

千葉市液状化対策推進委員会

— 第4回 —

日時:平成25年12月25日(水)

10:00から

場所:千葉市総合保健医療センター 4階 会議室

議 題

液状化対策の検討状況について

対象地域(P1)

3



第3回委員会の課題(P1)

4

| 番号 | 指摘事項 | 対応状況 |
|----|---------------------|---|
| 1 | 実証試験の実施検討 | 中磯辺第一公園での実施を計画した。 |
| 2 | 海図を精査し、埋立土か自然地盤かを判断 | 海図、埋立前の既往資料に記載された海底面標高より浚渫土と判断した。 |
| 3 | 罹災証明データの再分析 | 罹災証明と家屋の傾きについて再検討した。 |
| 4 | 下水道の破損、補修と地下水位の関係 | 観測地点近傍の工事状況を聞き取り、観測水位への工事の影響を判断した。 |
| 5 | 液状化被害と粒度分布の関係 | 液状化被害(家屋の被害程度)と粒度分布を含めた土層分布の関係を検討した。 |
| 6 | 格子状地中壁工法の整理 | モデル地区(磯辺 63 自治会)で代表断面を決定して有効応力解析を行い、格子状地中壁の形状を検討した。 |

土層層序表(P2)

| 地質時代 | | 土 層 | | 記号 | 土 質 |
|------|-----|------|-------|-----|-------------------------|
| 現世 | 埋立層 | 盛土 | 砂質土層 | B | 細砂 シルト質細砂 粘性土 |
| | | 浚渫土 | 砂質土層 | Fsc | シルト混じり細砂、細砂 |
| | | | 粘性土層1 | Fc1 | シルト 粘土 |
| | | | 砂質土層 | Fs | 砂質土 |
| | | | 粘性土層2 | Fc2 | シルト 粘土 |
| 完新世 | 完新統 | 沖積層 | 砂質土層 | As1 | 貝殻混じり細砂 細砂 |
| | | | 砂泥互層 | Acs | シルト質細砂 シルト質微細砂 砂質シルト |
| | | | 粘性土層1 | Ac1 | シルト |
| | | | 砂質土層 | As2 | 細砂 貝殻混じり細砂 |
| | | | 粘性土層2 | Ac2 | シルト |
| 更新世 | 更新統 | 下総層群 | 砂質土層 | Ds | 細砂 |
| | | | 粘性土層 | Dc | シルト |

ボーリング位置 真砂(P3)

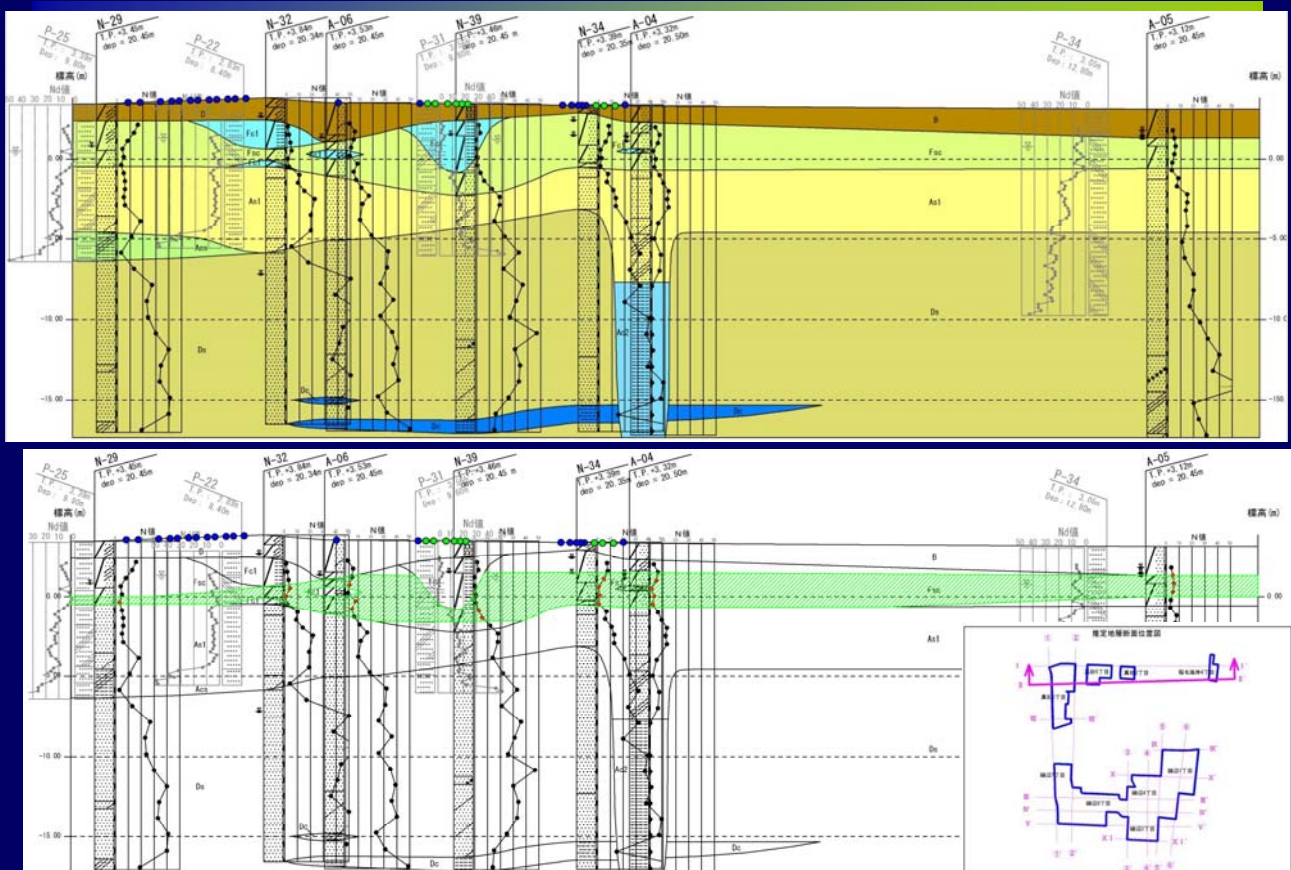
ボーリング位置 磯辺(P4)

7

本資料は個人情報保護のため画像処理を施しています

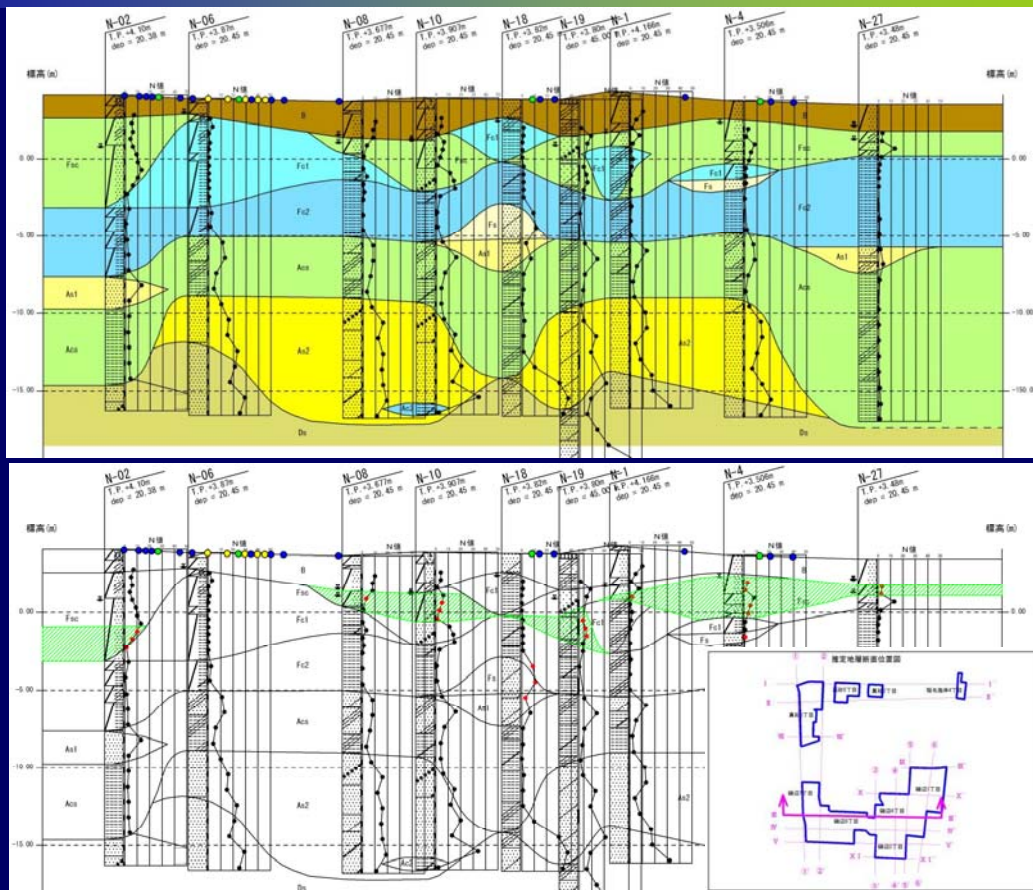
地質・液状化断面図 II-II'(P5-6)

8



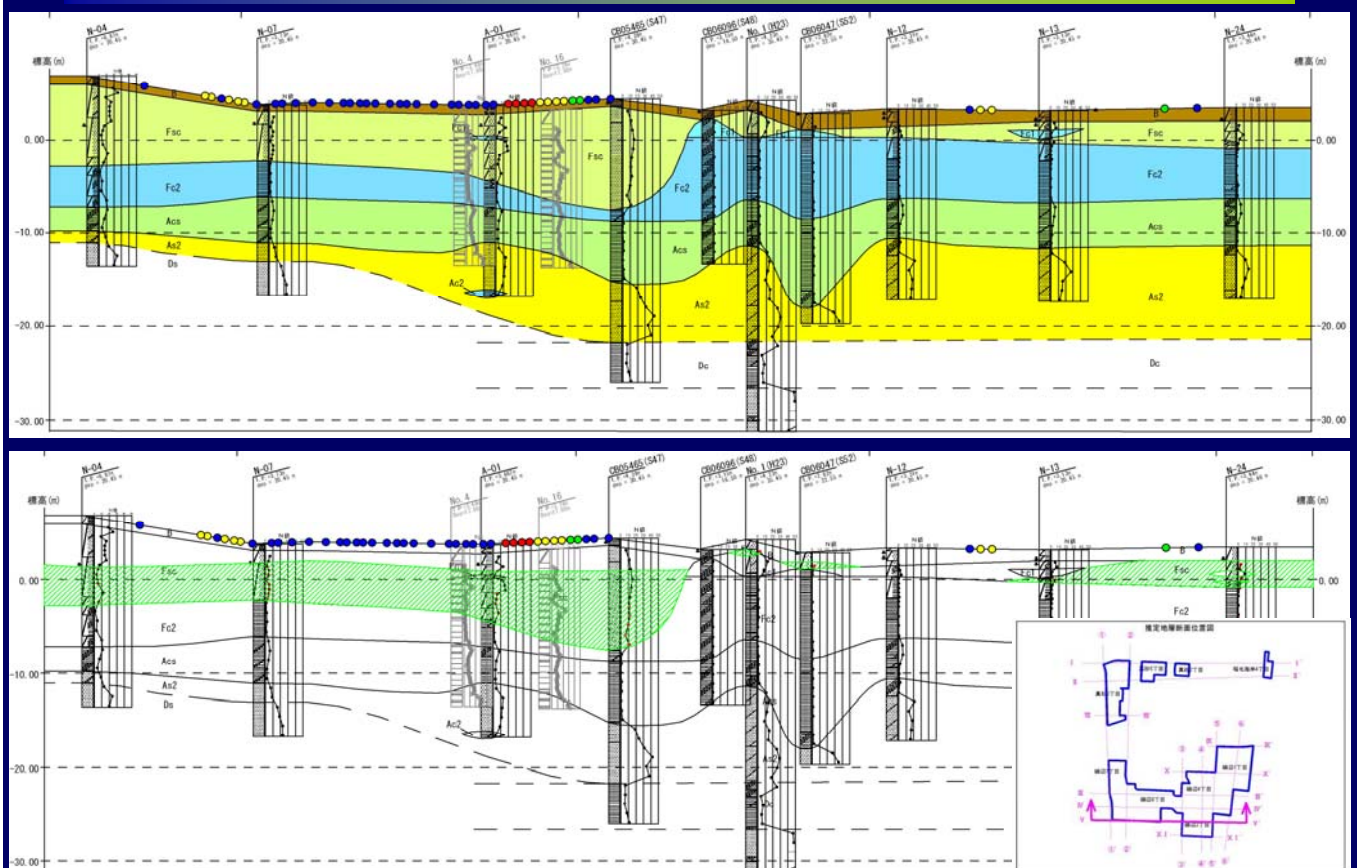
地質・液状化断面図 III-III'(P7-8)

9



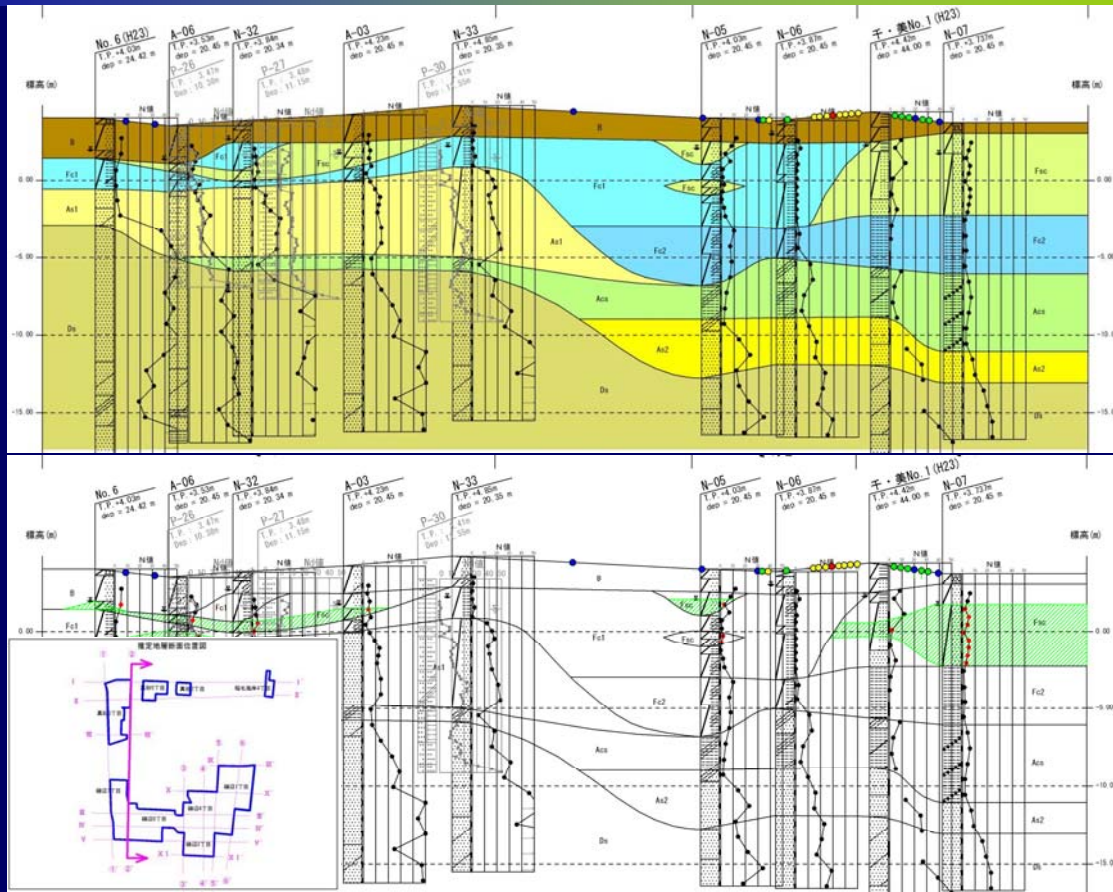
地質・液状化断面図 V-V'(P9-10)

10



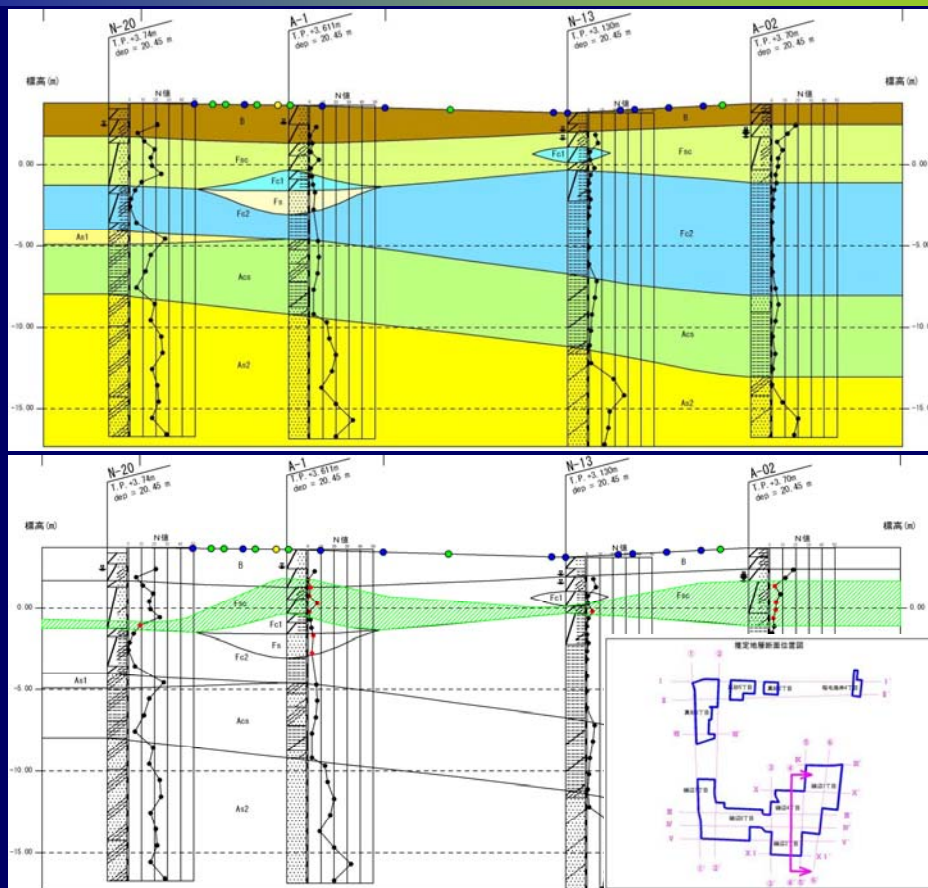
地質・液状化断面図 ②-②'(P11-12)

11



地質・液状化断面図 ④-④'(P13-14)

12



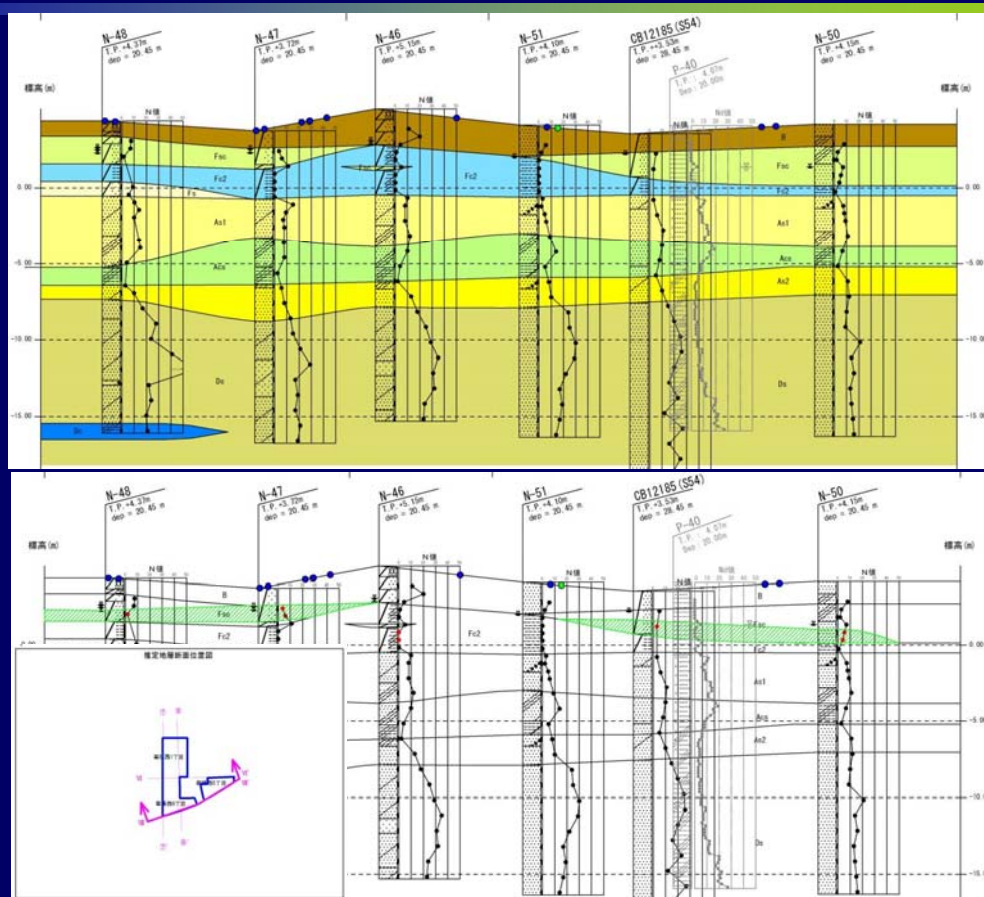
ボーリング位置 幕張西(P15)

13

本資料は個人情報保護のため画像処理を施しています

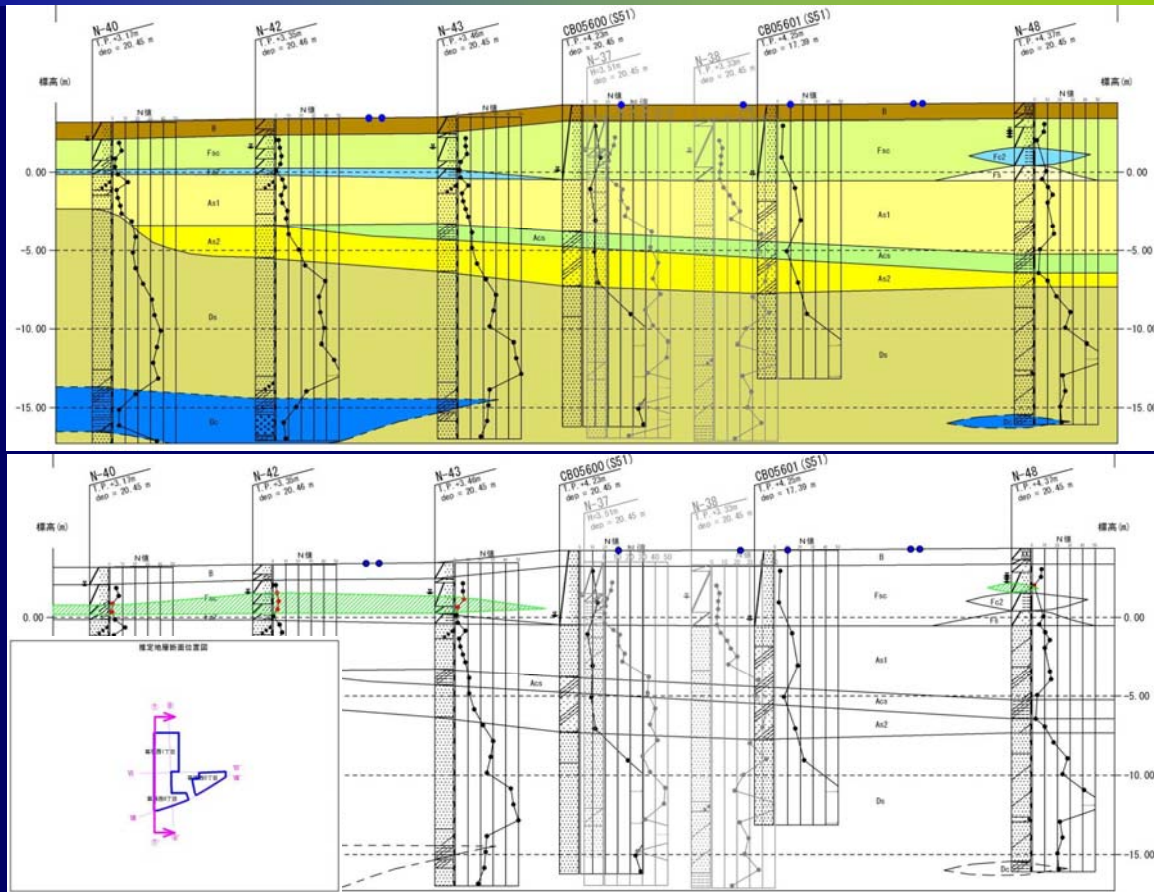
地質・液状化断面図 VII-VII'(P17-18)

14



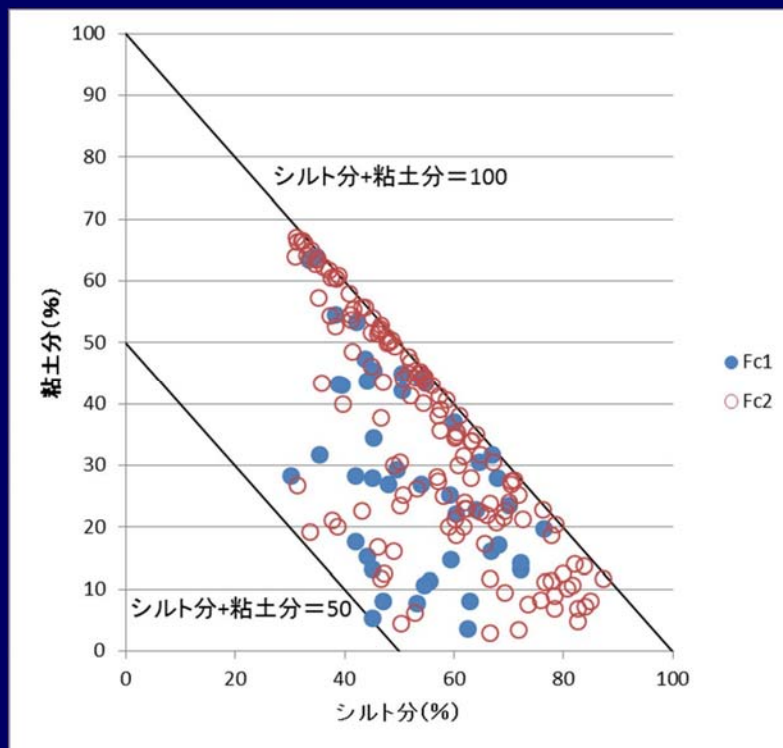
地質・液状化断面図 ⑦-⑦'(P19-20)

15

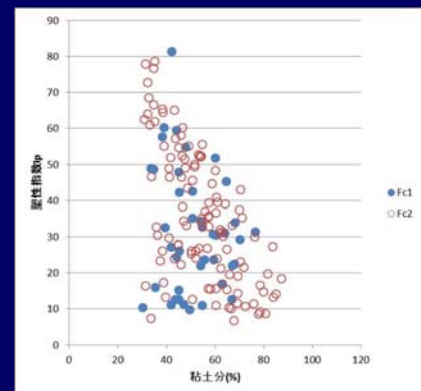


Fc1とFc2の性質(P21)

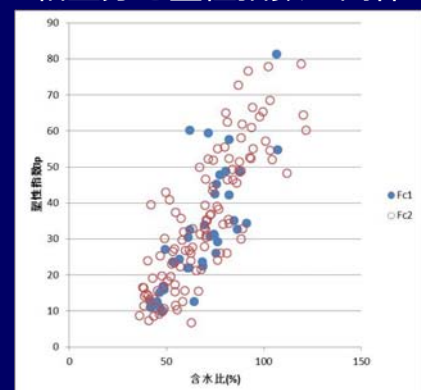
16



シルト分と粘土分の割合



粘土分と塑性指数の関係



含水比と塑性指数の関係

海図による過去の水深(P23)

17



建物傾斜方向 真砂(P25)

18



建物傾斜方向 磯辺(P26)

19



建物傾斜方向 幕張西(P27)

20



DEMデータの差分 真砂(P29)

21



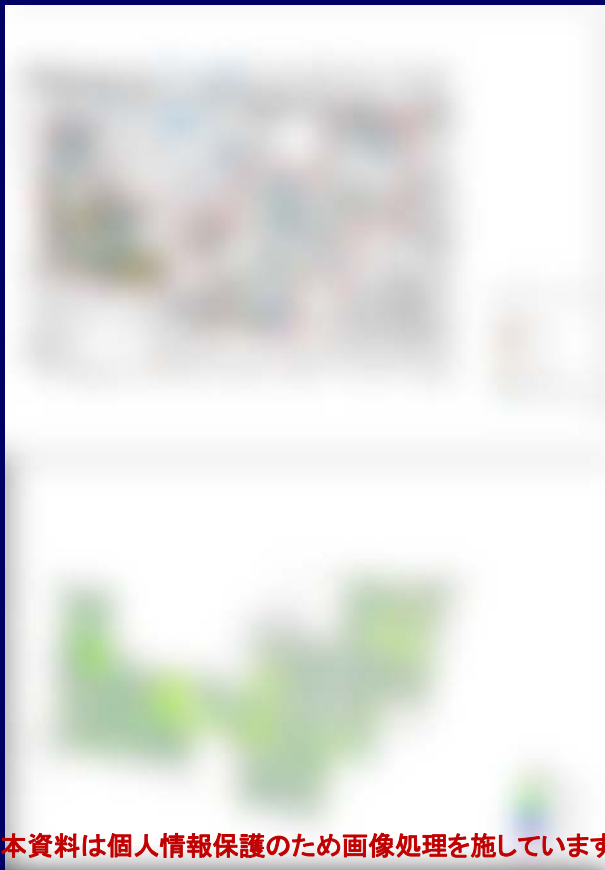
本資料は個人情報保護のため画像処理を施しています

<引用論文>

Konagai, K., Kiyota, T., Asakura, T., Suyama, S., Kyokawa, H., Shibuya, K. and Eto, C. (2012): Subsidence map of Tokyo bay area liquefied in the March 11th Great East Japan Earthquake, Proc. of 15th World Conference of Earthquake Engineering.

DEMデータの差分 磯辺(P30)

22



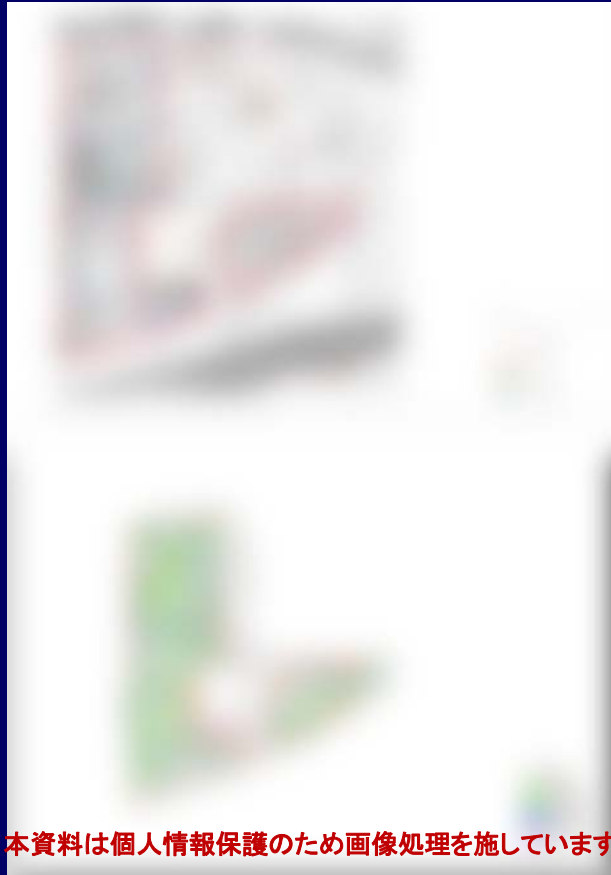
本資料は個人情報保護のため画像処理を施しています

<引用論文>

Konagai, K., Kiyota, T., Asakura, T., Suyama, S., Kyokawa, H., Shibuya, K. and Eto, C. (2012): Subsidence map of Tokyo bay area liquefied in the March 11th Great East Japan Earthquake, Proc. of 15th World Conference of Earthquake Engineering.

DEMデータの差分 幕張西(P31)

23



本資料は個人情報保護のため画像処理を施しています

<引用論文>

Konagai, K., Kiyota, T., Asakura, T., Suyama, S., Kyokawa, H., Shibuya, K. and Eto, C. (2012): Subsidence map of Tokyo bay area liquefied in the March 11th Great East Japan Earthquake, Proc. of 15th World Conference of Earthquake Engineering.

被害の多い箇所(P32)

24

| 地区名 | 東日本大震災時の被災状況 | 備 考 |
|---------|---------------|-----------------|
| 真砂 2 丁目 | 大規模半壊、半壊がやや集中 | A-04 が特異点の可能性あり |
| 真砂 5 丁目 | 大規模半壊が点在 | |
| 磯辺 4 丁目 | 大規模半壊が集中 | 磯辺 63 自治会で検討 |
| 磯辺 8 丁目 | 全壊、大規模半壊が集中 | |

ボーリング等地盤調査結果を踏まえた再液状化の検討の結果、Dcy値等高線図をみると、磯辺4丁目、磯辺8丁目付近にDcy = 10cm程度の高まりが認められる。

これらは優先的に対策を検討すべき箇所と判断される。

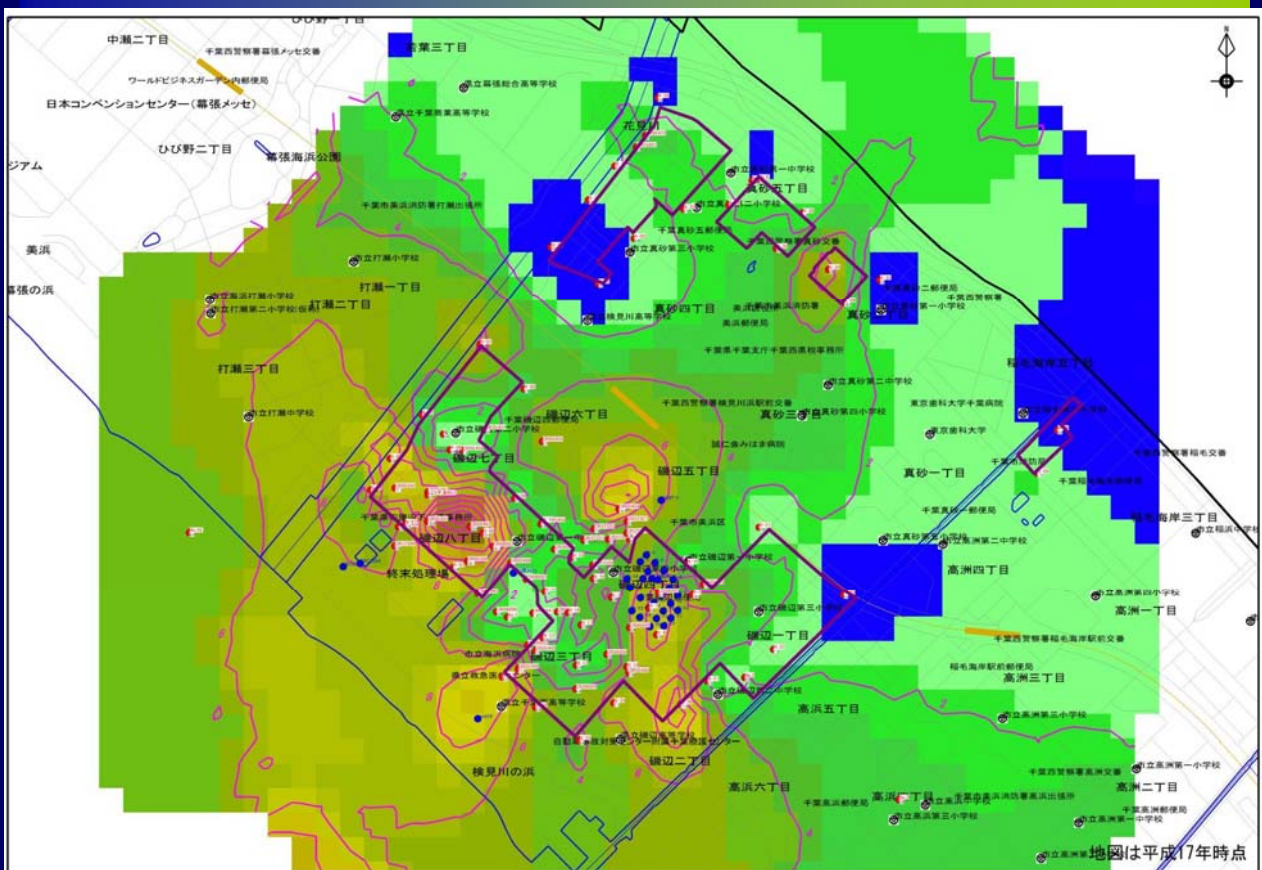
対策工法の検討(P32)

| 工法名 | 特徴 | 長所・短所 | コスト |
|-----------------------------------|---|---|-----------------|
| 格子状地中壁工法 (TOFT工法) | 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 (自然流下方式、 ポンプアップ方式) | 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 |

格子状地中壁工法(TOFT工法)と地下水低下工法は当地区での適用性は高い工法と考えられる。

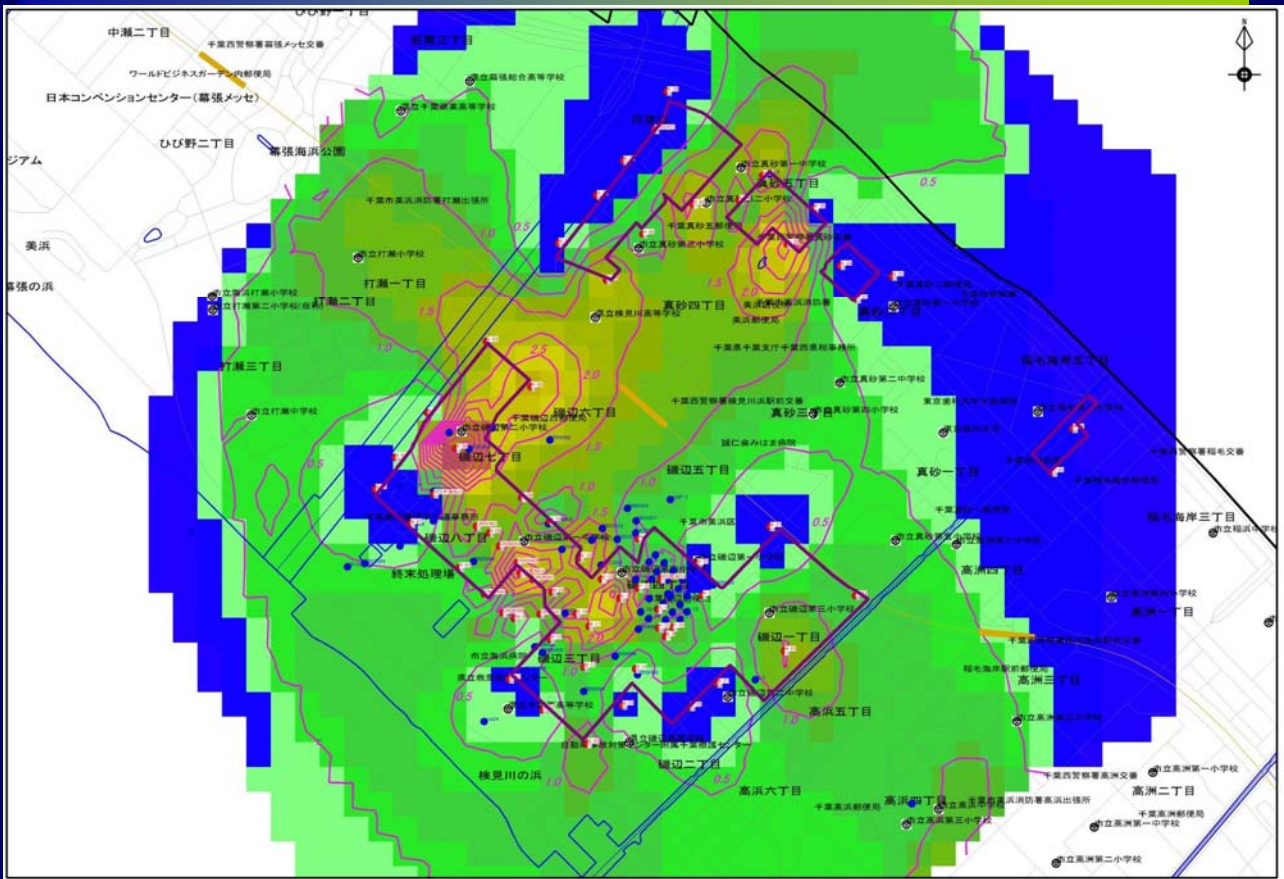
粘性土(Fc2)の層厚分布図をみると、JR京葉線から海側には層厚2m以上の分布が認められることから、地下水位低下工法を採用する際の遮水層として期待できると考えられる。

Dcy値等高線図 真砂・磯辺(P33)



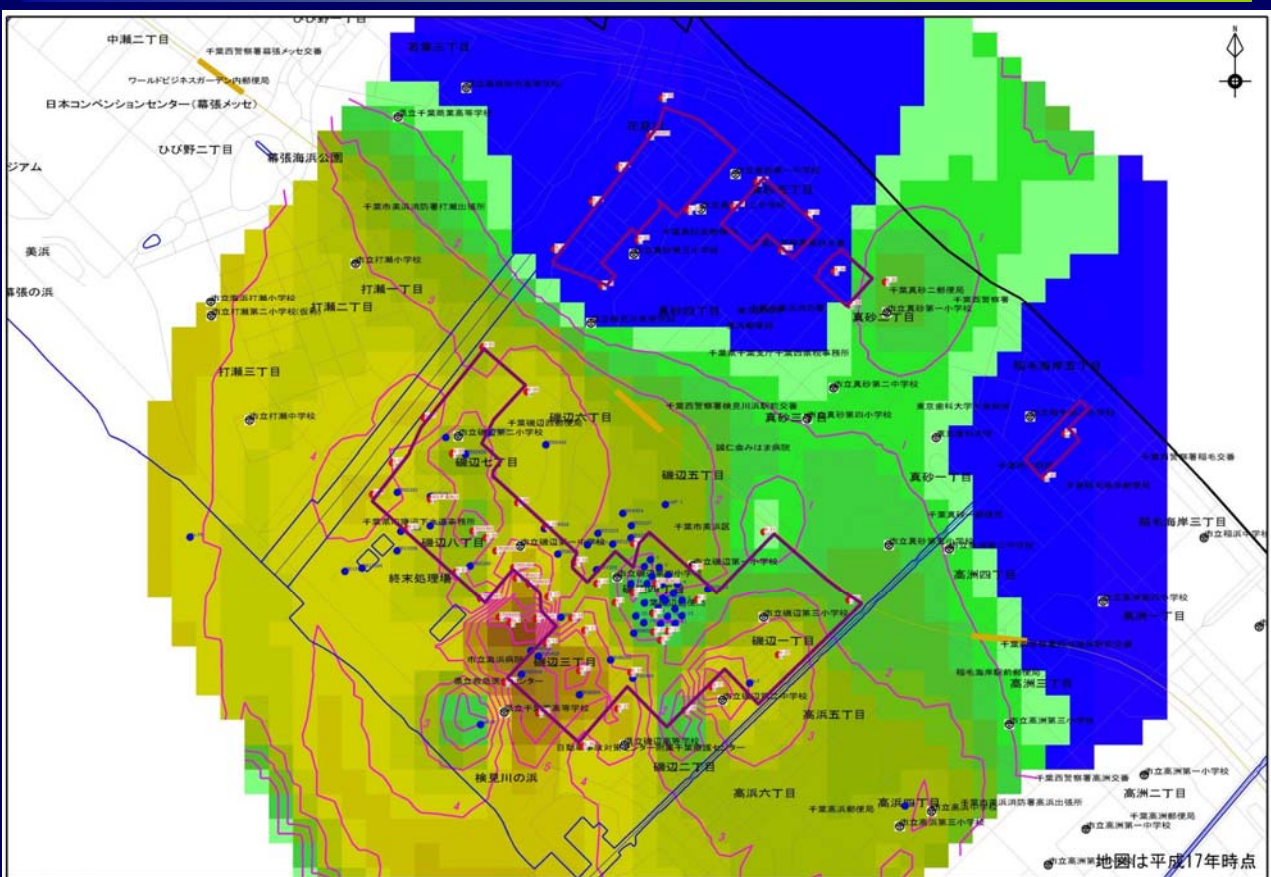
Fc1層厚分布図 真砂・磯辺(P34)

27



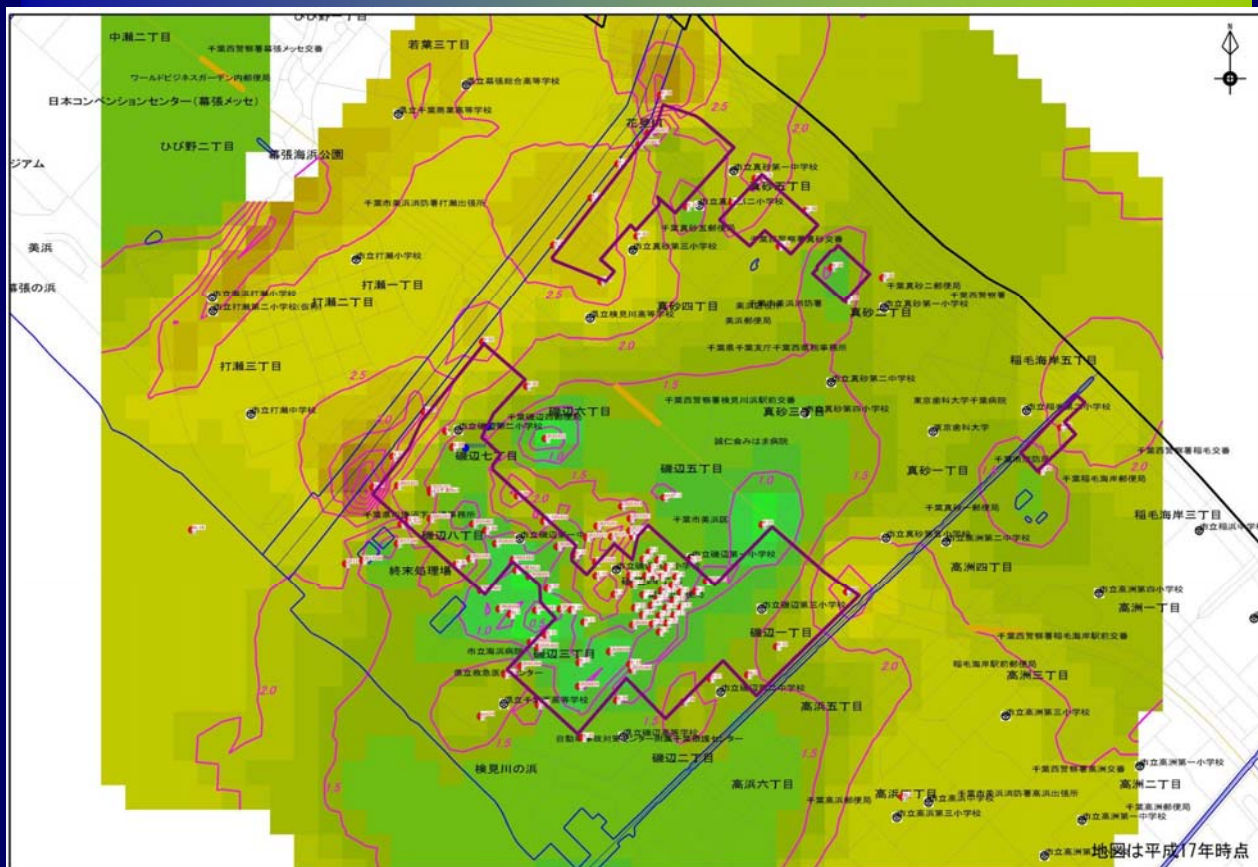
Fc2層厚分布図 真砂・磯辺(P35)

28



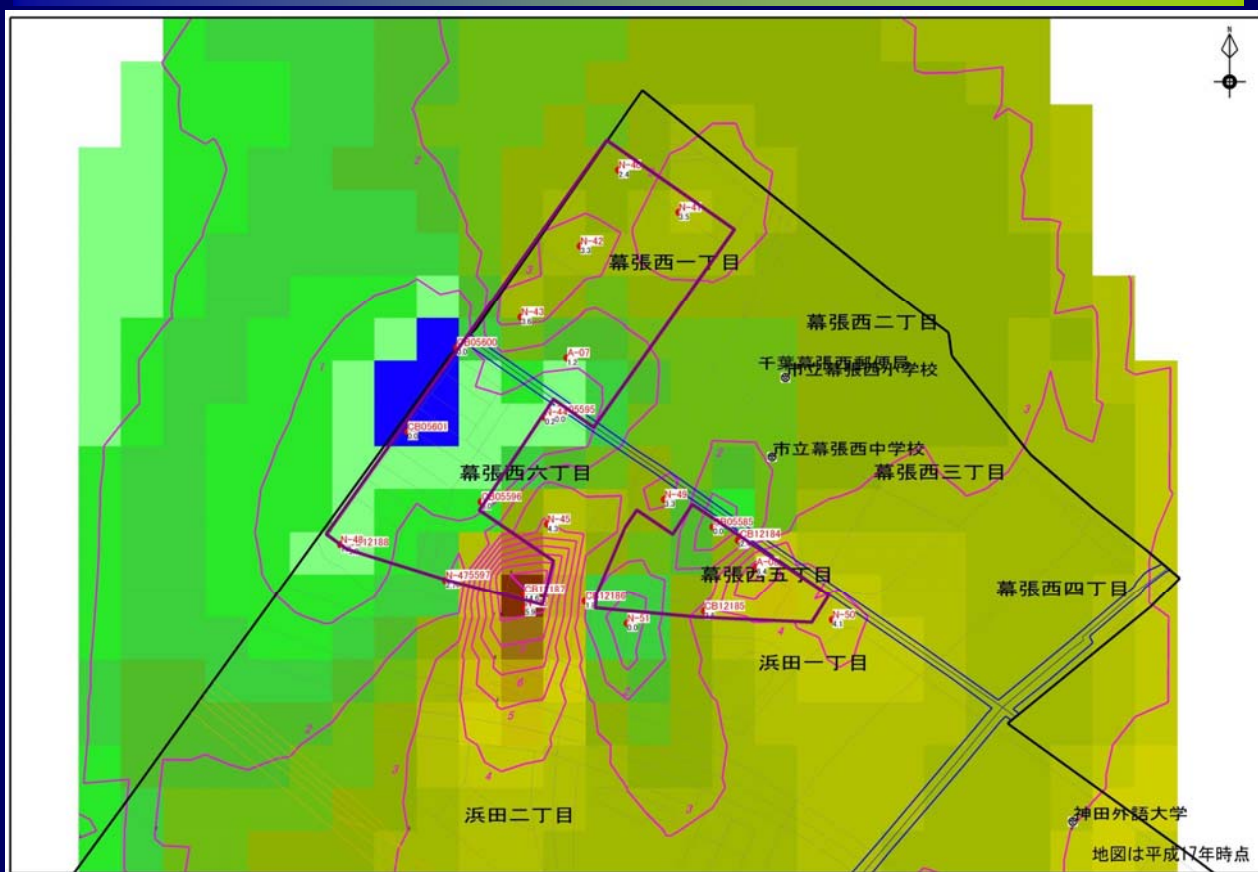
地下水位等深線図 真砂・磯辺(P36)

29



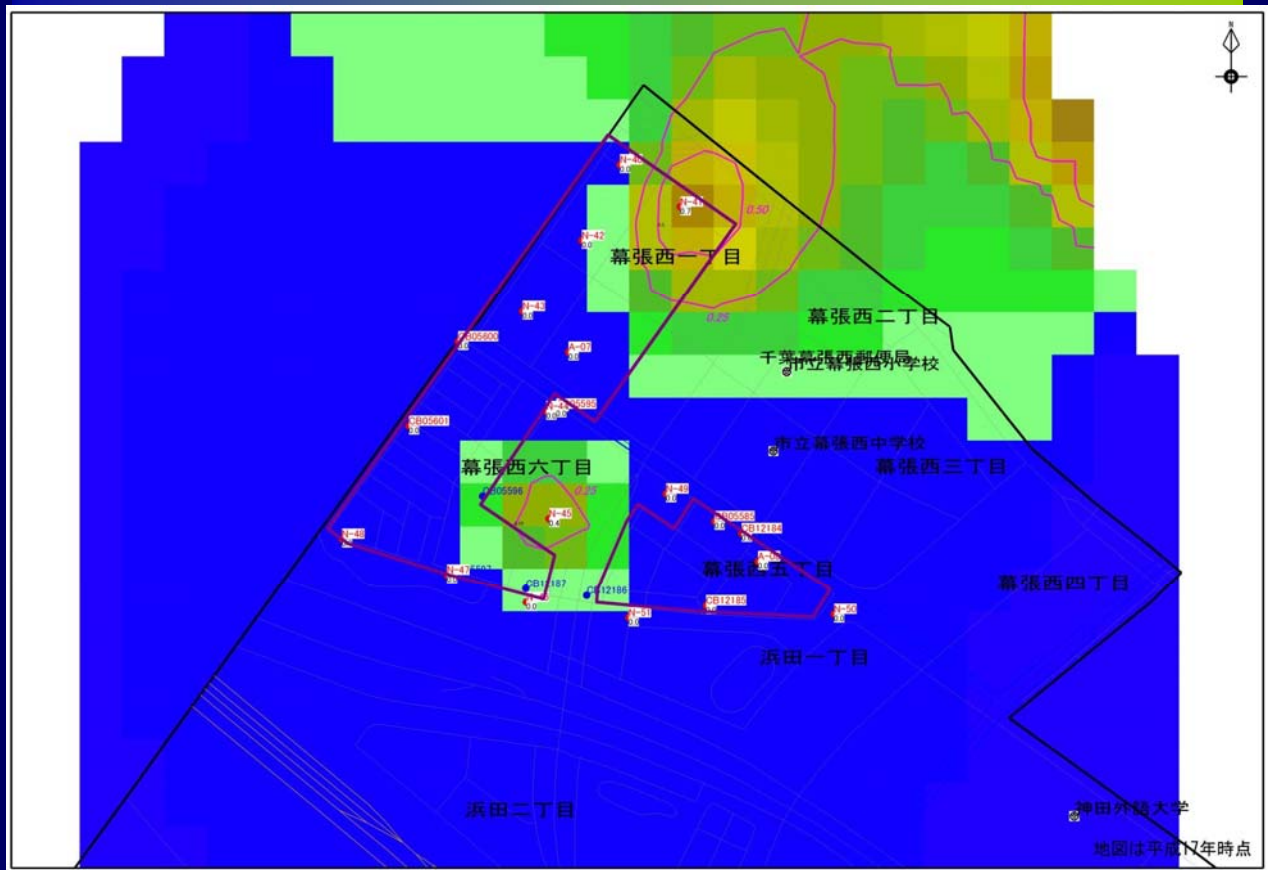
Dcy値等高線図 幕張西(P37)

30



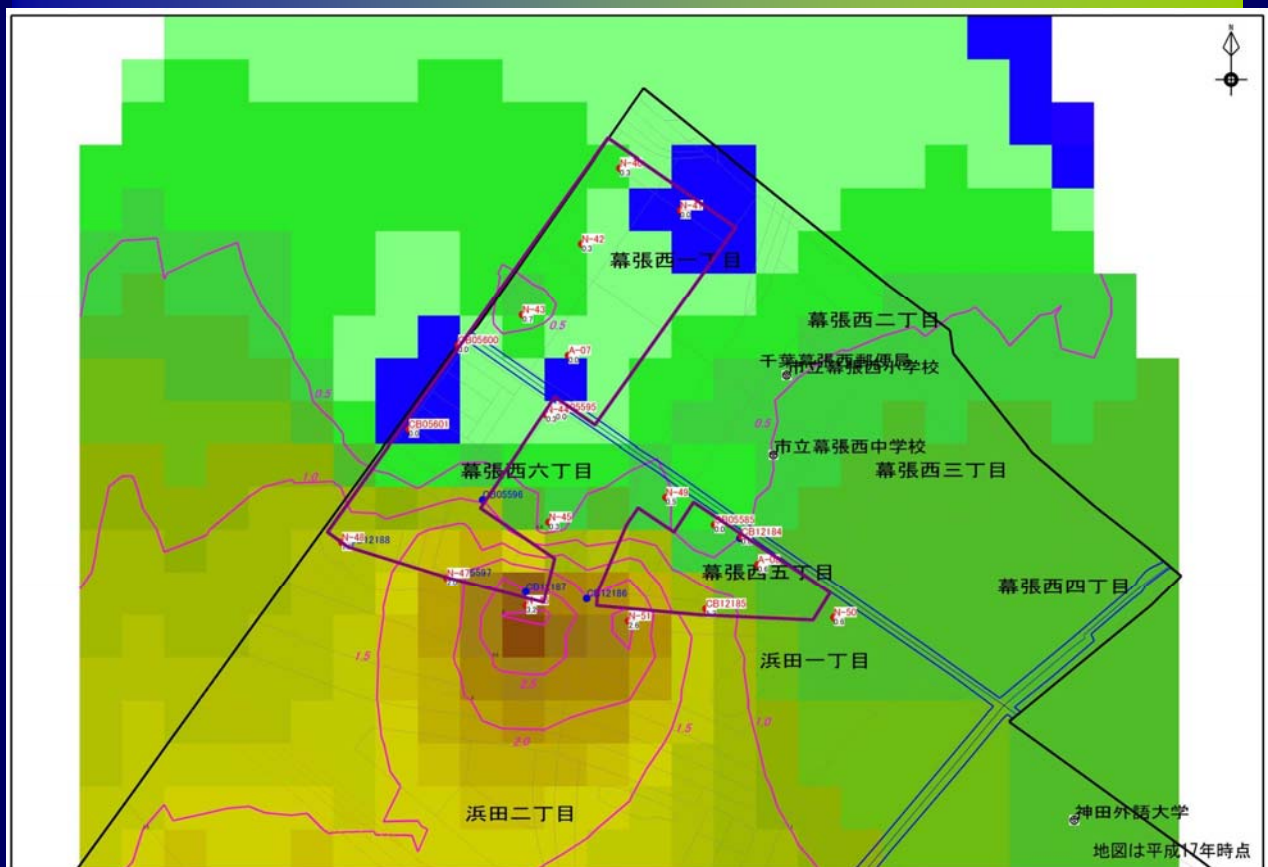
Fc1層厚分布図 幕張西(P38)

31



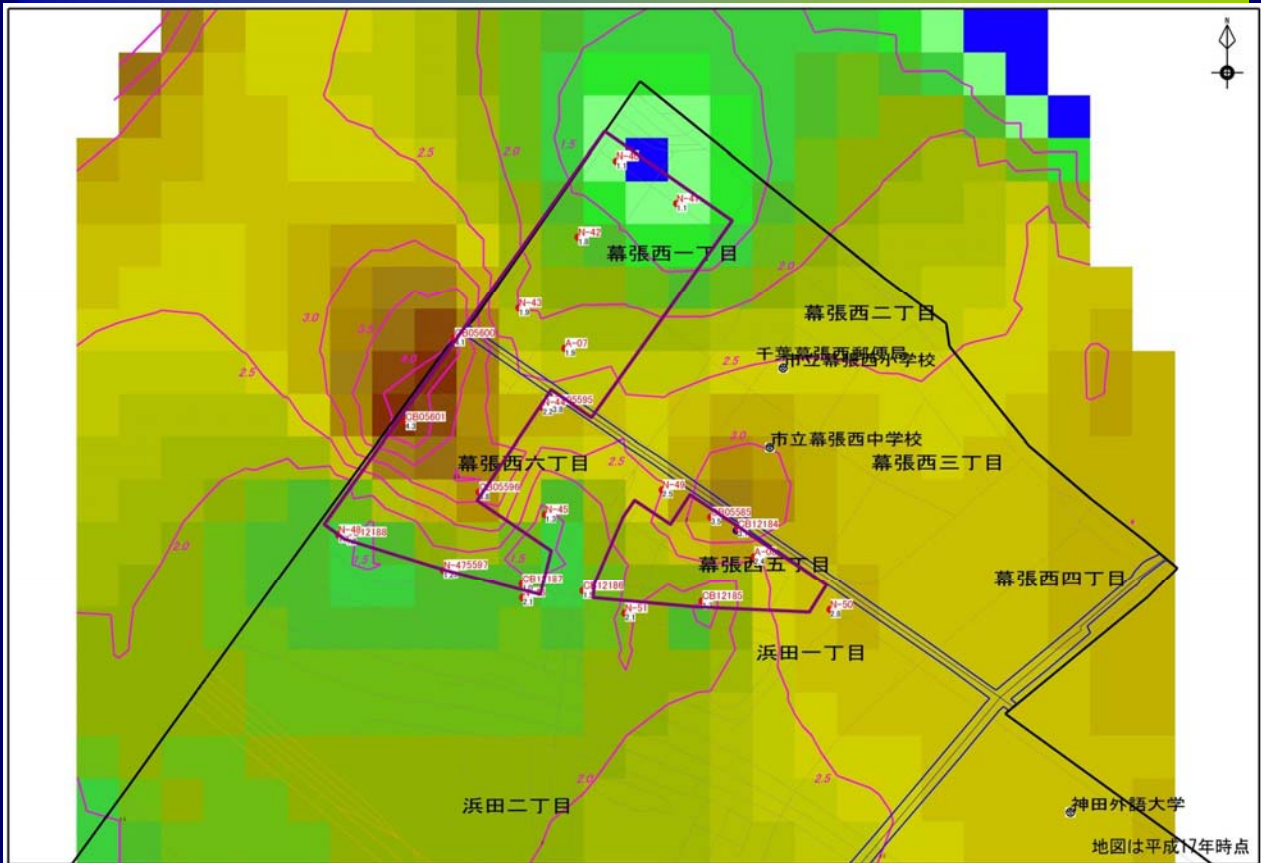
Fc2層厚分布図 幕張西(P39)

32



地下水位等深線図 幕張西(P40)

33



実証実験の区域

34



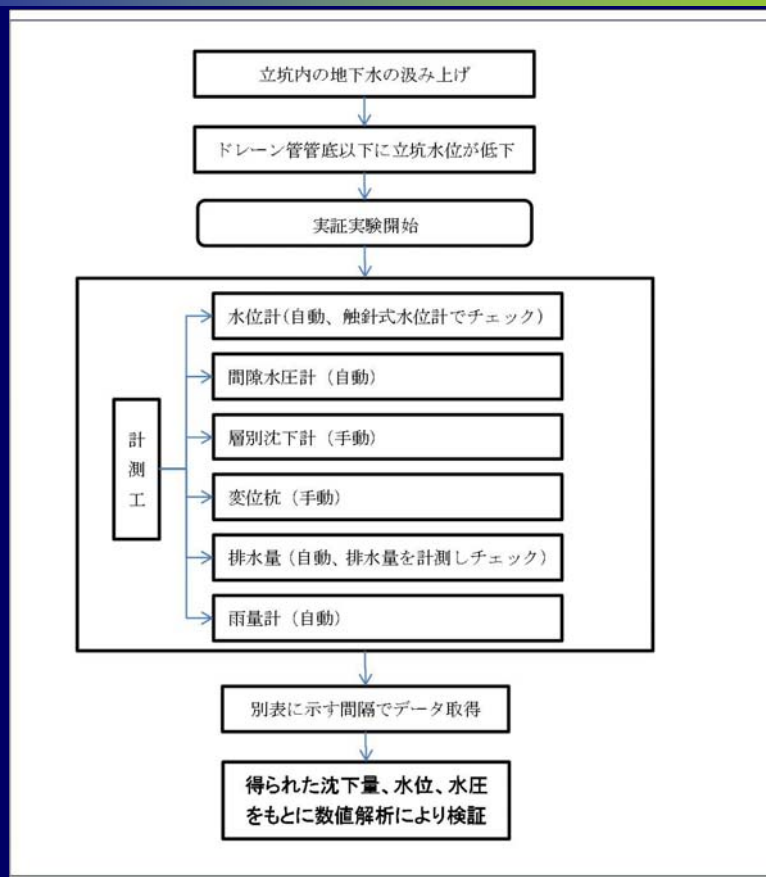
実証実験の計測機器(P41)

35

| 計測工 | 目的 | 台数 | 計測間隔 | | | 備考 |
|-------|--|----|--------|--------|--------|-----------|
| | | | 開始～1ヶ月 | 1～3ヶ月 | 3～6ヶ月 | |
| 地下水位計 | 暗渠による地下水位低下とFsc層の水位変化の関係把握 | 7 | 毎日 | 1週間に1回 | 2週間に1回 | 自動収録、1時間毎 |
| 間隙水圧計 | 暗渠による地下水位低下とFc2、Acs、As1、As2各層の水圧変化の関係把握 | 8 | 毎日 | 1週間に1回 | 2週間に1回 | 自動収録、1時間毎 |
| 層別沈下計 | 暗渠による地下水位低下とFsc、Fc2、Acs、As1、As2各層の沈下量の関係把握 | 2 | 毎日 | 1週間に1回 | 2週間に1回 | 手動観測 |
| 変位杭 | 暗渠による地下水位低下と地表面沈下量の関係把握 | 33 | 毎日 | 1週間に1回 | 2週間に1回 | 手動観測 |
| 排水量 | 暗渠からの排水量の把握 | 2 | 毎日 | 1週間に2回 | 2週間に2回 | 自動収録、1分毎 |
| 雨量計 | 現地の降雨量を把握 | 1 | — | — | — | 自動収録、1時間毎 |

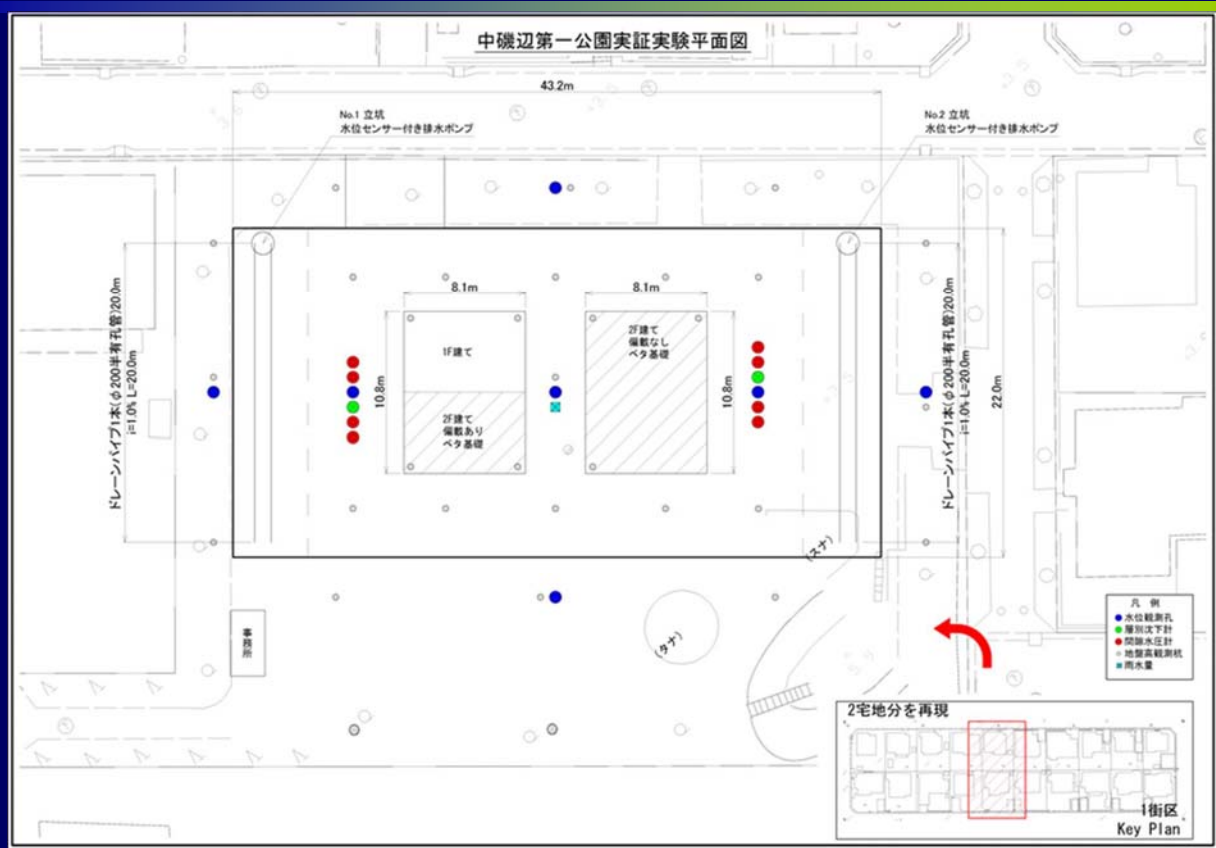
実証実験のフロー(P41)

36



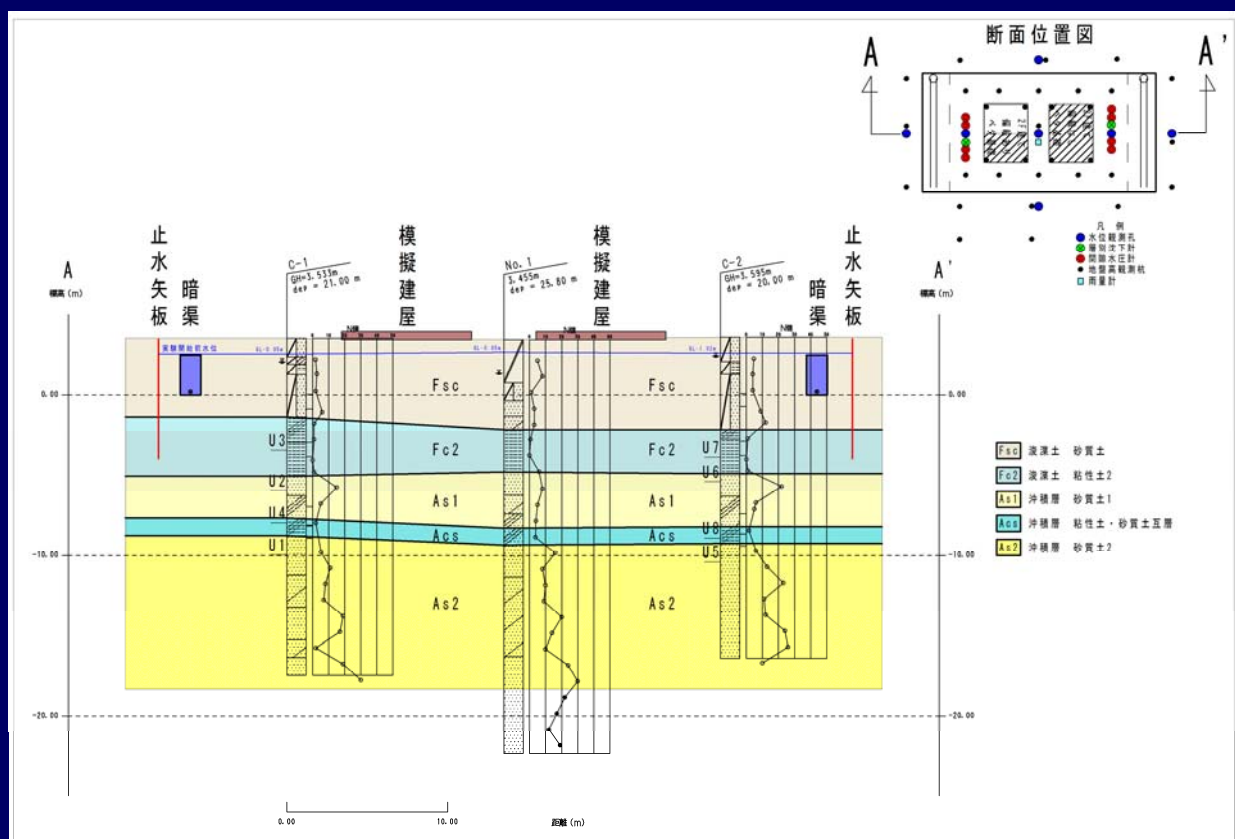
実証実験の平面図(P41)

37

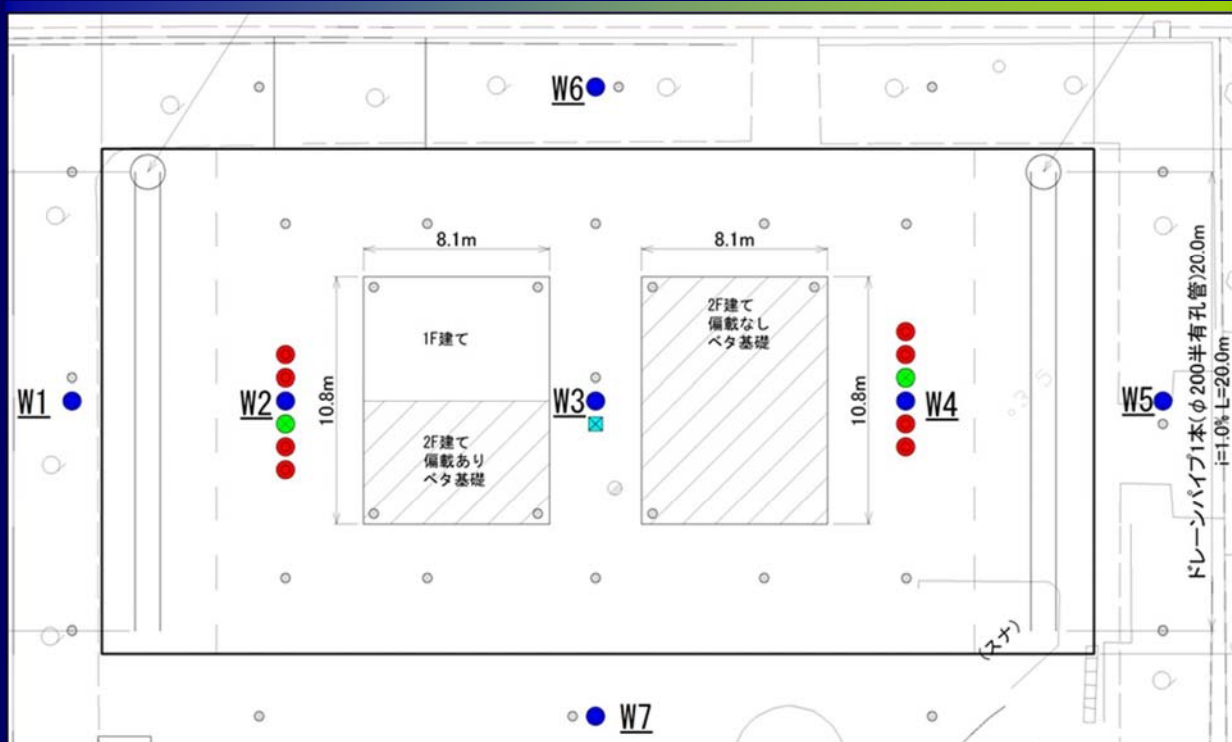


実証実験の断面図(P44)

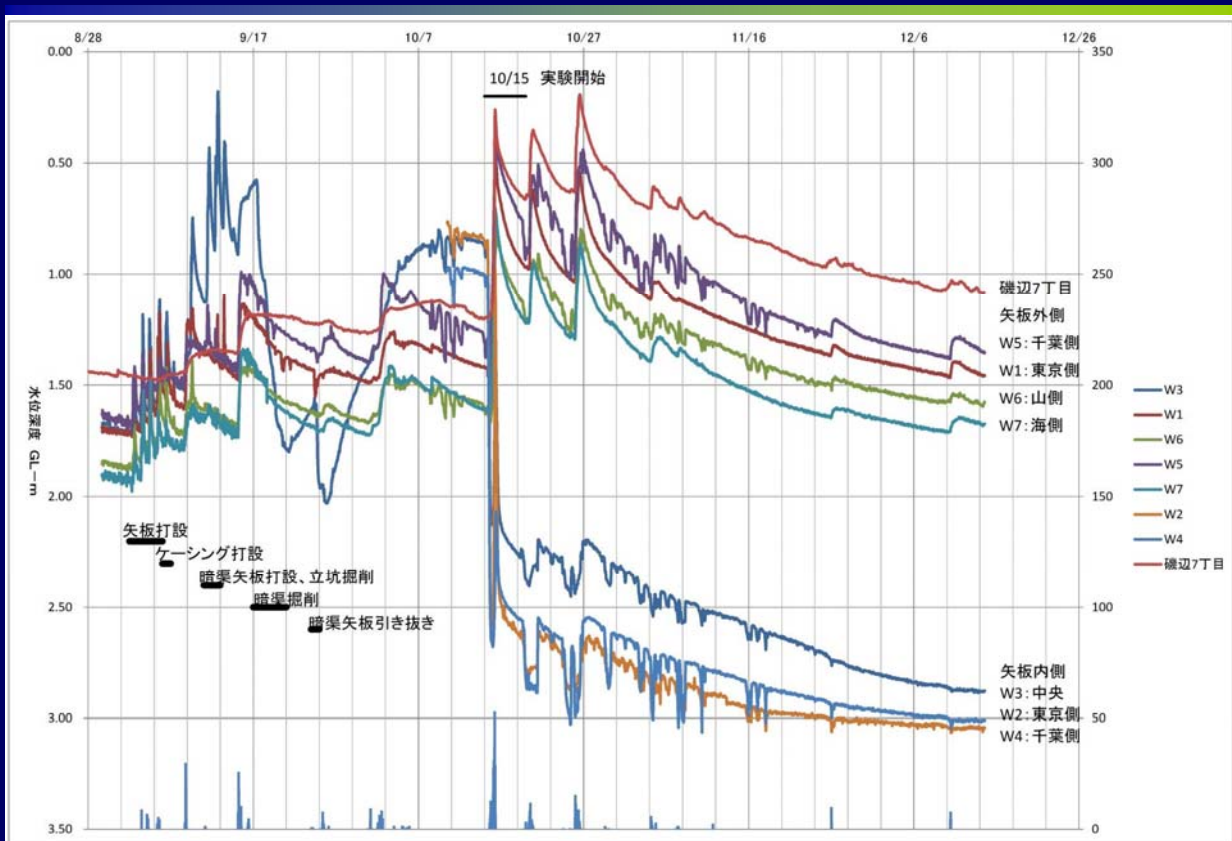
38



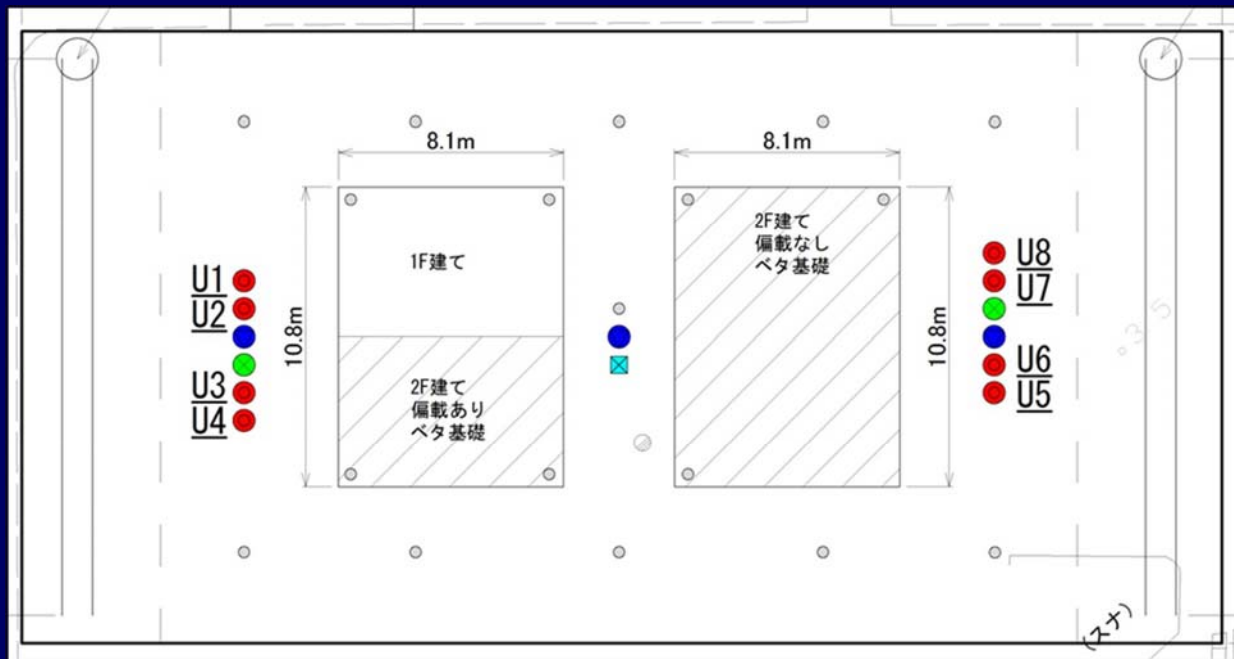
水位観測結果(P42)



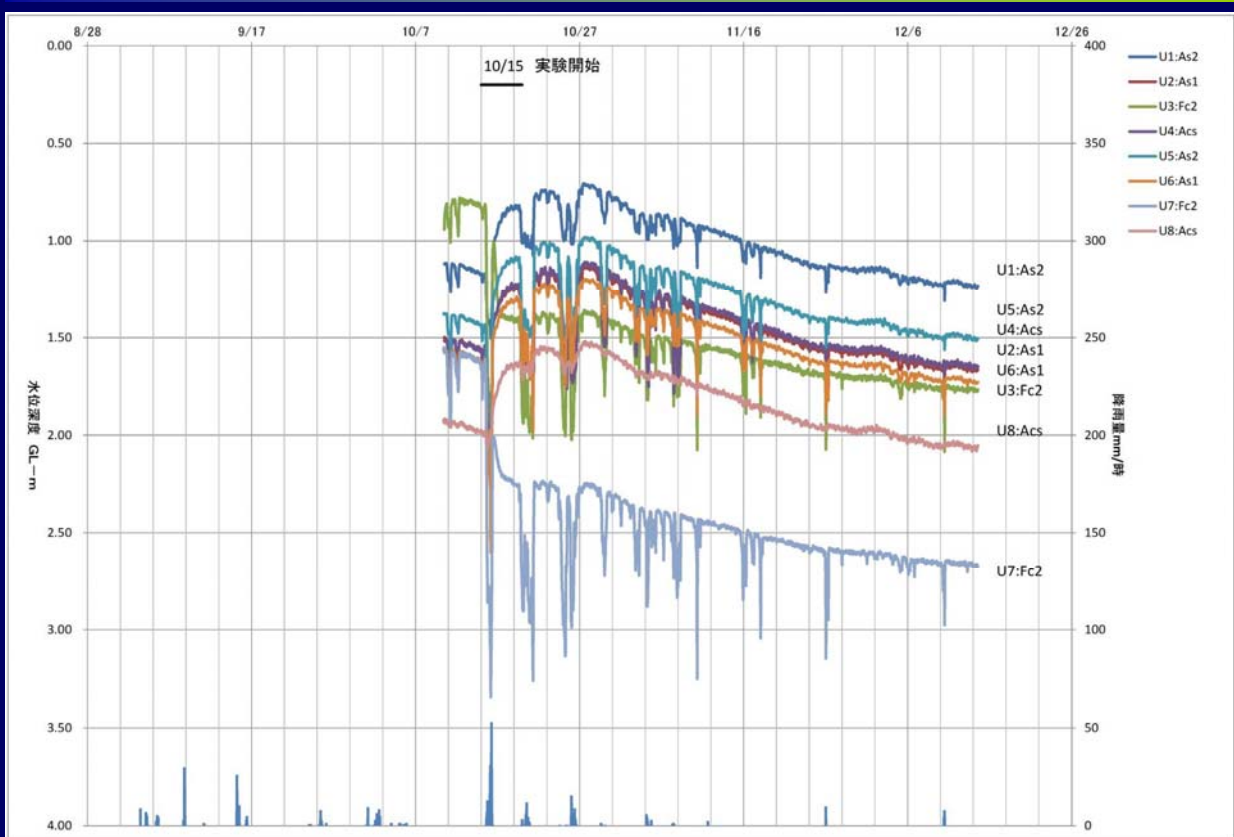
水位観測結果(P45)



間隙水圧計観測結果(P43)

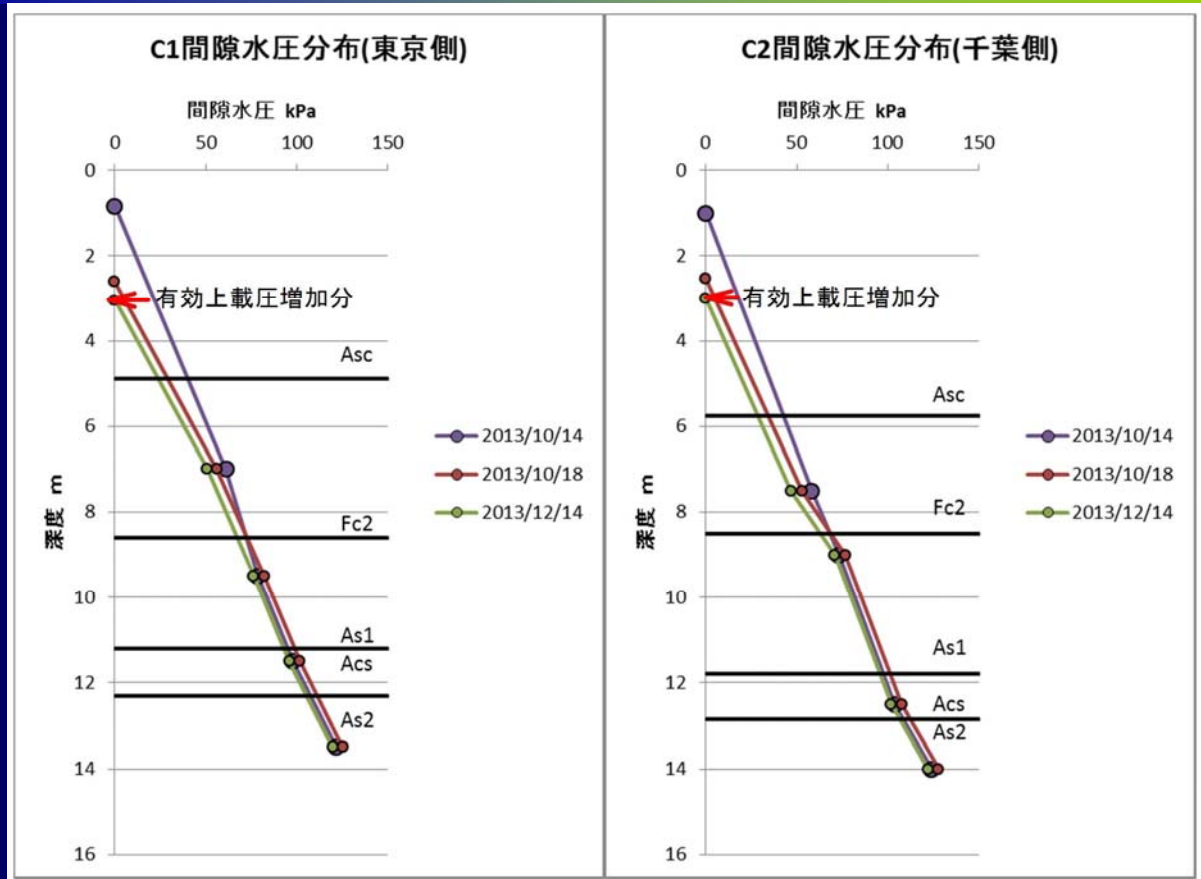


間隙水圧計観測結果(P46)



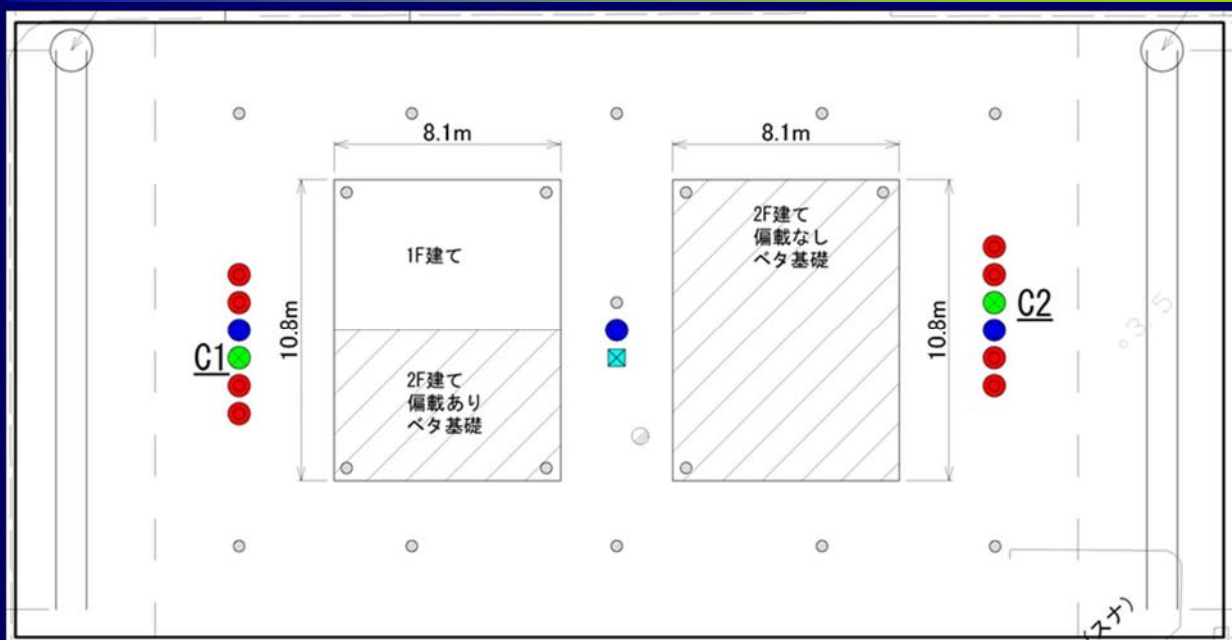
間隙水圧分布(P43)

43

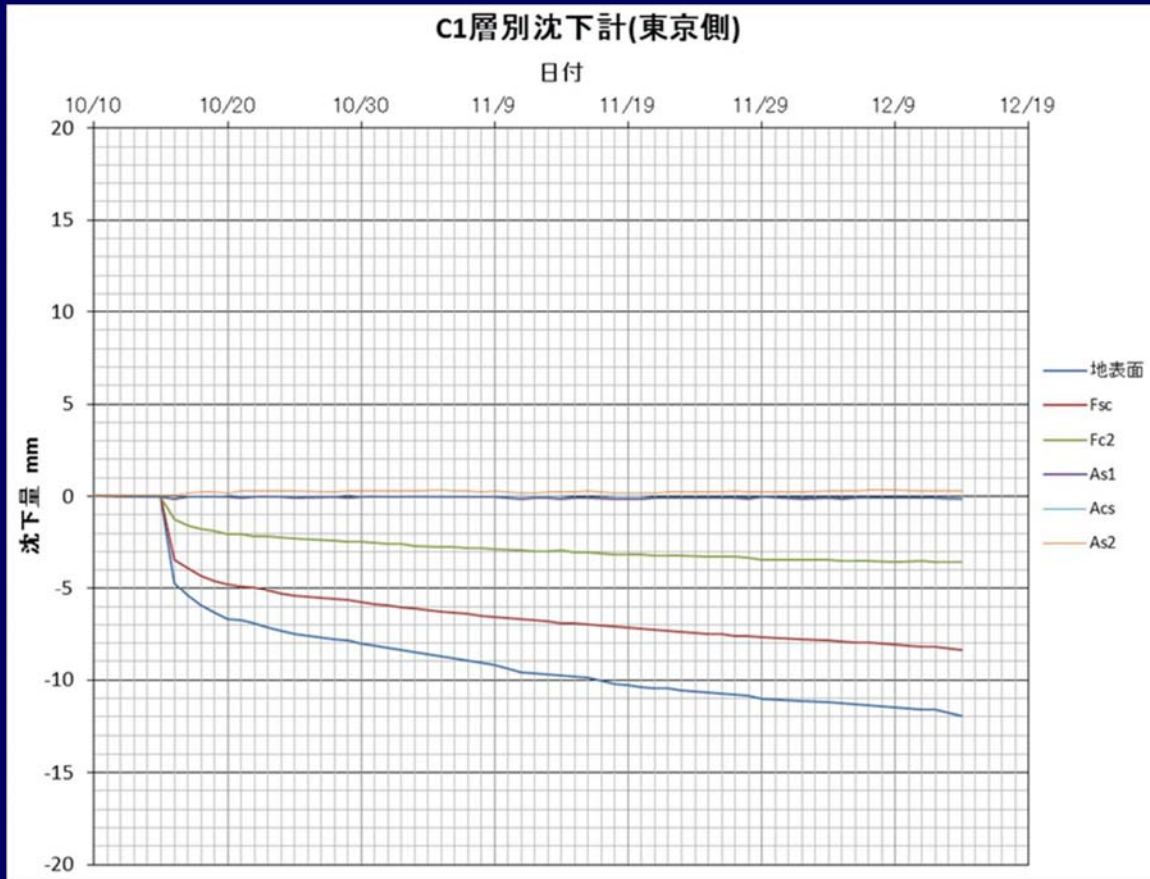


層別沈下計(P47)

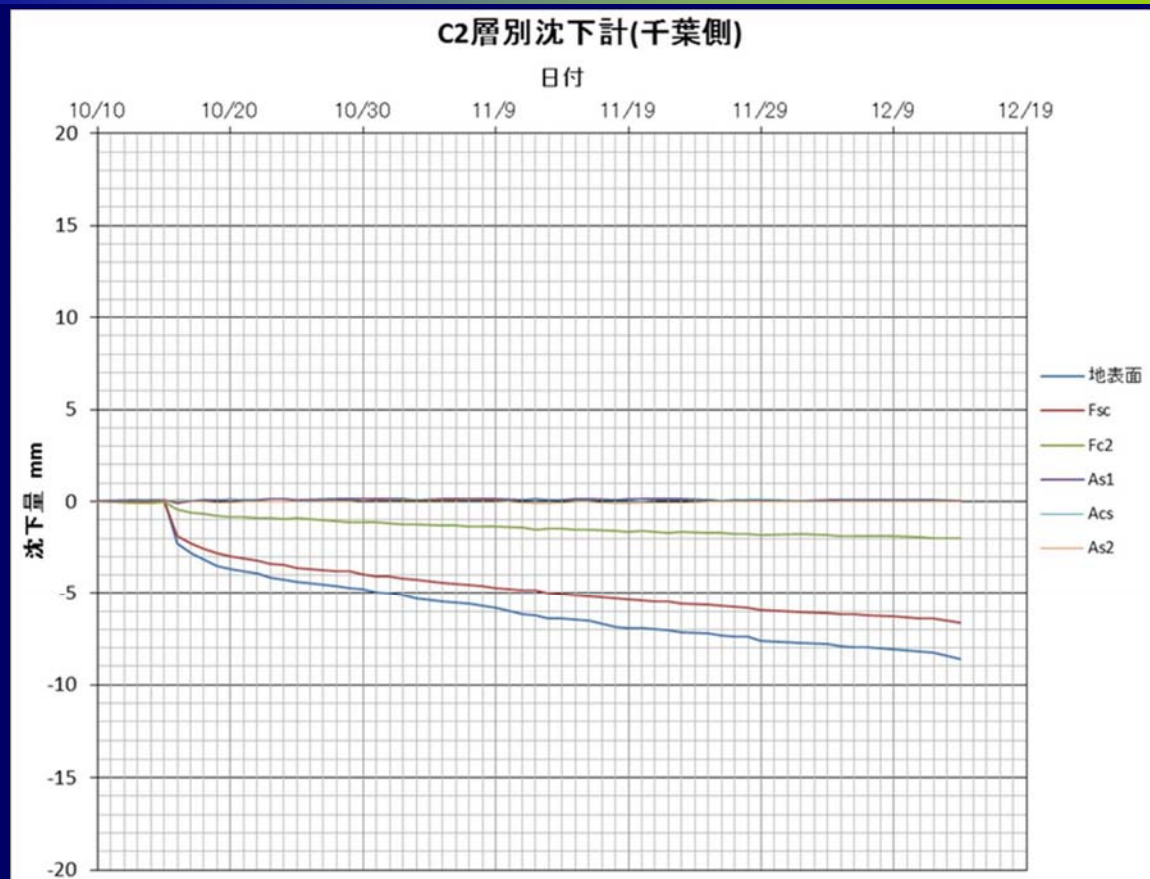
44



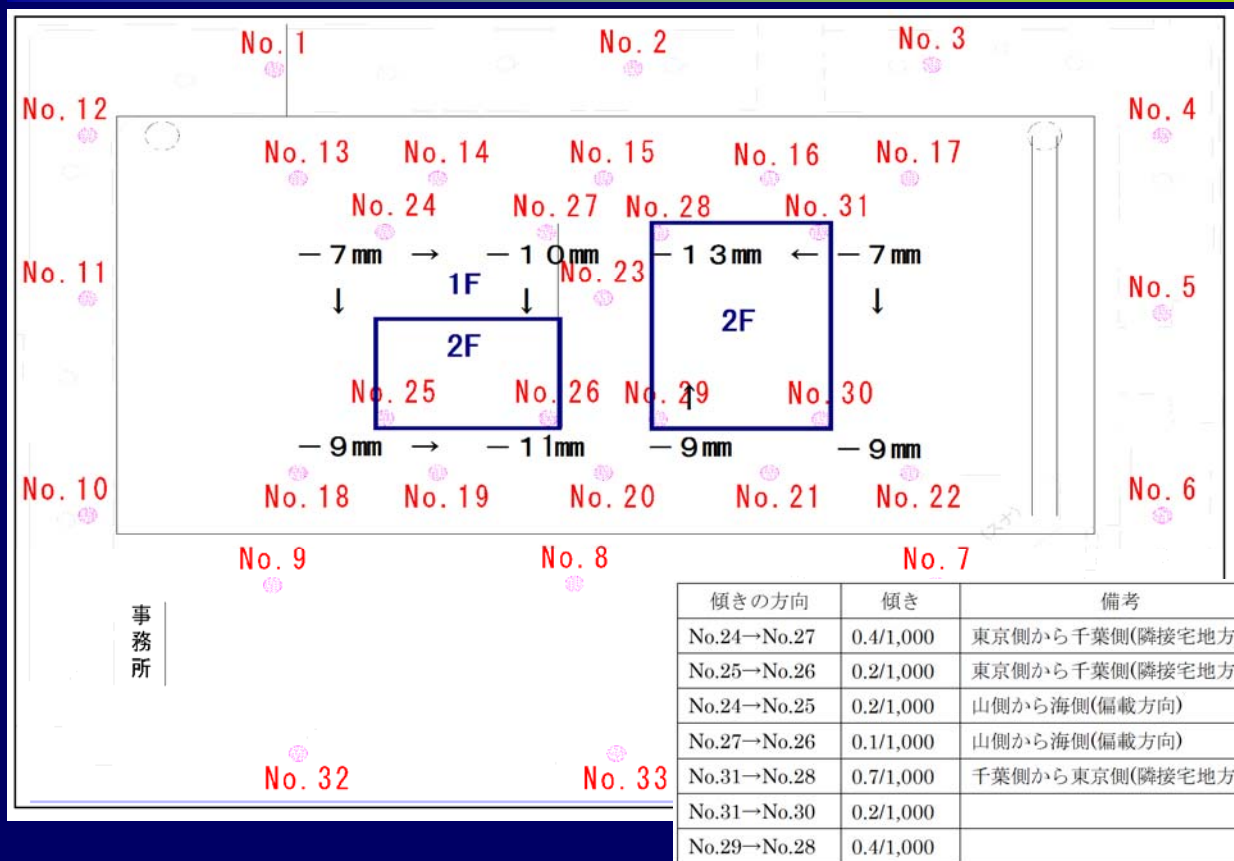
層別沈下計 C1(P47)



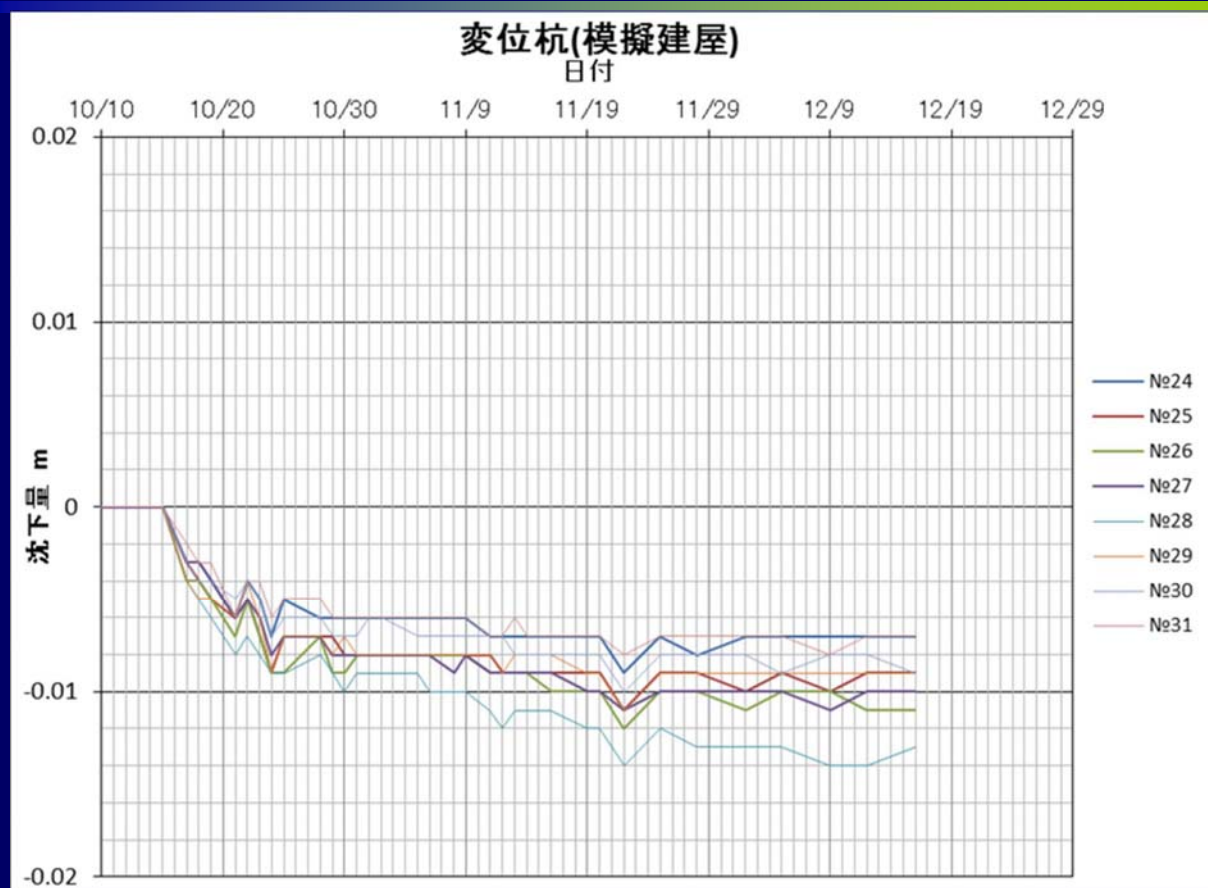
層別沈下計 C2(P47)



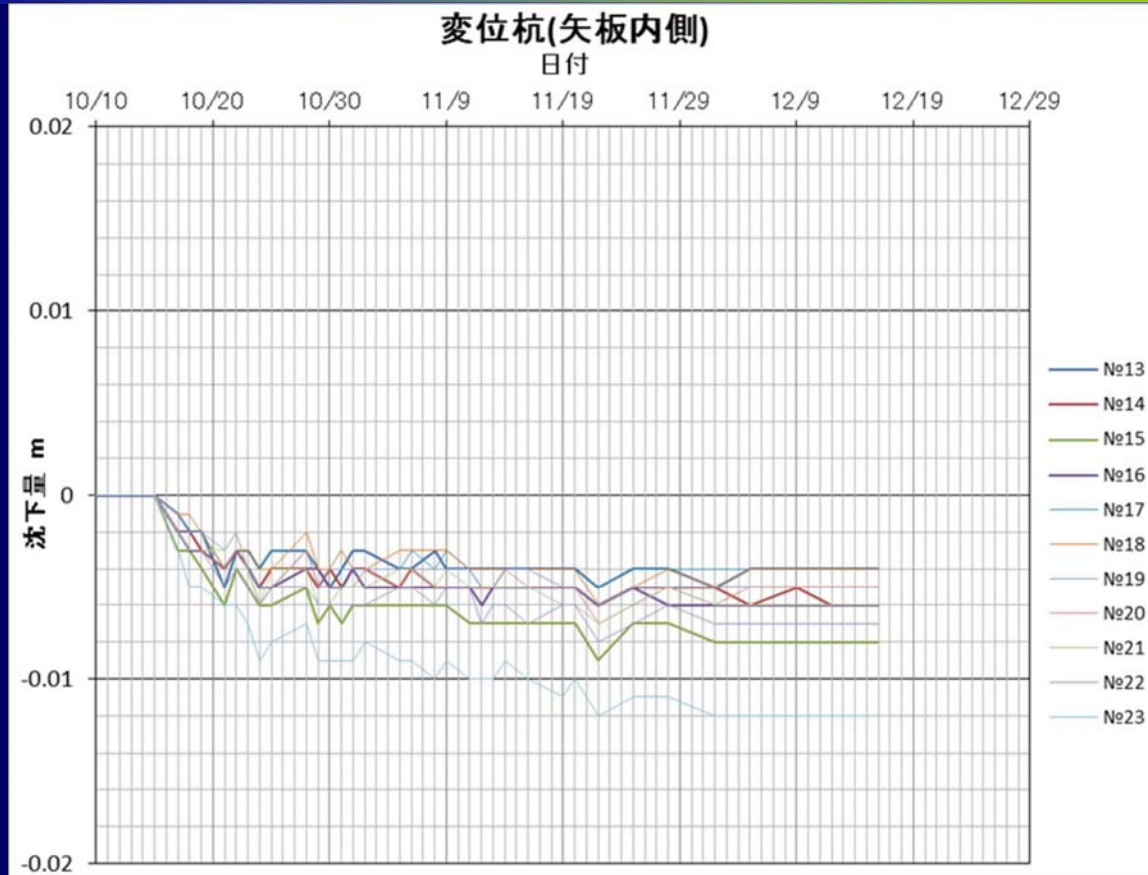
地表面沈下計(P48)



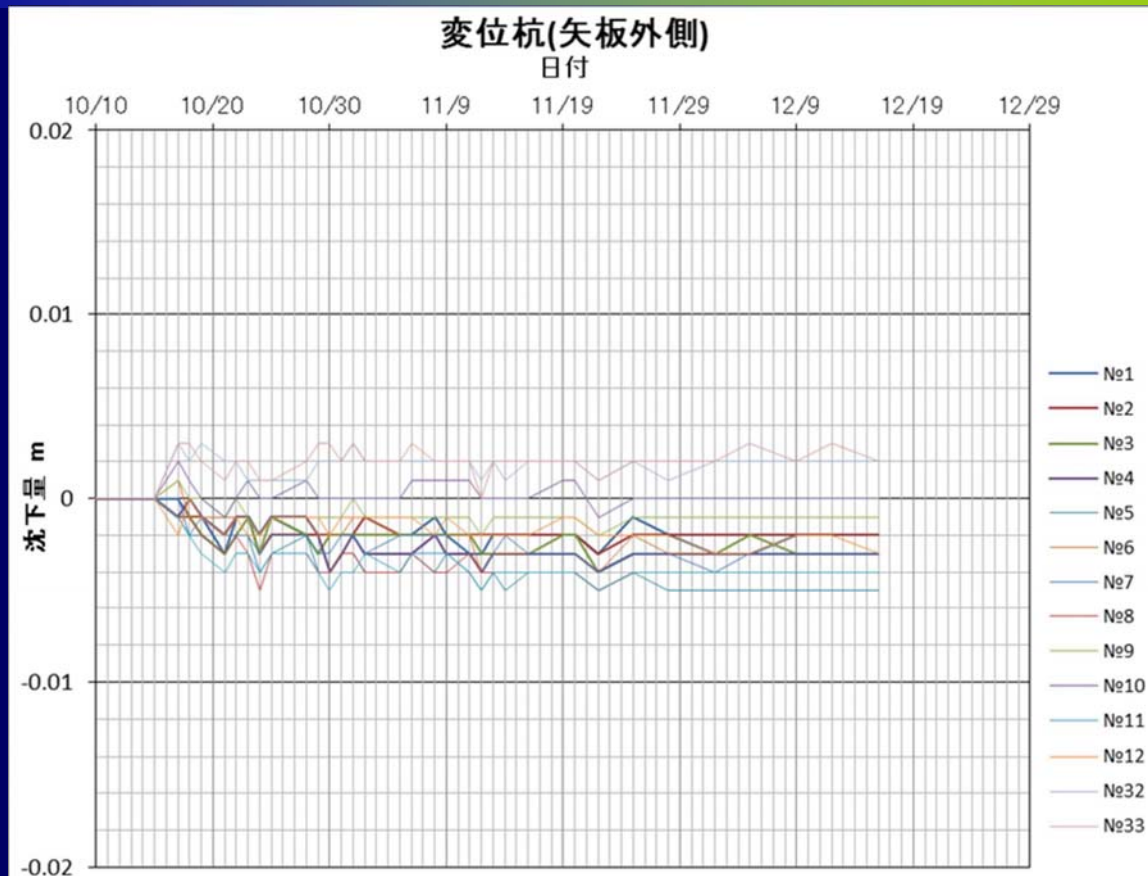
地表面沈下計(P48)



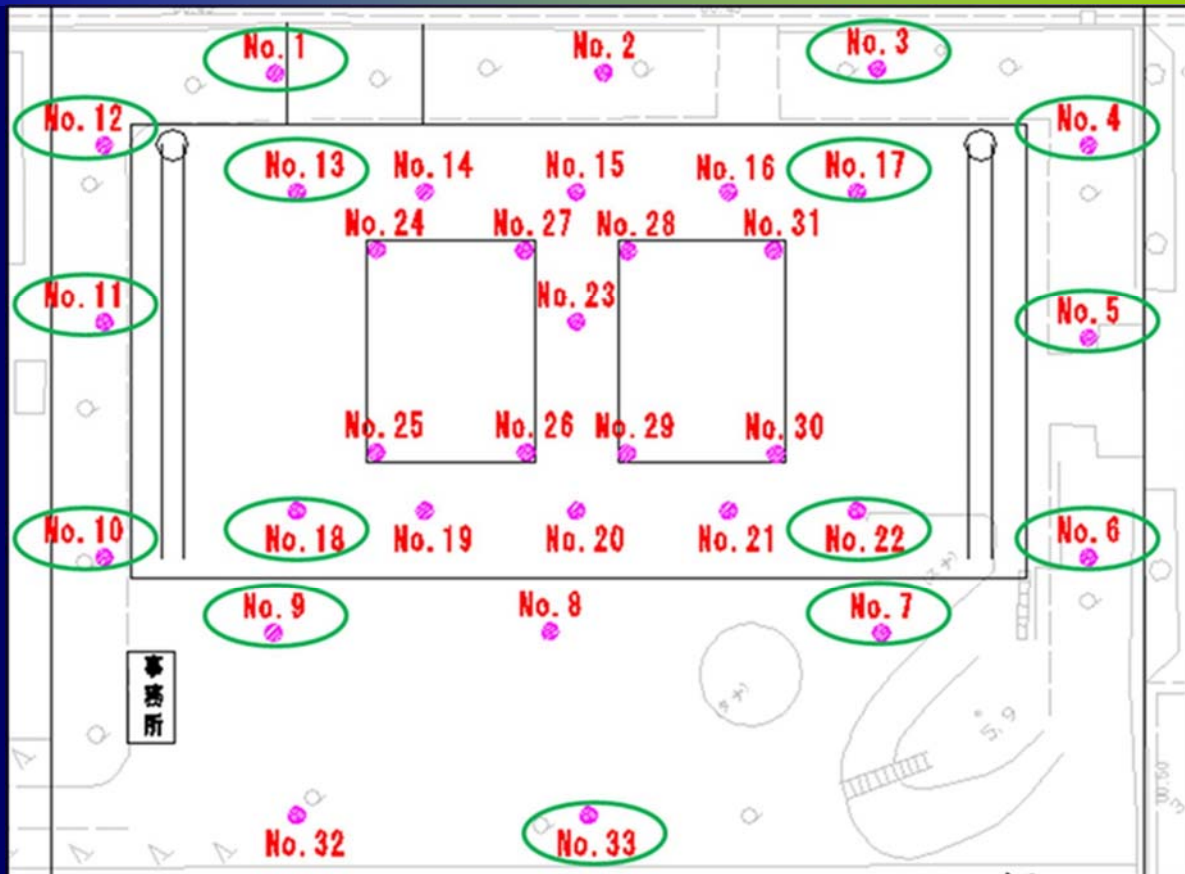
地表面沈下計(P48)



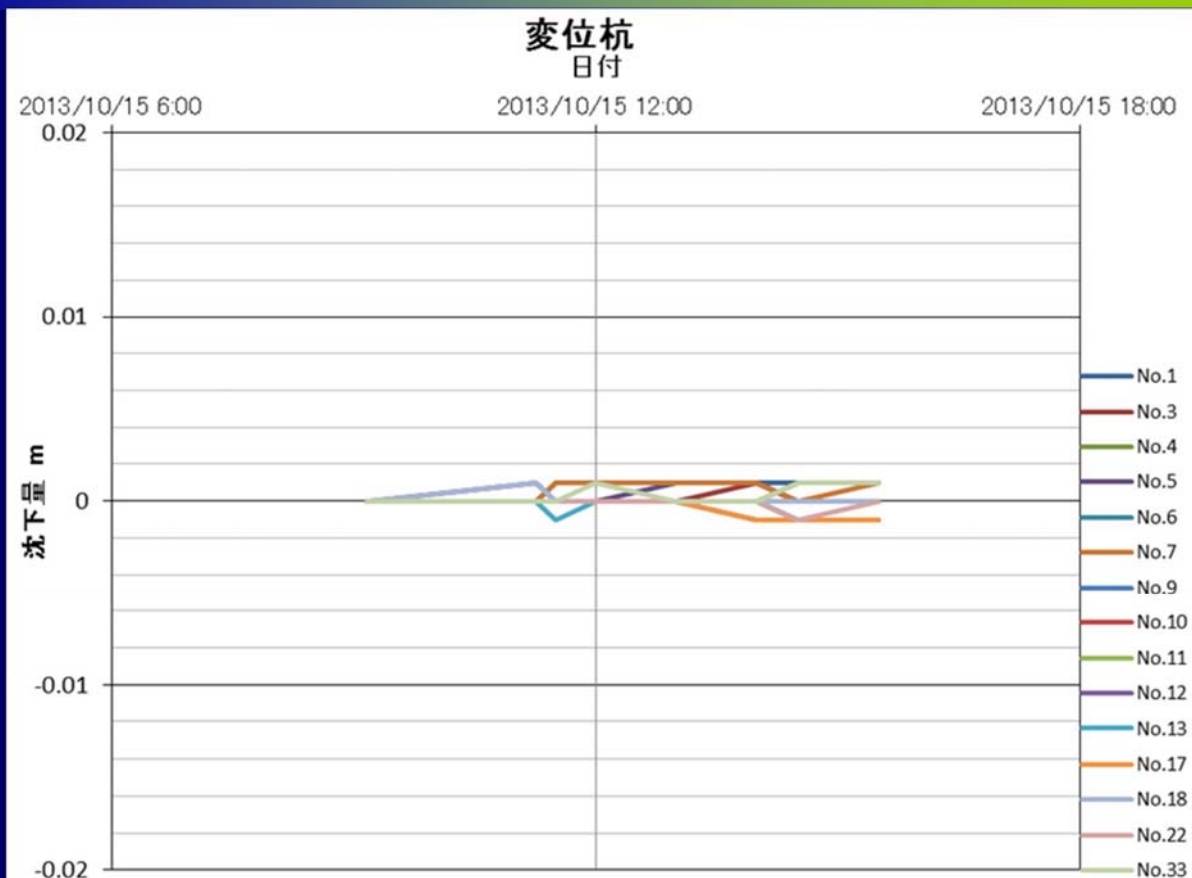
地表面沈下計(P49)



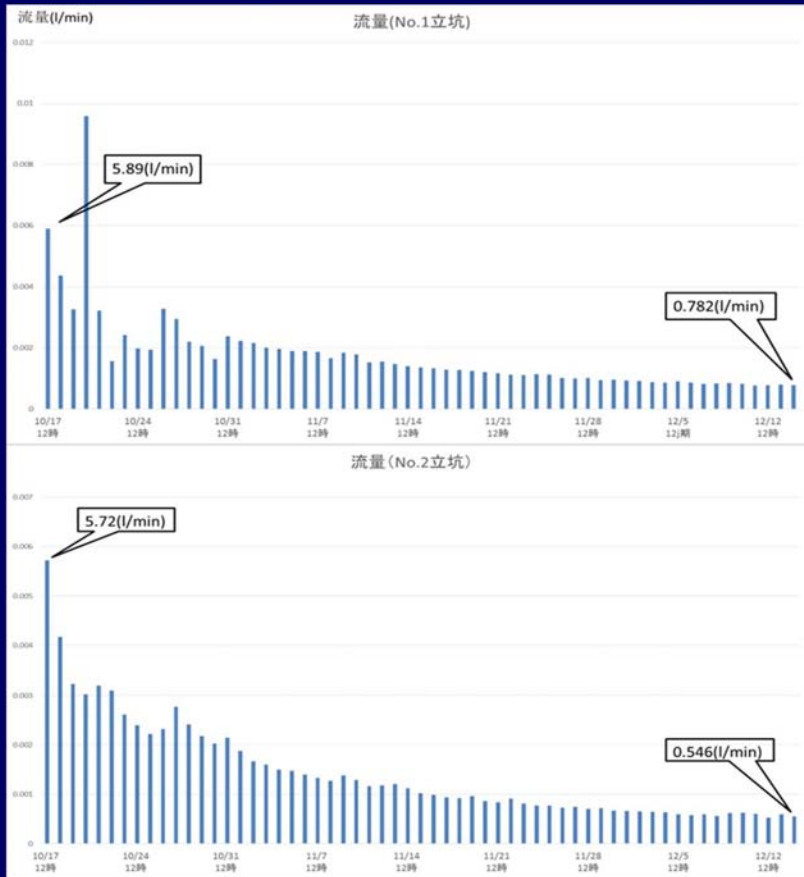
地表面沈下計(P49)



地表面沈下計(P49)



排水量(P50)



平成25年9月7日(止水矢板打設日)～
平成25年12月14日の累積雨量：
733mm

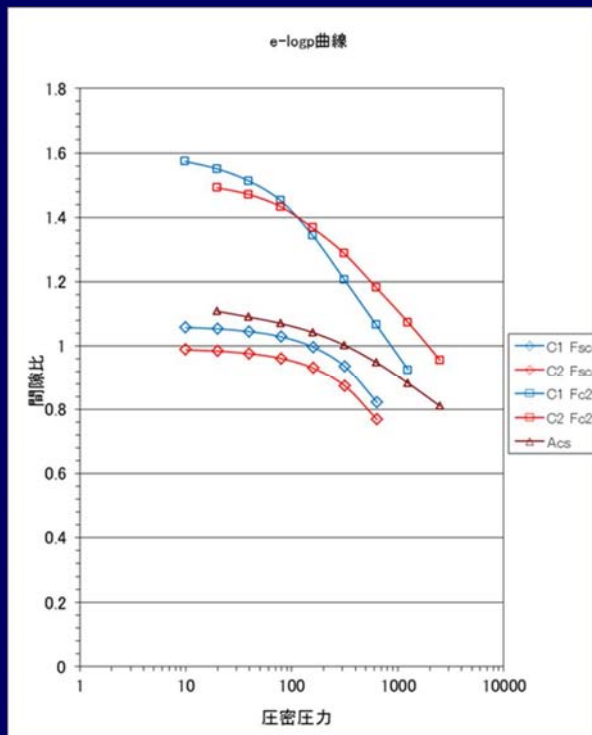
上記期間に試験区域
(A=43.2m×22m)に降った総雨量：
696.6m³

平成25年10月15日～
平成25年12月14日までの排水量：
167.2(No.1)+138.4(No.2)=
305.6m³

$$305.6/696.6 = 0.44$$

沈下計算による検証(P51)

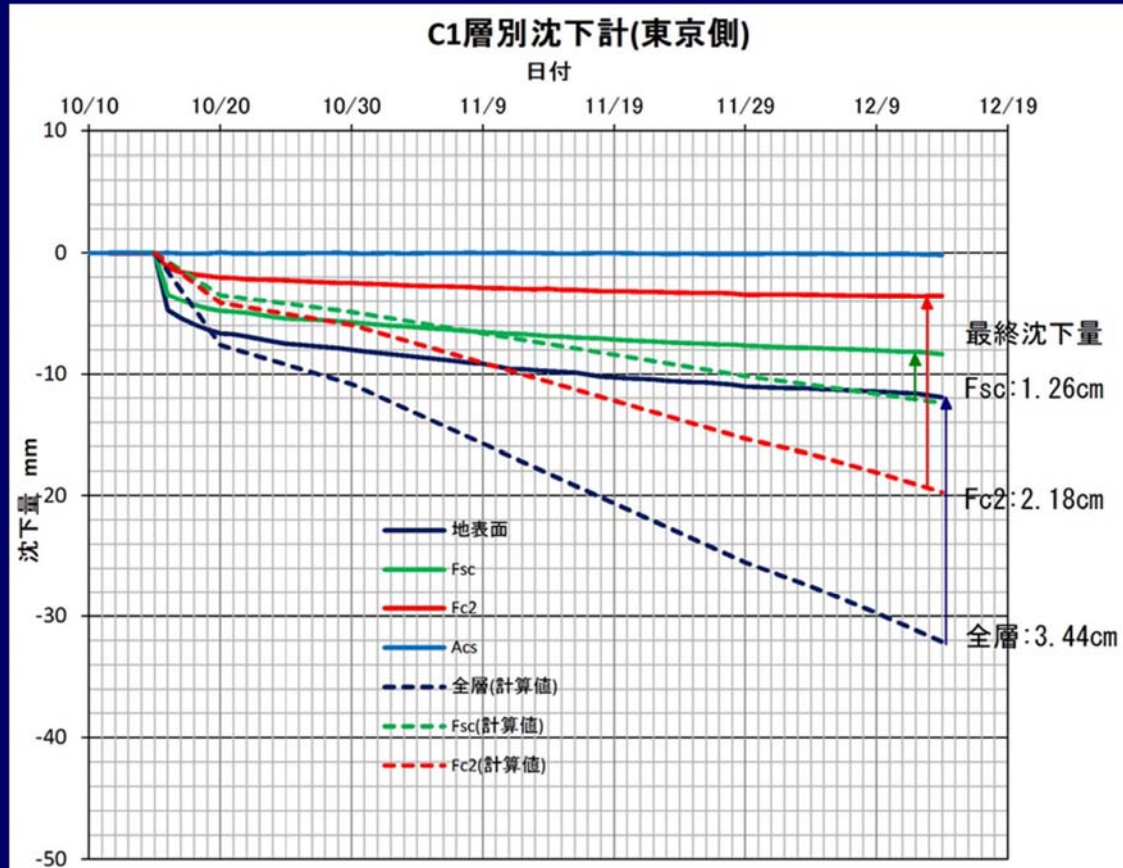
地下水位：10/15から60日で深度1.0m(TP2.5m)
から深度3.0m(TP0.5m)まで低下



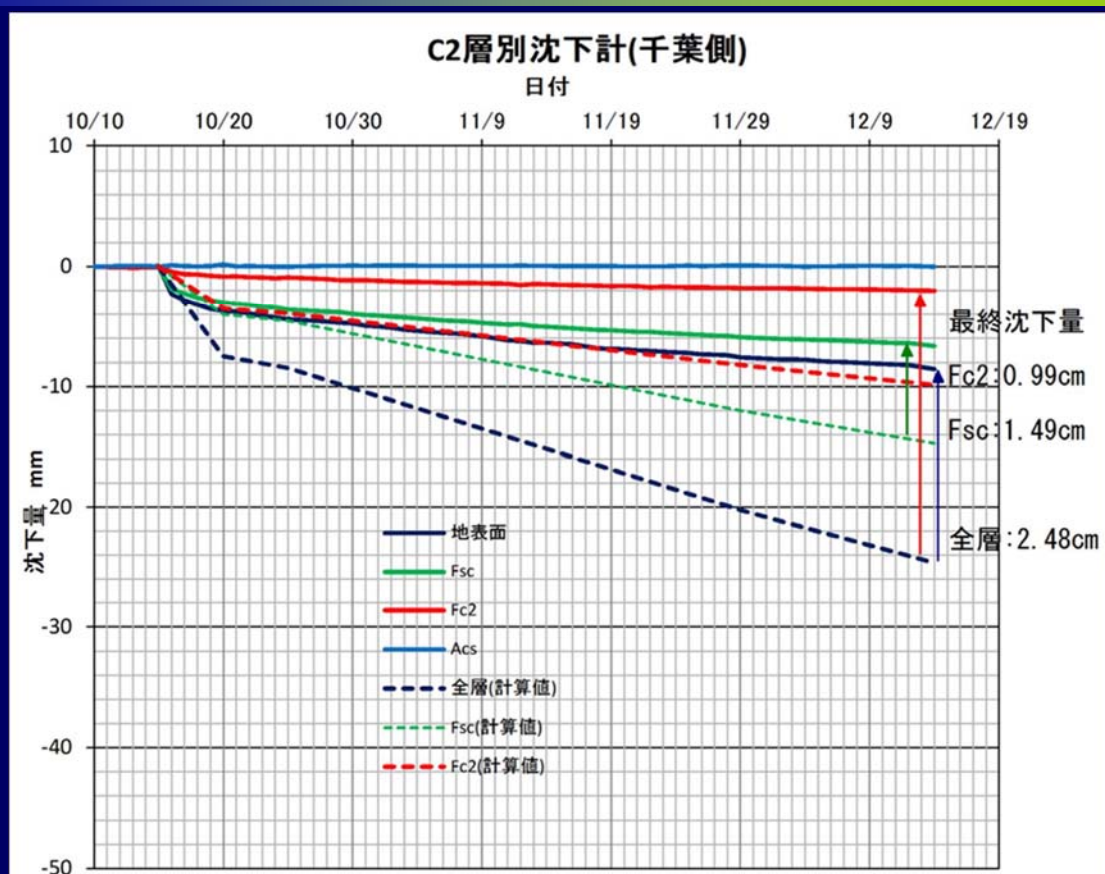
| 地層 | 単位体積重量 (kN/m ³) |
|-----|--------------------------------|
| Fsc | 17.0 |
| Fc2 | 17.0 |
| As1 | 18.5 |
| Acs | 18.0 |
| As2 | 18.5 |

| 計測点 | 地層 | 沈下量(cm) | | |
|-----|-----|---------|------|------|
| | | 12/14 | | 最終 |
| | | 実測値 | 計算値 | |
| C1 | Fsc | 0.84 | 1.24 | 1.26 |
| | Fc2 | 0.35 | 1.97 | 2.18 |
| | Acs | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| | 全層 | 1.20 | 3.21 | 3.44 |
| C2 | Fsc | 0.66 | 1.48 | 1.49 |
| | Fc2 | 0.20 | 0.99 | 0.99 |
| | Acs | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 全層 | 0.86 | 2.47 | 2.48 |

沈下計算による検証(P52)

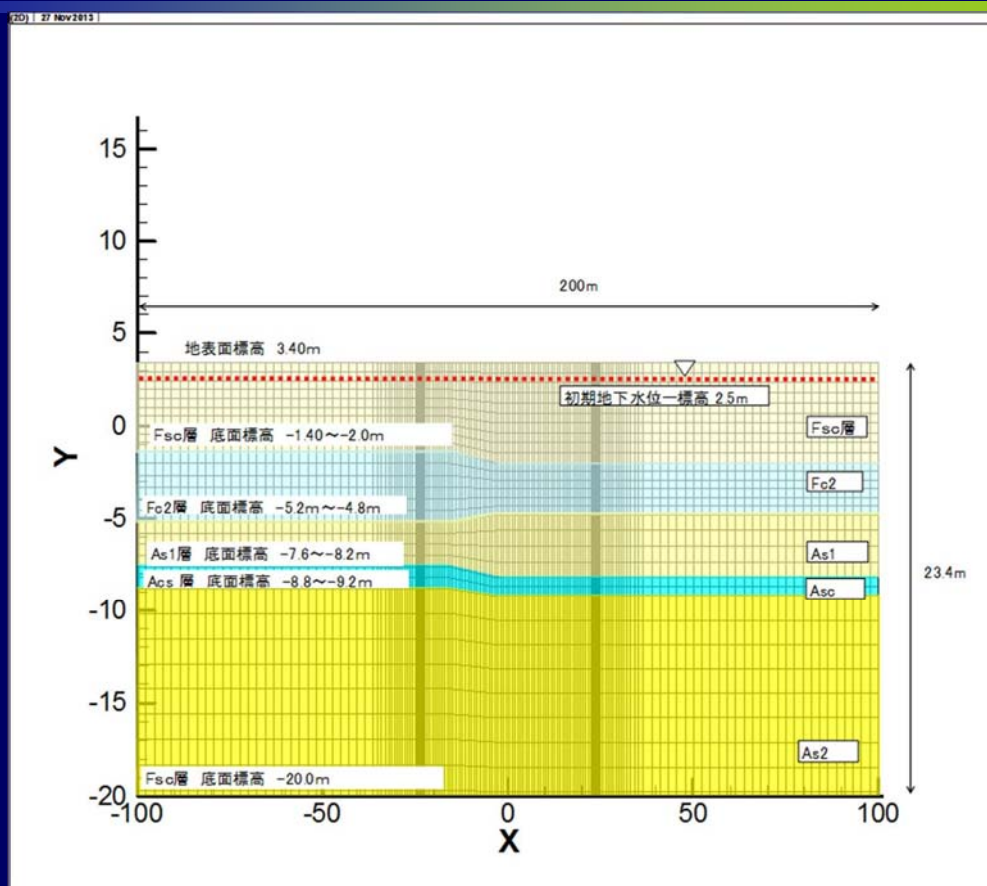


沈下計算による検証(P52)



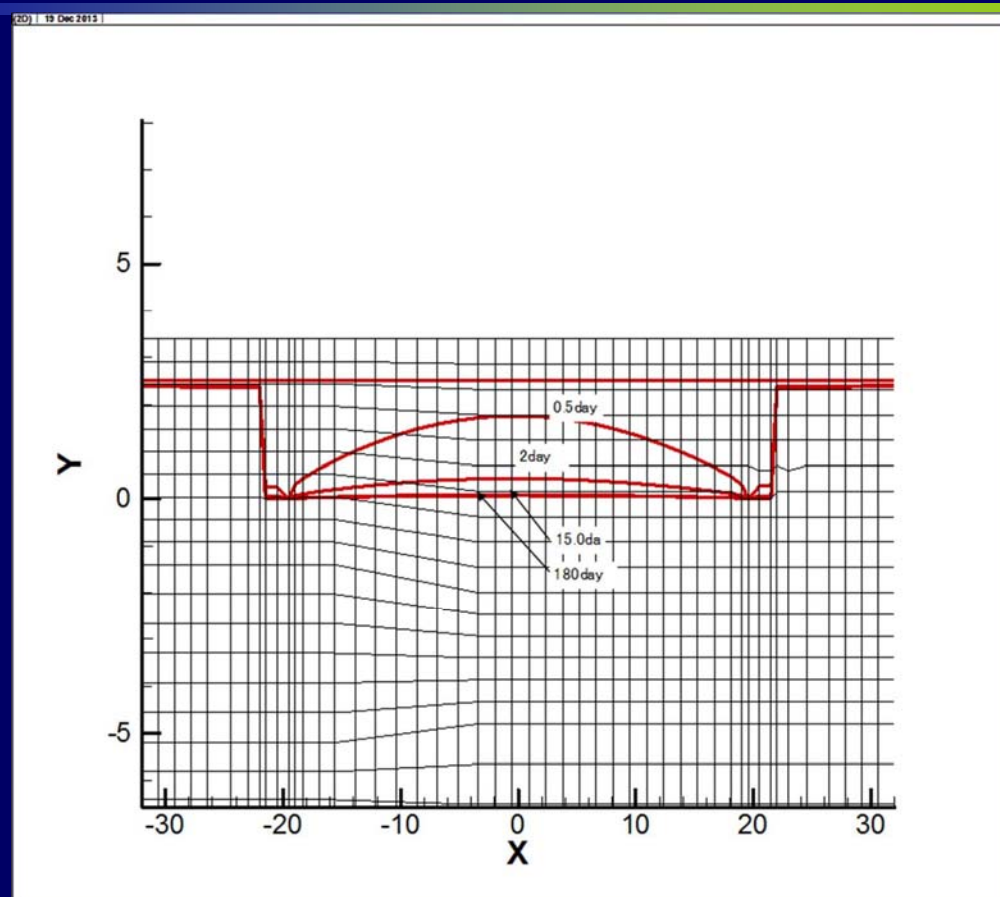
連成解析による検証(P52)

57

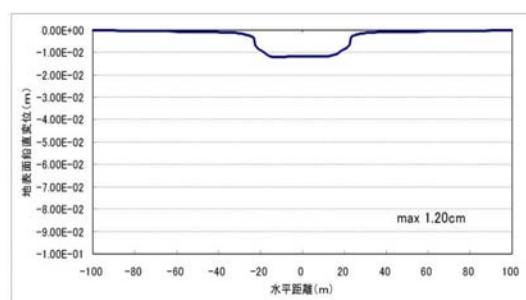
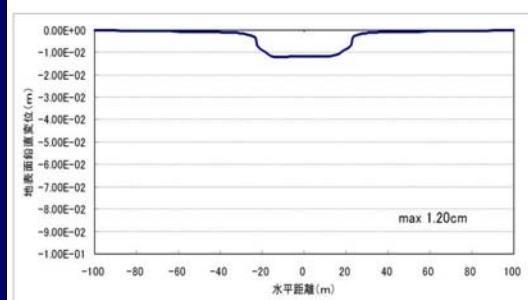
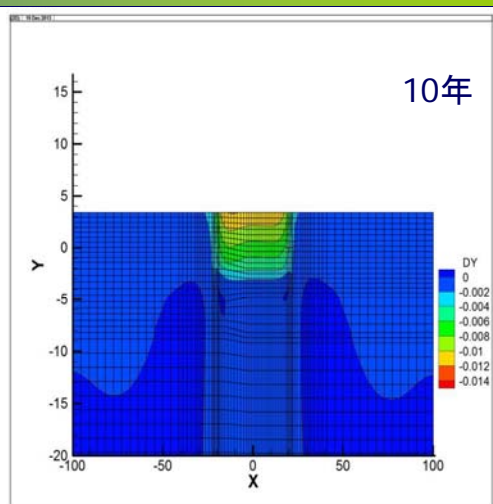
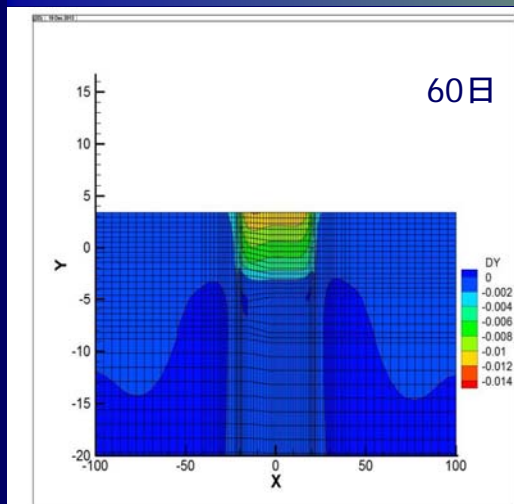


連成解析による水位分布(P53)

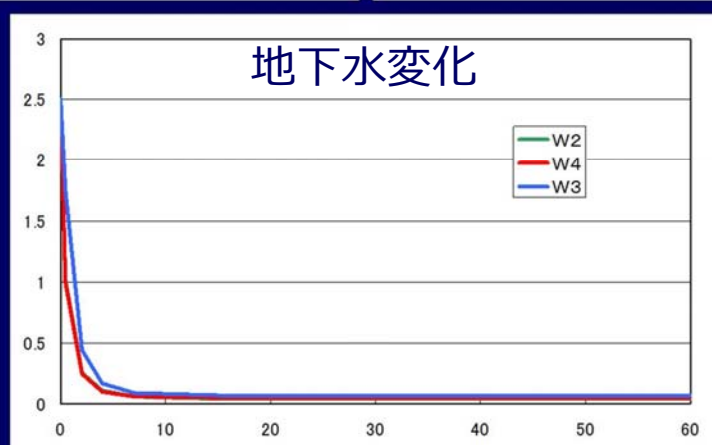
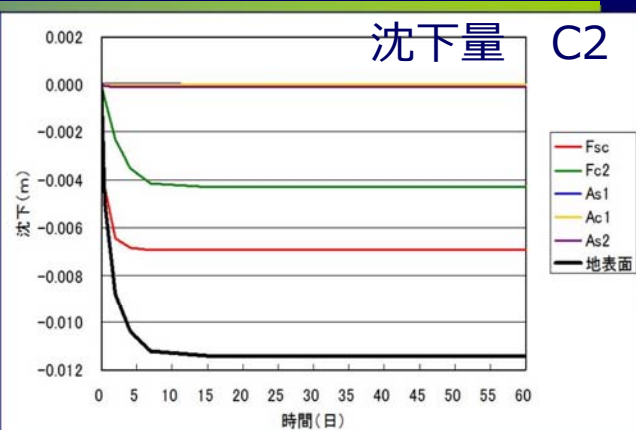
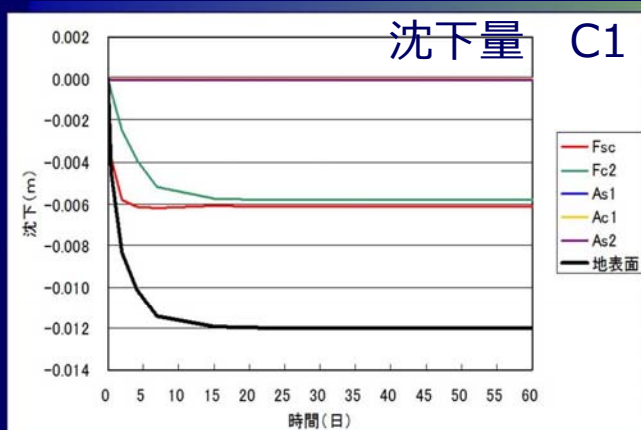
58



連成解析による沈下量(P54)



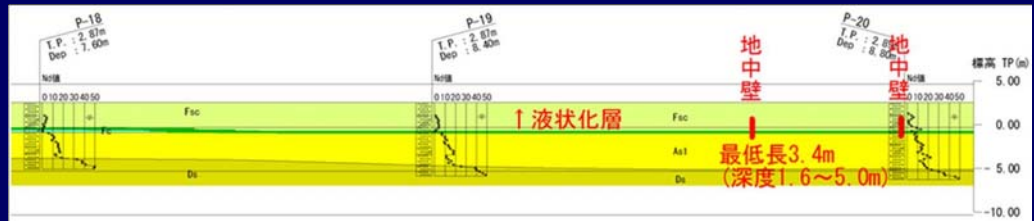
連成解析による検証まとめ(P55)



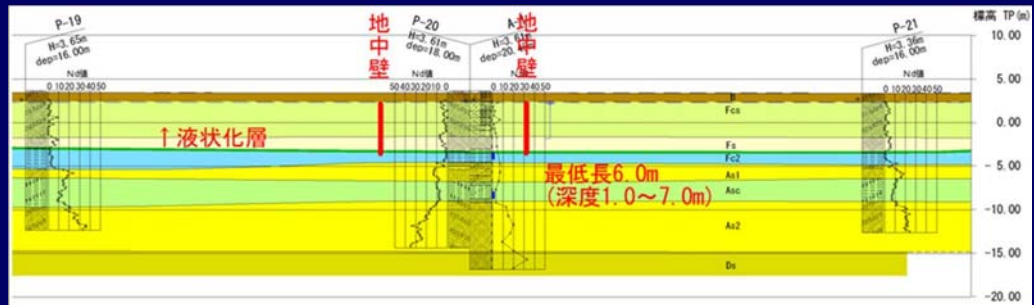
格子状地中壁工法の地盤モデル(P56)

61

真砂5丁目



磯辺4丁目

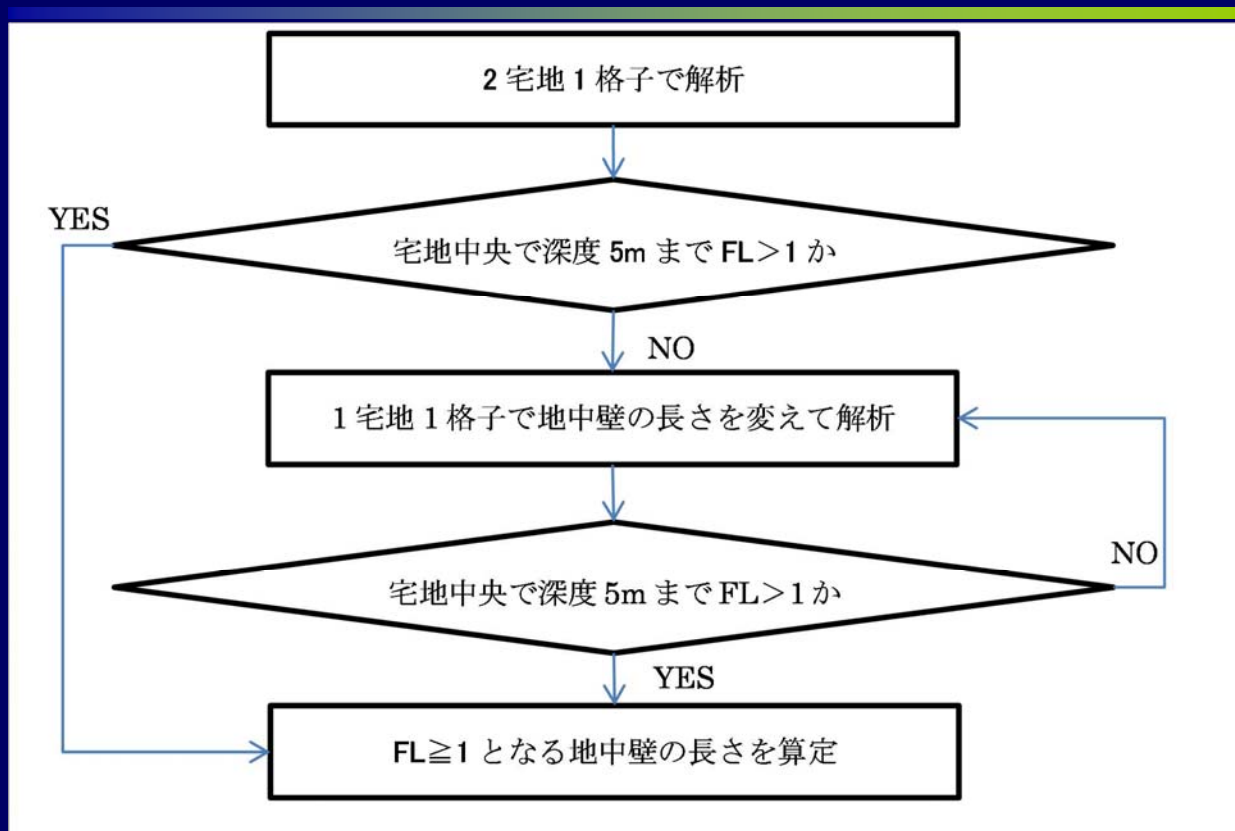


磯辺8丁目



2次元等価線形解析の検討フロー(P56)

62

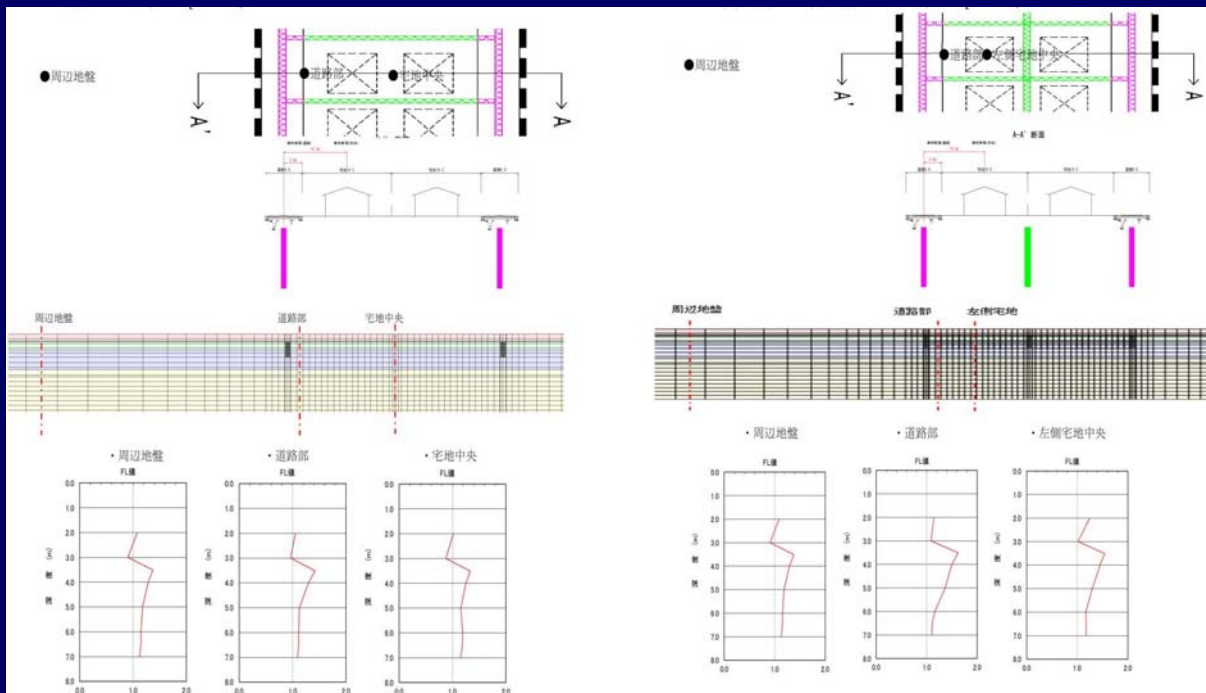


真砂5丁目の検討(P57)

63

2宅地1格子 改良長さ3.4m

1宅地1格子 改良長さ4.4m



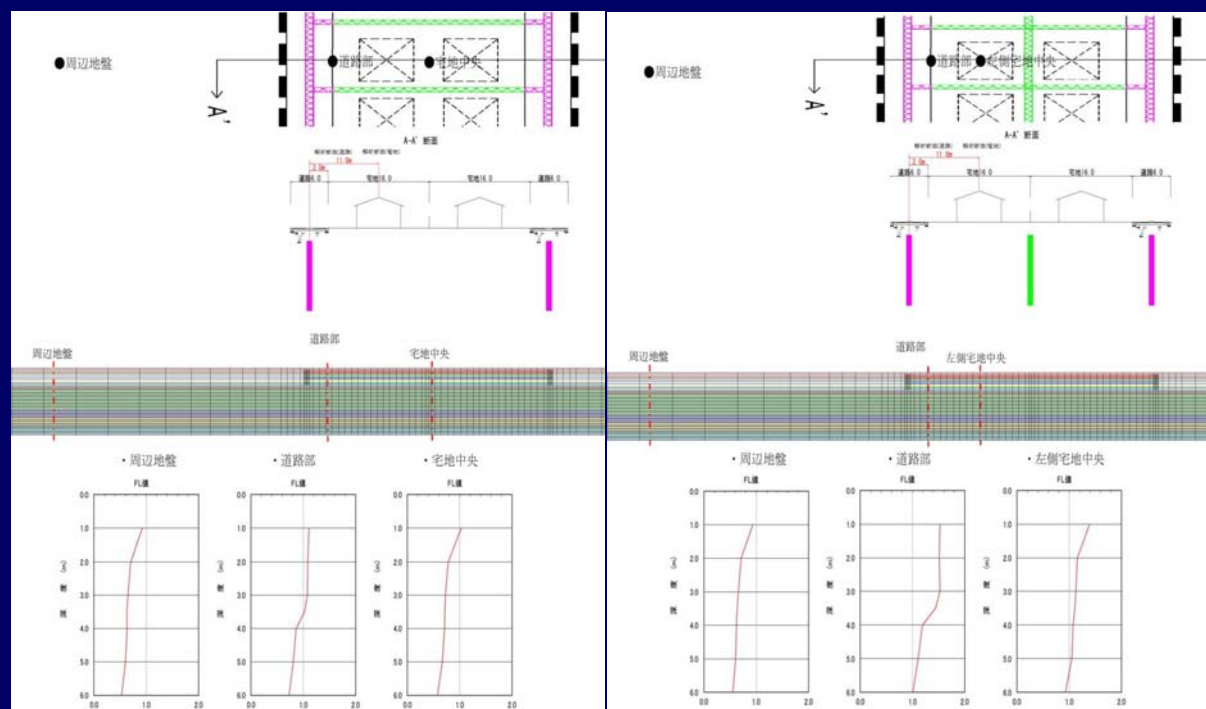
1宅地1格子 改良長さ4.4mで改良効果が認められる

磯辺4丁目の検討(P58-59)

64

2宅地1格子 改良長さ11.35m

1宅地1格子 改良長さ11.35m

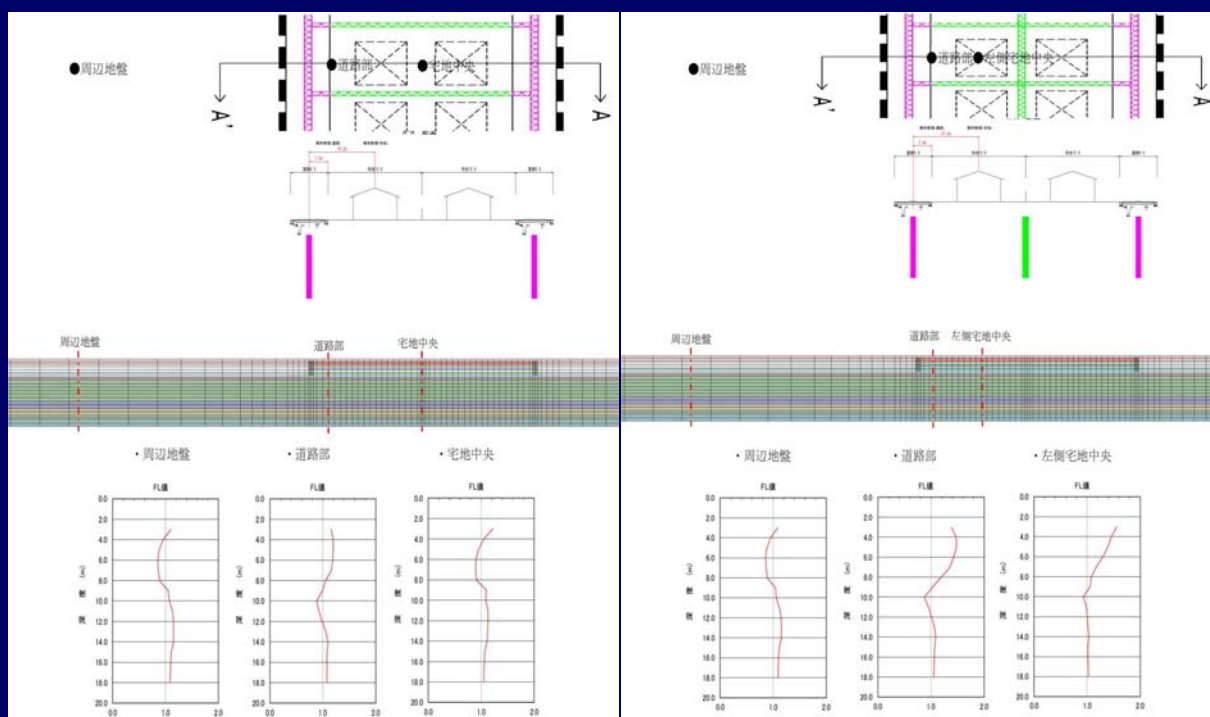


1宅地1格子 改良長さ11.35mで改良効果が認められる

磯辺8丁目の検討(P60)

2宅地1格子 改良長さ6.9m

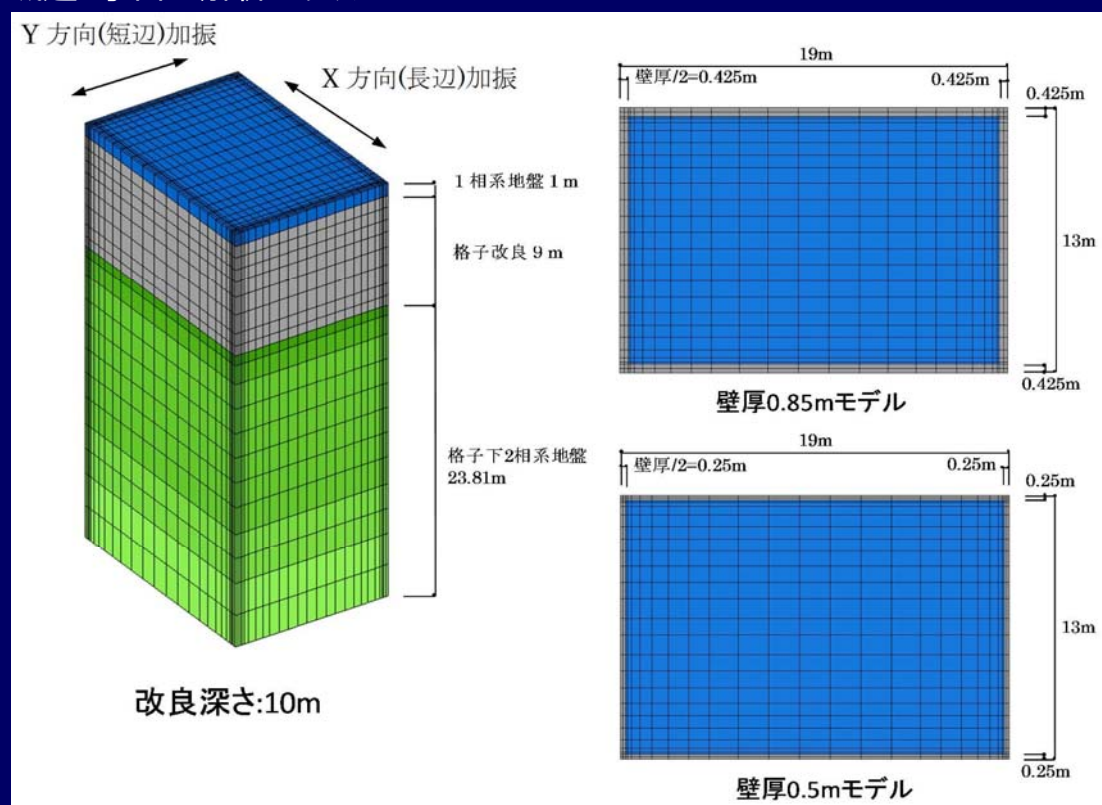
1宅地1格子 改良長さ6.9m



1宅地1格子 改良長さ6.9mで改良効果が認められる

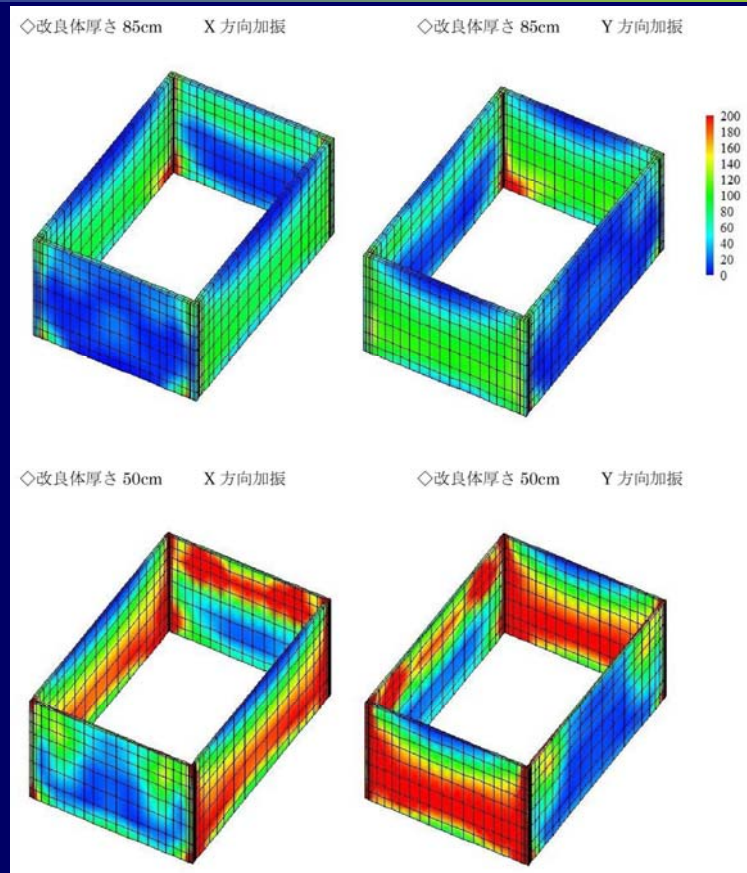
3次元有効応力解析(P61)

磯辺4丁目の解析モデル



3次元有効応力解析結果(P62)

67



地盤状況のまとめ(P63)

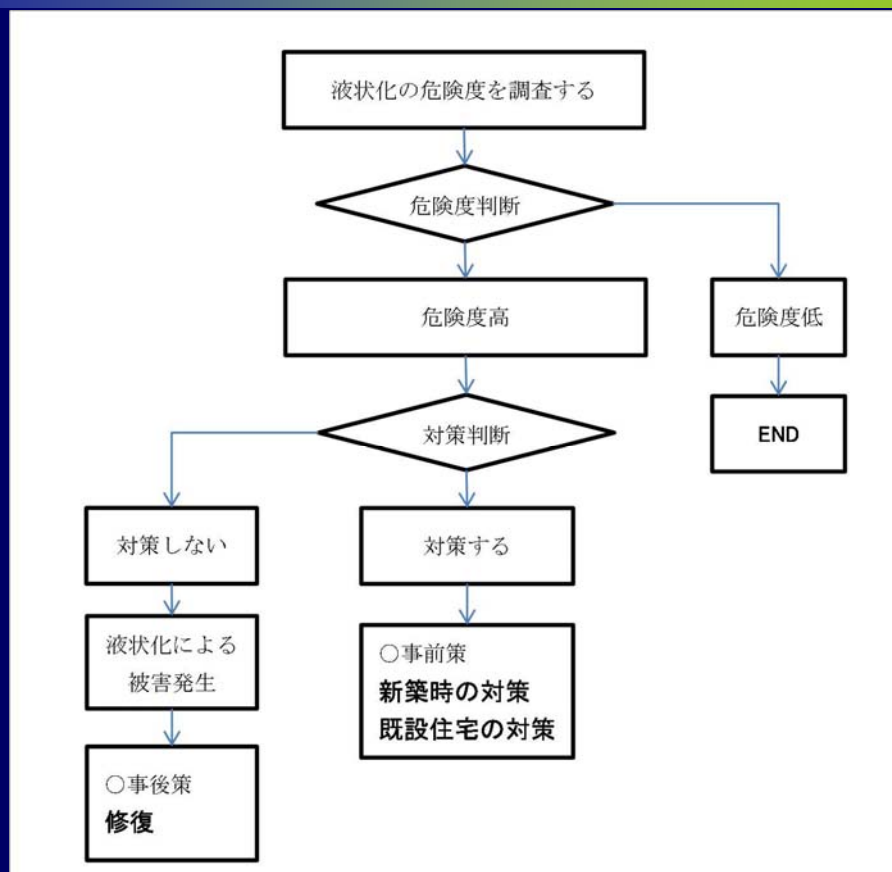
68

- ・ 当地の土層は大きく、埋立層、完新統(沖積層)、更新統(下総層群)に区分される。
- ・ 埋立層は、山砂などを客土した盛土と浚渫土に区分される。完新統(沖積層)は大局的に砂と粘土の互層からなる。更新統(下総層群)は砂質土を主体とし、粘性土を部分的に伴う。
- ・ 磯辺地区では浚渫土の粘性土に連続性が認められる。
- ・ 再液状化する層は、浚渫土の砂質土である。
- ・ 磯辺4丁目、磯辺8丁目付近に $D_{cy} = 10\text{cm}$ 程度の高まりが認められ、優先的に対策を検討すべき箇所と判断される。
- ・ 粘性土($Fc2$)の層厚分布図をみると、JR京葉線から海側には層厚2m以上の分布が認められることから、地下水位低下工法を採用する際の遮水層として期待できると考えられる。

液状化対策工法のまとめ(P63)

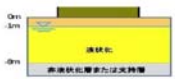
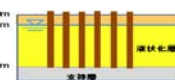

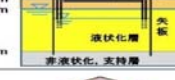
- ・ 2013/12/14現在、試験区域中央部の水位は、深度2.85mまで低下した(計画値は深度3.0m)。
- ・ 12/14時点での沈下量は、東京側(C1)で地表面沈下が1.2cm、千葉側(C2)で0.9cmである。その沈下は、FscとFc2で生じている。
- ・ 2013/12/14現在、模擬建屋の沈下は、最大で1.3cmである。傾きは、偏載方向、および建物近接方向が顕著である。
- ・ 圧密沈下計算による沈下量の検証は、実測値との乖離が大きい。
- ・ 連成解析による沈下量の検証は、実測値をほぼ再現でき、10年後の沈下量は約1.2cmである。
- ・ 格子状地中壁工法の改良長は、代表地点で解析すると、真砂5丁目で4.1m、磯辺4丁目で10.7m、磯辺8丁目で6.9mである。

個別対策の考え方(P64)



事前対策の例(P64)

71

| 原理 | 概要 | 模式図 | 具体的な工法 | 概算金額 |
|----------|---|---|-------------------|------------------------|
| 新規に建てる | 建物基礎下の不飽和の液状化しない層を厚くすることにより、下部が液状化しても変形しにくさが保たれるようにする |  | 盛土 | 100万程度 |
| | 液状化しても建物の安定を保持できるように、杭を用いて建物を支持させる |  | 鋼管杭 柱状改良 | 200万程度 |
| | 固化材と地盤とを攪拌混合して地盤を固化させる |  | 表層地盤改良 | 100万～200万 |
| すでに住宅がある | 極めて流動性の低い注入材を地盤中に圧入して、周辺地盤を圧縮により締固める |  | コンパクション グラウチング | 300万～550万 |
| | 地下水位を強制的に下げることにより、表層地盤の不飽和層(液状化しない層)を厚くする |  | 井戸による 汲み上げ | 1700万程度 (ランニングコスト別) |
| | シートパイルなどの改良壁で地盤を囲み、地震時の地盤のせん断変形を抑制することで液状化を防止する |  | 壁状締切り | 1700万程度 |

出典：液状化から戸建て住宅を守るための手引き、公益社団法人地盤工学会関東支部に加筆

修復工法の例(P65)

72

| 工法名 | 工法の概要 | 概算金額 |
|------------|---|-------------|
| アンダーピニング工法 | 基礎下を掘削して建物荷重により1m程度の管杭を継ぎ足しながらジャッキで圧入する。支持層まで貫入後、これを反力にジャッキアップする。 | 600～1,000万円 |
| 耐圧版工法 | 基礎下を順次掘削して借受けと打設を繰り返して良質な地盤面に一体の耐圧版を構築し、耐圧版を反力にジャッキアップする。 | 500～700万円 |
| ポイントジャッキ工法 | 基礎の一部をはつり土台下に爪つきジャッキを挿入してジャッキアップする。補強等を行い既存基礎を再使用する場合が多い。 | 200～300万円 |
| 注入工法 | 基礎下へグラウトや薬液等を注入し、注入・膨張圧により沈下修正を行う。 | 300～600万円 |

出典：液状化被害の基礎知識、日本建築学会に加筆