安市市街地液状化対策事業計画（案）

弁天二丁目 25-31 街区

平成 27 年 7 月

浦 安 市

1. 市街地液状化対策事業の考え方と地区の特性

1.1 市街地液状化対策事業について

市街地液状化対策事業は、東日本大震災による甚大な被害を受けて国が創設した復興交付金制度を活用した事業で、地盤の液状化により、著しい被害を受けた地域において、再度災害の発生を抑制するため、道路や下水道などの公共施設と隣接宅地等との一体的な液状化対策を推進する事業です。

道路と宅地を一体的に液状化対策することで、効果的かつ効率的に面的な液状化対策を行うことが可能となり、事業区域内の宅地に加えて街区内の道路や下水道などの公共施設の液状化被害を軽減することが可能となります。

1.2 液状化対策の考え方

浦安市では震災以後2年にわたり、さまざまな検討や現地実験を行った結果、道路と宅地の一体的な対策で実現可能性のある工法として、「格子状地盤改良工法」が適切であると判断しました。

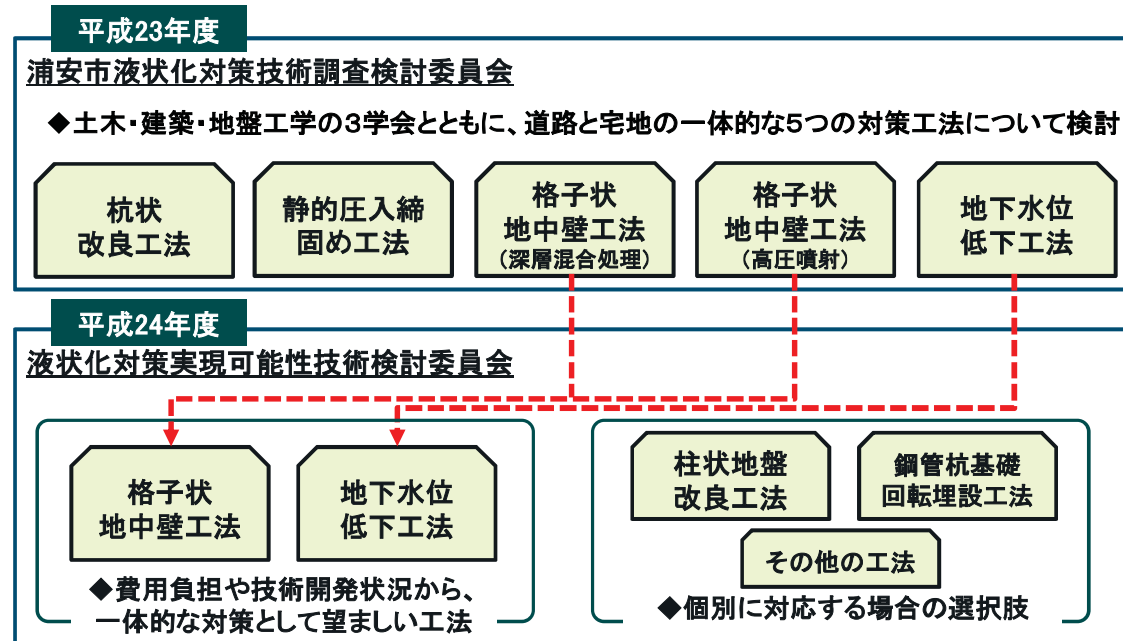


図-1.1 これまでの検討経緯

「格子状地盤改良工法」は、道路と宅地の基礎地盤に連続的に広がる液状化する地盤を、一体的に格子状に改良し、地震時の発生せん断応力ⁱの大部分を改良体に作用させることで、格子状改良体で囲まれた地盤内に発生するせん断応力を低減し、効果的かつ効率的に液状化被害の軽減を図るものです。(図-1.2)

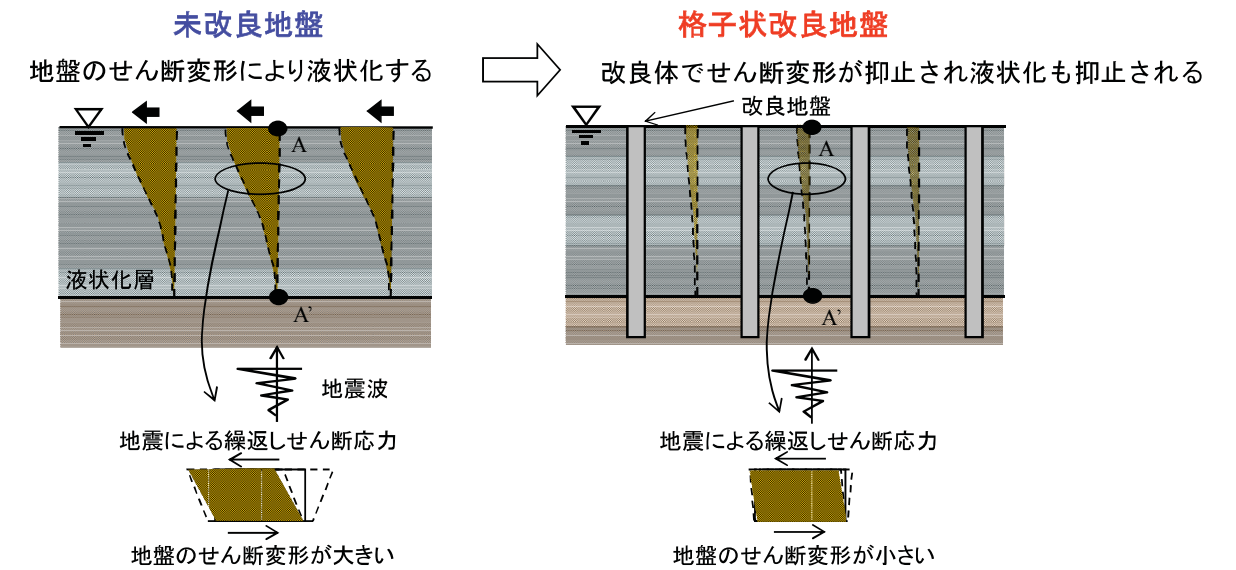


図-1.2 格子状地盤改良の液状化抑制原理

ⁱ せん断応力：地震時に地盤にゆがみを生じさせる力。地下水位以深の緩い砂地盤が、地震により発生したせん断応力により変形することで、液状化が発生します。

1.3 費用負担の考え方

道路部分の液状化対策費は公費で負担し、民間宅地部分の液状化対策費は所有者が負担することが原則です。ただし、道路の液状化対策に寄与する民間宅地において実施する液状化対策については、その一部を公費で負担します。

なお、負担割合については、図-1.3のとおりです。

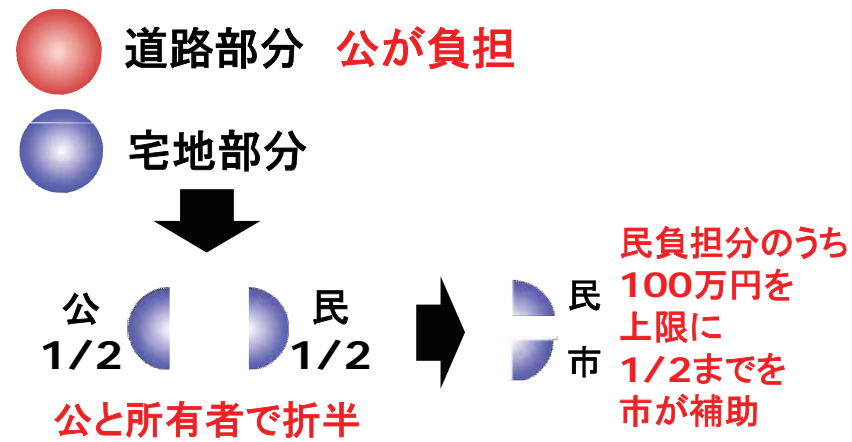
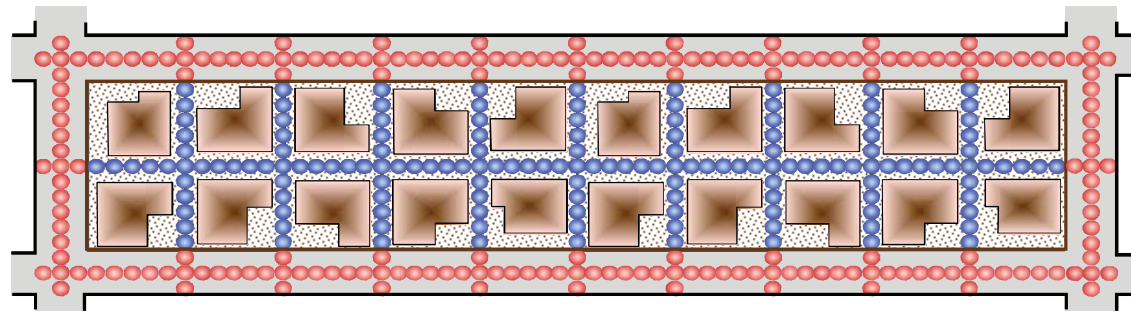


図-1.3 浦安市における費用負担の考え方

1.4 地区の特性

(1) 地盤調査結果

- ・ 地表面から深度 1.5m 程度まで Bs 層 (盛土層)、深度 5~6m 付近まで Fs, Fc 層 (浚渫土砂による埋土層) が分布しています。その下には、沖積層の上部砂質土 (As1, As2, Asc 層) が深度 16~18m 付近までほぼ水平に堆積しています。埋立層は南東側に粘土層 (Fc 層) が、北西側に砂質土層 (Fs 層) が卓越して分布しています。(図-1.4、図-1.5)
- ・ 土質試験結果や液状化被害再現性の検討等から、各層の物性値ⁱを表-1.1 のとおり設定し、この物性値に基づいて分析を行いました。

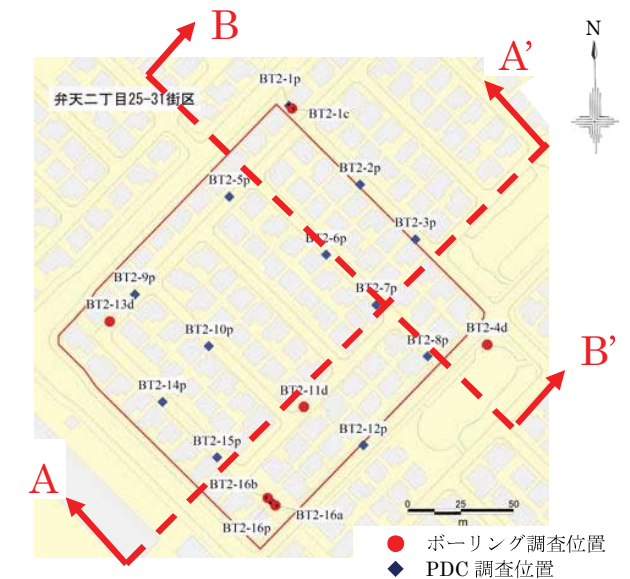
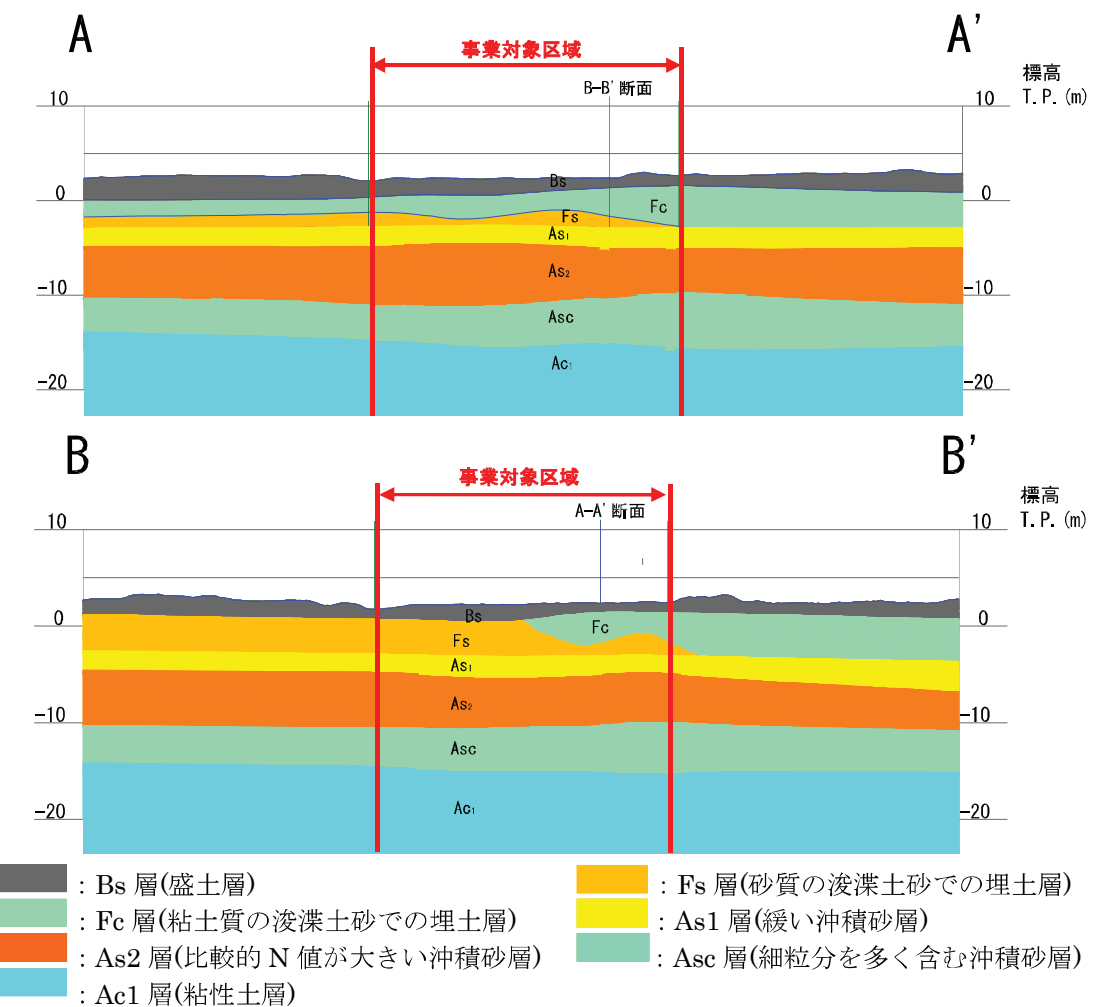


図-1.4 地盤断面位置図



- : Bs 層(盛土層)
- : Fs 層(砂質の浚渫土砂での埋土層)
- : Fc 層(粘土質の浚渫土砂での埋土層)
- : As1 層(緩い沖積砂層)
- : As2 層(比較的 N 値が大きい沖積砂層)
- : Asc 層(細粒分を多く含む沖積砂層)
- : Ac1 層(粘性土層)

図-1.5 地盤断面図

ⁱ 物性値：液状化に関係した特性を示す N1 値、FC、Na 値のこと

- 地下水位はGL-0.87m～-1.84mの範囲で分布しています。(図-1.6)
- 地下水位が高いところでは、非液状化層(粘性土層)であるFc層が表層近くまで分布していることが分かりました。

表-1.1 物性値一覧表

地層	換算N値(N1値) ⁱ	細粒分含有率(FC(%)) ⁱⁱ	補正N値(Na値) ⁱⁱⁱ
Bs	12.0	20.0	20.0
Fs	6.7	23.2	14.7
Fc	2.6	65.5	12.9
As1	12.2	29.3	21.0
As2	12.2	26.9	20.7
Asc	4.4	52.4	14.8
Ac1	1.3	74.3	12.2



図-1.6 地下水位コンター図

ⁱ N1 値：地盤の硬さを示す指標であるN値から深さによる影響を除くように一定の有効拘束圧に換算したN値。
ⁱⁱ FC：土中にある粒子のうち、0.075mmふるいを通過した粒子の含有質量百分率をいい、FCで表す。(JIS A 1223 2000)。地盤材料の工学的分類方法では、細粒土と粗粒土に分類するのに用いられる。また、N値から液状化の判定を行う場合の対象土層の条件及び砂質土の繰返し三軸強度比を求める際の係数や、盛土の品質管理を規定するための材料区分にも使われる。
ⁱⁱⁱ Na 値：換算N値と細粒分含有率に応じたN値増分・拘束圧による補正を行ったN値。

(2) 宅地等現況調査結果

- 概ね50坪程度の98宅地で構成される地区です。
- 道路内の地下埋設物調査から、以下の状況が確認されました。(図-1.7)
 - 地区の北西側ならびに南西側道路には電力、通信、水道、汚水、雨水、ガスなどほぼすべての種類の埋設管が配置されています。
 - 地区内の道路には通信、電力を除く埋設管が設置されています。
 - 埋設管の配置状況から機械攪拌工法が困難なため高圧噴射攪拌工法で施工する箇所があります。
- 宅地内では隣棟間隔にあまり余裕がないため、小型および超小型高圧噴射攪拌工法による施工となります。また一部の物置や植栽等が施工の障害となるため、撤去あるいは移設が必要になる箇所があります。

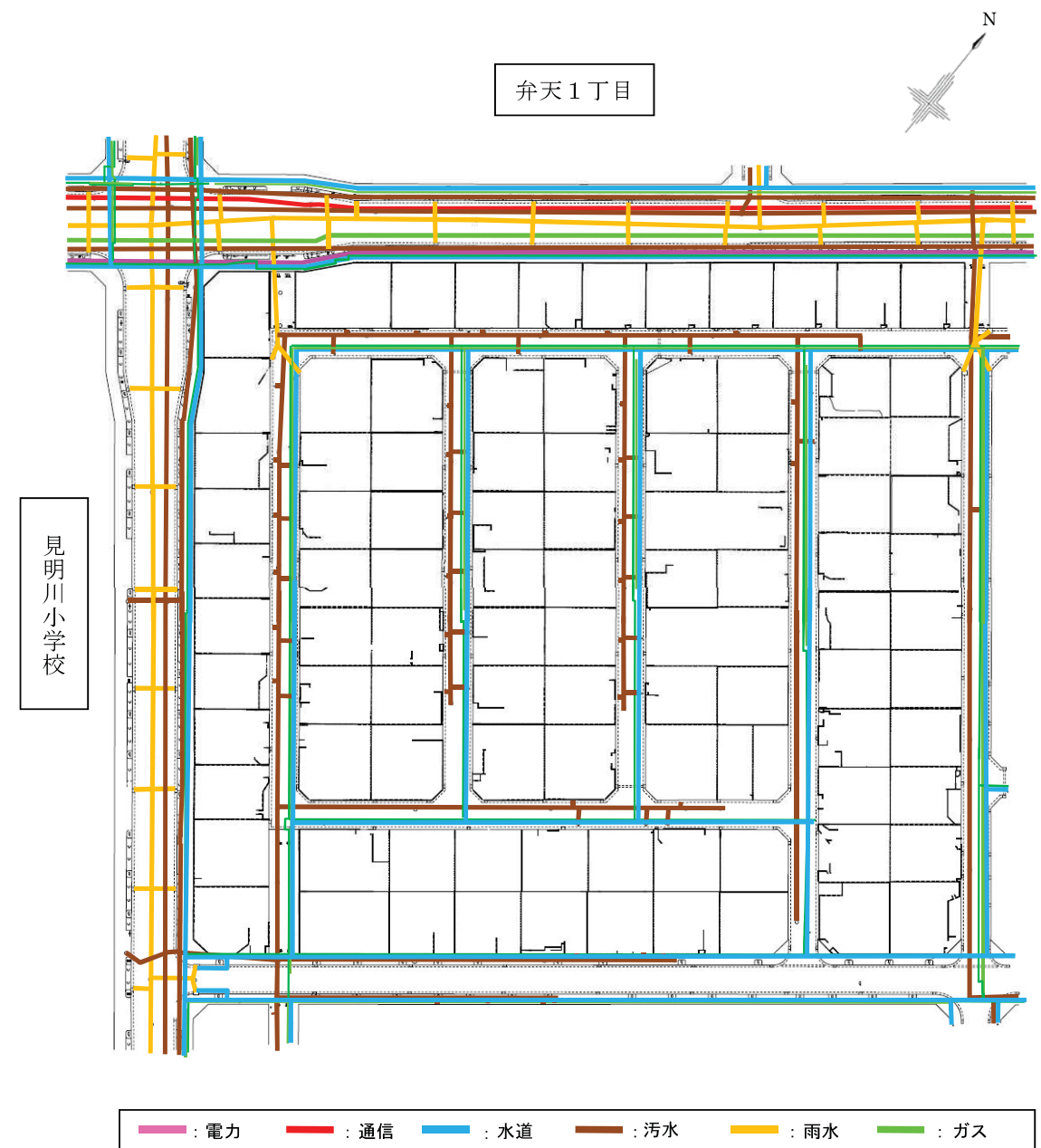


図-1.7 埋設管敷設状況平面図

2. 格子状地盤改良の設計

2.1 設計の基本的考え方

(1) 対策の目標

- 浦安市で観測された東日本大震災の本震で顕著な液状化被害が発生しないことを対策目標とし、原則、地盤全層にわたるような液状化が発生しないこと（地盤中の液状化層の全層 FL 値ⁱ（液状化安全率） >1.0 であること）としました。
- レベル2地震動（直下型地震による大きな地震動、マグニチュード M_w^{ii} 7.5、地表面加速度 350Gal^{iii} 程度の地震動）において、地震後も対策対象地震動に対する、格子状改良体としての効果が保持されることとしました。（表-2.1）

表-2.1 要求性能と性能規定値一覧表

設計地震動	要求性能	性能規定値
対策対象地震動	液状化による顕著な被害が生じない	原則、液状化層全層で F_L 値 > 1.0 場合により $D_{cy}^{iv} \leq 5\text{cm}$ かつ 非液状化層厚 $H1^v \geq 5.0\text{m}$
レベル2地震動	格子状改良体としての対策効果の保持	改良体発生せん断応力 \leq 改良体のせん断強度

ⁱ F_L 値：想定される地震動に対する各層の液状化の発生しやすさを示す指標。 $F_L \leq 1.0$ で液状化する可能性ありと判断される。通常は、深さ 1m 毎に判定を行う。

ⁱⁱ M_w （モーメントマグニチュード）：地震のエネルギーを表したもので、断層運動の強さや継続時間と関係がある。マグニチュードが 1 大きくなると地震のエネルギーは 30 倍となる。

ⁱⁱⁱ Gal（ガル）：加速度の単位であり、 cm/s^2 と同じ意味である。震度は加速度と相関がある。

^{iv} D_{cy} ：「建築基礎構造指針」（日本建築学会）で定める液状化の程度を表す指標で、液状化時に発生する地盤の沈下量である。液状化による生じる地盤の水平変位量と同等と仮定している。

^v $H1$ ：地表面から液状化しない条件を満足する連続した層厚である。

(2) 設計方法と設計で採用する地震動

- 設計は、2次元（疑似3次元）モデルを用いた等価線形解析ⁱで実施しました。
- 対策の目標の前提となる対策対象地震動として、夢の島観測波（2011.3.11 観測）を採用しました。
- なお、レベル1地震動（建築基準法 告示レベル1）及びレベル2地震動（東京湾北部地震模擬波）に対しても解析を実施し、その影響等を確認しました。

（図-2.1）

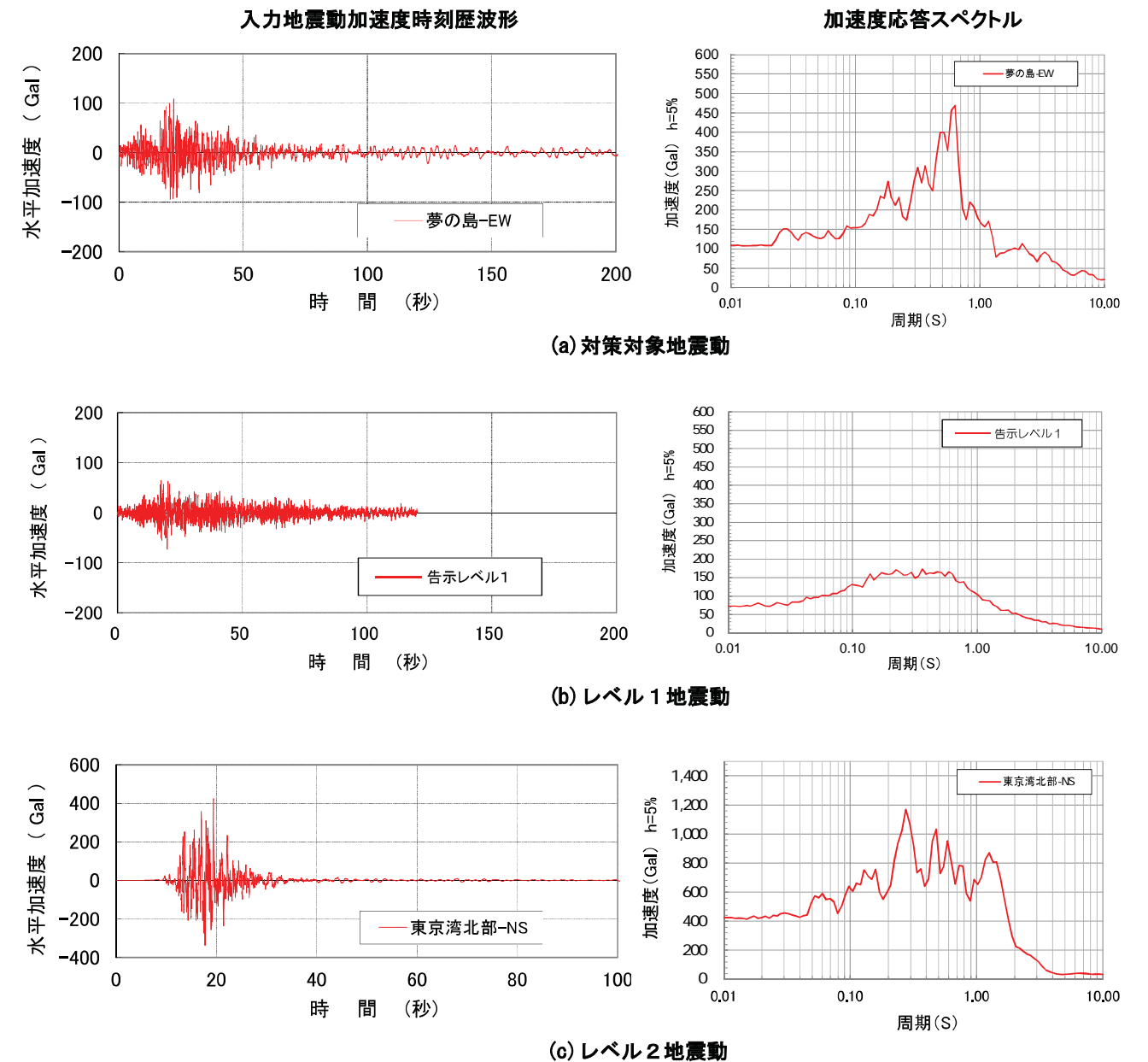


図-2.1 入力地震動の加速度時刻歴波形および加速度応答スペクトル

ⁱ 等価線形解析：建築基礎の液状化対策に採用されている多くの格子状地盤改良の設計に用いられた解析手法である。解析に用いるパラメータの設定が容易で、解析を行う技術者によって得られる結果に大きな差が生じない手法である。

2.2 基本格子配置計画

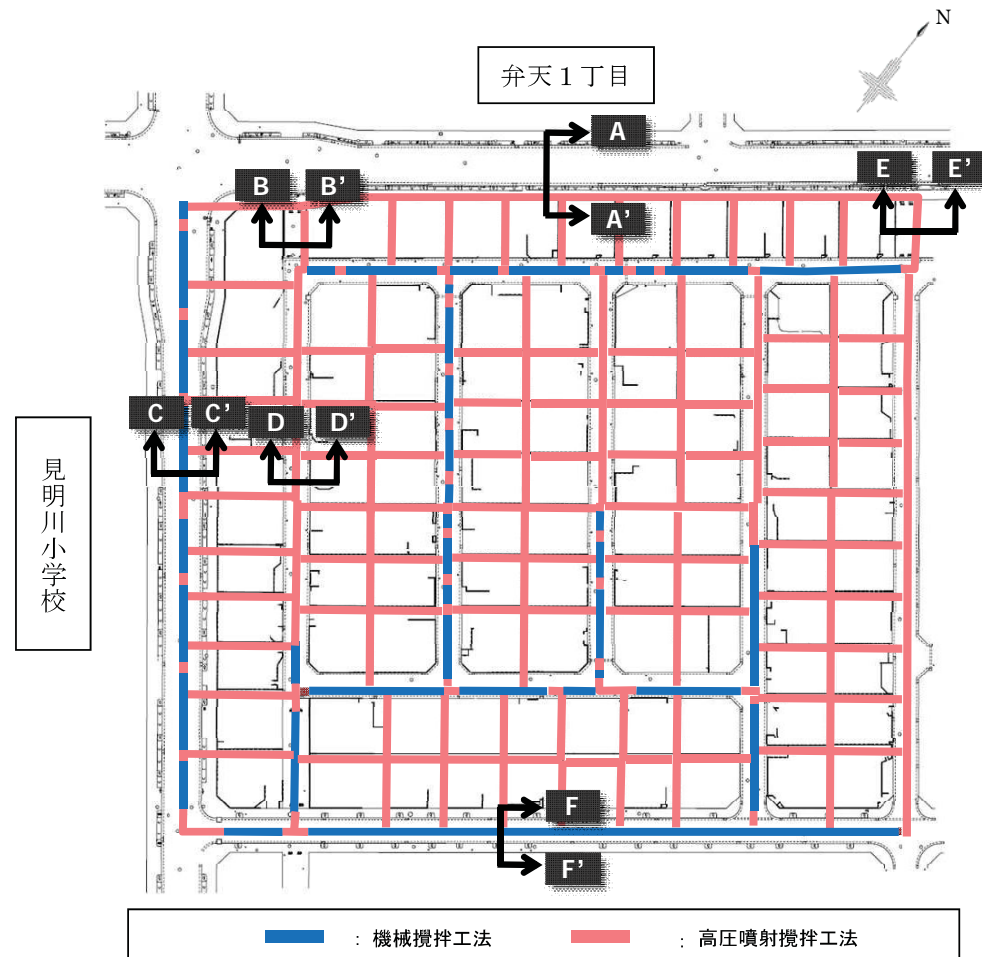
(1) 計画条件

・ 1 宅地 1 格子を基本に、地下埋設物等の状況 (図-2.3~図-2.9) を踏まえて合理的な改良体の配置を検討し、解析結果等を考慮しながら、格子間隔 (図-2.2) および改良深度の設定を行いました。格子配置の基本的な考え方を以下に記します。

①道路部は原則φ1000mm の円形改良体 (機械攪拌工法)、宅地部はφ1500mm の円形改良体もしくは 3600×1200mm の楕円形改良体 (高圧噴射攪拌工法) により計画しました。

②宅地内の配置検討にあたり、まず近接物 (家屋、地表物、地中埋設物) が施工上支障とならないかどうかを確認し、さらに電柱の位置と改良体の通り芯がぶつからない位置であることを確認しました。以上により近接物に影響が少なく、かつコスト的および施工的にも合理的な配置を計画しました。

- ・ 改良体の上端はBs 層の地盤条件と地下埋設管への影響を考慮し、GL-1.5m としました。
- ・ 改良体の設計基準強度は 1.8N/mm² としました。



※全宅地に格子を配置した場合の計画案

図-2.2 基本格子配置案

①改良体割付図 (A-A' 断面)

- ・ 埋設管が道路全体にほぼ均等に配置されています。
- ・ 埋設管離隔スペースの関係から機械攪拌工法の適用は困難です。
- ・ 改良体の施工位置が歩道内に限定されます。

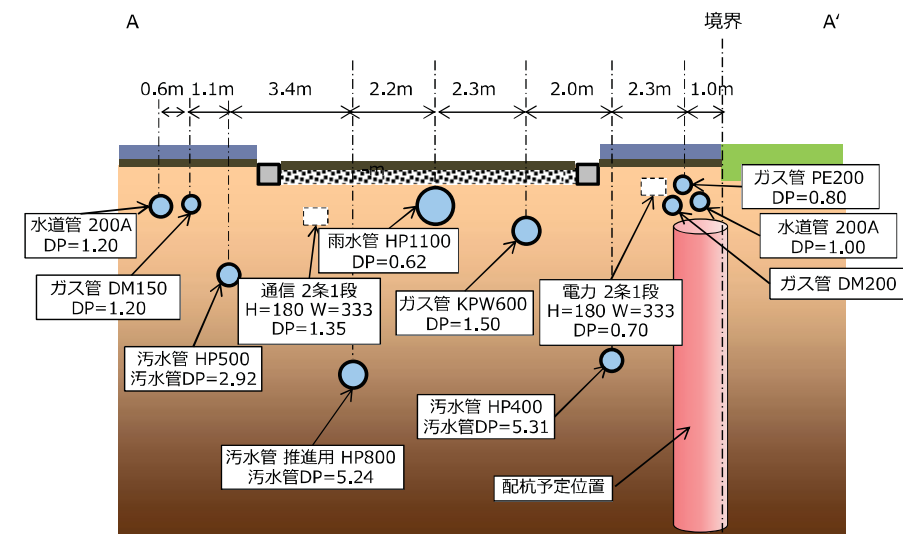


図-2.3 道路内断面図 (A-A' 断面)

②改良体割付図 (B-B' 断面)

- ・ 雨水管のみ埋設されています。
- ・ 道路内に防火水槽が存在するので、影響の無い位置に改良体を配置します。
- ・ 施工は高圧噴射攪拌工法での施工となります。

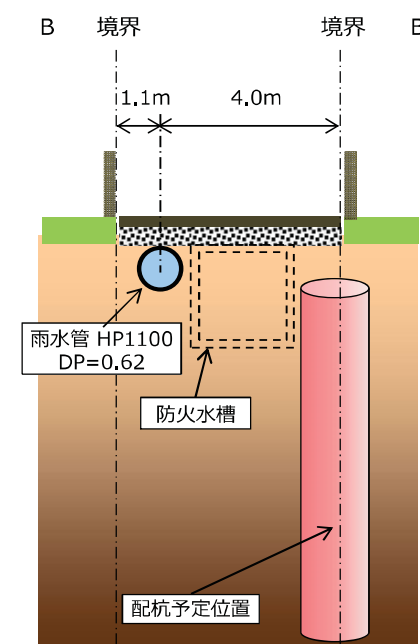


図-2.4 道路内断面図 (B-B' 断面)

③改良体割付図 (C-C' 断面)

- 雨水管と汚水管の間に 2m 以上の離隔があるため機械攪拌工法による施工となります。

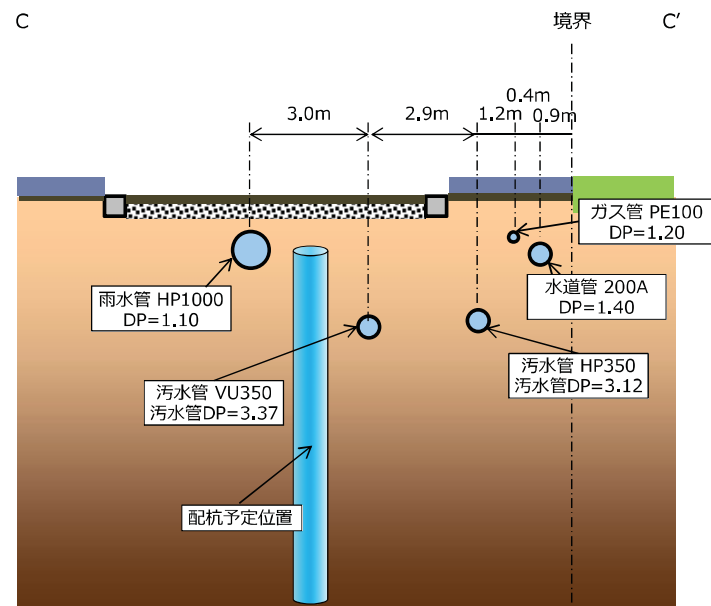


図-2.5 道路内断面図 (C-C' 断面)

④改良体割付図 (D-D' 断面)

- 施工位置が汚水管とガス管の間に限定されます。
- 汚水管廻りは改良土に置換されており高圧噴射攪拌工法での施工となります。

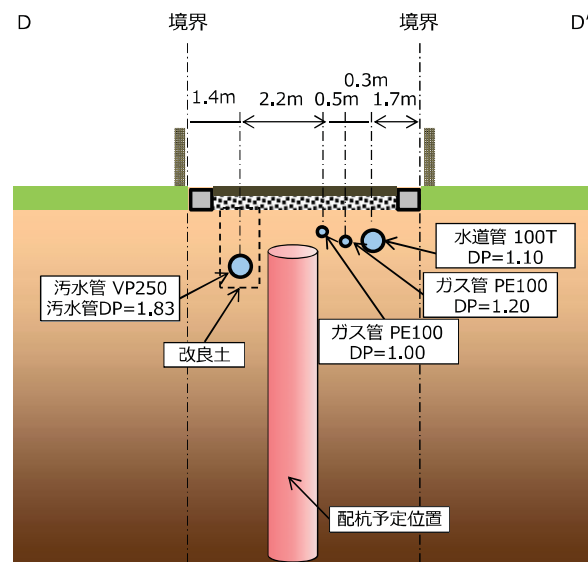


図-2.6 道路内断面図 (D-D' 断面)

⑤改良体割付図 (E-E' 断面)

- 境界と汚水管の間に施工位置が限定されます。
- 高圧噴射攪拌工法での施工となります。

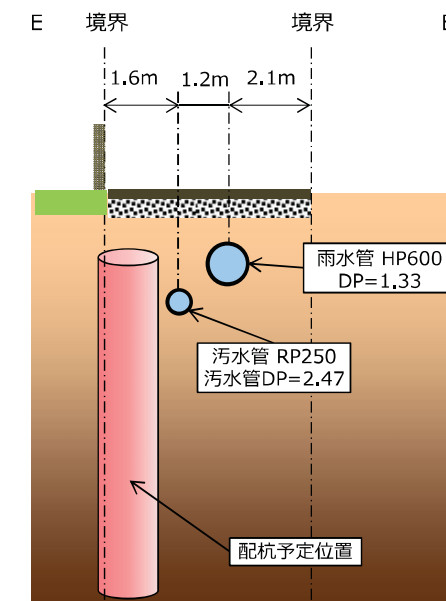


図-2.7 道路内断面図 (E-E' 断面)

⑥改良体割付図 (F-F' 断面)

- 汚水管廻りは改良土で置換されていますが、埋設管同士の離隔が 5m 以上あり、機械攪拌工法による施工となります。

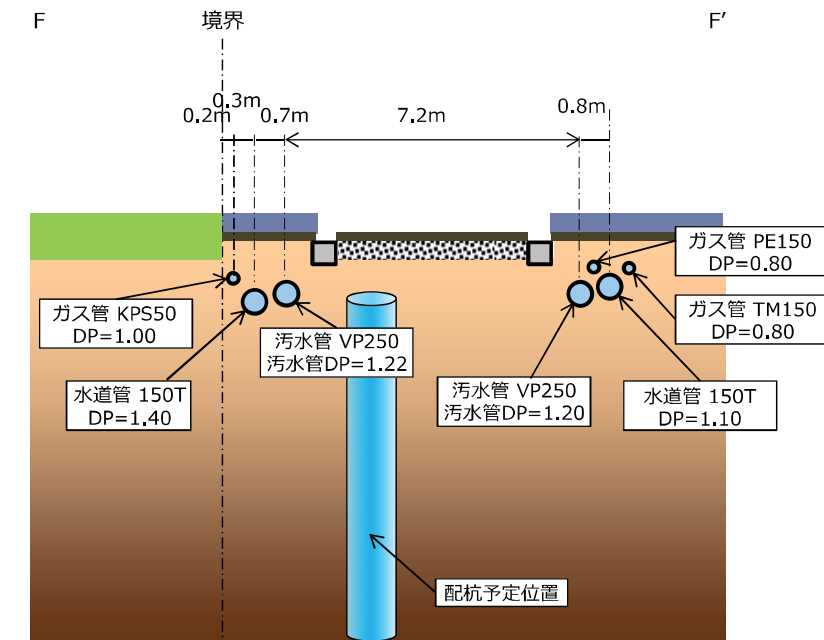
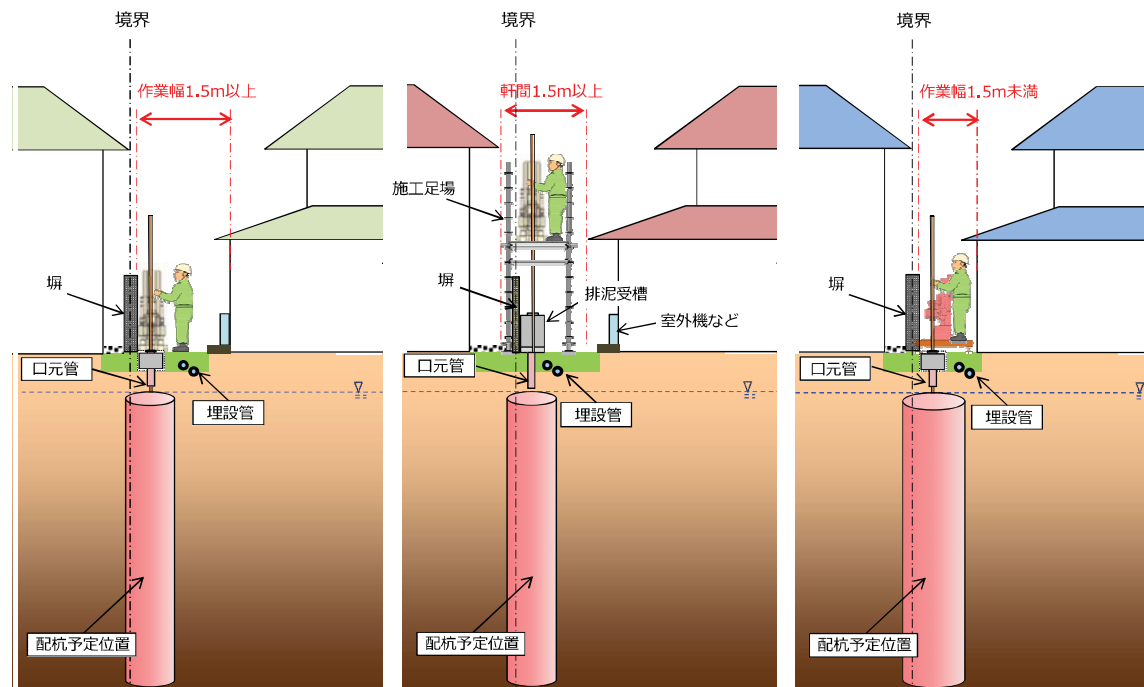
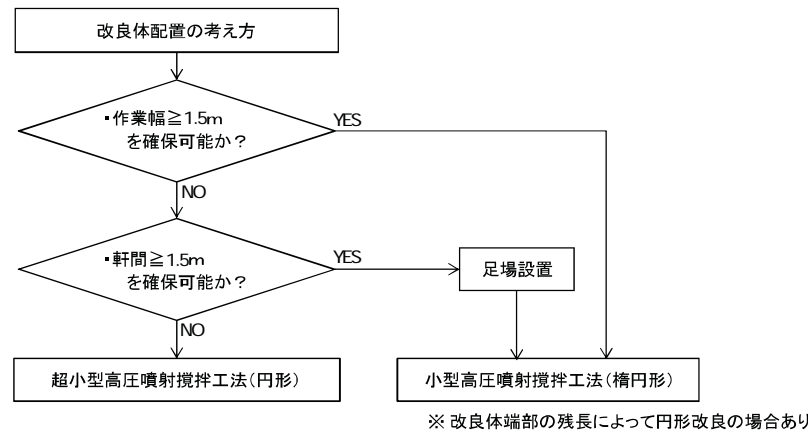


図-2.8 道路内断面図 (F-F' 断面)

⑦改良体配置図（宅地内断面例）

- 作業幅として、1.5m以上確保できる場合は、楕円施工が可能な小型高圧噴射攪拌工法で楕円形の改良体を配置しています。ただし改良体端部において楕円形改良体を配置するに満たない残長の場合には、円形改良体を配置することによって、無駄を省いた経済的な計画としています。
- 作業幅として軒間が1.5m以上で足場の設置が可能な場合にも、楕円施工が可能な小型高圧噴射攪拌工法で楕円形の改良体を配置しています。この場合においても改良体端部において楕円形改良体を配置するに満たない残長の場合には、円形改良体を配置することによって、無駄を省いた経済的な計画としています。
- 作業幅が1.5m未満の場合には、超小型高圧噴射攪拌工法による円形改良体を配置しています。
- 境界付近で塀、植栽、室外機、宅内埋設管などが出来るだけ支障とならない場所を探して改良体を配置しています。



(1) 作業幅 1.5m以上ある場合 (2) 足場設置が可能な場合 (3) 足場設置ができない場合

図-2.9 宅地内の改良体配置断面イメージ図

(2) 解析条件

- 解析モデルは、地盤調査結果を踏まえて図-2.10、図-2.11、のとおり設定し、図-2.12 に示す2断面で検討を行いました。
- 地下水位はGL-1.5mと設定して解析を行いました。

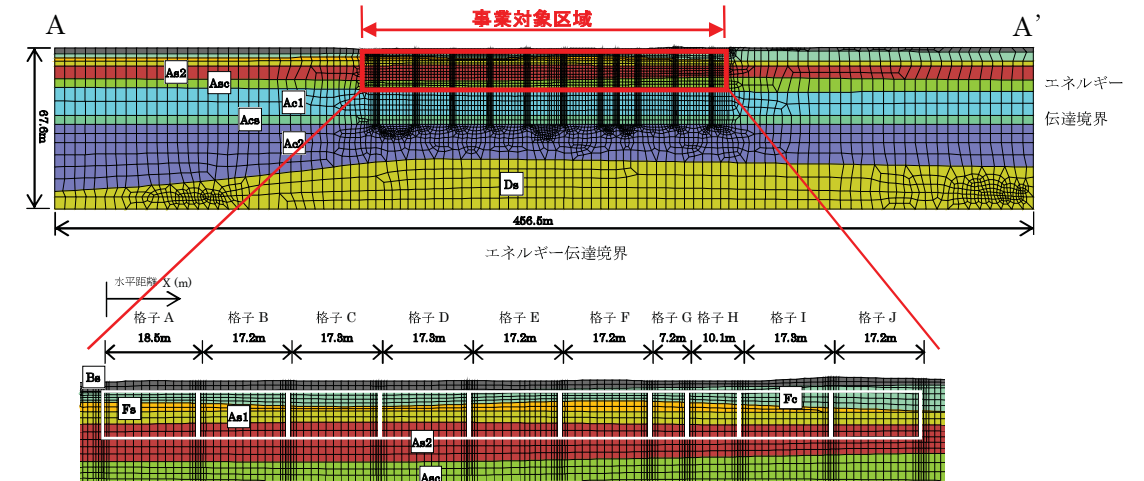


図-2.10 A-A' 断面の擬似3次元解析モデル（上：全体、下：対策範囲拡大）

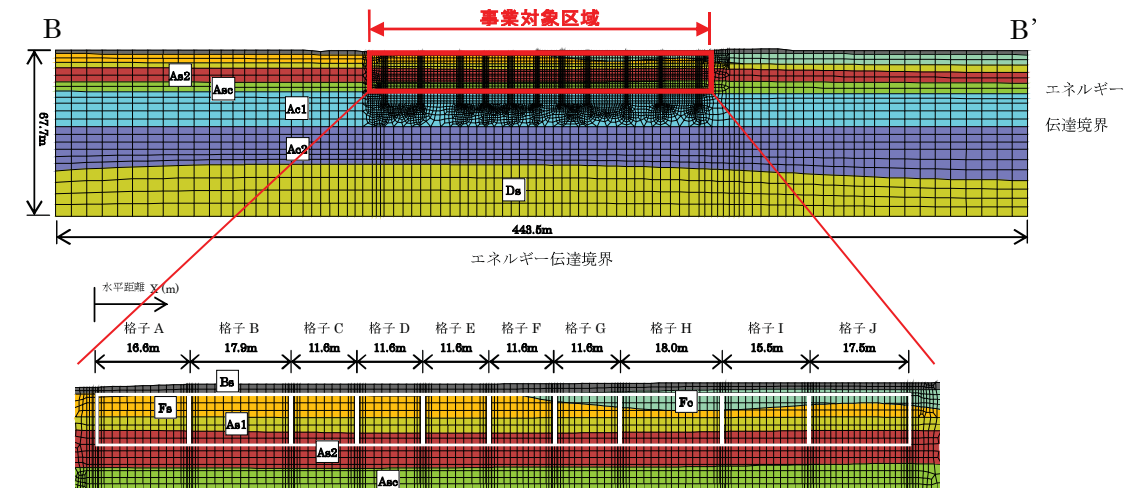


図-2.11 B-B' 断面の擬似3次元解析モデル（上：全体、下：対策範囲拡大）









図-2.12 解析検討断面平面位置

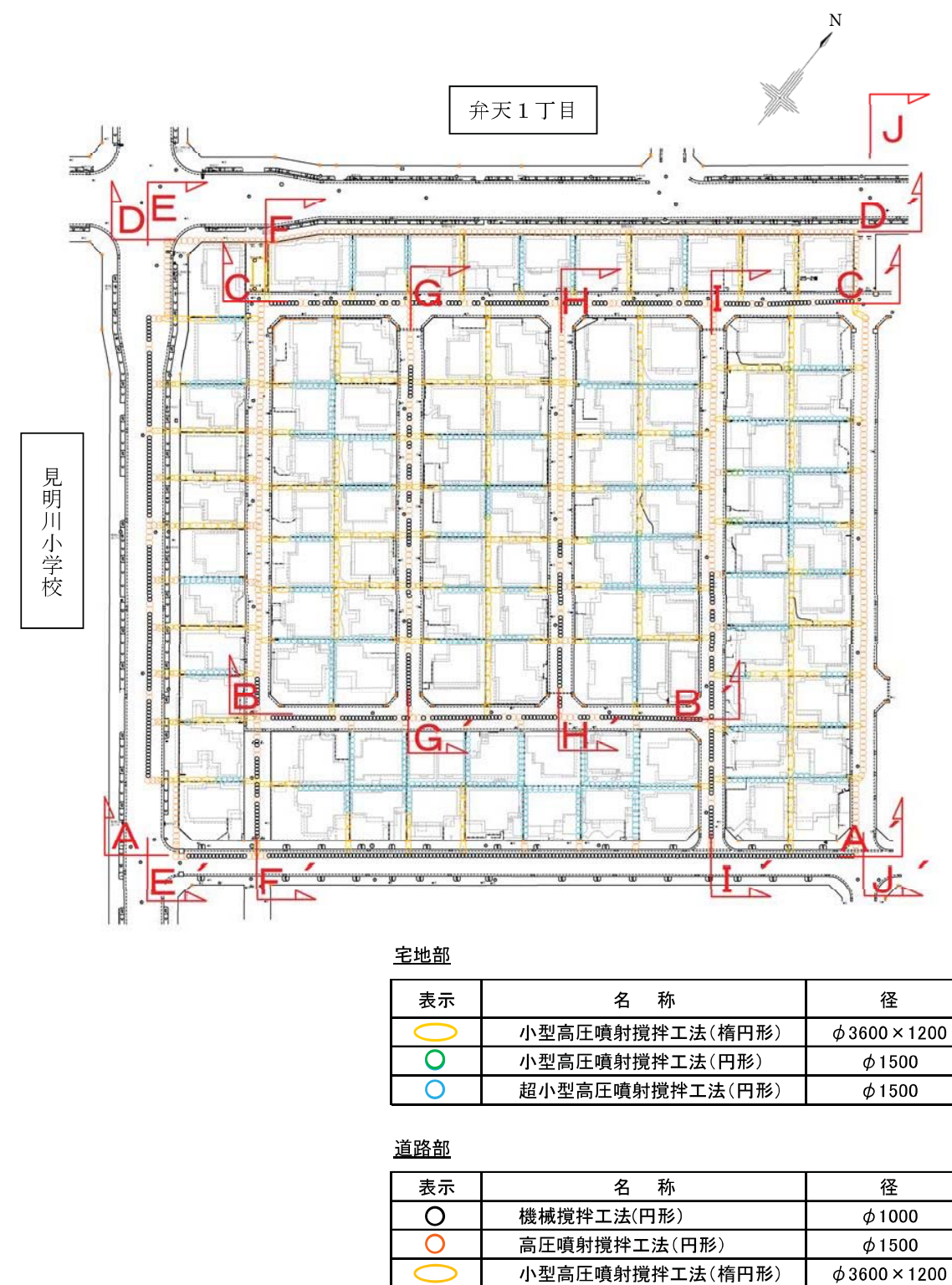
(3) 格子配置

- 改良体全体配置図（平面図）を図-2.14 に示します。配置にあたっては、地下埋設管や地上部工作物への影響が極力出ないように、かつ現段階でコスト的にも最適と考えられる配置計画としました。
- 改良工法の基本的な使い分けについて以下に記します。
 - ①基本的に道路部はφ1000mmの円形改良体（機械攪拌工法）、宅地部はφ3600×1200mmの楕円形改良体もしくはφ1500mmの円形改良体（小型高压喷射攪拌工法および超小型高压喷射攪拌工法）で計画しました。
 - ②道路内は埋設企業者との交渉で、埋設管との離隔0.5m以上を求められています。離隔0.5m以上を確保可能な場所を機械攪拌工法、確保できない場所を高圧喷射攪拌工法（円形）で計画しています。また、埋設物横断部は小型高压喷射攪拌工法（楕円形）で計画しています。
 - ③宅地内では、少しでも工期を短縮するため、楕円形改良体の配置を第一に検討しました。その上で隣棟間隔に応じて、作業可能な幅で機種を選択、円形・楕円形改良体を組み合わせて計画しました。（表-2.3）

表-2.3 工法別施工分担範囲

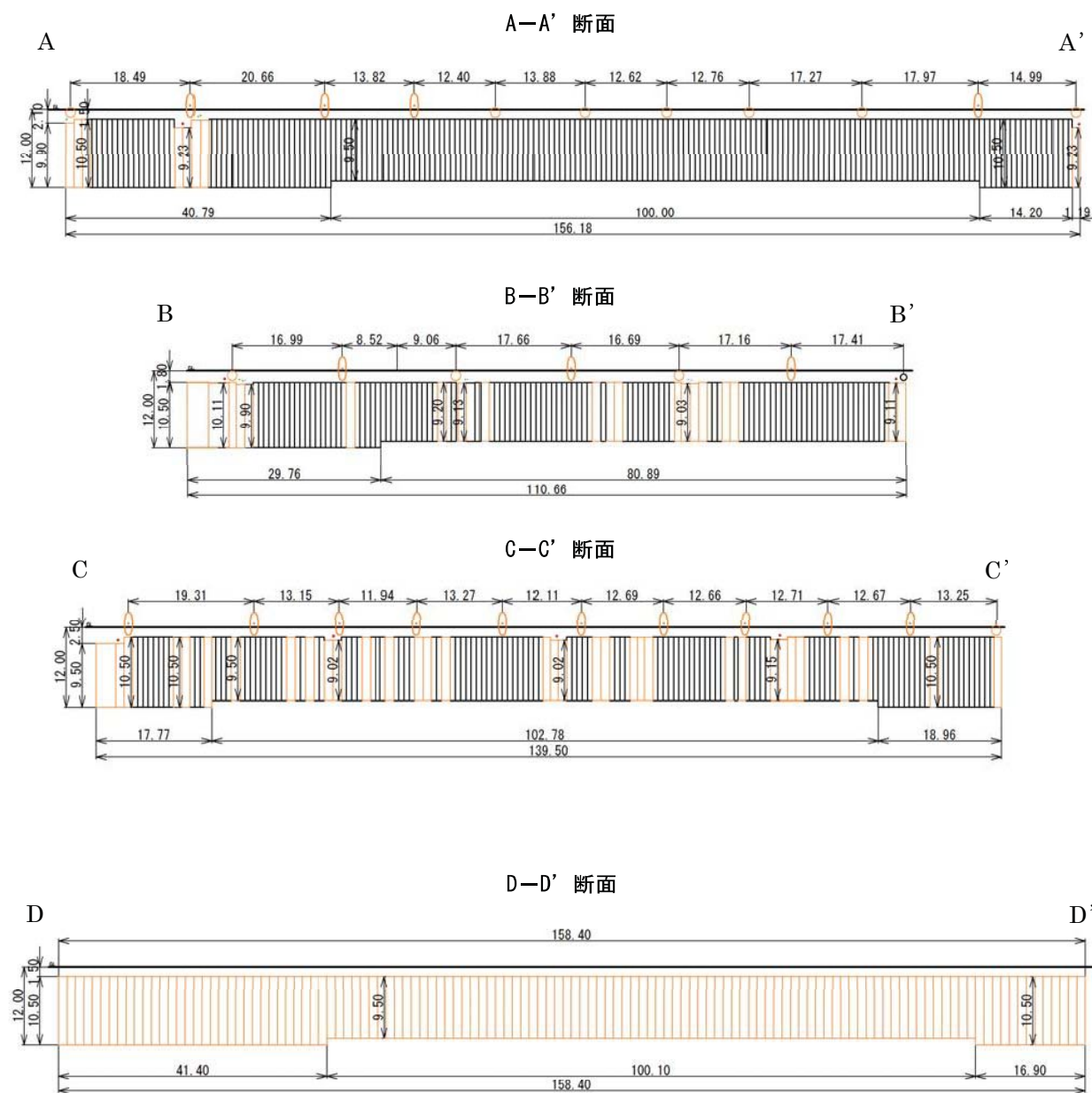
表示	宅地部	施工分担場所
	小型高压喷射攪拌工法(楕円形)	作業可能な幅が1.5m以上または軒間が1.5m以上で足場の設置が可能な場所
	小型高压喷射攪拌工法(円形)	作業可能な幅が1.5m以上確保できる場所でかつ改良体端部の残長が楕円形を配置するに満たない場所
	超小型高压喷射攪拌工法(円形)	作業可能な幅が1.5m未満の場所

表示	道路部	施工分担場所
	機械攪拌工法(円形)	埋設物との離隔0.5mが確保可能な場所
	高压喷射攪拌工法(円形)	機械攪拌工法不可の場所(埋設物並列方向)
	小型高压喷射攪拌工法(楕円形)	機械攪拌工法不可の場所(埋設物横断方向)



※全宅地に格子を配置した場合の計画案

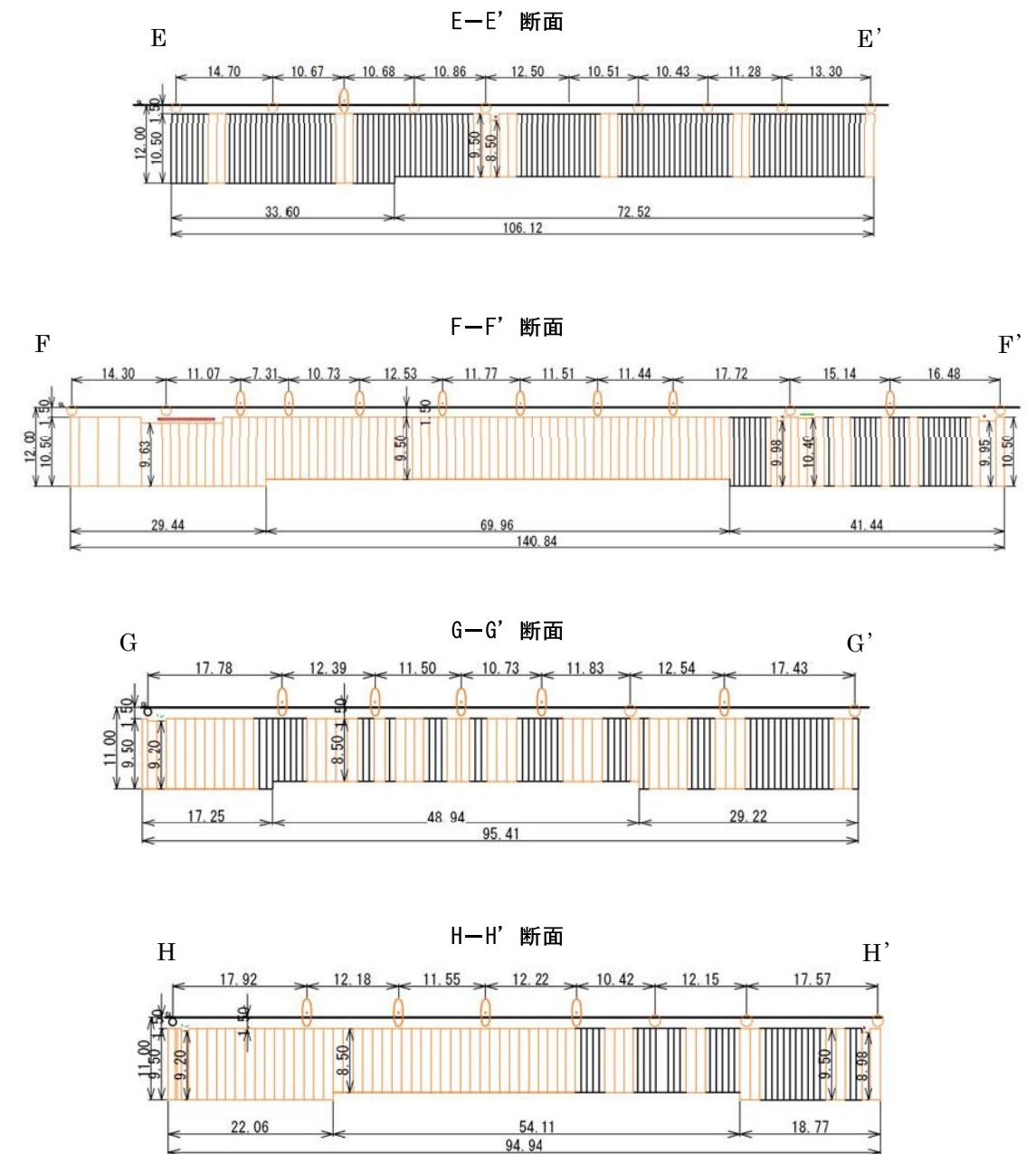
図-2.14 改良体全体配置図（平面図）



改良体 凡例一覧

機械撈拌工法 (円形)φ1000	超小型高压喷射 撈拌工法 (円形)φ1500	高压喷射撈拌工法 (円形)φ1500	小型高压喷射撈拌 工法(精円形) 3600×1200

图-2.15 改良体全体配置图 (断面图 A-A' ~ D-D')



改良体 凡例一覧

機械撈拌工法 (円形)φ1000	超小型高压喷射 撈拌工法 (円形)φ1500	高压喷射撈拌工法 (円形)φ1500	小型高压喷射撈拌 工法(精円形) 3600×1200

图-2.16 改良体全体配置图 (断面图 E-E' ~ H-H')

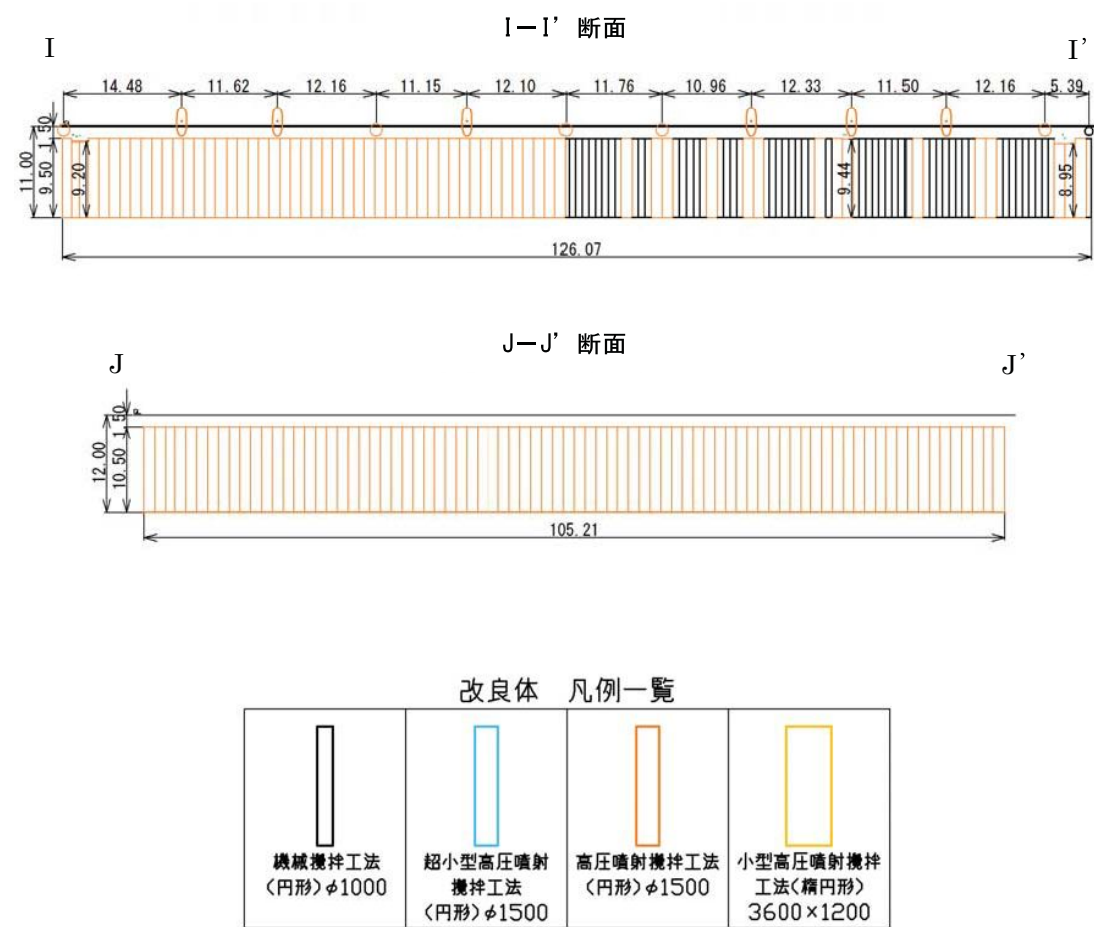


図-2.17 改良体全体配置図(断面図 I-I' ~ J-J')

(4)解析結果

- 改良下端深度は A-A' 断面の解析結果から設定しています。(図-2.18)

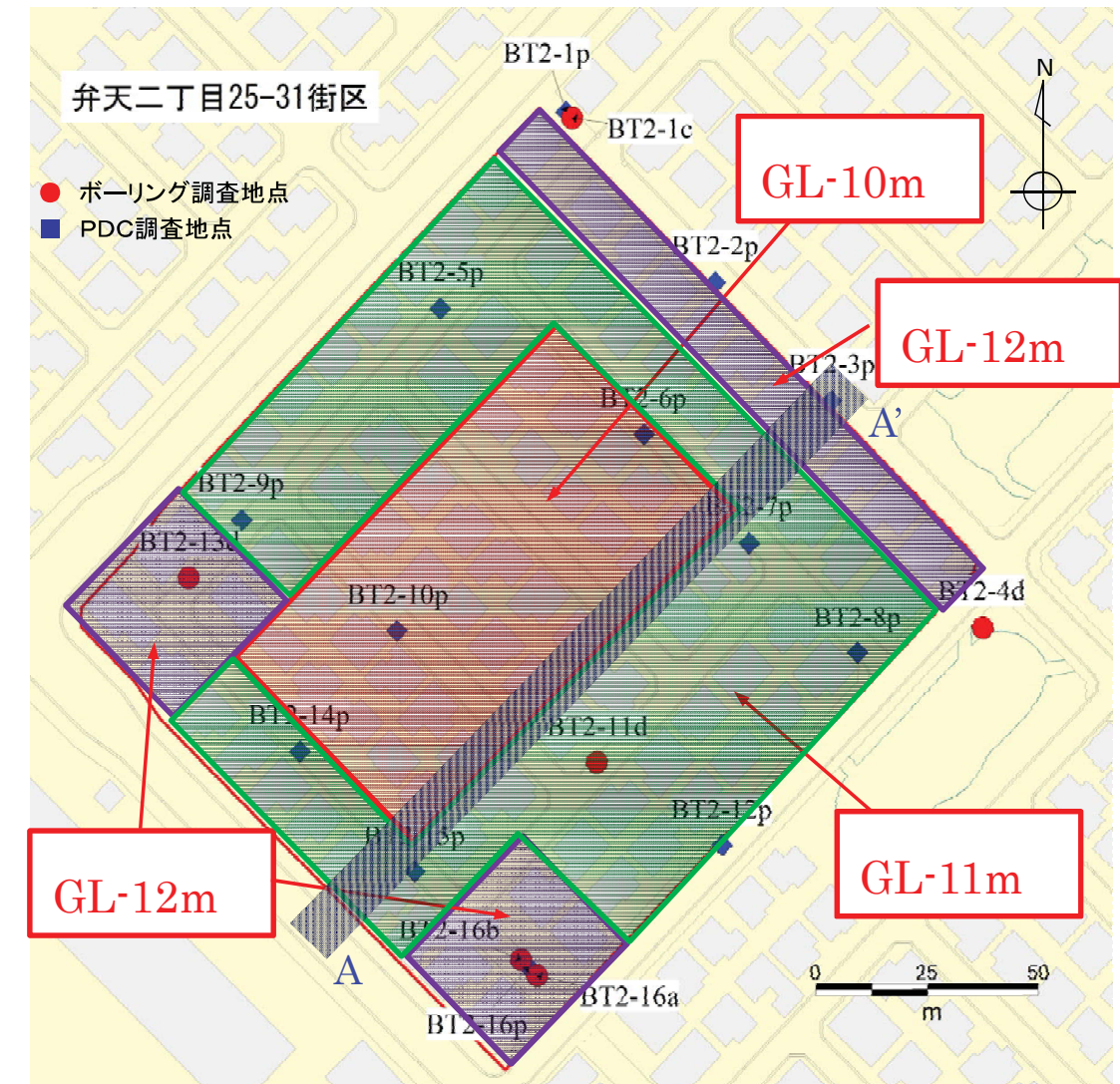


図-2.18 改良体下端深度の平面分布図(弁天二丁目)

・ 解析の結果、対策対象地震動に対して図-2.18 に示す改良体下端深度に設定すると、地盤全層にわたってFL>1.0を確保することができました。(図-2.19)

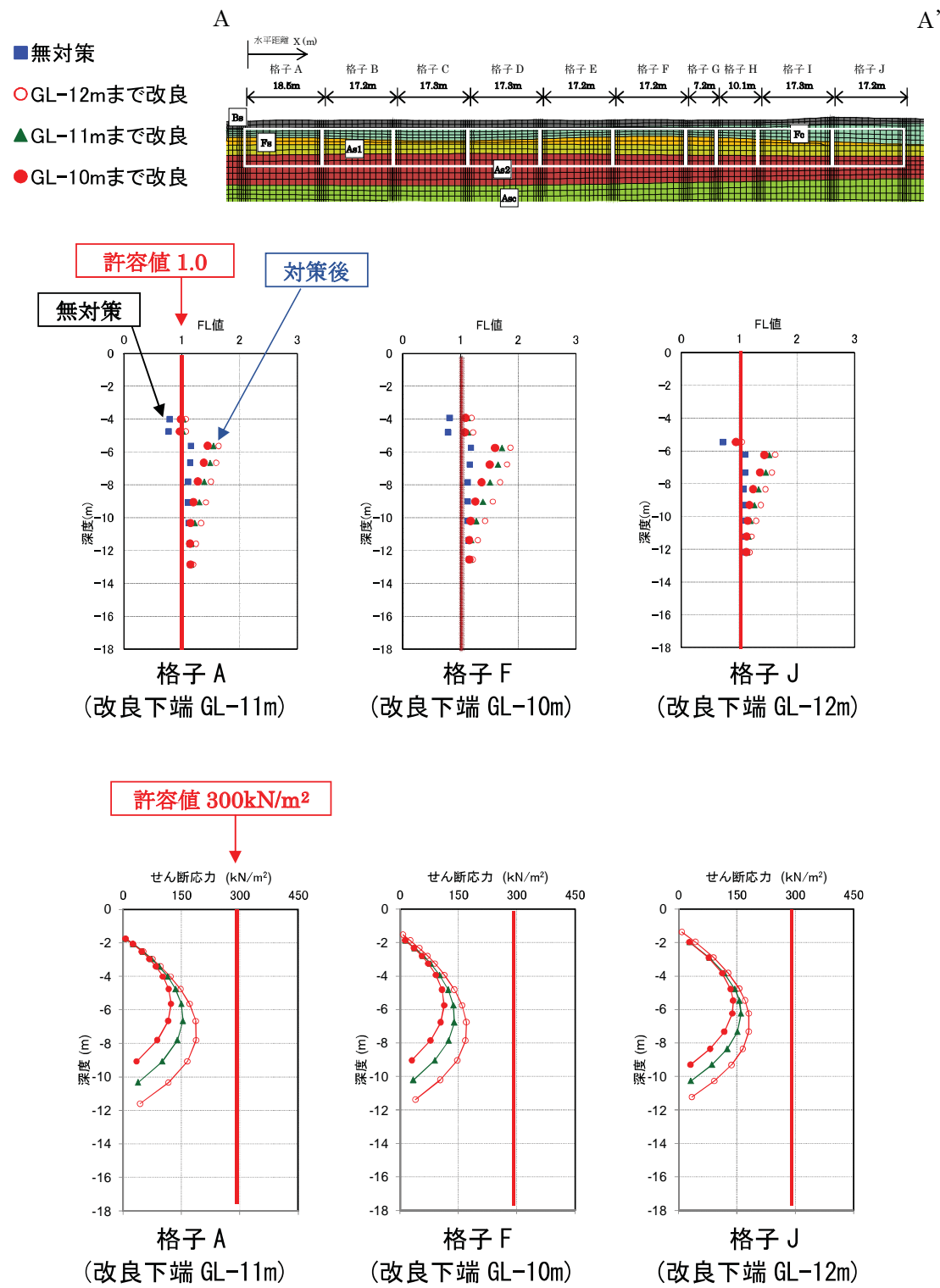


図-2.19 FL 値と改良体が発生するせん断応力最大値の深度分布 (対策対象地震動 A-A' 断面)

・ レベル2地震動に対しては、FL 値が1以下の層が発生するものの、改良体が発生するせん断応力が許容値以下であり、改良体の健全性が確認されました。(図-2.20)

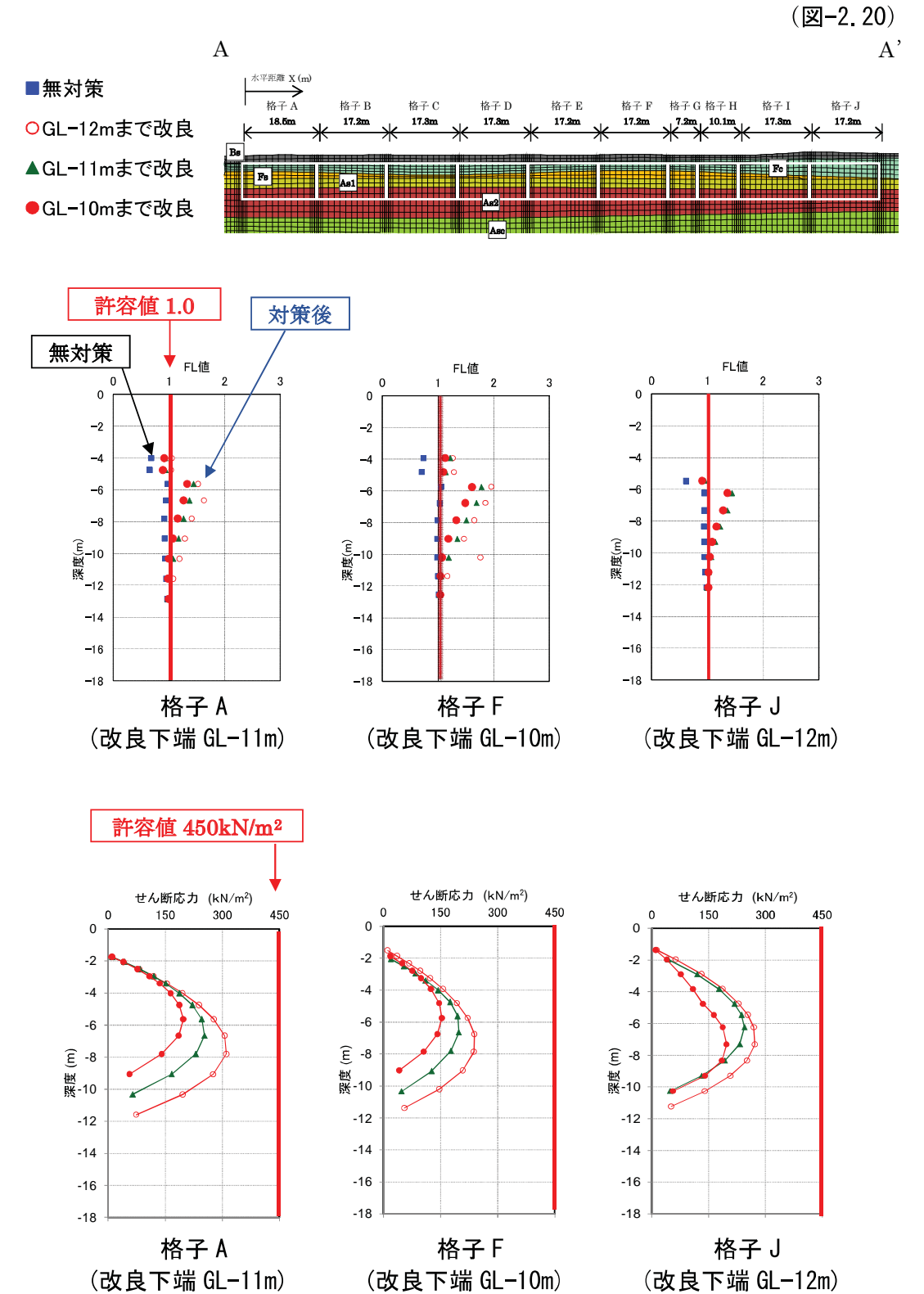


図-2.20 FL 値と改良体が発生するせん断応力最大値の深度分布 (レベル2地震動 A-A' 断面)

2.3 格子状地盤改良施工計画

(1) 工法概要

【高圧噴射攪拌工法】



写真-2.1 小型高圧噴射攪拌工法(円・楕円形) 写真-2.2 超小型高圧噴射攪拌工法(円形)

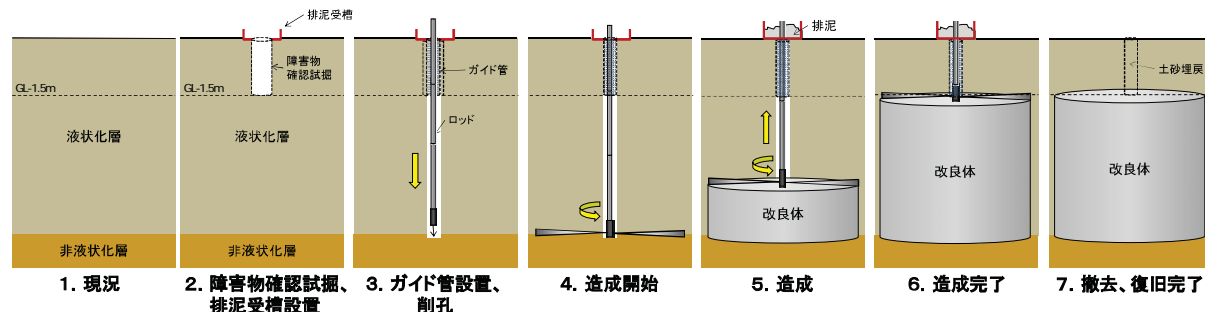


図-2.21 高圧噴射攪拌工法の施工手順

【機械攪拌工法】



写真-2.3 機械攪拌工法 (円形)

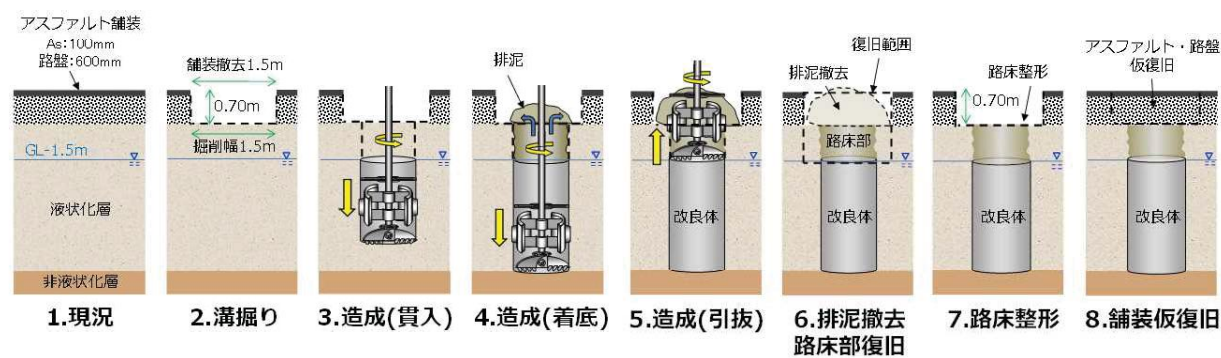


図-2.22 機械攪拌工法の施工手順

※ 舗装仮復旧は本事業終了後に実施予定

(2) 工程

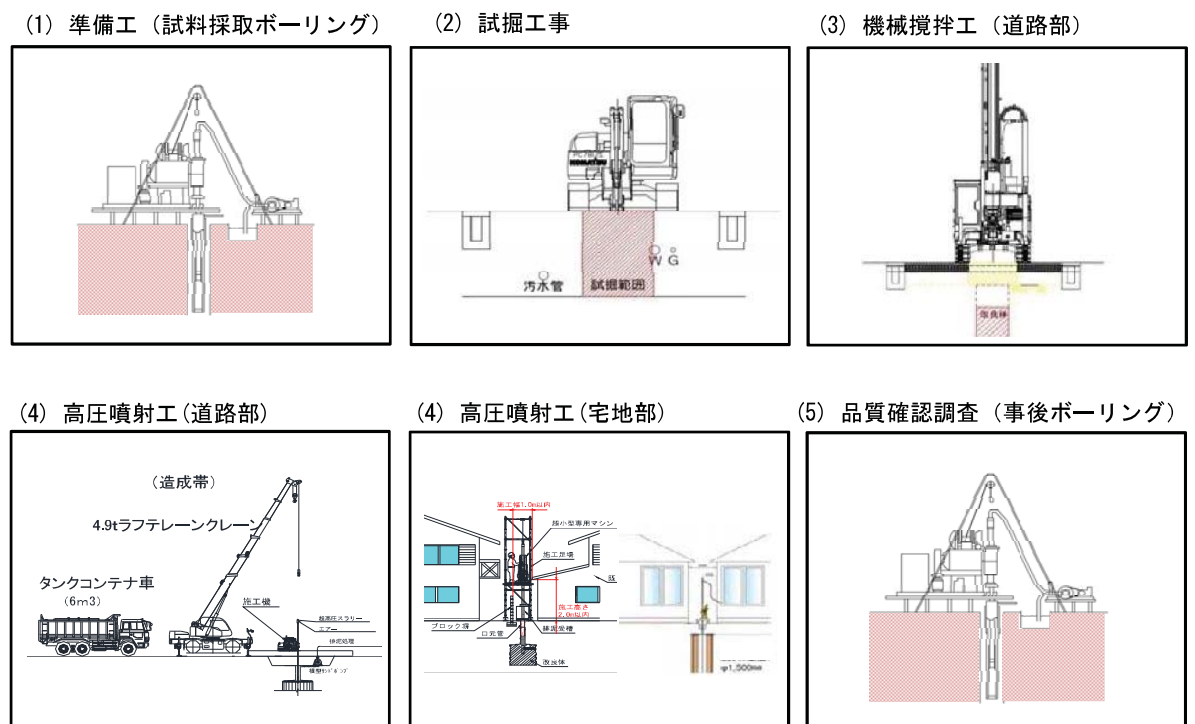
- ・ 工程は次のようになります。

表-2.4 工程表(案)
液状化対策工事工程表(時間延長案) 施工時間(月~土 8:30~19:30)

作業項目	期 間																			
	1ヵ月		2ヵ月		3ヵ月		4ヵ月		5ヵ月		6ヵ月		7ヵ月		8ヵ月		9ヵ月		10ヵ月	
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20
(1)準備工 (土質試料採取)	■																			
(2)試掘・外構工事			■		■		■		■		■		■		■		■		■	
(3)機械攪拌工			◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆	
(4)高圧噴射工			◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆	
(5)品質確認調査					■		■		■		■		■		■		■		■	

※なお、対策工事の前後に家屋事前調査および事後調査を実施します。

【作業項目のイメージ】



(3) 宅地内の施工計画

- ・ 建物とブロック塀（又はフェンス、垣根）との離隔や、埋設管等の状況により、地盤面に直接機械を配置して施工する場合、足場により障害物を跨いで施工する場合、どうしてもスペースが取れず障害物を撤去して施工する場合など、各宅地の状況に応じた施工計画を検討しました。宅地ごとに作成した宅地機械配置図の例および宅地内工作物等の撤去復旧図の例を示します。（図-2.23、図-2.24）

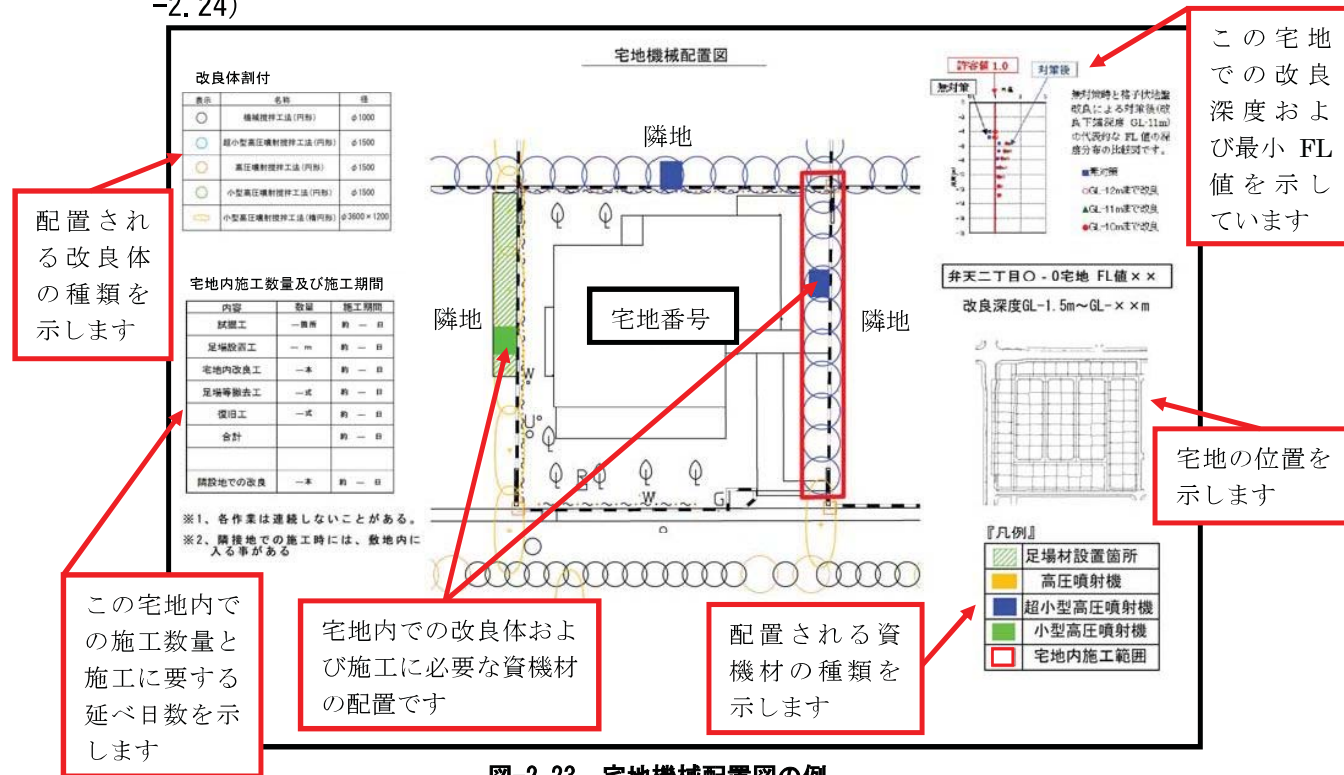


図-2.23 宅地機械配置図の例

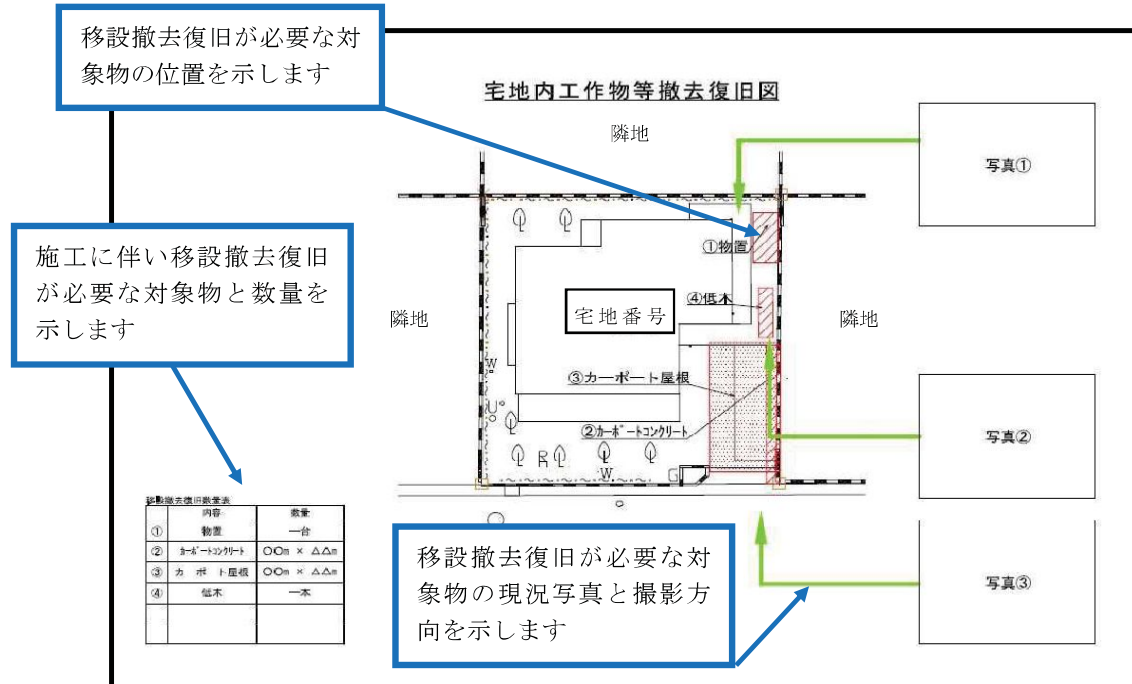


図-2.24 宅地内工作物等撤去復旧図の例

(4) 道路および周辺地域での機械配置(案)

- ・ 地区の道路内および周辺地域に対する機械配置案を示します。施工に伴う周辺設備（セメントスラリー製造プラント）は、隣接する公園用地への配置が可能であれば、車両通行止めとなる区間を極力少なくすることが可能です。

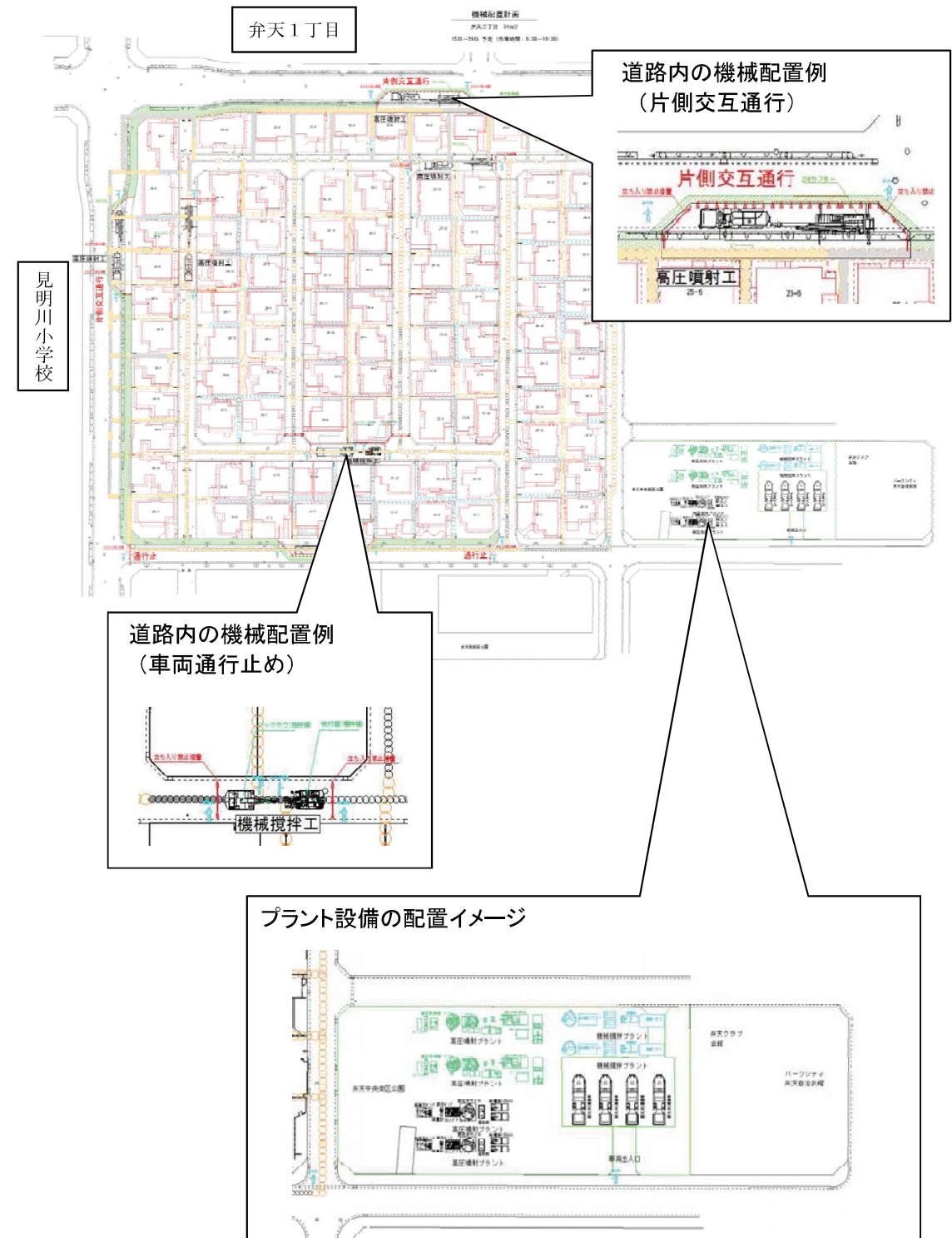


図-2.25 道路および周辺地域での機械配置案

(5) 施工ステップ

- ・ 通行の支障を極力少なくできるように、次のような施工ステップを計画しています(図-2.26、図-2.27、図-2.28、図-2.29、表-2.5)。

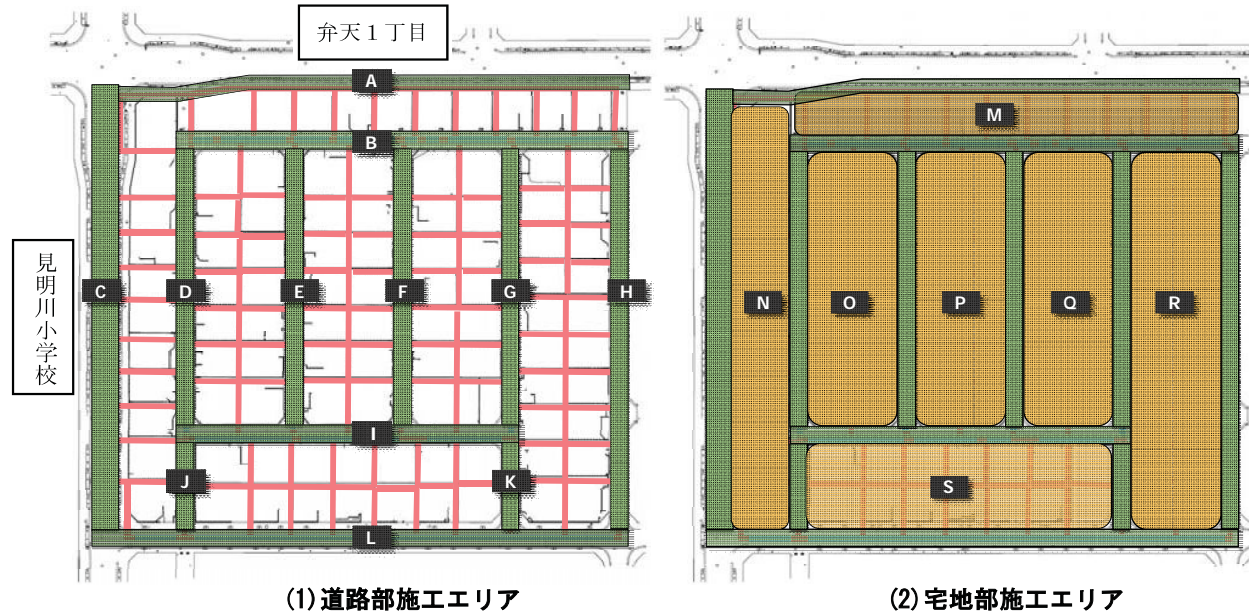


図-2.26 弁天二丁目施工エリア

表-2.5 各STEPにおけるエリア毎の施工状況

		STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5	STEP6	STEP7	STEP8	STEP9	STEP10	STEP11	STEP12
		1日~14日	15日~29日	30日~33日	34日~40日	41日~43日	44日~67日	68日~103日	104日~128日	129日~148日	149日~152日	153日~161日	162日~170日
道路	A	高圧噴射式											
	B	機械式	高圧噴射式										
	C	機械式	高圧噴射式										
	D	高圧噴射式	機械式	高圧噴射式									
	E	機械式		高圧噴射式									
	F	機械式			高圧噴射式								
	G	機械式				高圧噴射式							
	H	機械式					高圧噴射式						
	I	機械式	高圧噴射式										
	J	機械式	高圧噴射式										
	K	機械式			高圧噴射式								
	L	機械式	高圧噴射式										
宅地	M	高圧噴射式											
	N	高圧噴射式											
	O	高圧噴射式											
	P	高圧噴射式											
	Q	高圧噴射式											
	R	高圧噴射式											
	S	高圧噴射式											

※日数は実績働日数を示す。

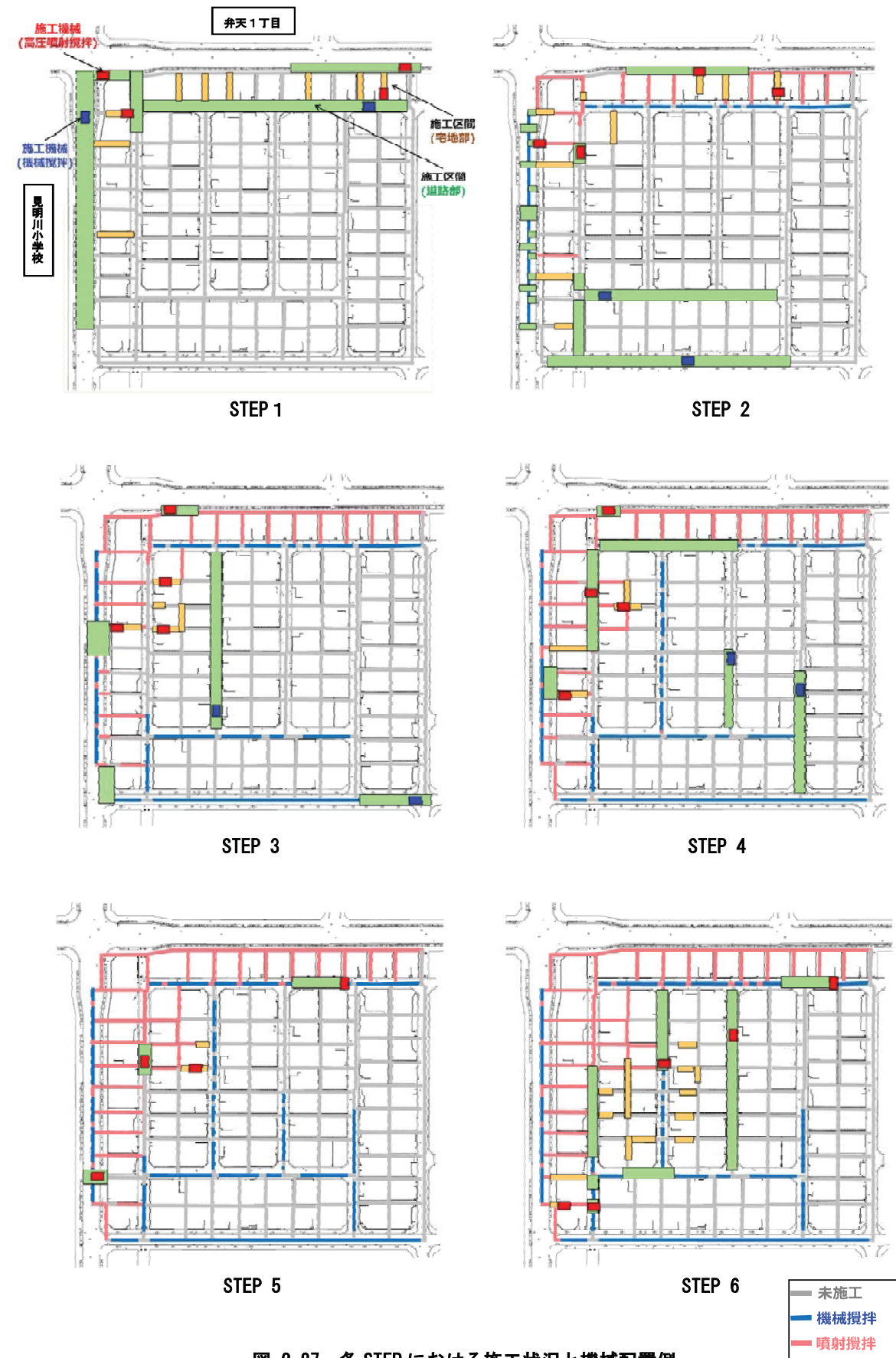


図-2.27 各STEPにおける施工状況と機械配置例

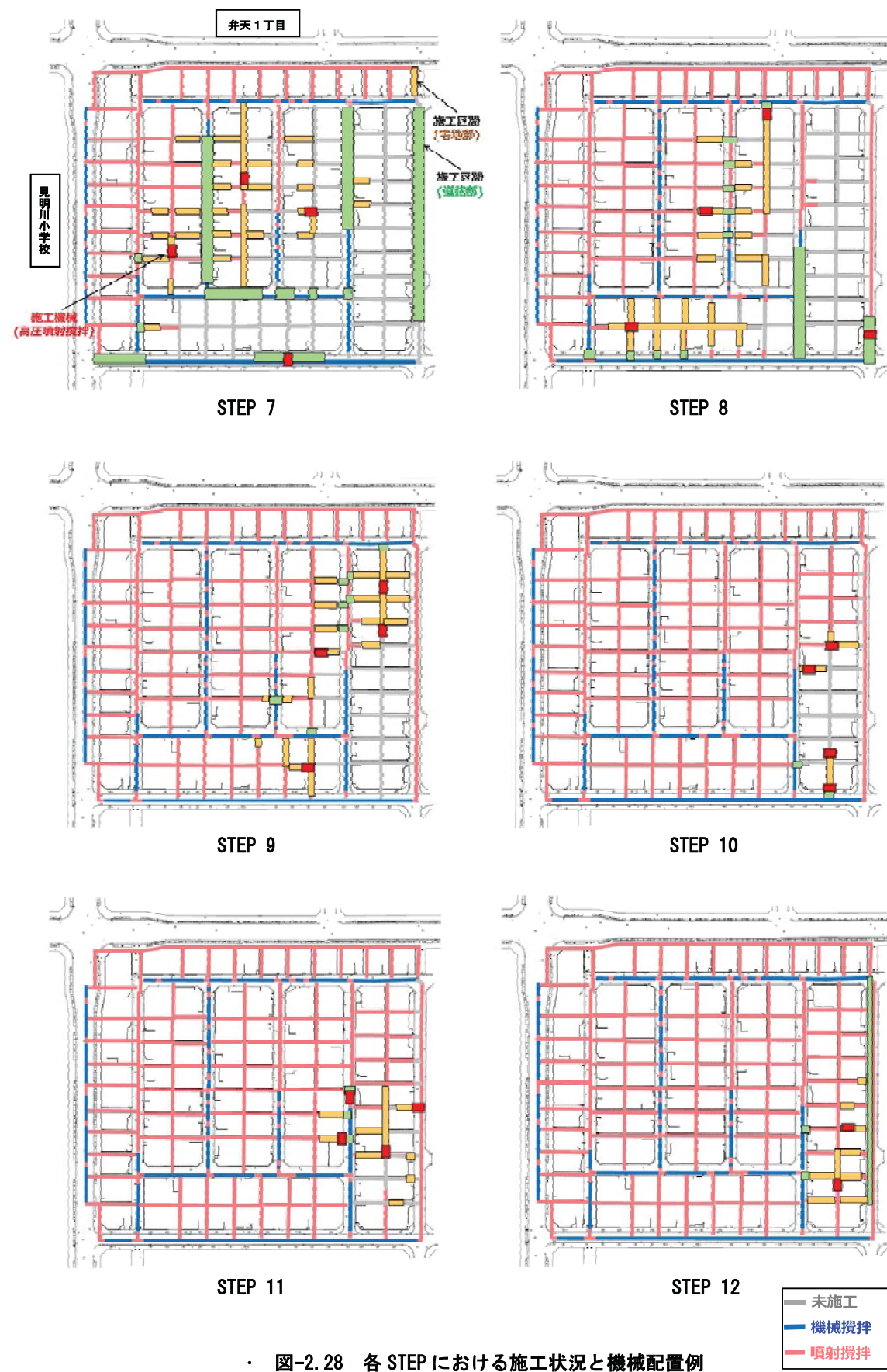


図-2.28 各STEPにおける施工状況と機械配置例

・ 図-2.29 にSTEP1におけるある1日の車両通行止めの一例を示します。宅地内やその前面道路で施工が行われている時間帯には、当該宅地を含む6軒程度の自家用車の出入りは出来なくなりますが、住民の生活に支障がないよう歩行者用通路は確保します。また、一日の作業終了後には道路覆工板を用いて掘削箇所を養生し道路交通の開放をいたします。なお、緊急車両などの通行には支障が無いよう計画し、交通誘導員を配置して、安全管理に努めます。同様にすべての施工STEPにおいて、通行に支障が出ないように計画しています。

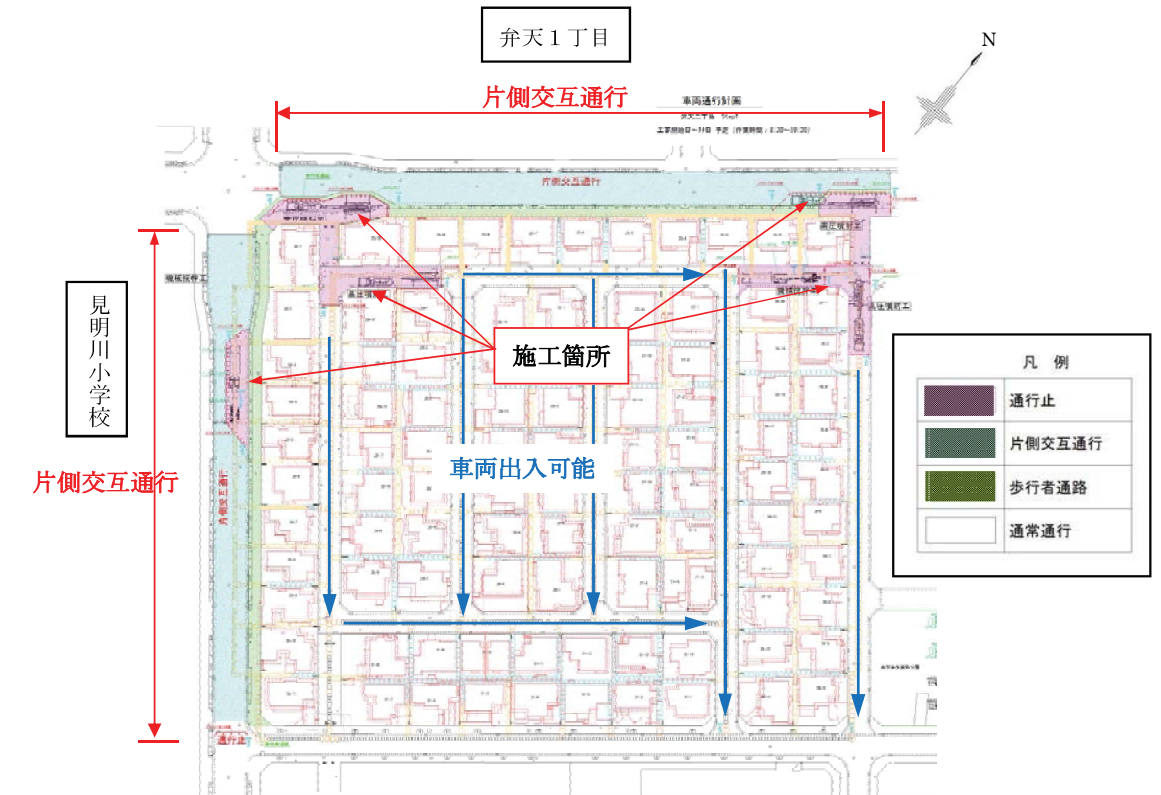
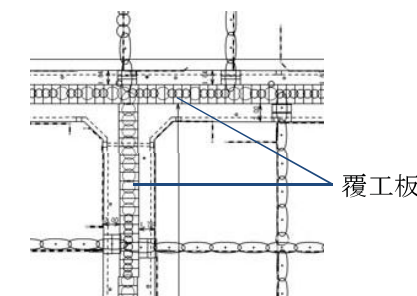


図-2.29 車両通行止めの例 (STEP1のある1日の例)



道路覆工板 配置計画例 (平面図)



道路覆工板の設置イメージ



交通誘導員の配置イメージ

2.4 工事費

(1) 工事費

- 2.2 及び 2.3 を踏まえた工事費は次のとおりになります。

※弁天二丁目地区 25-31 街区の特徴

- この地区は、隣接民地との境界に機械式を入れる余裕がなく、宅地内は全て噴射式地盤改良機での施工となります。
- 道路部も埋設物の関係で機械式の施工が制限されます。
- 今回の事業費は、コストを抑えるために出来る限りの検討を行いました。作業終了時間については、18:30 頃改良終了、19:30 までに片付け終了・撤収として算出しました。

現時点における工事費は次のとおりです。(消費税込)

総工事費	1,691,953,600 円
道路部分	1,111,989,600 円
宅地部分	579,964,000 円

(2) 工事費内訳

- 格子配置に基づく、主な施工数量とその工事費の内訳は、次のとおりになります。

表-2.6 工事費内訳

道路部				
工種	概要	単位	数量	金額
格子状地盤改良工	機械式工法、小型高圧噴射工法(円形)、小型高圧噴射工法(楕円)	m ³	15,966	959,869,423
		本	1,413	
雑工	試掘、道路舗装撤去等関連工	式	1	152,120,177
				1,111,989,600

宅地部				
工種	概要	単位	数量	金額
格子状地盤改良工	超小型高圧噴射工法、小型高圧噴射工法(円形)、小型高圧噴射工法(楕円)	m ³	19,348	556,011,487
		本	926	
雑工	試掘、植栽等外構関連工	式	1	23,952,513
計				579,964,000