

千葉市液状化対策推進委員会

— 第3回 —

日時：平成24年12月26日（水）

10:00から

場所：美浜区役所 講堂

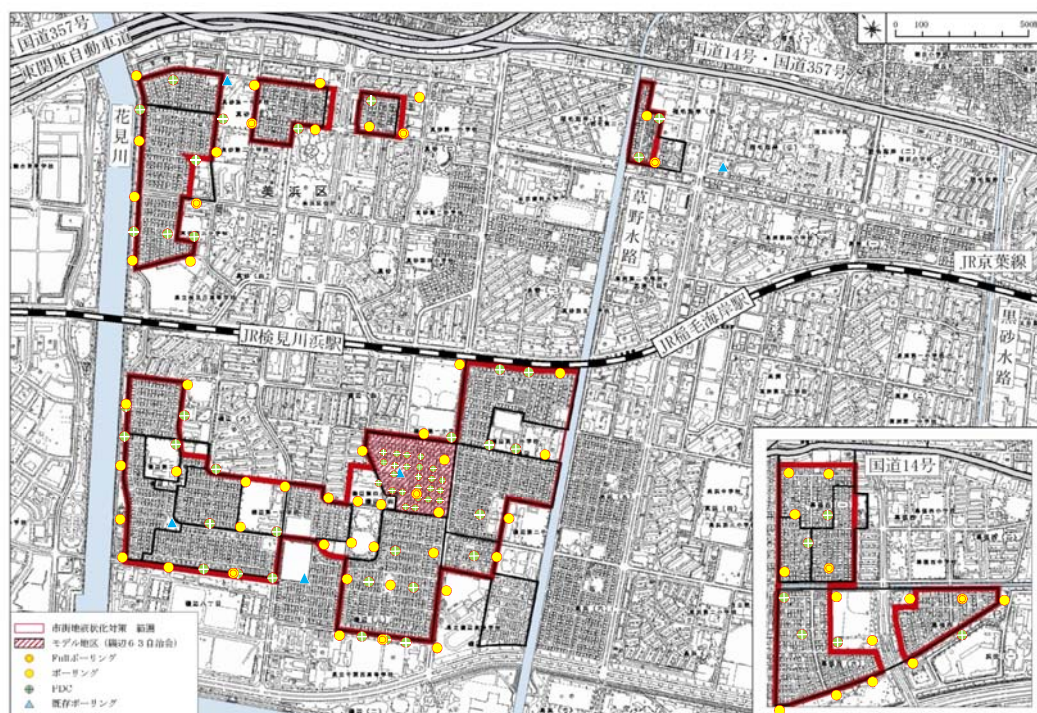
議 題

液状化対策の検討状況について

経緯

平成24年06月05日	第2回「千葉市液状化対策推進委員会」
	※ 委員より対象とする美浜区の地層が複雑なため、 より詳細なデータを採取する旨の意見が出された。
平成24年06月26日	東日本大震災復興交付金の第3次申請 【160,000千円】
平成24年08月～	ボーリング調査・調査検討業務
	※ 磯辺63自治会 ボーリング5本、コーン貫入試験25本 地区全体 ボーリング59本、コーン貫入試験40本
平成24年09月末	災害復旧工事完了
平成24年12月26日	第3回「千葉市液状化対策推進委員会」開催
	※ 調査の中間報告

ボーリング等調査位置



対象地域



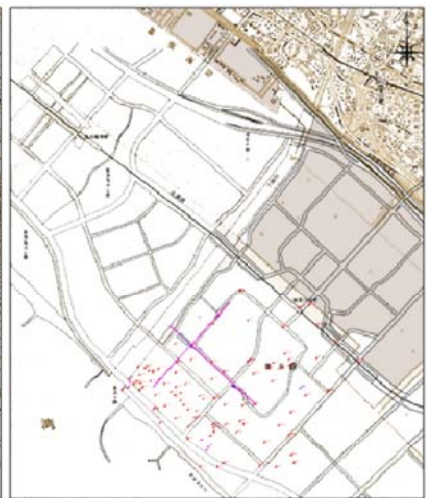
地形の変遷



(a)明治 13 年



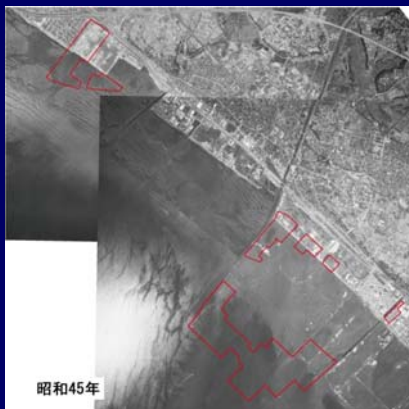
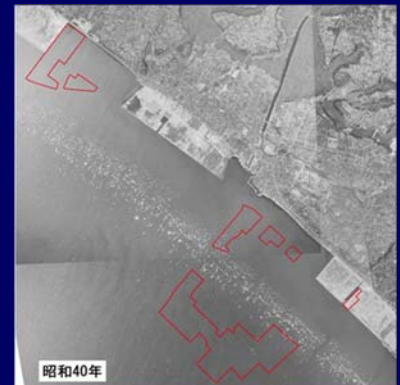
(b)昭和 4 年



(c)昭和 46 年

空中写真

7



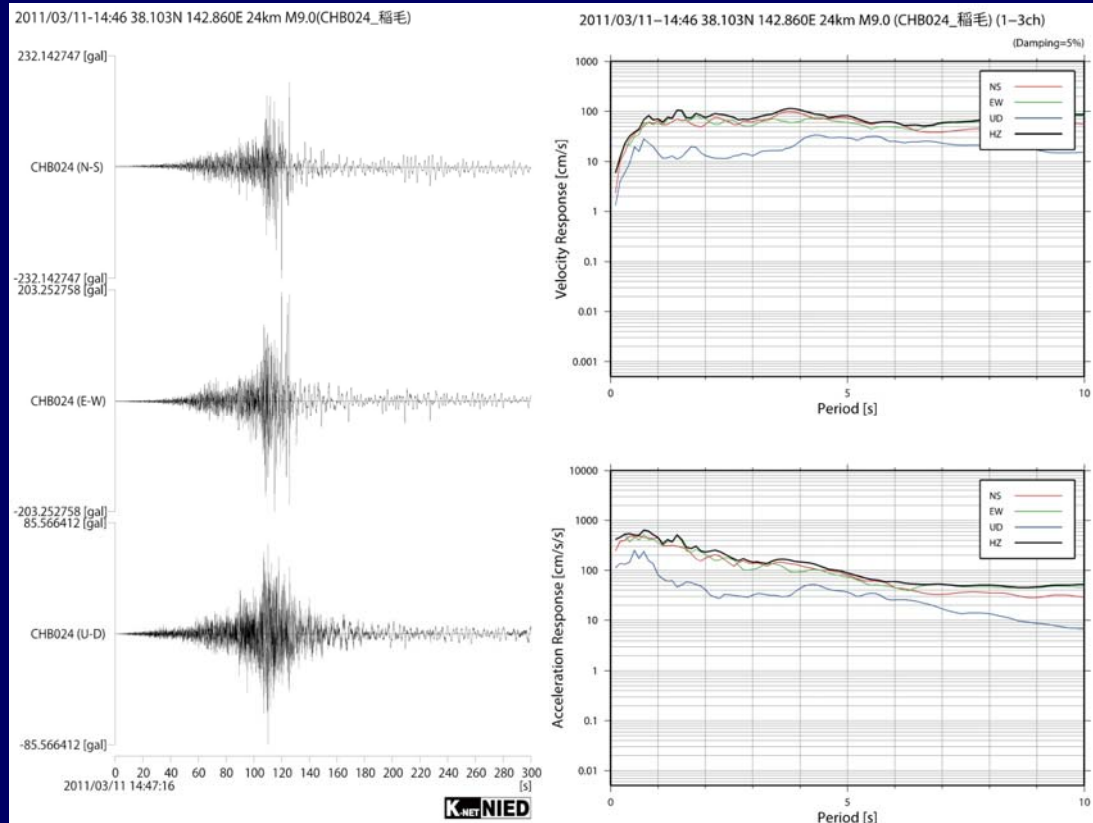
空中写真(S48)から判読した排砂管と住宅被害

8

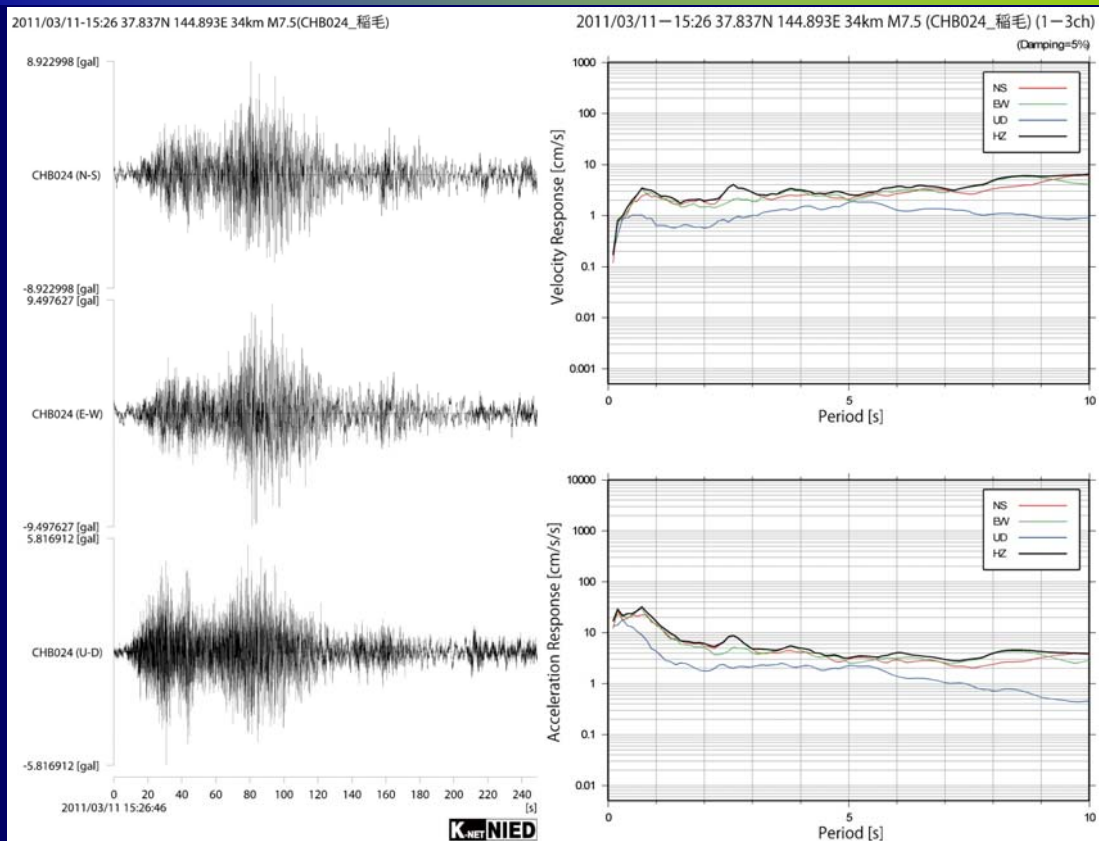


本資料は個人情報保護のため画像処理を施しています

地震波(K-NET稲毛 本震)



地震波(K-NET稲毛 余震)



被害状況写真

幕張西地区被災状況



被害状況写真

真砂地区被災状況



被害状況写真

磯辺地区被災状況



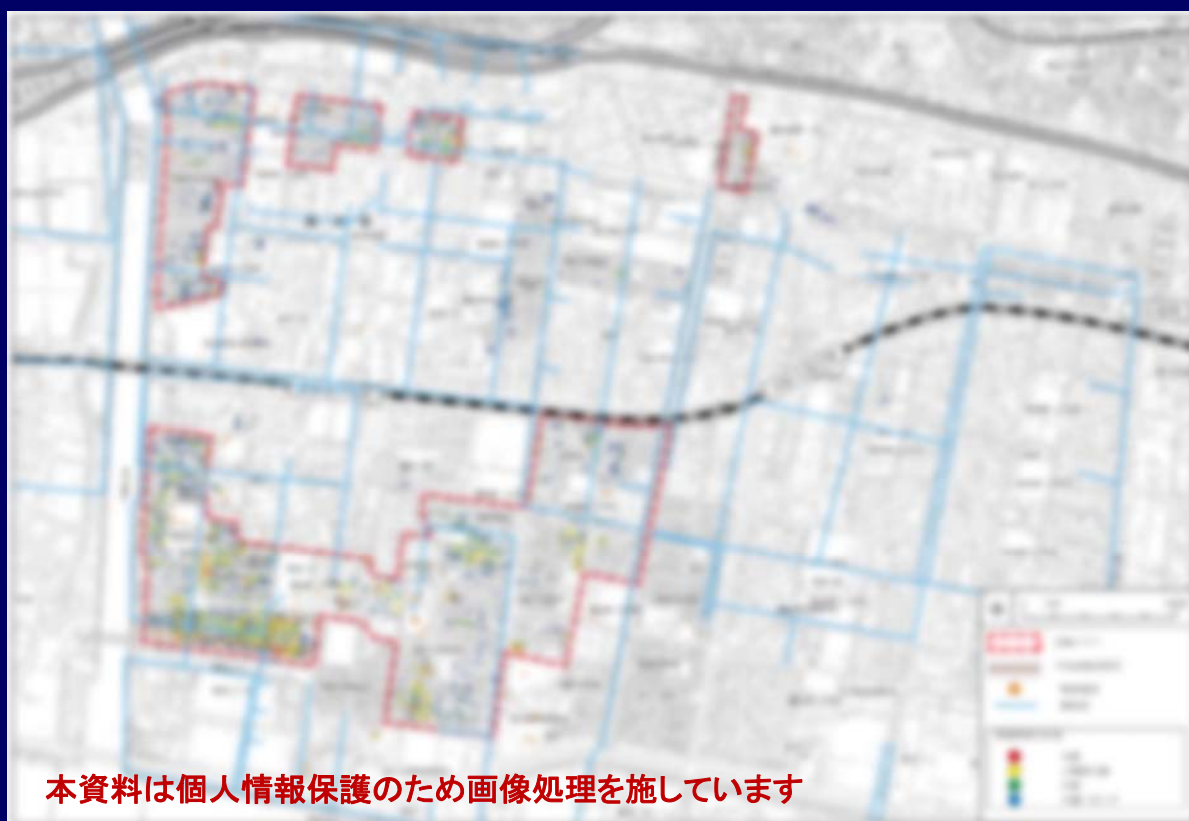
道路の突き上げ・盛り上がり



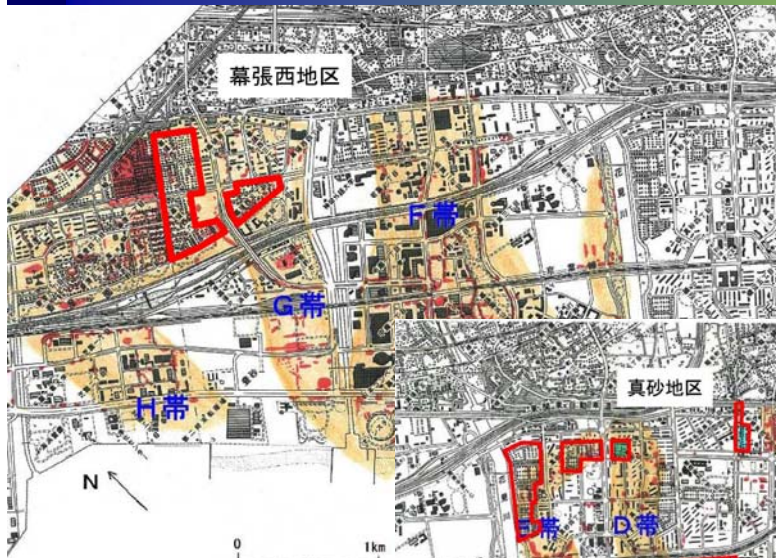
被災状況 幕張西



被災状況 真砂・磯辺



噴砂の分布と集中帯



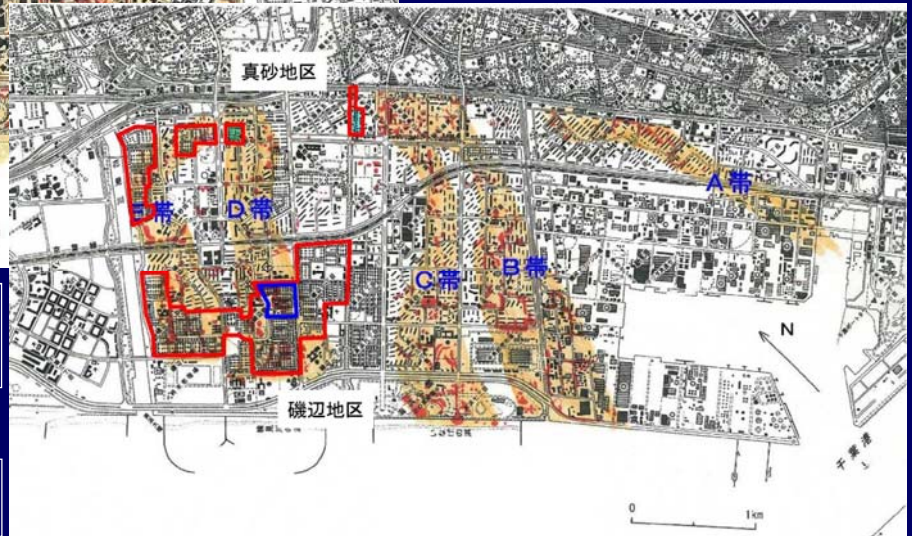
D帯 京葉線以南で被害著しい
中磯辺公園周辺では大量の噴砂を伴う著しい沈下や、一戸建て住宅・ブロック塀の傾動沈降がみられた

E帯 京葉線以南で被害著しい
特に磯辺7丁目では地波を伴う被害がみられた

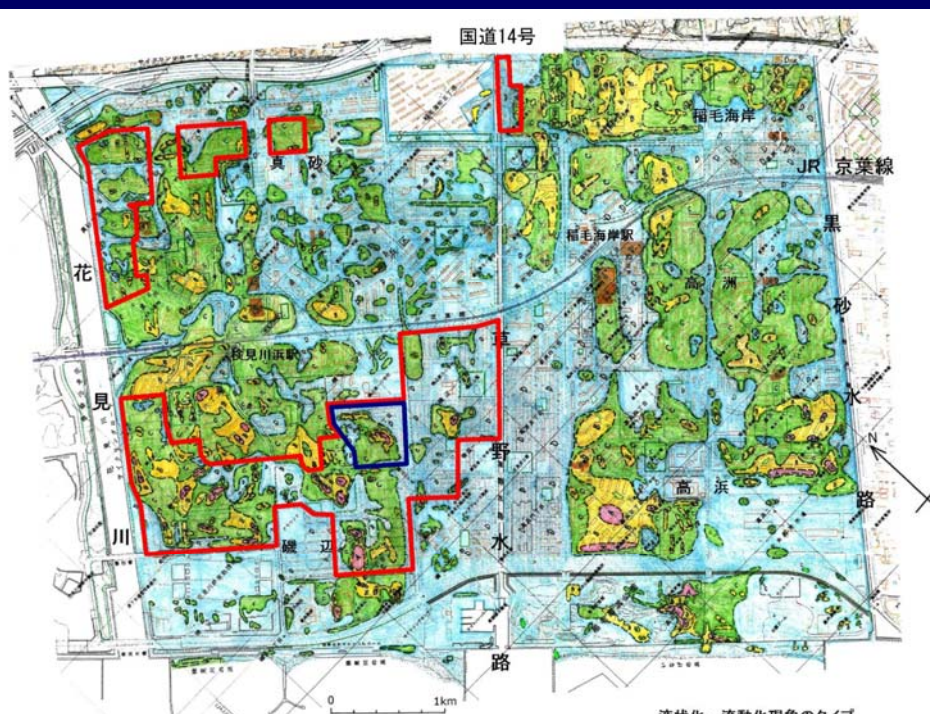
G帯 亀裂を伴う噴砂がみられる

H帯 大きな噴砂がみられる

出典 平成23(2011)年東北地方太平洋沖地震時の房総半島における液状化・流動化現象
千葉県環境研究センター



液状化—流動化現象による被害



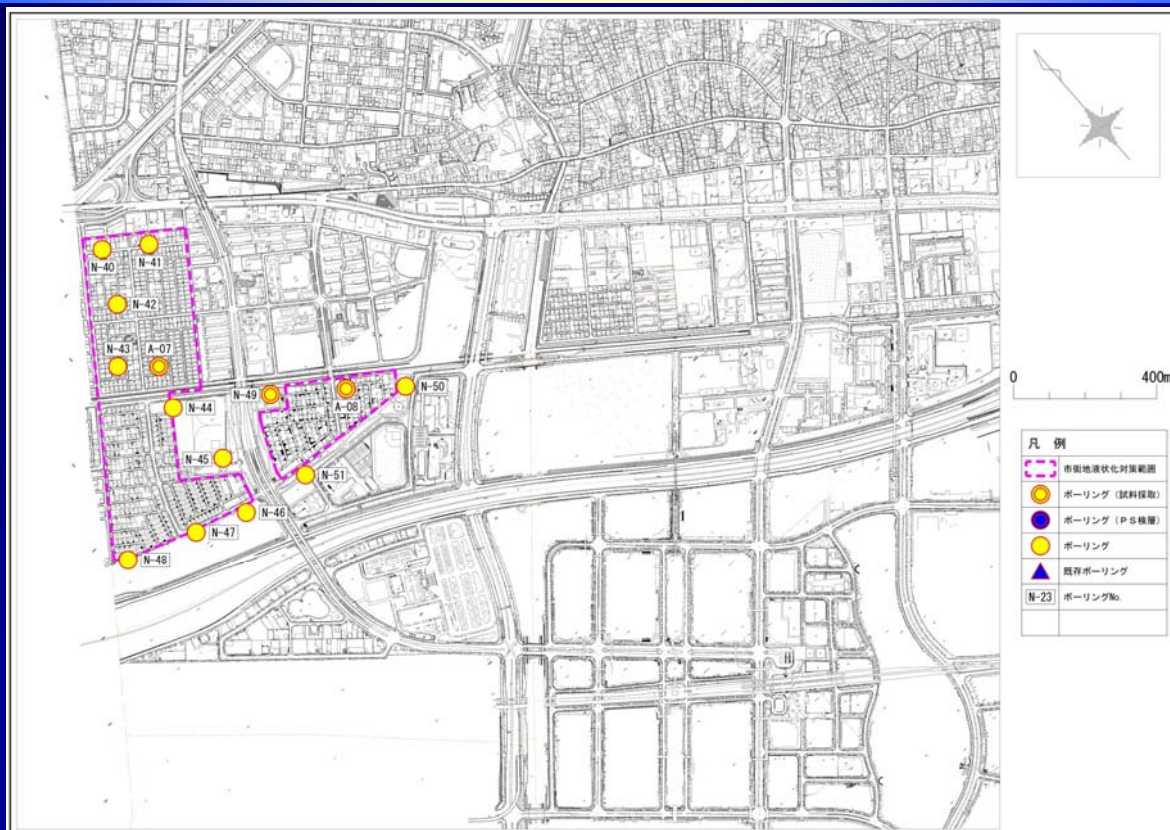
Aタイプ 多量の噴砂、道路に30cm以上の凹凸や段差
Bタイプ 噴砂がみられる、道路に10~20cm以上の凹凸や段差
Cタイプ 噴砂がみられる、道路は数cm程度の波打、沈下や亀裂
Dタイプ 噴砂や変状はみられない

液状化—流動化現象のタイプ

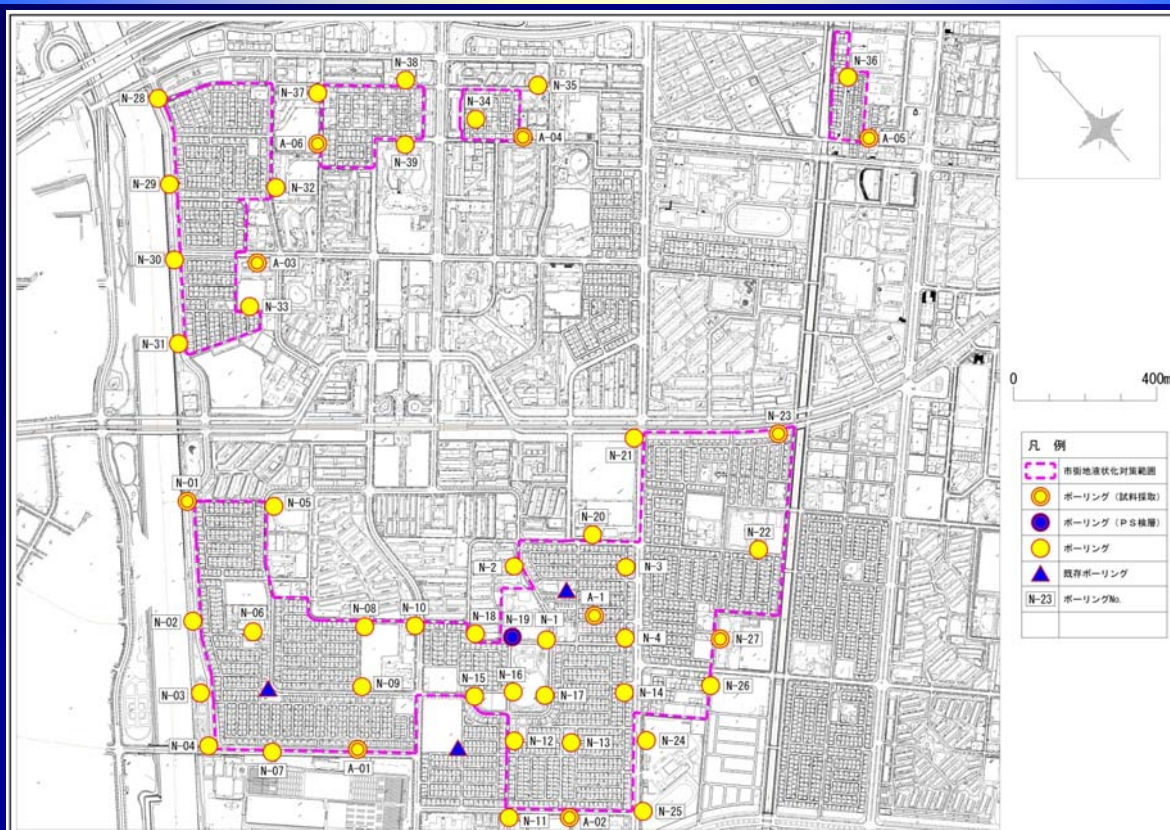
Aタイプ Bタイプ Cタイプ Dタイプ

出典 平成23(2011)年東北地方太平洋沖地震時の房総半島における液状化・流動化現象
千葉県環境研究センター

幕張西地区調査平面図



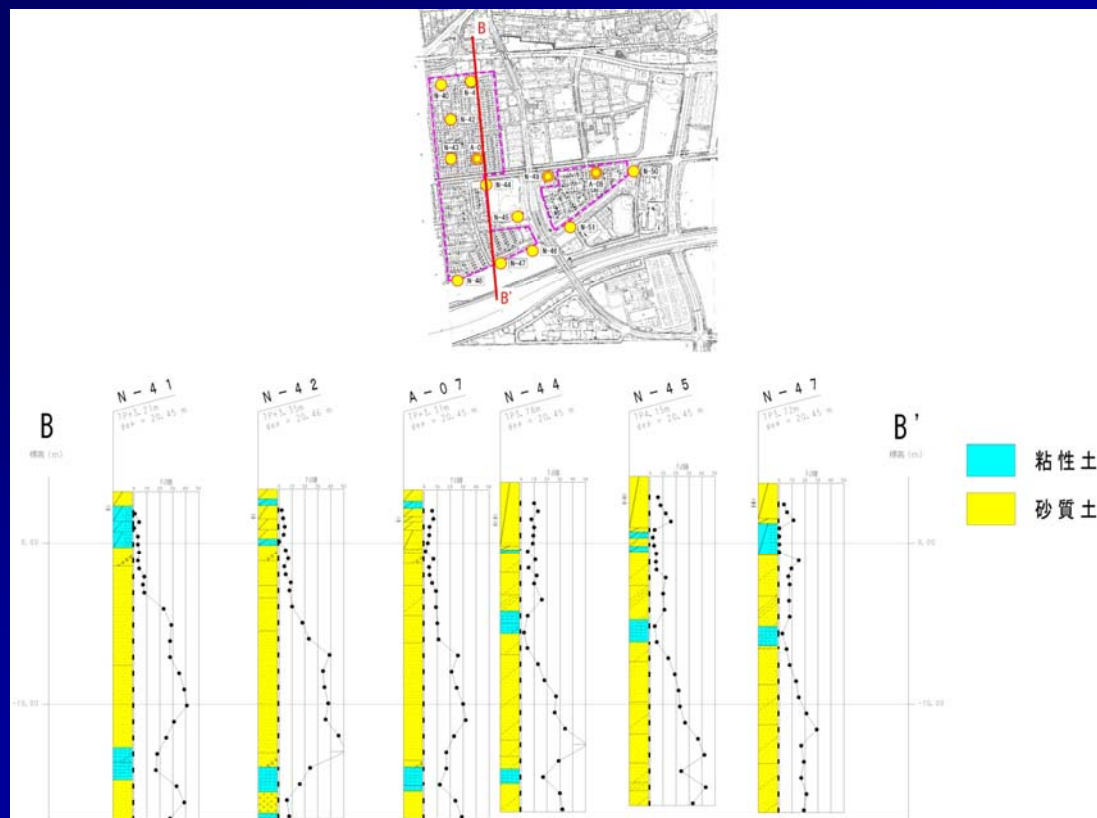
真砂・磯辺地区調査平面図



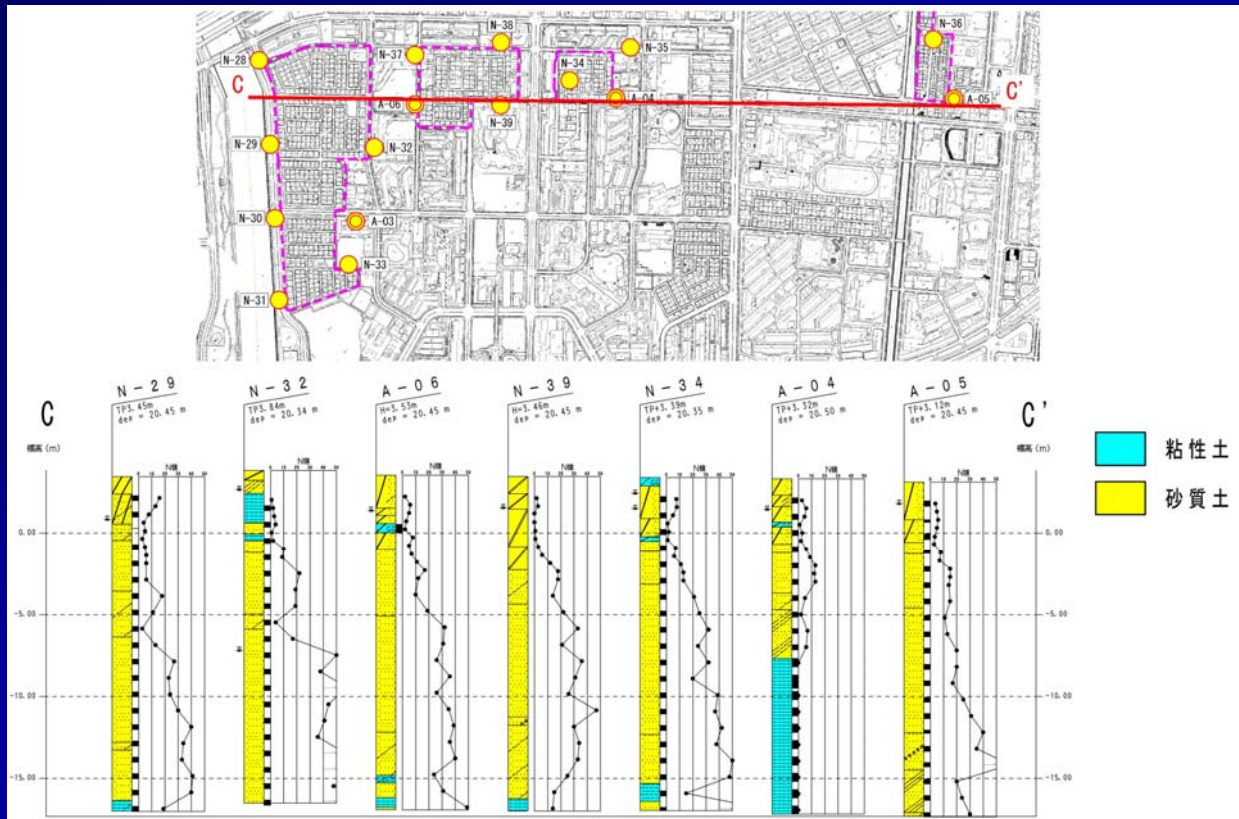
幕張西地区ボーリング柱状図



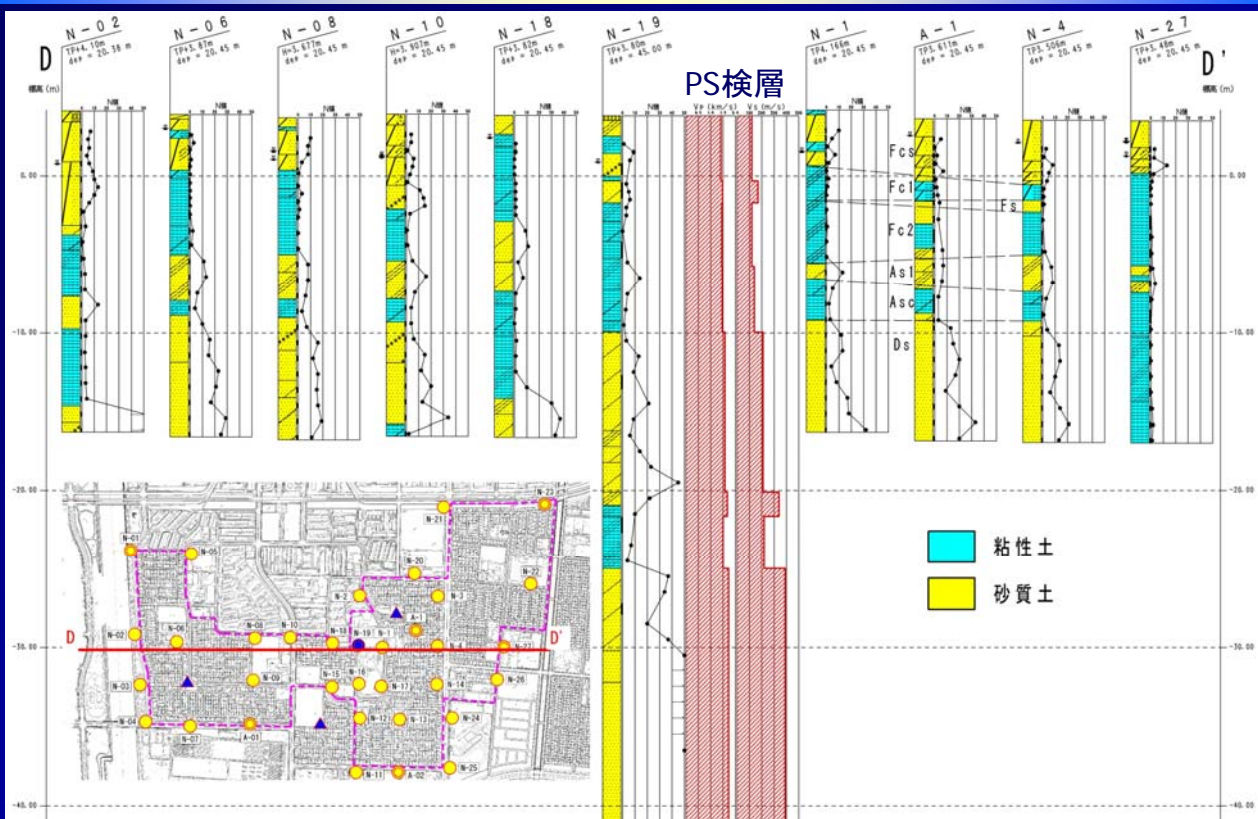
幕張西地区ボーリング柱状図



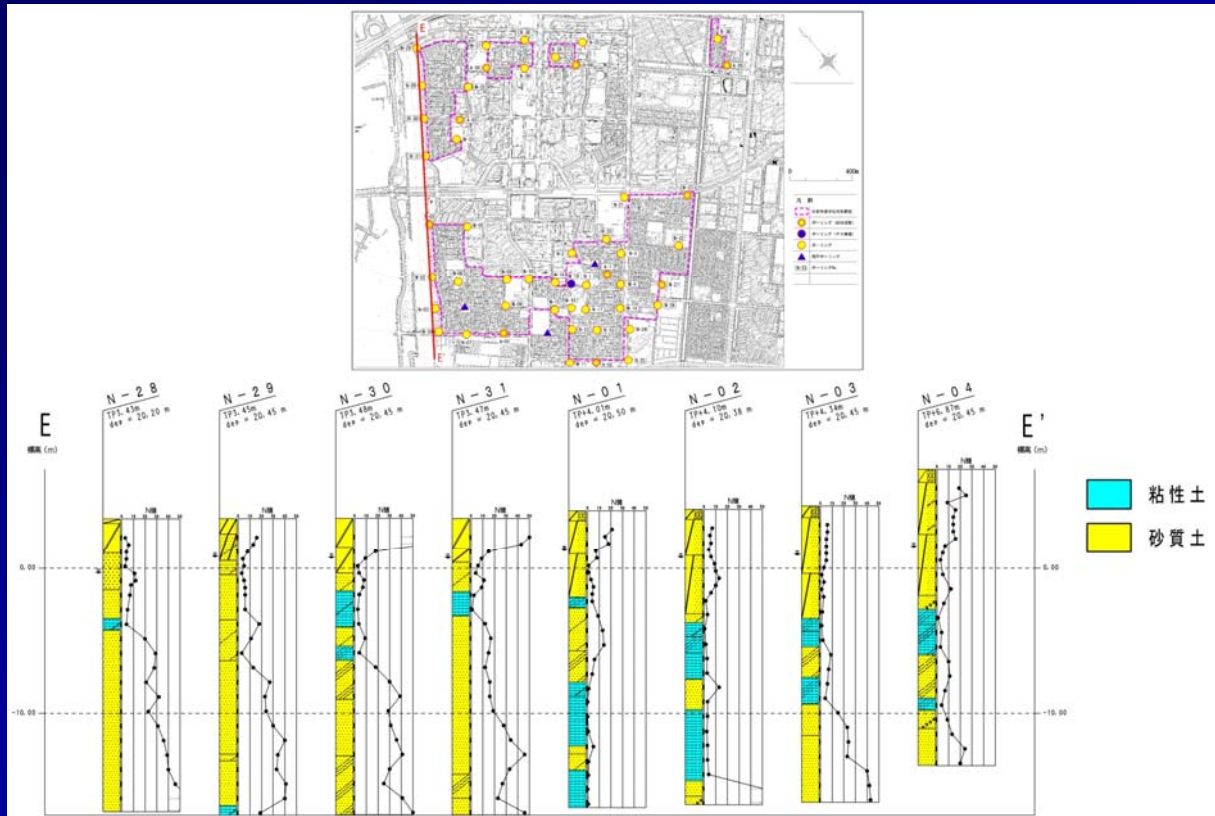
真砂地区ボーリング柱状図



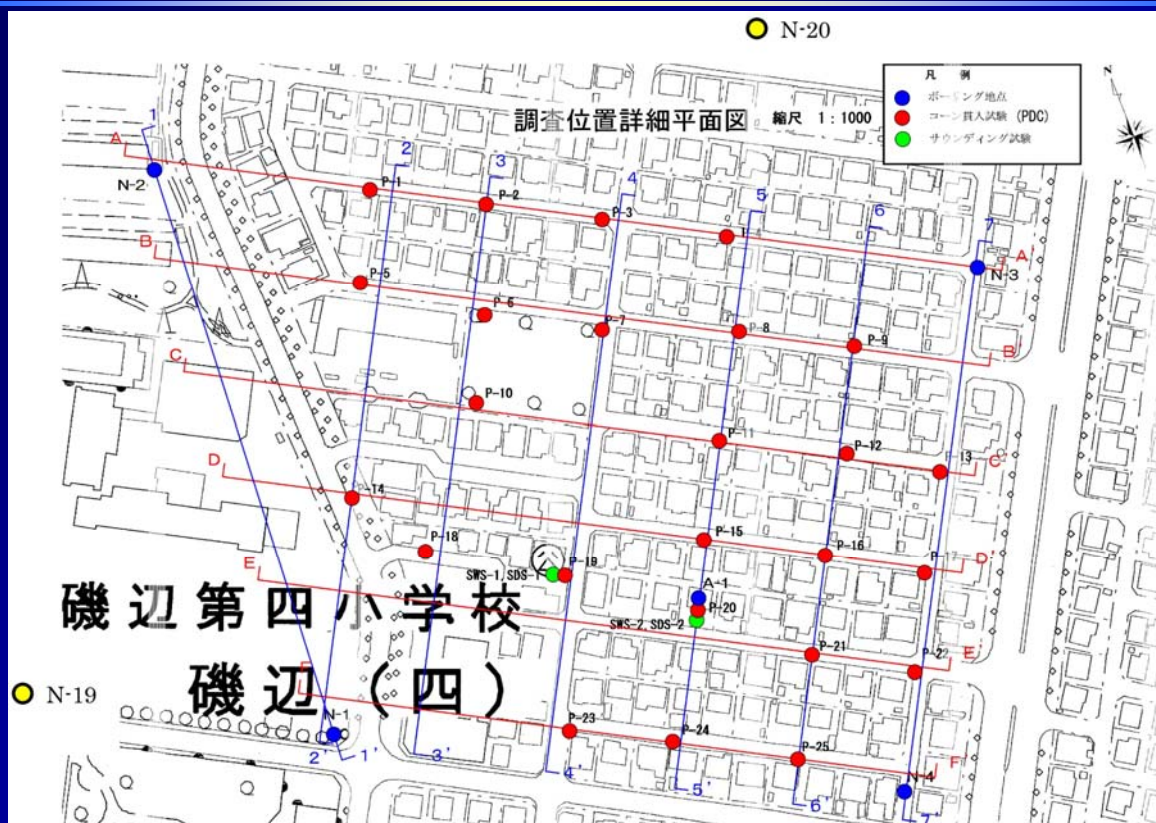
磯辺地区ボーリング柱状図



真砂一磯辺地区ボーリング柱状図



モデル地区 調査平面図

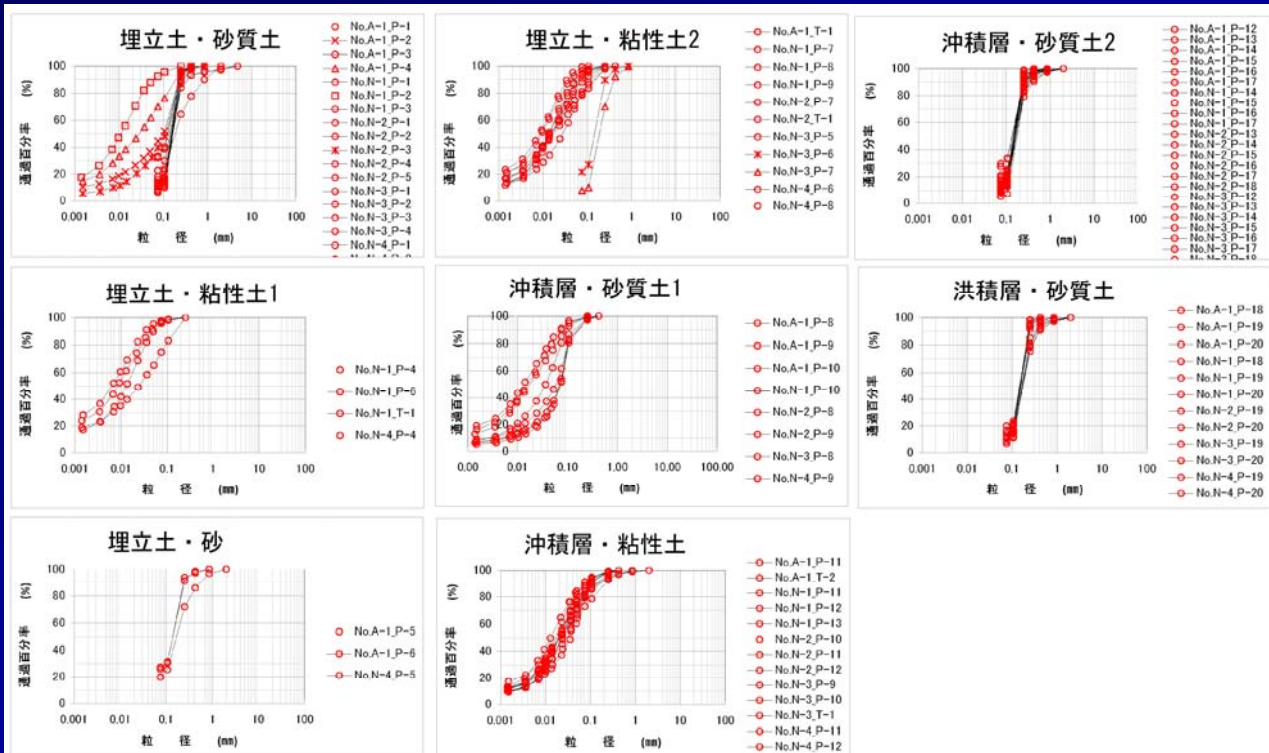


モデル地区 地質層序

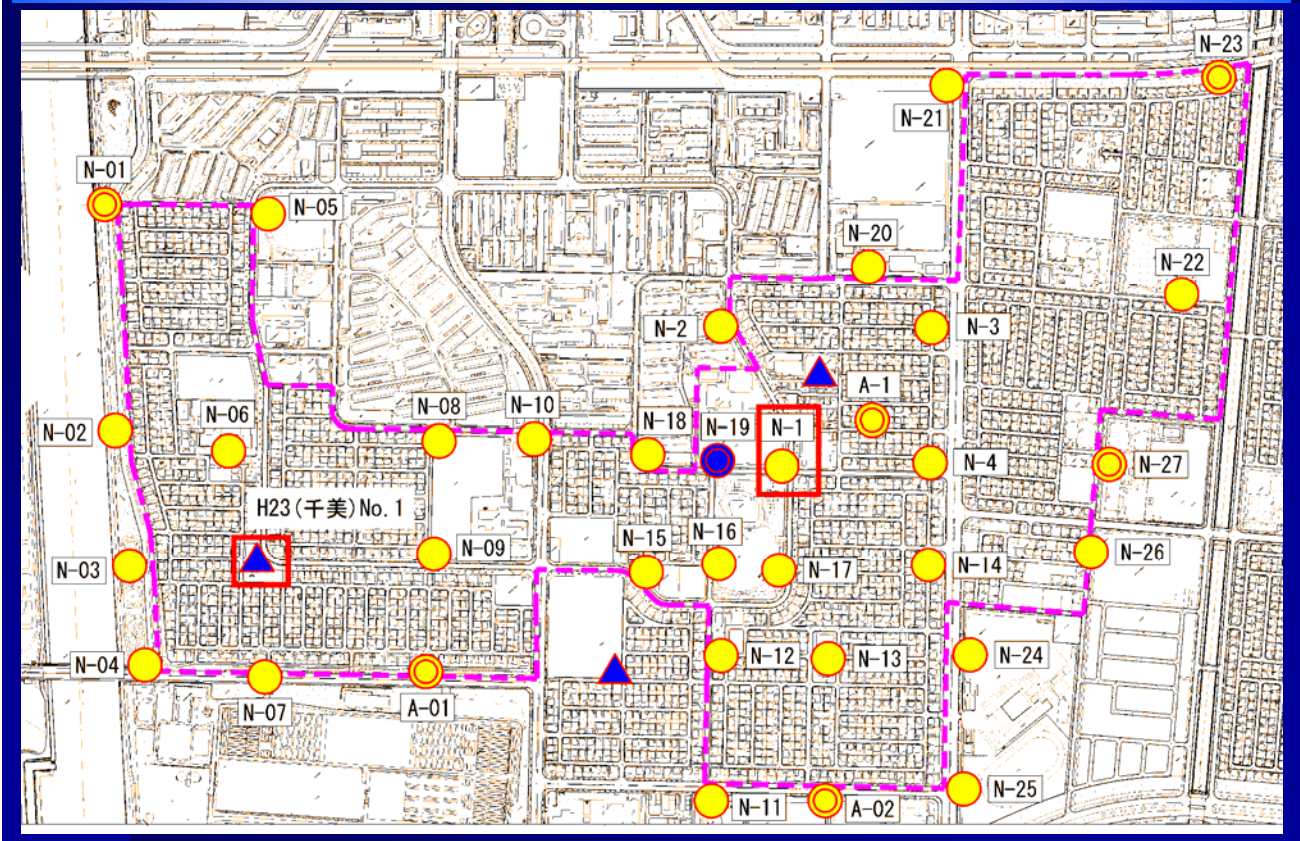
時代	記号	地層名称	土 質
現 世	B	盛 土	シルト質砂
	Fcs	埋立土	シルト質細砂
	Fc1		シルト、粘性土
	Fs		シルト質砂
	Fc2		砂質シルト
沖 積 世	As1	沖積層	細 砂
	Asc		砂質シルト
	As2		細 砂
洪積世	Ds	洪積層	細 砂

記号の添字は
Sが砂質土、Cは粘性土。CS,SCは砂と粘土が互層をなしていることを示す

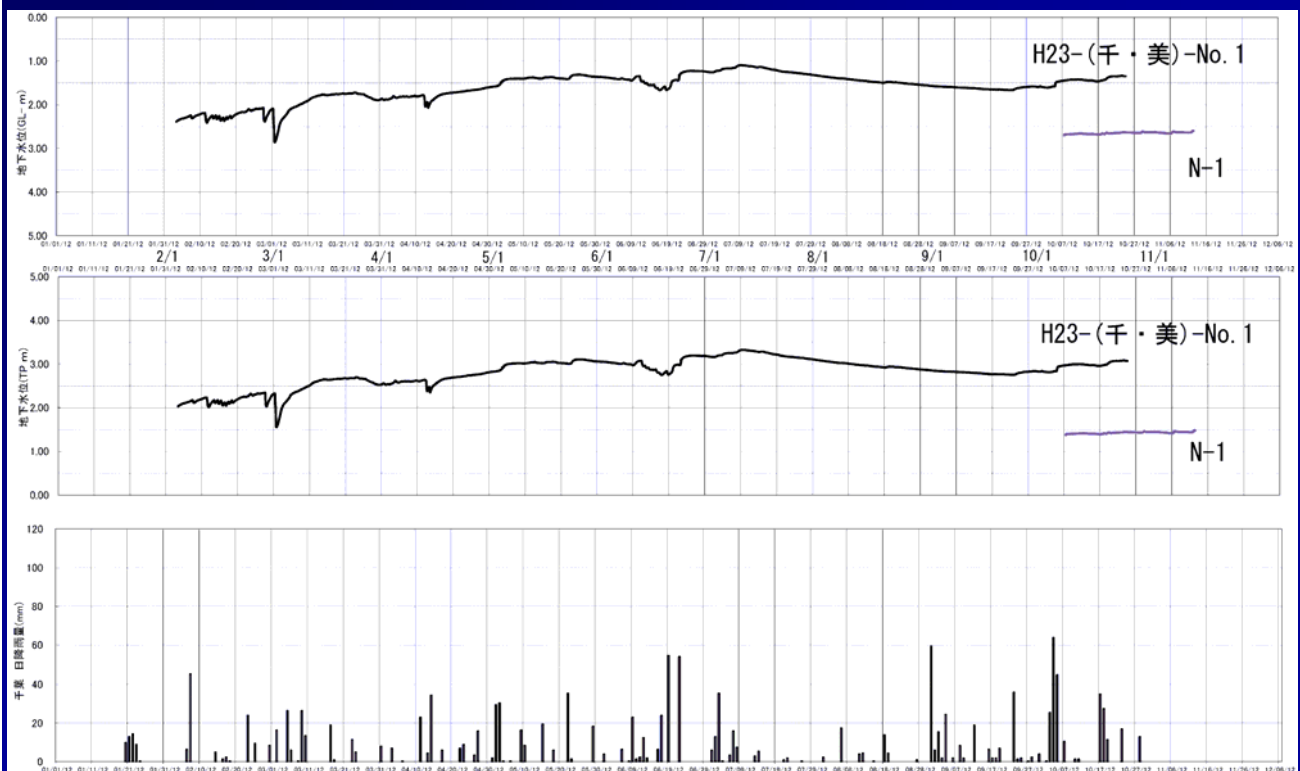
モデル地区 粒度の特徴



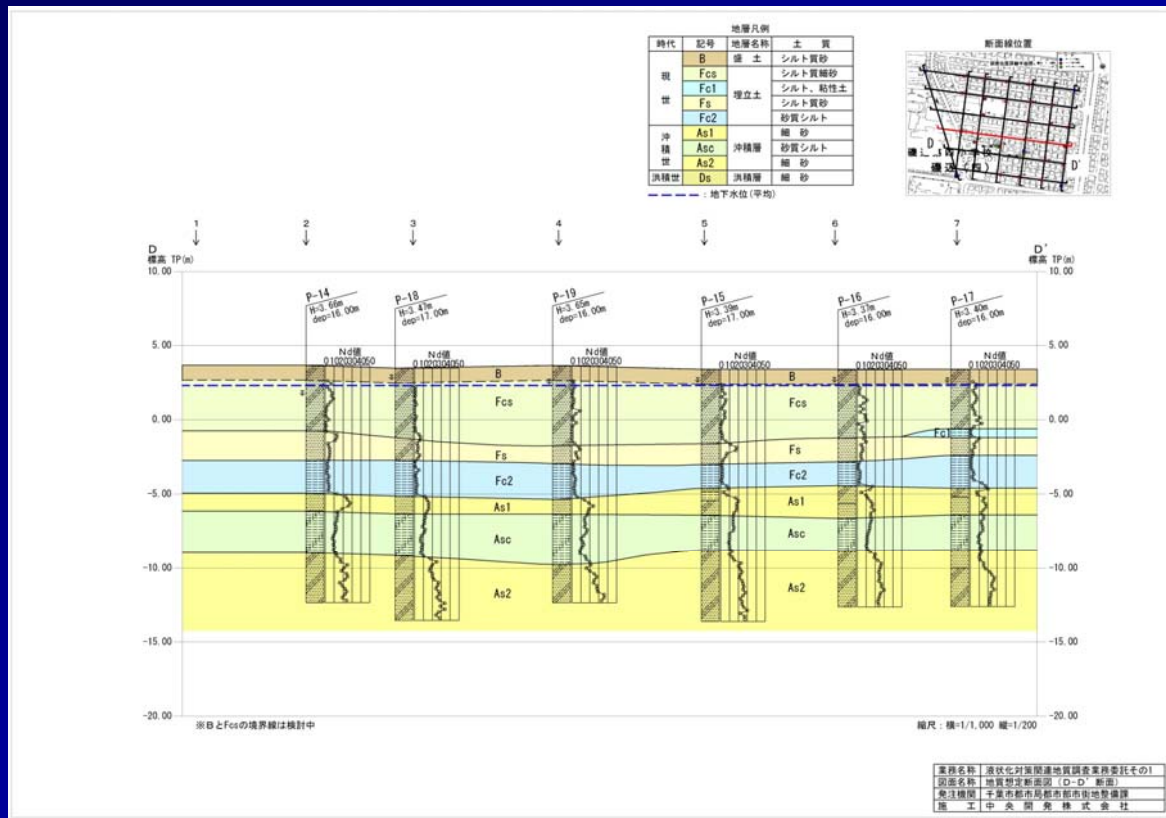
モデル地区 水位観測孔の位置



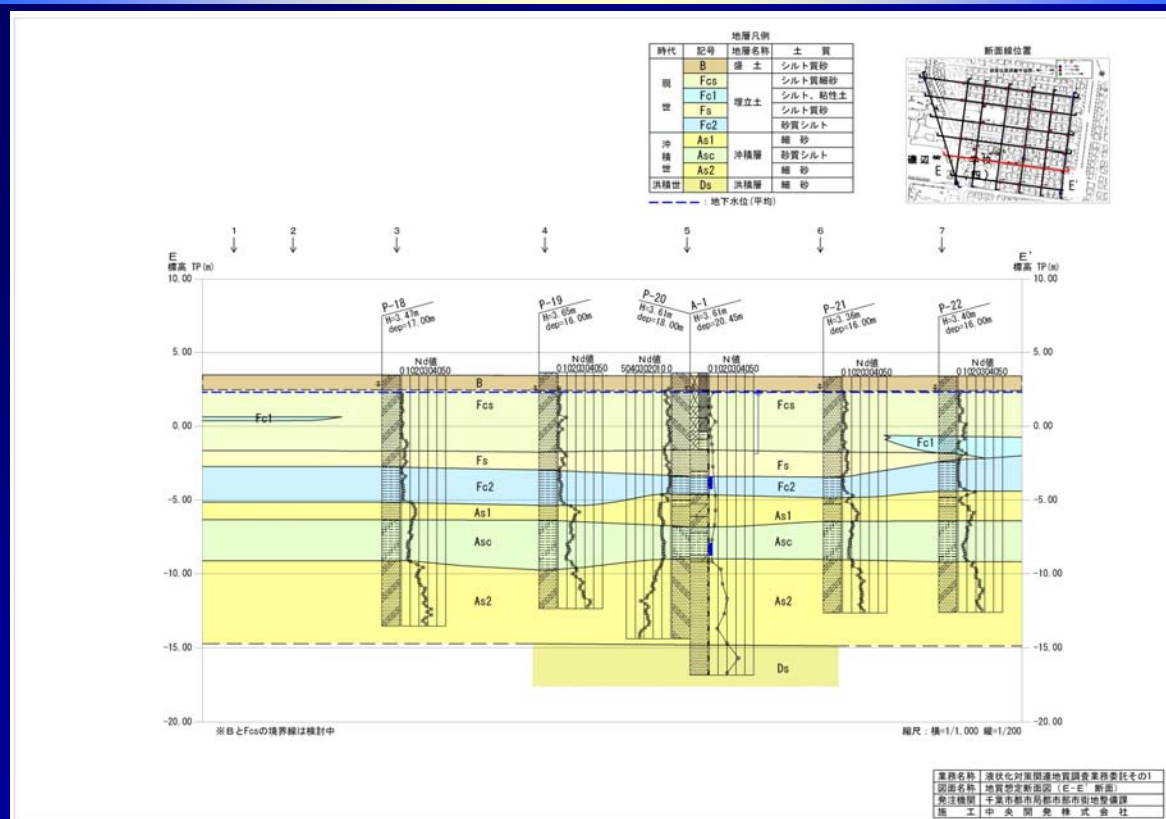
モデル地区 水位の特徴



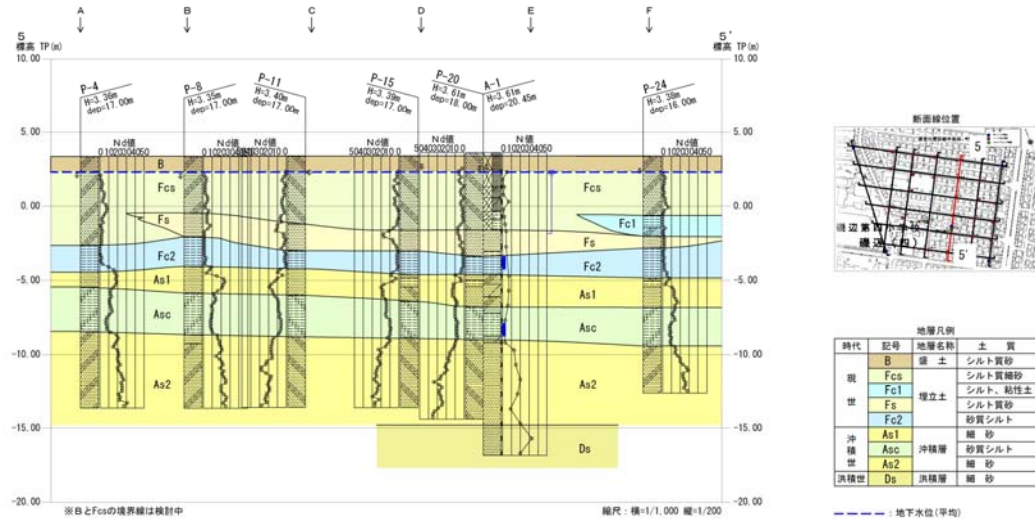
モデル地区D-D' 断面



モデル地区E-E' 断面

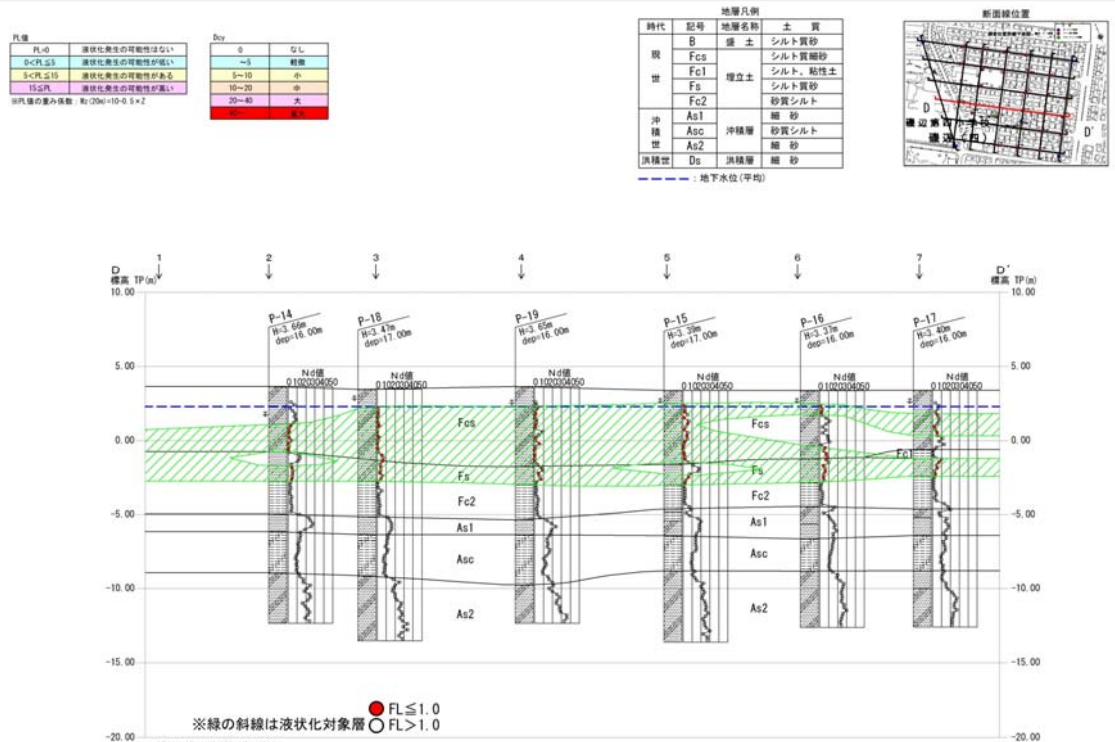


モデル地区5-5' 断面



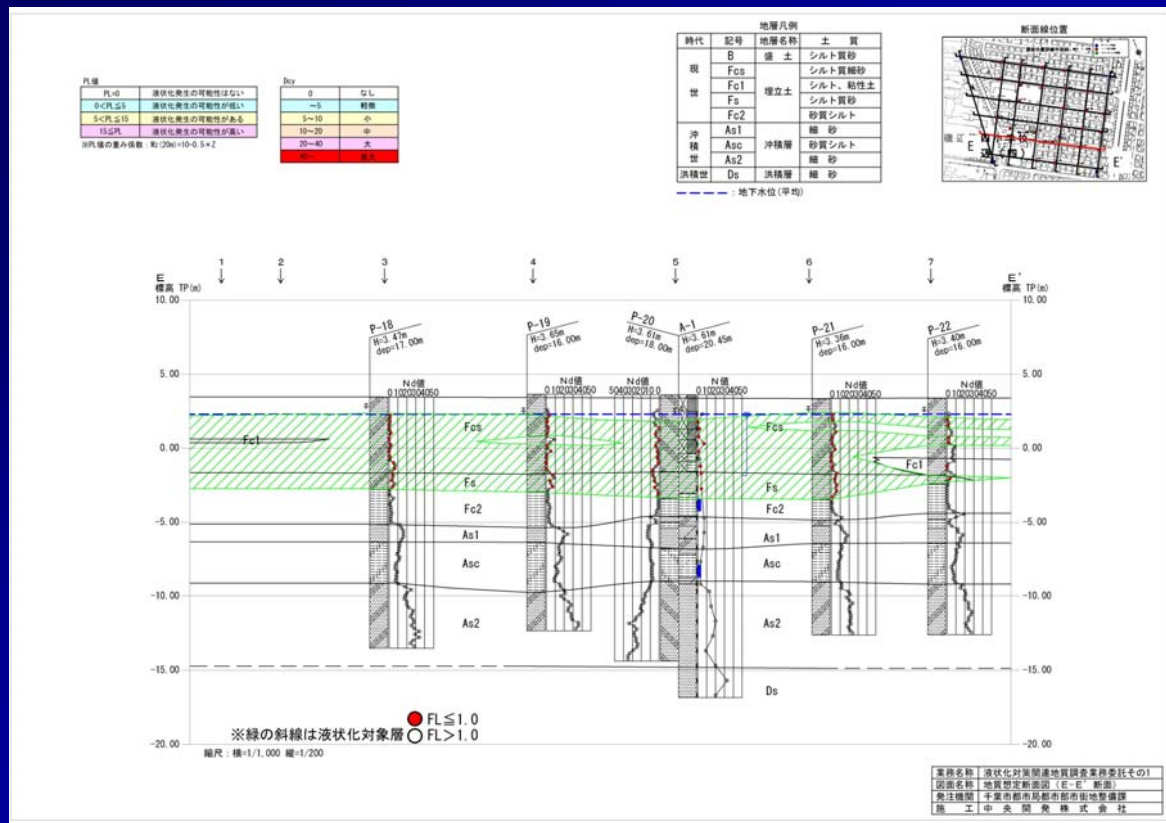
業務名称 液状化対策関連調査業務委託その1
 調査名称 地質調査断面図(5-5'断面)
 発注機関 千葉市都市局都市部市街地整備課
 施工 中央開発株式会社

モデル地区D-D' 液状化層断面

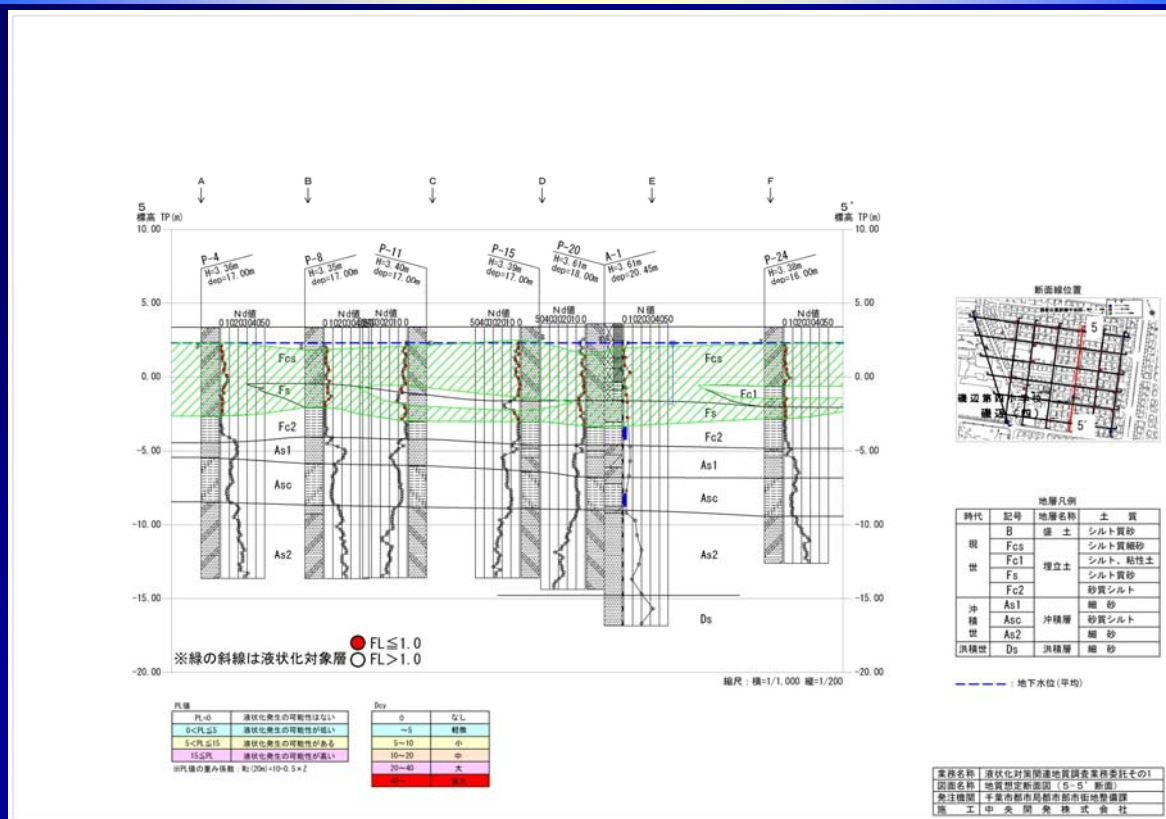


業務名称 液状化対策関連調査業務委託その1
 調査名称 地質調査断面図(D-D'断面)
 発注機関 千葉市都市局都市部市街地整備課
 施工 中央開発株式会社

モデル地区E-E' 液状化層断面

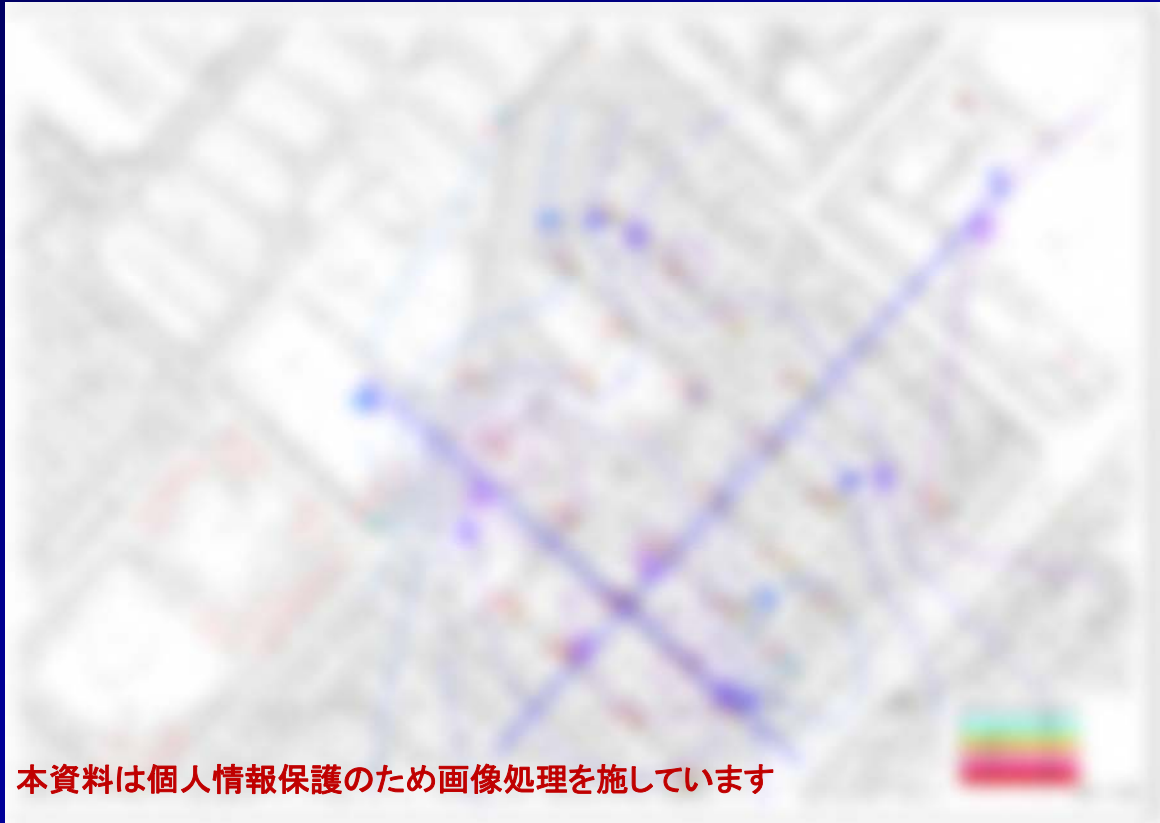


モデル地区5-5' 液状化層断面



モデル地区Dcyコンター図 (M9.0 200gal)

37



モデル地区被災状況

38



液状化現象とは

液状化現象とは

①液状化発生前
土粒子同士が互いに接触して骨格を形成
(地下水以下の土は土粒子+水でできている)

②地震動による液状化現象の発生
地震動による地盤のせん断変形により、間隙水圧が上昇し、土粒子間の骨格が失われた結果、土粒子が水に浮いた状態となる(泥水)。

③液状化発生後
地表面に泥水が噴出し、その噴出分が沈下する。この際、重いものは沈み、軽いものは浮上る。

液状化対策の基本的考え方
液状化が発生する5つの条件のいずれかをなくす

条件	①地下水位が高い	②砂地盤	③緩い地盤	④水が抜けない	⑤大きな地震 (=地盤が変形)
対策の考え方	地下水を低下させること	砂地盤を液状化に強い地盤に改変すること	固い地盤にすること	地震時にすみやかに水をぬく	地震による地盤の変形をおさえること
工法名	地下水低下工法	地盤改良工法 (薬液注入工法等)	締め固め工法 (サンドコンパクションパイル工法等)	過剰間隙水圧消散工法 (グラウトドレーン工法)	格子状改良によるせん断変形抑制工法
既設住宅への適応可能性	○	○	×	×	○

液状化は発生するが、建物のみを守る
杭工法(鋼管、柱状改良等)
→ 既設住宅への適応不可能

液状化層
非液状化層
* 杭長は9~12m程度になる
(対応する地震動によって長さが異なる)

既設住宅に適応の可能性があるのは……………

- ①地下水低下工法
- ②地盤改良工法(薬液注入工法)
- ⑤格子状改良によるせん断変形抑制工法

前田建設の液状化対策「浦安市・実証実験事業」より抜粋

既設宅地の液状化対策工法

既設宅地の液状化対策工法

＜既設宅地を対象とした液状化対策工法の条件＞

- ・施工機械が小型であること
- ・施工時に既設宅地に変位・振動・騒音等の影響を及ぼさない工法であること

工法の考え方	①地下水を低下させる	②砂地盤を液状化に強い地盤に改変する	⑤地震による地盤の変形をおさえること
工法名	地下水低下工法	地盤改良工法 (薬液注入工法)	格子状改良によるせん断変形抑制工法
概要図			
概要	地下水位を低下させ、表層の非液状化層厚を確保し、液状化による被害を防止(低減)	斜めボーリングや自在ボーリングで恒久グラウト(長期耐久性グラウト)を注入する	格子内地盤のせん断変形を抑制し液状化発生を防止する
コスト	イニシャル	500万~1500万円程度	100万~1000万円程度
	ランニング	0円	0円
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・長期的な沈下の問題 ・広域対策の場合、住民全員の同意形成が必要 ・個別対策では止水壁が必要となりコスト増となる ・排水の長期的メンテナンスが必要 ・数mの水位低下(液状化対象層の一部)の場合、液状化対策効果の検証が必須 	<ul style="list-style-type: none"> ・高コスト ・恒久グラウト材、曲がり耐孔工費、全面改良(100%改良が必要) ・注入材の長期耐久性の検証 ・注入地盤の信頼性(施工方法に起因) 	<ul style="list-style-type: none"> ・工法によっては大幅にコストが異なる ・既設宅地からの施工が困難であるため、格子間隔が大きくなり、対策効果が小さい可能性がある。

*上記コストは、宅地50坪、地下水位GL-2m、液状化対象層10mを想定

前田建設の液状化対策「浦安市・実証実験事業」より抜粋

対策工法検討

工法名	特徴	長所・短所	コスト
深層混合処理工法 (格子改良)	宅地外周部をセメントミルクの改良体で囲い込み、地盤のせん断抵抗力を上げる工法。	都心部の狭い宅地では一定程度の効果はあるが、広い宅地での適用は困難。	高い
地下水位低下工法 (自然流下)	地下水位を低下させ、非液化化層を厚くし、液化化被害を防止する工法。	広範囲の施工に適しているが、ランニングコストが必要で、沈下の影響が懸念される。	安い ※ランニングコスト

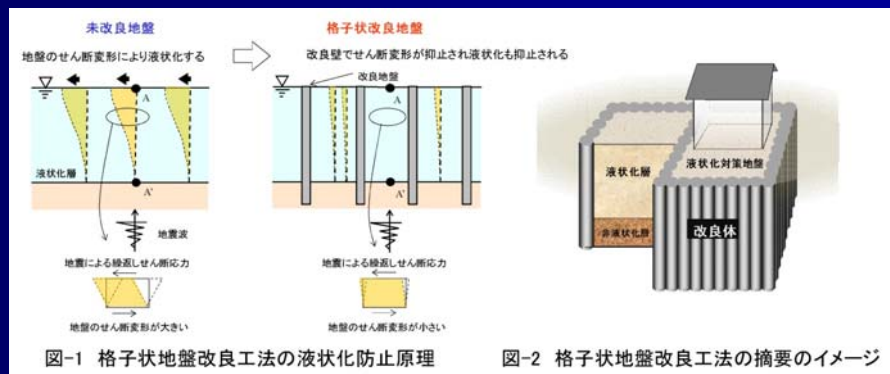
◎液状化対策工法は、当地での適応性の高い地下水位低下工法(自然流下)と深層混合処理工法(格子改良)について検討を行う。

工法名	特徴	長所・短所	コスト
静的圧入締固め工法	流動性の低いモルタルなどの注入材を地盤に注入し、地盤を押し広げることで締固め、密度を増大させ、地震時の液化化被害を防止する工法。	小型施工機のため、狭隘地での施工に優れる。 地盤の変位に留意。	高い
砂圧入式静的締固め工法	圧送可能にした砂をロッドを通じて地盤内に圧入することで、ゆるい砂地盤を締固め、密度を増大させ、地震時の液化化被害を防止する工法。	小型施工機のため、狭隘地での施工に優れる。 材料が環境性に優れる。 地盤の変位に留意。	高い
薬液注入工法	浸透性の良い恒久薬液(超微粒子シリカ)を注入することで、間隙水をゲル状物質で置き換え、粒子間粘着力を与え、せん断抵抗を増すことで液化化を防止する工法。	小型施工機のため、狭隘地での施工に優れる。 細粒分の多い地盤、透水性が低い場合には適用不可。	非常に高い
過剰間隙水圧消散工法	人工ドレーン材を打設機にて地中に埋設し、地震時に発生する過剰間隙水圧を消散させ、液化化を抑制。	特殊な機械、技術は不要。 細粒分の多い地盤では、目詰りの懸念がある。	安い

◎静的圧入締固め工法、砂圧入式静的締固め工法、薬液注入工法、過剰間隙水圧消散工法などは道路・宅地一体型の対策とならない。

格子状地盤改良工法(TOFT工法)の概要

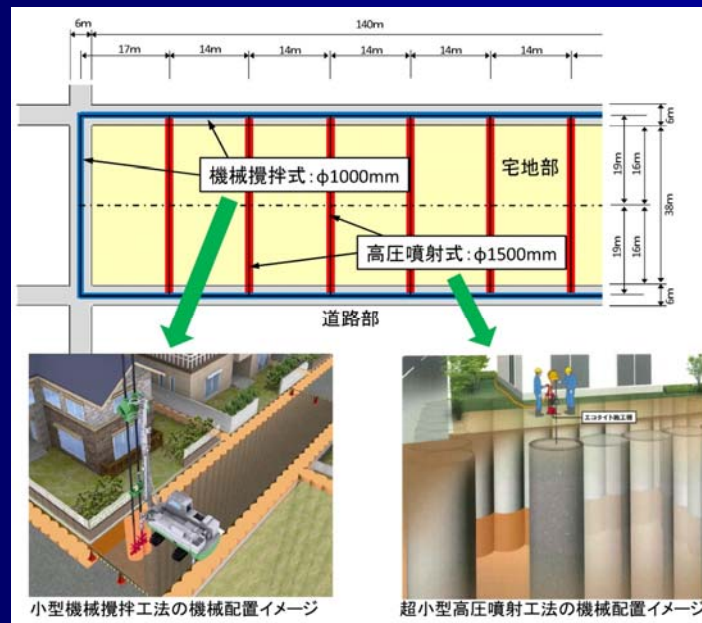
◎TOFT工法は液状化しやすいゆるい砂地盤を、格子壁で囲うことによって地盤の水平変位を抑え、液状化の発生を防止する。



◎TOFT工法の施工は、一般に深層混合処理工法により行われ、その改良形式には機械攪拌方式(スラリー式、粉体式)および高圧噴射方式などがある。十分な改良効果を得るためには、形成する固化壁の品質が重要である。

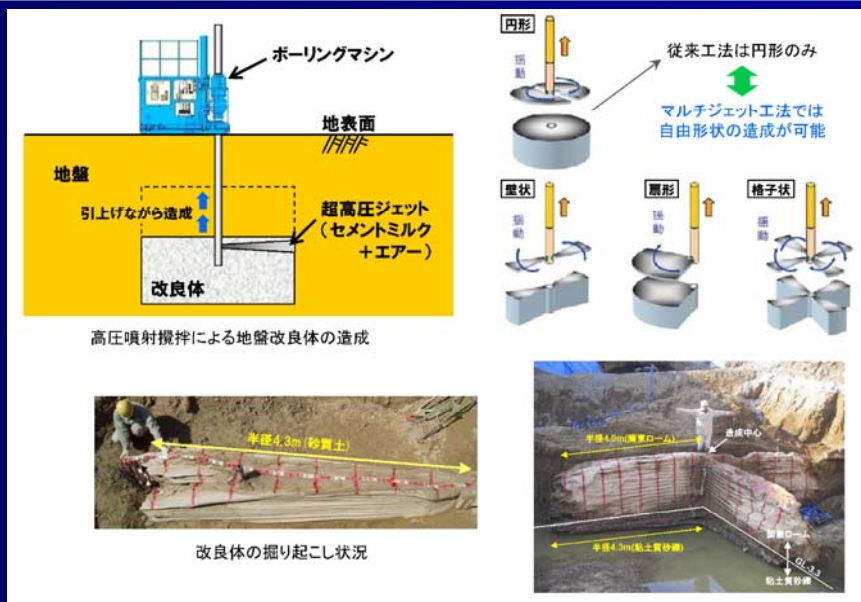
機械式攪拌工法＋高圧噴射工法

格子状地盤改良の道路部分の施工は、機械攪拌工法とし、隣棟間隔が狭い住宅間については、施工機のコンパクト化が可能な高圧噴射攪拌工法を用いることとする

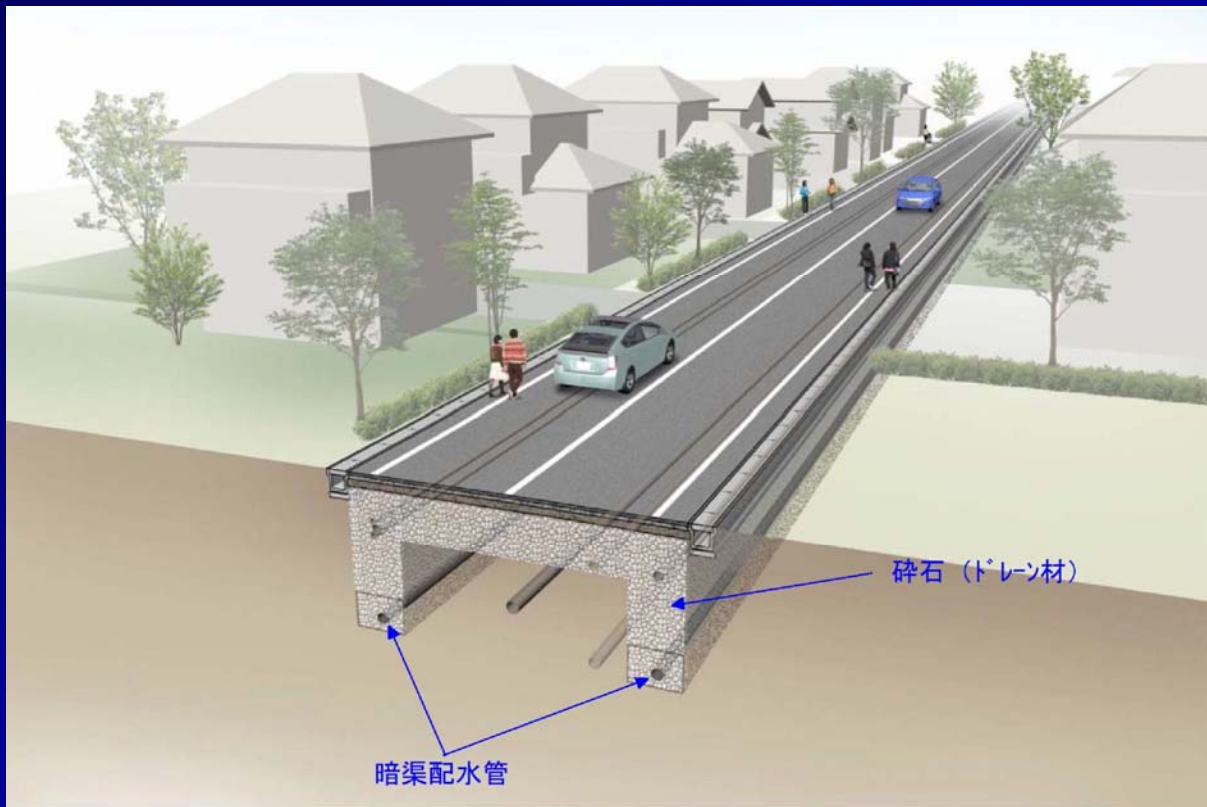


マルチジェット工法

狭隘な既設戸建住宅に対して、幅1.0m程度のスペースがあれば、外構を撤去せず屋外から格子状改良ができる噴射機構の改良により、半径4.0mの造成が可能



地下水低下工法のイメージ



対策工法の比較

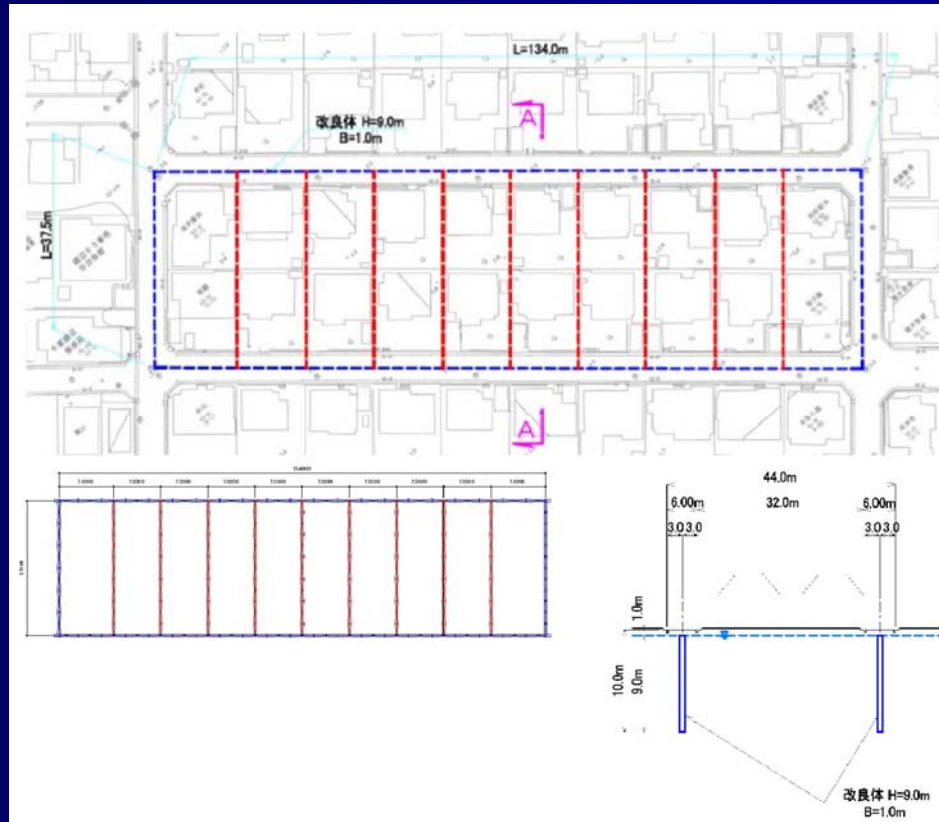
◎格子状地盤改良工法の概要

- ・格子状地中壁工法は、格子状の地中壁で公共施設部分と宅地部分を一体的に囲い込み、地盤のせん断変形を抑止することで、液状化防止を図る工法である。
- ・セメント改良材を地中に注入し、格子状地中壁を築造する。
- ・地盤改良の施工は、周辺への変位防止、施工ヤードおよび、改良強度の関係等から、現段階では小型高圧噴射式の地盤改良が有効。

◎今後の課題点

- ・道路内を地盤改良する場合は、下水等の地中埋設物の撤去復旧が必要となる場合。
- ・宅地間を地盤改良する際、塀等の撤去復旧が必要となる場合。
- ・品質管理が必要となる。
- ・格子状改良端部における改良体外側への影響についての検討。

格子状改良工法の概要図



対策工法の比較

◎地下水低下工法の概要

- ・地下水位低下工法は、地下水位低下に伴い、非液状化層の厚さ増大と、地下水位以深の拘束圧増加による液状化対策工法で、道路・宅地一体型の基本的な対策工法である。
- ・街区内の地下水位低下を行うため、道路に暗渠排水を設置する。
- ・暗渠排水は道路の舗装下に設置し、有孔管の周りを砕石で囲い・地下水を集水し易い構造とする。
- ・砕石の周りは、透水シートで囲むことで目詰まりを防止する。
- ・地下水は、流末にマンホールポンプ等を設置し雨水管等に流下させる。
- ・街区の周りは、鋼矢板等の止水壁を設置し、周辺の地下水位低下による沈下等の影響を防止する。

◎今後の課題点

- ・地下水低下に伴う圧密沈下の影響予測。
 - ・埋設管(引き込み管又は本管)により遮水に必要な鋼矢板を打設できない場合の対策。
 - ・鋼矢板を施工することによる外側への影響。
 - ・排水先は下水道マンホールへ直接放流してよいのか。
 - ・継続的な維持管理が必要である。
- ⇒現地施工試験を行い、砂の透水係数や揚水量の確認が必要である。

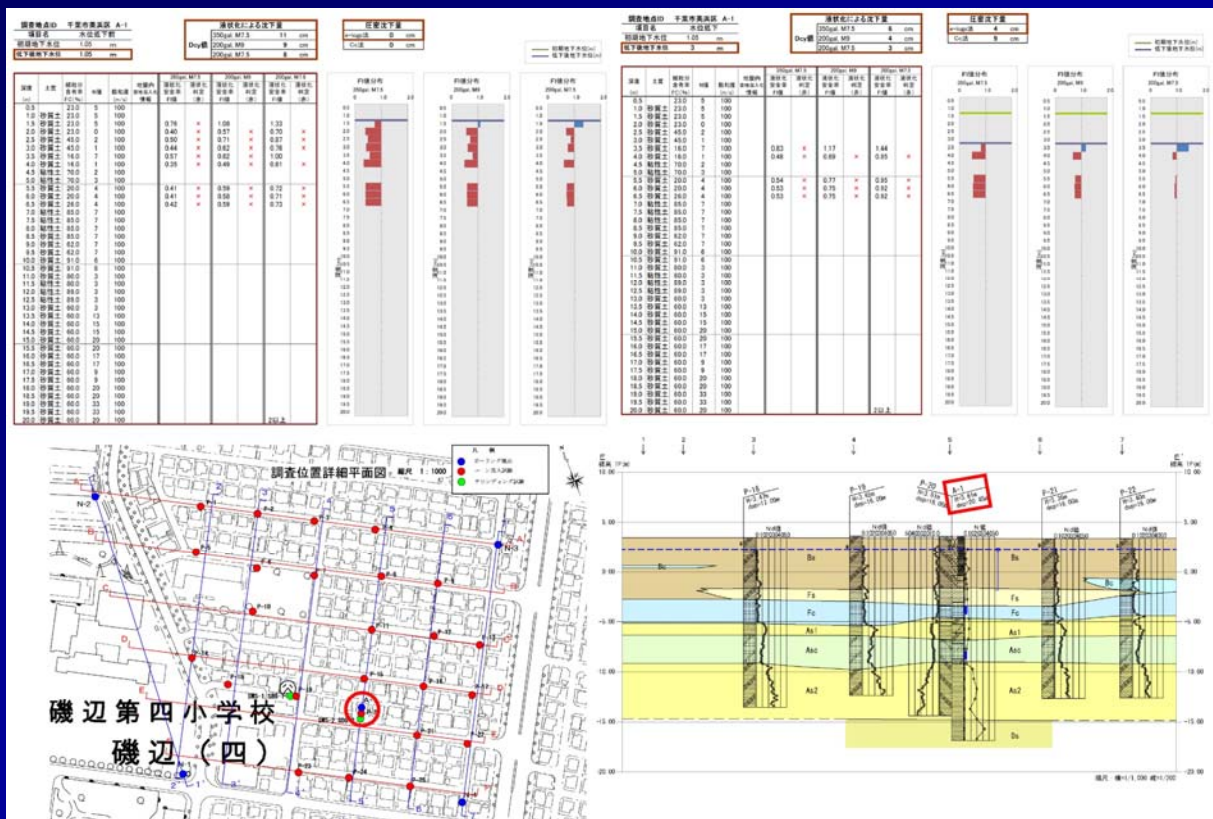
Dcyと地下水低下量および沈下量の想定

孔名	地下水位 GL- m	水位低下前 M9,200gal Dcy(cm)	水位低下後 M9,200gal Dcy(cm)	水位低下に伴う沈下量						
				e-logp法					合計沈下量 cm	低下量
				Fcs	Fc1	Fs	Fc2	Asc		
A-1	1.05	9	3	0.2	0.7	0.1	2.5	0.6	4.1	地表から3m
N-1	2.6(※1.9)	1	1	0.2	1.1	－	2.4	0.6	4.3	地表から3m
N-2	1.30	4	2	0.2	0.5	－	3.5	0.8	5.0	地表から3m
N-3	1.30	9	3	0.1	－	－	0.8	0.6	1.6	地表から3m
N-4	1.40	10	5	0.1	0.5	0.0	3.7	0.6	4.9	地表から3m

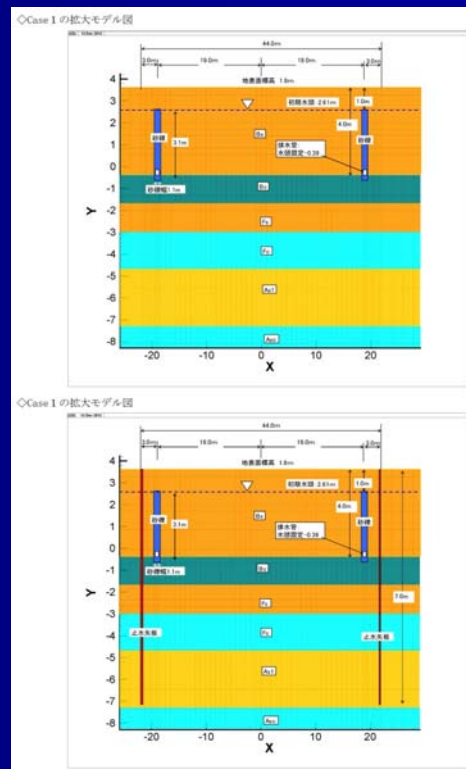
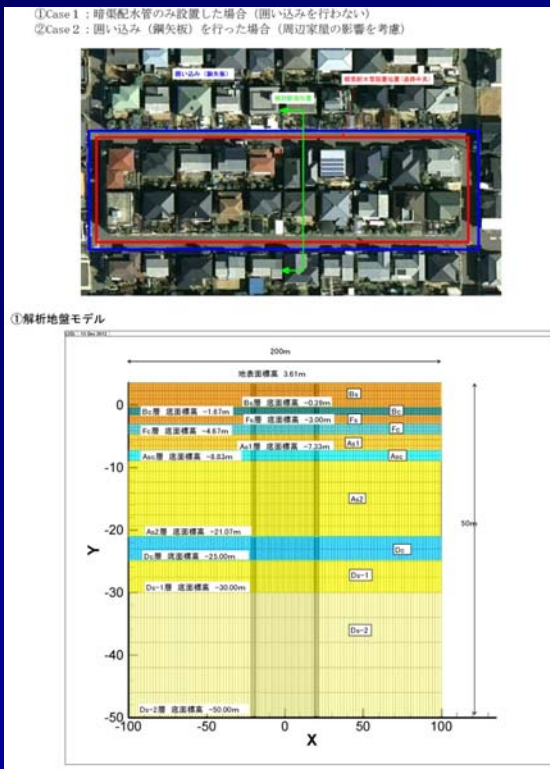
※調査箇所が学校敷地のため、若干盛土されていることより盛土高さを差し引いた高さ表示とした。

- 砂質土の沈下量
- 粘性土の圧密沈下量

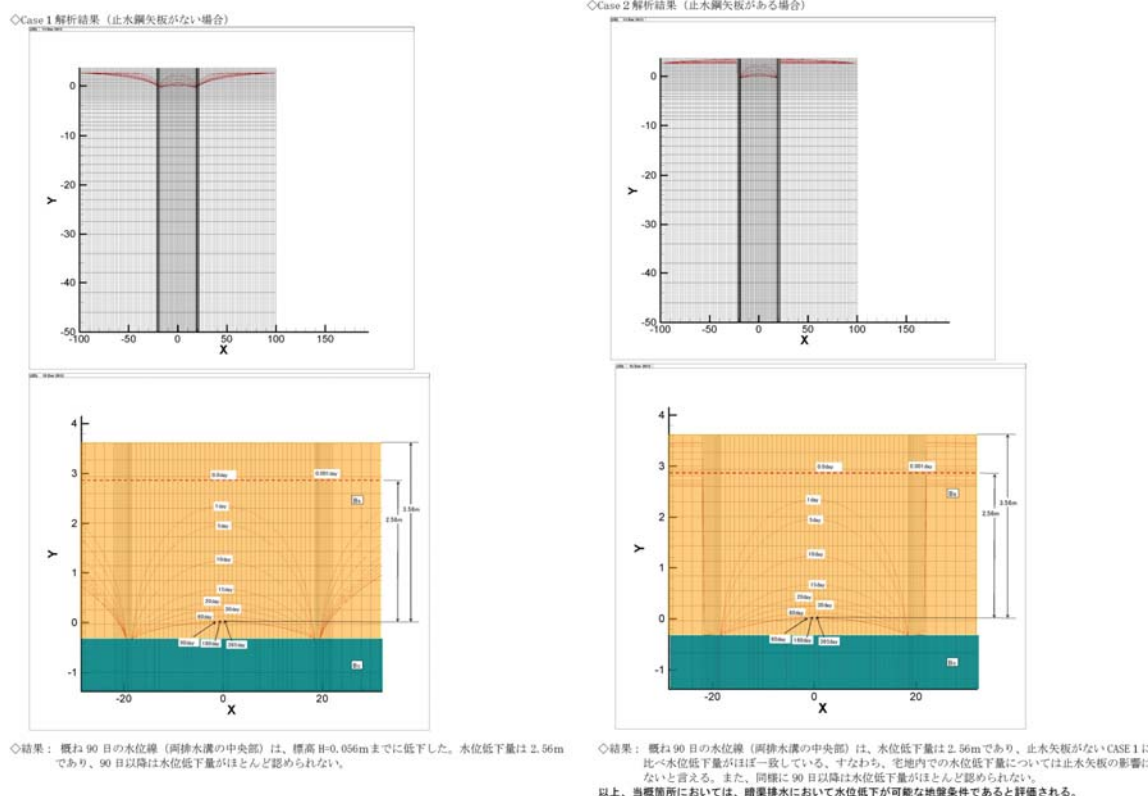
地下水低下検討例



浸透流解析 条件

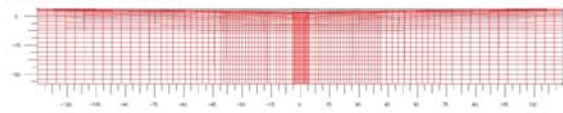


浸透流解析 結果

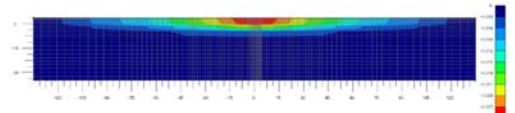


二次元粘弾塑性FEM解析による沈下量予測

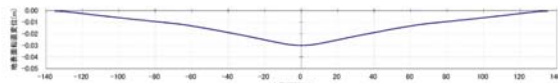
(1) case1 (止水壁がない場合)



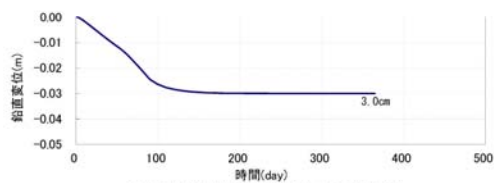
(a) 変形図 (変位量は実寸の50倍で表示)



(b) 鉛直変位コンター図



(c) 地表面の鉛直変位分布図



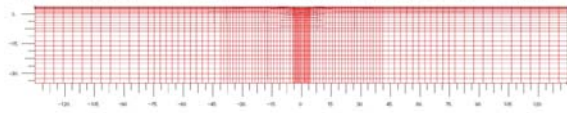
(d) 中央位置 (最大変位発生位置) での時刻歴結果

◇建物の斜角

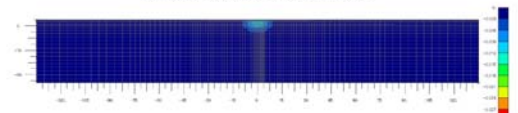
(c) 地表面の鉛直変位分布図より ⇒ 距離 30m で鉛直沈下量が 1cm

戸建住宅約 15m 幅に換算すると ⇒ 傾斜角 < 1/1000

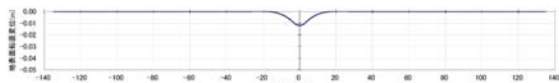
(2) case2 (矢板自体のモデル化は行っていない一矢板の変形効果は考慮せず水位のみの影響)



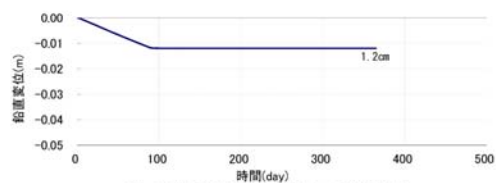
(a) 変形図 (変位量は実寸の50倍で表示)



(b) 鉛直変位コンター図



(c) 地表面の鉛直変位分布図



(d) 中央位置 (最大変位発生位置) での時刻歴結果

格子状地中壁工法の簡易判定例

①Case 1: 「4 住戸/1 格子 (改良強度: 1.5 MPa)」

②Case 2: 「4 住戸/1 格子 (改良強度: 3.0 MPa)」

③Case 3: 「2 住戸/1 格子 (改良強度: 1.5 MPa)」

④Case 4: 「2 住戸/1 格子 (改良強度: 3.0 MPa)」

液状化による沈下量Ocy値 (cm)			
地震波 a (M=9.0)	地震波 b (M=7.3)	無対策	対策後
14.3	10.1	17.9	15.9

液状化による沈下量Ocy値 (cm)			
地震波 a (M=9.0)	地震波 b (M=7.3)	無対策	対策後
14.3	8.4	17.9	14.4

液状化による沈下量Ocy値 (cm)			
地震波 a (M=9.0)	地震波 b (M=7.3)	無対策	対策後
14.3	4.1	17.9	13.6

液状化による沈下量Ocy値 (cm)			
地震波 a (M=9.0)	地震波 b (M=7.3)	無対策	対策後
14.3	2.6	17.9	7.5

