

## 建築WG調査項目

- III-1: 戸建て住宅、集合住宅（マンション、タウンハウス）、小・中学校、集会所等公共施設の被害状況の整理と素因分析
- III-2: 今回の地震の評価、技術基準レベルで設定している、地震レベルの整理
- III-3: 現在に基準レベルに基づくレベルⅠ、レベルⅡ、レベルⅢ超地震動による宅地の再液状化の判定
- III-4: 小規模建築物向け液状化工法の分類・整理

## 建築WG経過報告

### 調査経過報告

1. 被害状況の把握（戸建て住宅、公共施設、マンション等）(III-1)
2. 杭基礎の健全性評価・被害調査計画 (III-1)
3. 微動観測、余震観測 (III-2)
4. 建物被害・地盤沈下と液状化予測の関係 (III-3)
5. 戸建て住宅等の傾斜修復方法・液状化対策 (III-4)
6. 今後の検討課題(III-5)

### 中間報告

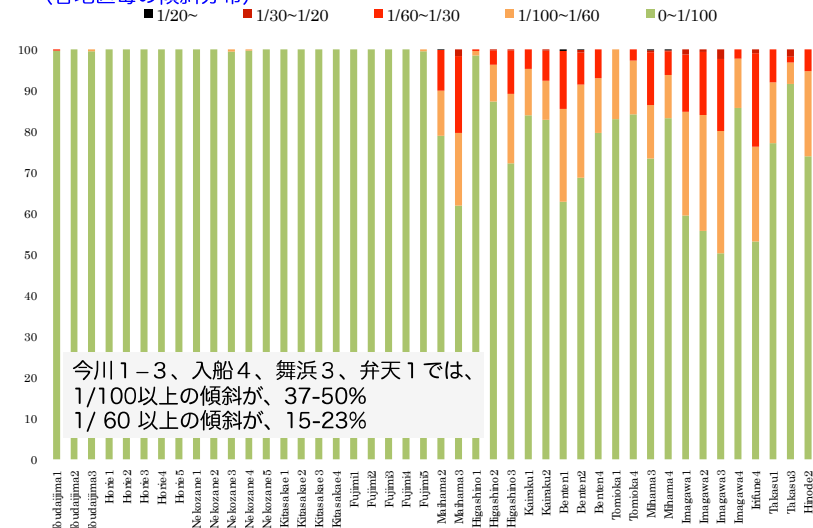
- 課題(III-1) 建築物の被害状況の整理と素因分析についての中間報告(資料 III-1)
- 課題(III-4) 液状化沈下復旧対策・液状化対策についての中間報告(資料 III-4-1~III-4-6)

### 添付資料

- 学校棟の沈下計測結果（資料1）
- 杭基礎の健全性評価（資料2）

### III-1-2 戸建て住宅の被害状況調査-2

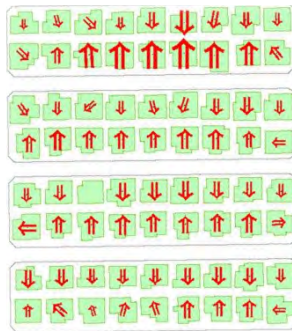
(各地区毎の傾斜分布)



3Dレーザースキャナ調査例

### III-1-3 戸建て住宅の傾斜方向調査

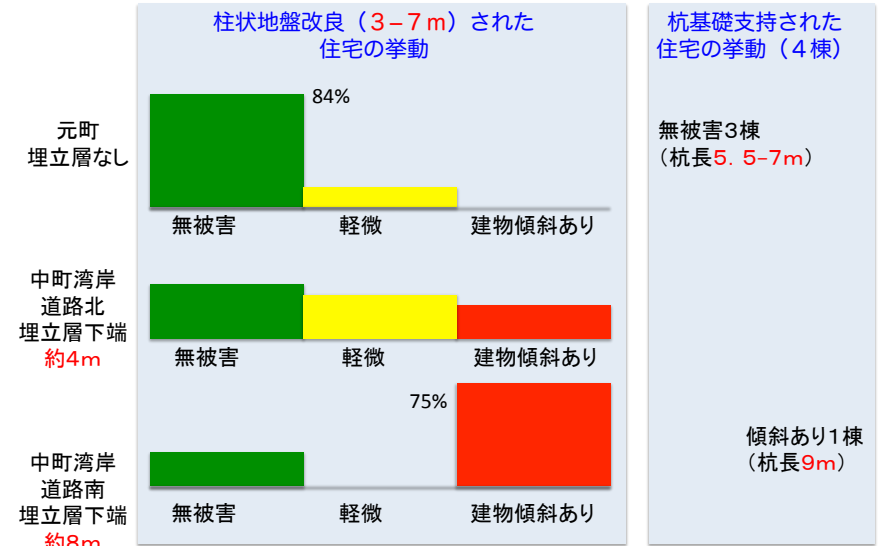
浦安市で液状化・傾斜被害があった地区の約9,000棟で実施。



傾斜方向の例

3Dレーザ測量及び家屋の傾斜方向調査から、多くの家屋が直近の隣接家屋方向または道路と反対側に傾斜している傾向が確認された。

### III-1-4 柱状改良された地盤または杭に支持された戸建て住宅の挙動



液状化層 (埋立層) の下部地盤まで地盤改良や杭先端が十分届いていない場合に被害が認められる傾向。さらに、データを収集して検討。

### III-1-5 支持杭建物・摩擦杭建物の相対沈下挙動の調査

液状化した敷地内に存在する支持杭建物・摩擦杭建物の相対沈下量を測定 (入船南小学校・中学校、明海小学校・幼稚園)



入船中学校校舎棟 (支持杭、パイロフローテーション)



入船中学校武道棟 (摩擦杭、地盤改良なし) 中学校校舎に対して約80mm沈下



明海小学校校舎 (支持杭、地盤改良なし)



屋内運動場棟 (摩擦杭、地盤改良なし) 小学校校舎に対して42-66mm沈下



明海幼稚園校舎 (摩擦杭、地盤改良なし) 小学校校舎に対して14-22mm沈下

### III-1-6 杭基礎の健全性調査

調査済み：入船南小学校、高洲小学校

- 1) 杭頭目視調査
- 2) IT試験
- 3) 先端杭支持基礎と摩擦杭基礎の相対沈下測定



入船南小学校 (PHC、地盤改良有り)

調査計画中：運動競技場他1施設

- 1) 杭頭目視調査
- 2) IT試験
- 3) 孔内カメラ測定
- 4) 孔内傾斜計測定



高洲小学校 (SC+PHC、地盤改良なし)

### III-1-7 杭の健全性調査—入船南小学校 (杭基礎+地盤改良：杭頭無被害、IT試験結果健全)



IT試験

### III-1-8 杭の健全性調査—高洲小学校 (杭基礎、地盤改良無し：パイルキャップに若干の剥離あり、IT試験結果健全)



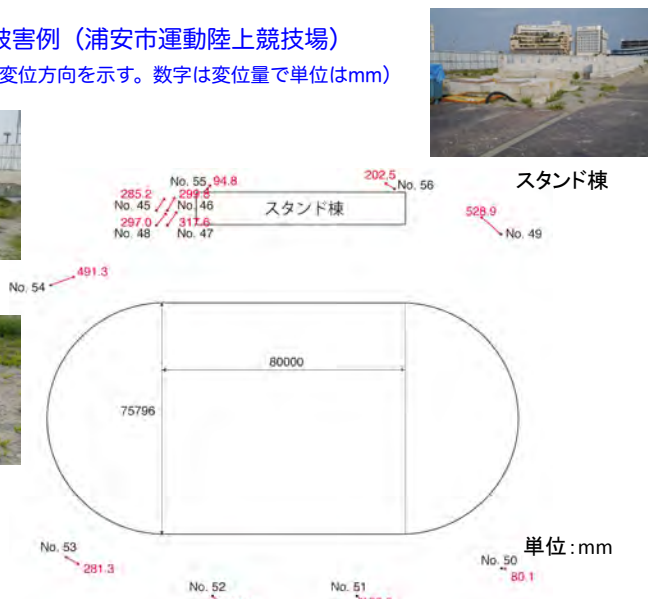
### III-1-9 建設中の杭被害例（浦安市運動陸上競技場） (赤の矢印が杭頭変位と変位方向を示す。数字は変位量で単位はmm)



No.45-48



No.54



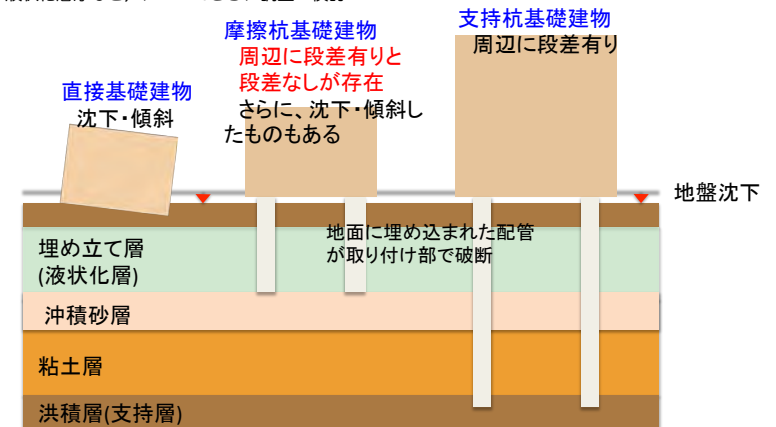
スタンド棟

単位:mm

施工中で杭頭が基礎に繋がっていない杭および杭頭が基礎に繋がれている杭が地盤変形の影響で大きく移動し被害を受けている可能性が高い。詳細調査計画中。

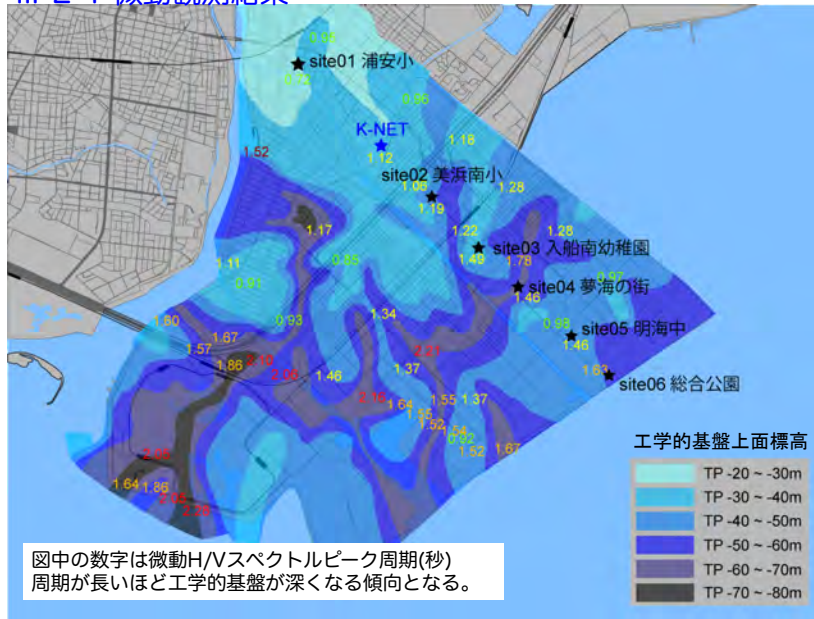
### III-1-10 戸建て住宅・公共施設・マンション等の被害状況調査結果

市内全域の戸建て住宅の被害状況（傾斜角、傾斜方向などを含む）を把握  
 地盤改良を施した戸建て住宅の挙動について調査継続  
 教育施設等に加えて、47主要公共施設等について調査  
 民間マンションの被害状況を整理中（54団地から協力）  
 公共施設2棟の杭基礎の健全性について調査。  
 被災した杭について調査予定  
 摩擦杭基礎建物の挙動の違い（周辺に段差ができたもの段差無しのもの存在する）に影響を与えた要因（杭長、液状化層厚など）についてさらに調査・検討



典型的な被害の模式図

### III-2-1 微動観測結果



### III-2-2 余震観測の概要

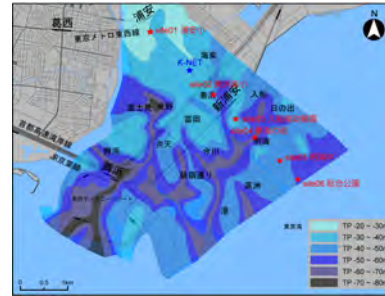


図1 余震観測地点と微動H/Vスペクトル卓越周期(図中数字) 及び軟弱層堆積深さ(浦安市ホームページより)

観測点ID	名称	緯度	経度	卓越周期	軟弱層深さ	観測開始日	観測終了日	観測回数
01	浦安小	35.684	139.781	0.39	30m	9/22	9/22	1
02	美浜南小	35.684	139.781	1.12	30m	9/22	9/22	1
03	入船南幼稚園	35.684	139.781	1.28	30m	9/22	9/22	1
04	夢海の街	35.684	139.781	1.48	30m	9/22	9/22	1
05	明海中	35.684	139.781	1.48	30m	9/22	9/22	1
06	総合公園	35.684	139.781	1.52	30m	9/22	9/22	1



図2 地震計設置状況(総合公園)

表1 地震記録取得状況(9月22日まで)

図1に示すsite01からsite06の6地点に図2のような地震計を設置し、余震観測を行っています。防災科学技術研究所の強震観測網K-NET(図1の青い星印)と直線に並ぶように設置して、地震動特性と被害状況、地盤特性などがどのように関係しているかを明らかにすることを目的としています。

※表1には記録がとれた場合に丸印を付しています。s01, s03, s04については観測開始後の電源喪失、機材不調などの理由により、他観測地点より記録が少なくなっています。

### III-2-3 余震観測結果の例

日時: 2011年8月31日18時33分 震源: 東京湾 マグニチュード: 4.5 浦安市震度: 2

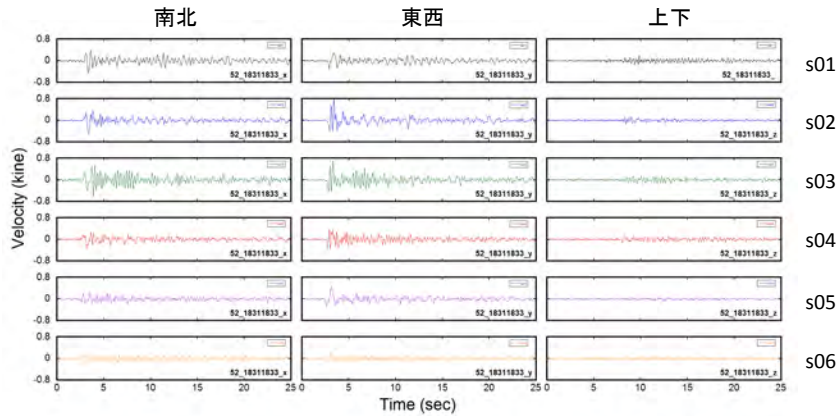
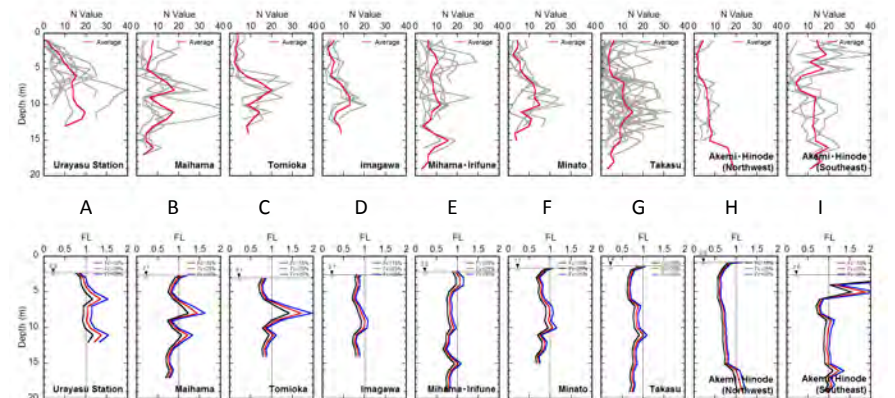
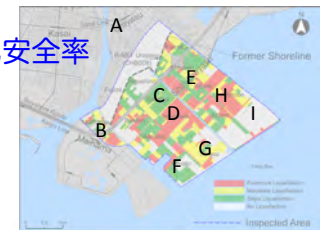


図3 速度時刻歴

図3に地震時の速度時刻歴を示します。同図から場所や方向により揺れかたや振幅が異なることがわかります。今後も継続的に観測を行って有効な地震記録を増やし、様々な解析を行うことで各地点の地震動と液状化被害がどのように関係しているか検討していく予定です。

### III-3-1 各地区のN値の深度分布と液状化安全率

既往のボーリングデータにより液状化判定(建築基礎構造設計指針)を実施。  
Acc: 2.0m/s<sup>2</sup>  
M 9.0  
Fc: 15%, 25%, 35%



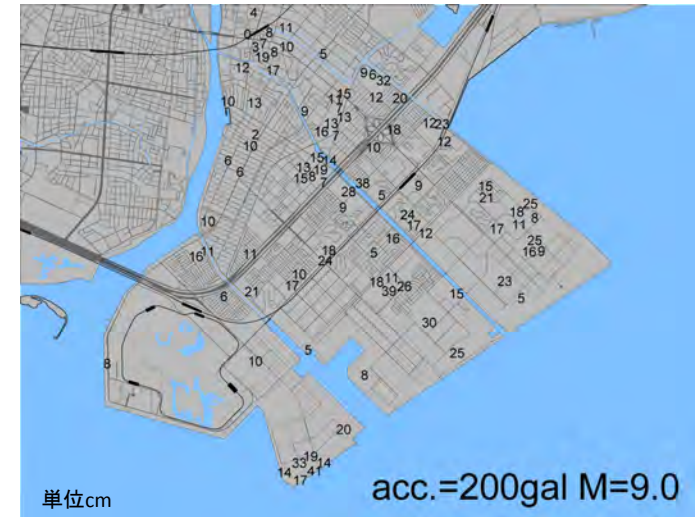
### III-3-2 実測沈下量と推定沈下量（建築基礎構造設計指針のS）の関係

..

	推定値S(cm)									実測値(cm)		
	Fc=15%			Fc=25%			Fc=35%			Max.	Av.	Min.
	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.	Min.			
Urayasu Station	19	9	3	14	6	2	11	5	2	0	0	0
Maihama	30	25	18	22	18	13	17	14	10	-	-	-
Tomioka	22	18	17	16	13	12	13	10	9	30	26	15
Imagawa	30	23	16	22	16	11	18	12	9	50	22	5
Mifune, Irifune	36	32	4	26	23	3	21	18	2	45	19	7
Minato	41	26	17	31	19	13	25	15	10	60	22	5
Takasu	49	38	9	37	28	7	30	23	5	50	23	2
Akemi, Hinode (Northwest)	56	44	45	43	33	32	35	27	27	65	32	3
Akemi, Hinode (Southeast)	23	17	15	19	11	11	15	9	9	15	8	2

各地区の実測地盤沈下量と建物被害との関係を検討

### III-3-3 細粒分含有率等の情報を持つ地盤データ（地盤WG資料約50地点）に対する液状化判定と地盤沈下量推定結果（建築基礎構造設計指針のS）



元町の非液状化地域でも液状化と判定された地点が多く、やや安全側の評価。中町、新町ではすべて液状化と判定され、沈下量は5-41cm。今後更に検討。各地区の推定地盤沈下量Sと建物被害との関係を検討予定。

### III-4 小規模建物の修復方法・液状化対策工法

傾斜した建物の修復方法についてヒアリング・現地調査なども含めて整理・精査中（別添資料参照）

既設・新設建物の液状化対策についても整理・精査中（別添資料参照）

宅地全体に対する合理的な液状化対策について今後の検討課題を整理中（別添資料）

### III-5-1 今後の調査検討項目

- 戸建て住宅、公共施設、マンション等の地区別被害状況整理の継続 (III-1)
- 戸建て住宅に対する地盤改良対策等の実績と地震時挙動の調査・整理の継続(III-1)
- 杭基礎の健全性評価、被害要因・今後の対策等の検討(III-1)
- 今回の地震の評価、技術基準で設定している地震レベルの整理 (III-2)
- 地盤データN値に基づく既往の液状化予測の妥当性の検討：実測沈下量と液状化予測結果（推定地盤沈下量）との関係(III-3)
- 実測沈下量、推定沈下量と建物被害との関係に関する検討、想定地震に対する液状化予測 (III-3)
- 地盤データCPTに基づく液状化予測と建物被害との関係(III-3)
- 戸建て住宅の沈下傾斜復旧方法、地盤改良対策の整理(III-4)
- 宅地全体に対する液状化対策の検討(III-4)

Ⅲ-1 建築物の被害状況の整理と素因分析（中間とりまとめ・素案）

(1) 小中学校・主要公共施設の被害状況の整理

教育施設等に加えて、公民館等、主要47施設の被害状況を右表にまとめた。(詳細は第2回委員会提出資料のとおり)

液状化被害は周知のとおり、中町、新町に集中しており、液状化程度は施設の立地場所によって差があるが、基礎形式・地盤改良別に被害状況を整理すると、中町、新町において、殆どの形式で半数近くの施設が建築物周囲の地盤沈下、エントランス等の破損、インフラの被害を受けている。

その中では、支持杭や摩擦杭と地盤改良を併用したものは、比較的建物周囲の沈下が少ないことが特徴となっている。このことから、地盤改良は液状化に対して一定の効果があったと考えられる。さらに、地盤改良の範囲が広ければ建物周辺地盤の沈下が少ないことが伺える。

一方、地盤改良無しの場合、支持杭形式の建築物では、周辺地盤の沈下により周囲に最大600-700mmの段差が発生していること、摩擦杭形式の建築物でも、ある程度または同等(最大300-600mm)の段差が生じている。

なお、杭健全性まで調査を行なった結果からは(杭健全性調査結果については別途報告)、基礎も含めて、建築物の構造躯体そのものに対する被害は無かったものと考えられる。

また、数箇所支持杭形式の建築物と摩擦杭形式の建築物の相対的鉛直変位について詳細調査を行った。結果は別に報告する。

小規模建築物に見られるような、長期的な建物の使用に有害な傾斜は今のところ見受けられず、被害例としては、建築物周辺の地盤が沈下したことにより、ライフラインの損傷が発生し、トイレが使用できないなど、施設の利用に支障を生じたケースが典型的なものとなっている。

	基礎形式・地盤改良別	施設数	建物周囲の沈下	最大沈下量(mm)	建築物構造躯体の被害	エントランス等の被害	インフラ被害
元町	支持杭	26	0	0	0	5	1
	支持杭+地盤改良	4	0	0	0	0	0
	摩擦杭	13	0	0	0	1	0
	摩擦杭+地盤改良	0					
	直接基礎	2	0	0	0	0	0
	不明	6	0	0	0	0	0
中町	支持杭	4	3	600	0	3	2
	支持杭+地盤改良	15	6	200	0	11	10
	摩擦杭	36	18	300	0	15	20
	摩擦杭+地盤改良	3	0	0	0	0	1
	直接基礎	2	1	200	0	1	2
	不明	3	1	500	0	2	2
新町	支持杭	12	10	700	1	10	6
	支持杭+地盤改良	4	2	300	2	4	4
	摩擦杭	12	8	600	2	9	11
	摩擦杭+地盤改良	0					
	直接基礎	1	0	0	0	0	0
	不明	2	2	70	0	2	0

市全体	支持杭	42	13	700	1	18	9
	支持杭+地盤改良	23	8	300	2	15	14
	摩擦杭	61	26	600	2	25	31
	摩擦杭+地盤改良	3	0	0	0	0	1
	直接基礎	5	1	200	0	1	2
	不明	11	3	500	0	4	2

※元町のエントランス等被害は玄関前の階段ひび割れなど、インフラ被害は給水管の漏水であり、液状化によるものではない

※建築物構造躯体の被害は以下のとおり

支持杭: 公民館の基礎一部損壊

支持杭+地盤改良: 仮設校舎やEV棟の傾斜であり、校舎本体のものではない

摩擦杭: 保育園及び生涯学習施設の基礎下土砂流出を被害としたもの

(2) 集合住宅の被害状況の整理

集合住宅の被害状況は、マンション学会において実施したアンケート調査結果を基に整理した。

不等沈下や基礎も含めた構造躯体に関する被害報告は今のところ無いが、敷地内が液状化によって沈下し、ライフライン等に被害がでたようである。

アンケートは35団地から回答があり、建物周辺地盤の沈下量としては0-80cmと立地等によってばらつきがある。沈下量が10cm未満であったもののうち概ね半数が3階建て程度の低層住宅であり、10cmから50cmの沈下量のものほとんどが10階建て程度の中高層住宅となっている。

被害程度は、杭基礎の有無、支持形式、地盤改良の有無などによっても左右されるところであるが、中高層住宅の殆どが支持杭形式の基礎であり、周辺地盤の沈下により、ライフラインへの被害が生じていたものと推測される。

今後、ライフライン被害なども含めて、アンケート結果や収集できた地盤情報などをもとに、被害と基礎構造、地盤情報の関係性などについて分析を進める予定。

集合住宅の敷地内沈下量と階数

沈下量(mm)	団地数	階数の内訳	
		~4	5~
未記載	3	-	-
~100	12	6	6
100~500	17	1	16
500~	3	1	2

(3) 戸建て住宅の被害状況の整理

戸建て住宅の被害についても、基礎の損壊や構造躯体の損壊といった被害例はほとんど報告されていないが、地盤沈下による建物の傾斜が相当数発生している状況にある。

また、傾斜、沈下に伴い、地中配管取り付け部が損傷し、土砂が流入し、トイレ等が使いなくなるなどの被害も発生した。

傾斜程度や分布は別にまとめたが、地盤沈下の大きいところでは建物傾斜が大きくなる傾向がある。

戸建て住宅では、新築時の地盤調査の結果に応じて、柱状地盤改良をすることがあるが、こうした住宅であっても傾斜被害が発生しているケースがあった。現在、さらなる情報収集に努めており、今後、改良深度と住宅の挙動の関係等、把握整理していく考えである。

液状化被災住宅の沈下修正工事における留意点

■建物と基礎の構造仕様の確認

建物：木造、ツーバイフォー、鉄骨造、コンクリート造など [図1. 参照]

- ・建物の構造の違いで建物の荷重や荷重のかかり方が異なります。

基礎：べた基礎、有筋の布基礎、無筋の布基礎など [図2. 参照]

- ・基礎の仕様によって沈下修正工法の選択条件が異なります。
- ・基礎に鉄筋が入っているかどうかは、ジャッキアップには不可欠な情報です。
- ※床下がコンクリートで覆われている場合でも、べた基礎とは限らず強度の無い防湿コンクリートの場合があるので、注意が必要です。
- ※基礎の仕様は、建築時の設計図書で確認しますが、図書がない場合は、建築年によって確認できる場合もあります。 [図3. 参照]
- ・ジャッキアップする際に、基礎梁（立上がり部分）の鉄筋量によって支持する間隔が決まります。
- ※基礎の高さが60cm程度で、主筋（基礎の立上がり部の上下の鉄筋）がD13の場合、概ね2.5m間隔以下です。
- ・基礎の位置と建物の壁の位置によって、ジャッキの支持位置が決まります。

地盤補強：表層改良、柱状改良、鋼管杭など

- ・地盤補強が施工されている場合は、その工法によって、沈下修正工法の選定や費用が異なってきます。

■被災度調査の実施

現況測量：沈下傾斜の分類

- ・基礎の天端（上面）または、1階床上のレベルを測量し、建物が一体で傾斜しているのか、変形して傾斜しているのかを確認します。 [図4. 参照]
- ・傾斜の種類によって、基礎の健全性や修復方法が異なります。

■地盤調査の実施

サウンディング試験：スウェーデン式サウンディング試験や標準貫入試験など

- ・地盤調査を実施します。調査の結果によっては、採用できない沈下修正工法もあります。
- ※建築時に実施した地盤調査資料があっても、被災後に地盤の強度が低下していることもありますので、沈下修正工法選定前に実施します。

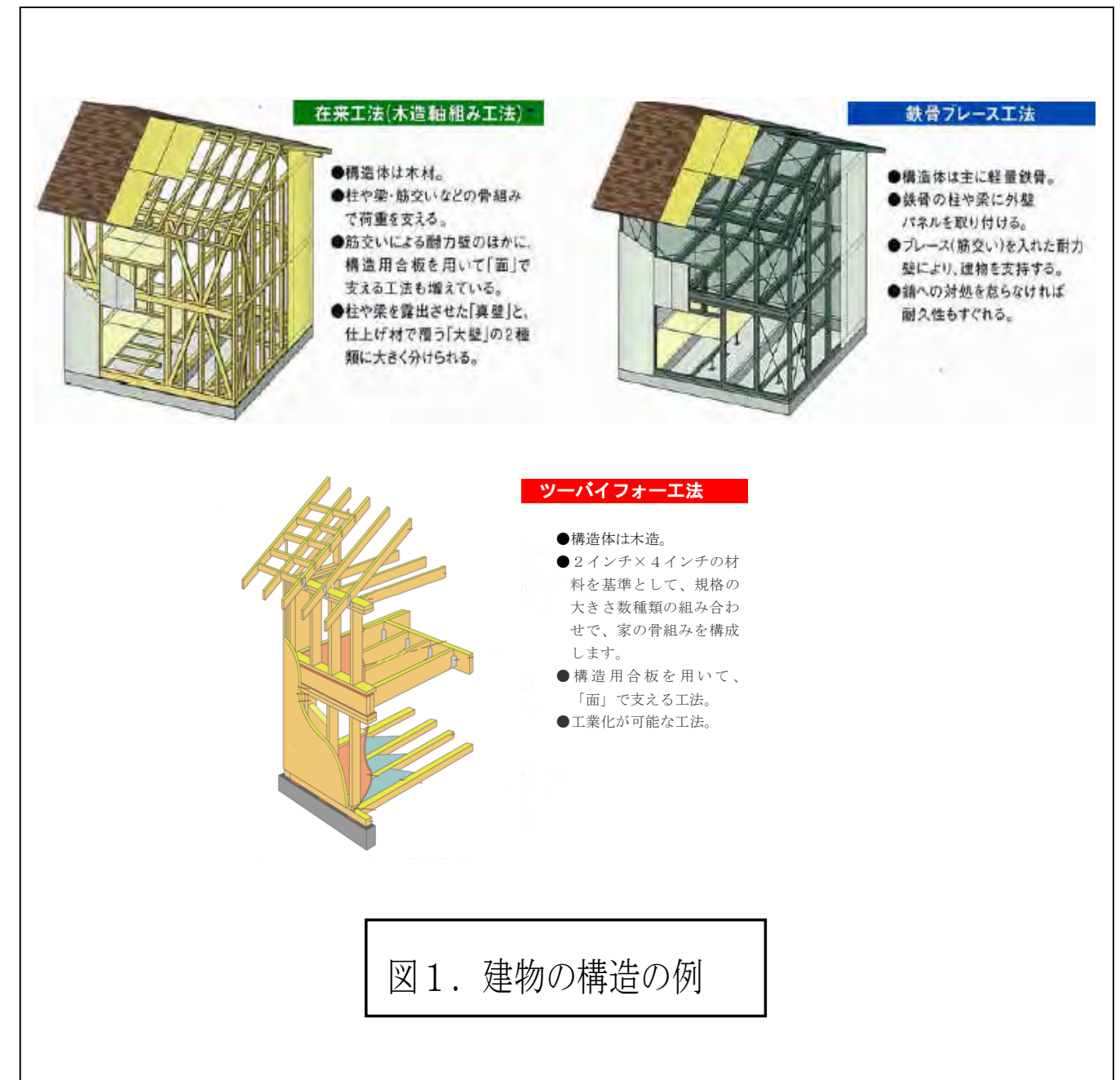
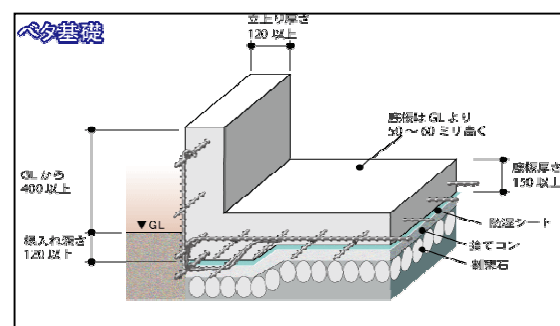
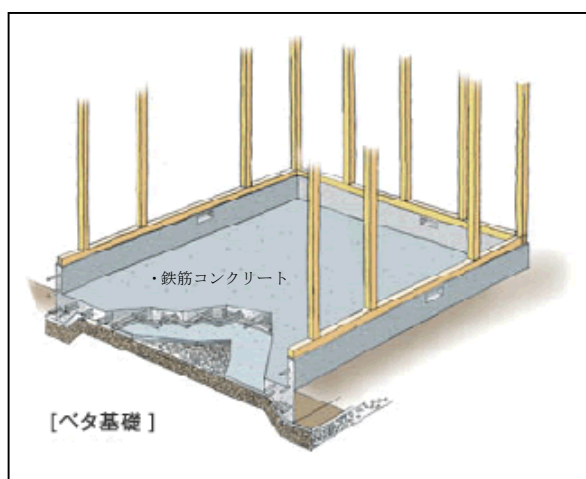
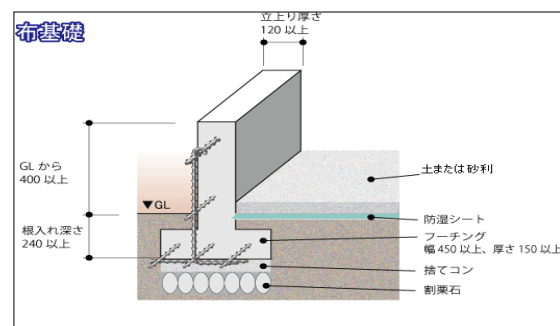
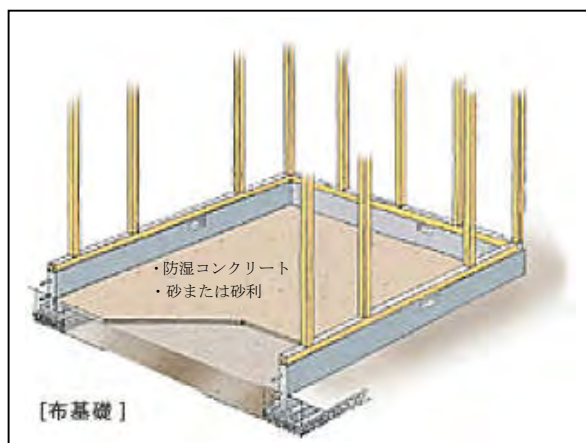
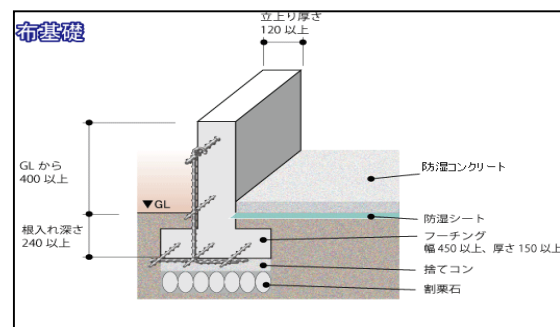


図1. 建物の構造の例





床下がコンクリートで覆われている場合は、設計図等で、べた基礎か布基礎（防湿コンクリート有）かを確認する必要がある。設計図等が無い場合は、ドリル等で穴を開けコンクリートの厚さを確認し、べた基礎であることを確認する必要がある。

図2. 基礎の構造の例

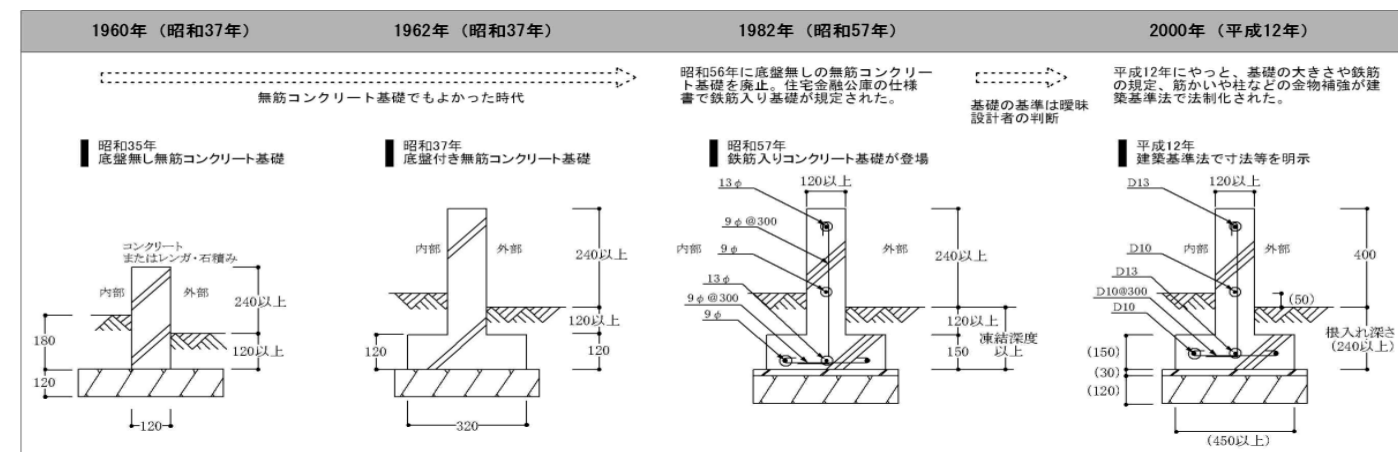


図3. 木造住宅基礎の公庫仕様の変遷

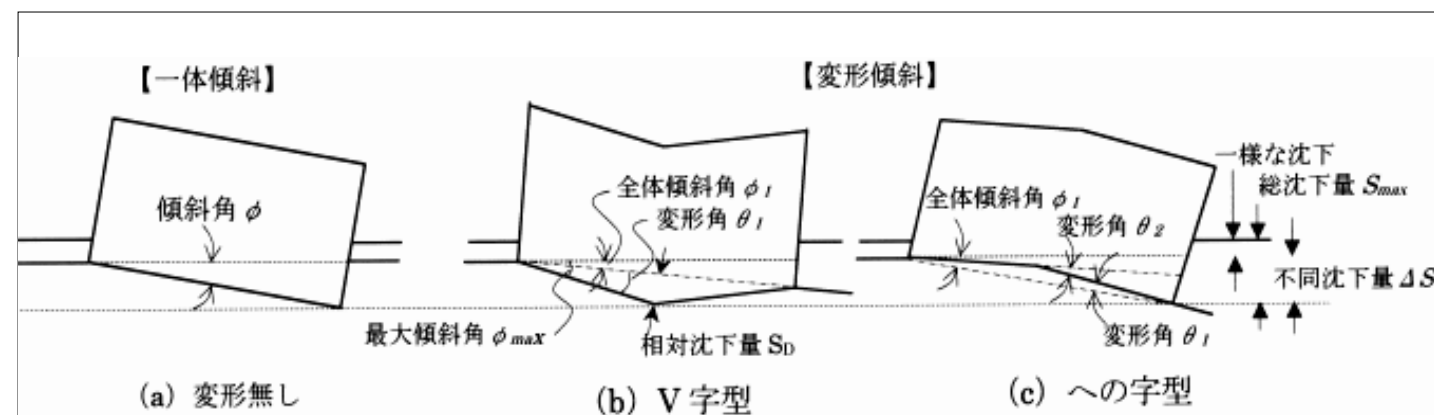


図4. 沈下傾斜の形状分類 (日本建築学会「小規模建築物基礎設計指針」)

### III-4-2 小規模建築物の沈下傾斜修復工法について (中間とりまとめ・素案)

#### 1. 沈下傾斜修復工法の概要

液状化により、中町、新町においては、多くの戸建住宅が沈下傾斜し、その半数近くの約 3700 棟が 1/100 以上傾き、半壊以上の認定を受けるなど大きな被害となった。

#### 基礎と柱が一体的に傾いたときの住家被害認定 (建築学会HPより)

基礎と柱が一体的に傾く不同沈下の場合の判定			
四隅の柱の傾斜の平均	判定	運用	備考
1/100 以上、1/60 未満	半壊	新規	1/100：医療関係者等にヒアリングを行い設定した居住者が苦痛を感じるとされている値
1/60 以上、1/20 未満	大規模半壊	新規	1/60：従来から基準値として使われている構造上の支障が生じる値
1/20 以上	全壊	従来通り	

建築物が傾くと、戸の開け閉めの不具合、隙間風の発生、傾斜によるものの転がりといった障害だけでなく、個人差があるものの、使用者にめまいや吐き気などの健康障害が生じることがあり、こうした点を一刻も早く解消しようと、市内でも各所で傾斜復旧工事が行われているところである。

沈下傾斜修復工法には、基礎下から嵩上げする工法と基礎上（土台）から嵩上げする工法に大別され、建物荷重を持ち上げるための反力の考え方、施工条件などに応じて様々な工法がある。

いずれにしても、工法の選定や設計は地盤調査の結果を踏まえて行なうことが必要である。また、嵩上げに際して荷重が局部的に集中することにより、基礎や上部構造を痛めることがあるので、既存基礎の形式（布基礎・ベタ基礎）とその剛性などを十分考慮してジャッキの配置を検討するなど、慎重な設計、施工が必要である。

いずれの工法も相当な技術力を必要とするが、同様の工法でも業者間で技術力に大きな差がある場合がある。このため、工法等の選定にあたっては、専門家に意見を求めたり、あるいは複数業者から見積もりを徴収し、工事内容等をよく確認し、十分比較して納得のいく工法を選定するなど、慎重に行なう必要がある。また、近隣建物の沈下、傾斜を誘発しないよう注意する必要がある。

#### 2. 基礎下から嵩上げする工法

基礎下から嵩上げする工法としては、建物を嵩上げするための反力の取り方などに応じて、以下のよう

な工法がある。

工法ごとの特徴、工事費等をまとめた一覧表は内容を精査して現在作成中。

#### ①杭を反力にジャッキアップする工法

##### (1) アンダーピーニング工法

基礎下を掘削して建物荷重を利用しながら 1 m 程度の鋼管杭を継ぎ足してジャッキで圧入していき、建物荷重を支持できる層まで貫入できたら、それを反力として建物をジャッキアップする。

十分な剛性を有する布基礎、ベタ基礎いずれにも、また対象とする建物の沈下量が大きい場合にも対応可能である。

ジャッキアップの際、建物周辺に加えて建物直下にも、ある程度の数のジャッキを入れて局部的に応力が集中しないように配慮し、基礎を痛めないような慎重な施工が必要である。また、建物直下への鋼管とジャッキの設置のため、横堀での掘削か 1 階の床の解体を伴う施工となる。掘削した土の仮置き場が必要となり仮置き場が用意できない場合は処理費が発生する。基礎下の埋め戻しも密に充填する必要があり施工管理に注意が必要となる。掘削を伴うため、地下水位が極めて高い場合は施工が難しくなる場合がある。

地盤条件と建物荷重によって貫入深度が左右される。浦安では、支持層が深いため、杭長は長くなり、また、建物荷重を支持しきれないケースもある。支持層が深くなると継ぎ足す箇所が多くなり、継ぎ部の品質や鉛直度に注意が必要である。

##### (2) サイドピーニング工法

基礎剛性が十分確保できる場合、基礎まわりに鋼管杭を圧入または回転貫入させ、これを反力にジャッキアップする。

最小限の掘削でジャッキアップ可能だが、剛強な基礎の場合以外は単独工法としては利用されず、建物中央部を同時に薬液等の注入でリフトアップするなど、他の工法と併用される。

#### ②耐圧版・コンクリートブロックなどを反力にジャッキアップする工法

##### (1) 耐圧版工法

基礎下を順次掘削して建物荷重を仮受けしながらコンクリートの打設などを繰り返して耐圧版を構築し、耐圧版を反力としてジャッキアップする。

杭を反力とする工法と同様に、十分な剛性を有する布基礎、ベタ基礎いずれにも、また対象とする建物の沈下量が大きい場合にも対応可能である。

ジャッキアップの際、建物周辺に加えて建物直下にも、ある程度の数のジャッキを入れるなど局部的に応力が集中しないように配慮し、基礎を痛めないような慎重な施工が必要である。また、建物直下への耐圧版とジャッキの設置のため、横堀での掘削か 1 階の床の解体を伴う施工となる。掘削した土の仮置き場が必要となり仮置き場が用意できない場合は処理費が発生する。基礎下の埋め戻しも密に

充填する必要があり施工管理に注意が必要となる。埋め戻し量が多くなる場合は、将来の沈下に対して不利にならないよう、比重が比較的小さい材料などを選択する可能性についても検討する。掘削を伴うため、地下水位が極めて高い場合は施工が難しくなる場合がある。

ジャッキアップのための反力となる耐圧版を設置する地盤強度の確保が必要だが、浦安では液状化などの影響で地盤強度が低下している可能性があるため、地盤改良などを含めて、反力が十分に確保できるよう慎重な配慮が必要となる。

主に支持層が浅い場合や沈下が終息しているときに採用される工法であるため、再沈下に対しては注意が必要である。

### ③薬液の注入圧によりリフトアップする工法

#### (1) 静的圧入締固め(CPG)工法

基礎下へ流動性モルタルを注入し地盤を圧縮締固めするとともに、注入圧により基礎をリフトアップする。圧縮締固めを行なうための比較的大きな機材が必要であり、床の撤去を伴う工法である。

基礎下地盤へのモルタル注入圧でリフトアップする工法のため、通常ベタ基礎でのみ有効な工法であり、修復できる沈下量は20cm程度が限界である。注入によるリフトアップの際、局部的に応力が集中しないように配慮し、基礎を痛めないような慎重な施工が必要である。既存基礎には布基礎に防湿コンクリートを施工した形態のものもあり、一見ベタ基礎に見えるようなものもあるので、注意を要する。また、薬液は地盤中に広がりながら浸透していくことから、近隣建物に影響を及ぼすことがあり、影響範囲に留意する必要がある。

比較的大きな機材が必要なことから、同時に1点あるいは2点程度の注入となるため、リフトアップ、水平調整には熟練を要する。

液状化層を全面的に締固めれば液状化対策となるが、浦安では液状化層が厚い深いため、全層にわたって行なうとコスト高となる。

#### (2) 地盤改良型注入工法

基礎スラブを通して、あるいは建物周辺から基礎下へセメント系・水ガラス系の薬液等を注入し、地盤を改良するとともに注入圧により基礎をリフトアップする。

基礎下地盤への薬液注入圧でリフトアップする工法のため、通常ベタ基礎でのみ有効な工法であり、修復できる沈下量は20cm程度が限界である。注入によるリフトアップの際、局部的に応力が集中しないように配慮し、基礎を痛めないような慎重な施工が必要である。既存基礎には布基礎に防湿コンクリートを施工した形態のものもあり、一見ベタ基礎に見えるようなものもあるので、注意を要する。また、薬液は地盤中に広がりながら浸透していくことから、近隣建物に影響を及ぼすことがあり、影響範囲に留意する必要がある。

液状化層を全面的に締固めれば液状化対策となるが、浦安では液状化層が厚いため、全層にわたって行なうとコスト高となる。また、建物外周から注入する工法は、基礎下地盤の均一な改良は難しい。

#### (3) リフトアップ型注入工法

基礎スラブを通して、基礎下へセメント系・水ガラス系の薬液等を注入し、建物直下地盤を改良するとともに注入圧により基礎をリフトアップする。リフトアップ状況を管理しながら、薬液を多点(20~25点)から、インターバル注入することが特徴。

基礎下地盤への薬液注入圧でリフトアップする工法のため、通常ベタ基礎でのみ有効な工法である。既存基礎には布基礎に防湿コンクリートを施工した形態のものもあり、一見ベタ基礎に見えるようなものもあるので、注意を要する。

修復できる沈下量は通常30cm程度までだが、工法毎に用いる薬液によって、リフトアップ可能な高さ、支持できる荷重が異なり、RC造10階建て程度の建築物を持ち上げた実績のある工法もある。薬液の注入が、近隣建物に影響を及ぼす可能性があるため、影響範囲に留意する。

リフトアップする高さに応じてコストが高くなるため、沈下量が大きい場合は、併用工法など、他の方法を含めて検討が必要となる。

影響範囲はごく表層に限られるため、液状化対策の効果は期待できない。

### ④薬液の膨張圧によりリフトアップする工法

#### (1) 発泡ウレタン工法

基礎下へ発泡性ウレタン等を注入し、その膨張圧力で基礎をリフトアップする。薬剤を多点注入し、リフトアップ状況を管理しながら施工する。樹脂の単位体積重量は極めて小さいため、注入による重量増加(地盤への負担)が抑えられることが特徴である。リフトアップ高さが大きい場合は、併用工法等、他の方法を含めた検討が必要である。

基礎下地盤への薬液注入圧でリフトアップする工法のため、通常ベタ基礎でのみ有効な工法である。既存基礎には布基礎に防湿コンクリートを施工した形態のものもあり、一見ベタ基礎に見えるようなものもあるので、注意を要する。修復できる沈下量は、工法に用いるウレタンの発泡特性によって5~30cm程度と様々である。また、基礎下に薬液が広がっていくため、近隣建物に影響を及ぼす可能性があるため、影響範囲に留意する。

影響範囲はごく表層に限られるため、液状化対策としての効果は期待できない。

### ⑤併用工法

#### (1) セメント系薬液注入工法と耐圧版工法を併用してリフトアップする工法

まず、建物下の地盤をセメント系薬剤などで地盤改良し、支持力を確保した上で、これを反力として、直接または耐圧版を介してジャッキアップする。基礎下の地盤でジャッキアップに必要な反力が取れない場合に用いられる。

杭を反力とする工法と同様に、十分な剛性を有する布基礎、ベタ基礎いずれにも、また対象とする建物の沈下量が大きい場合にも対応可能である。

一部の工法では、建物直下の大規模な掘削を伴わずにリフトアップすることが可能であり、その場合は経済的で比較的短期間に施工できる。

地盤改良を伴うので、液状化層を全面的に改良すれば対策となるが、浦安では液状層が深いため、全面的に改良するにはコスト高となる。

#### (2) ジャッキアップ工法と薬液注入工法との併用工法

建物外周をジャッキアップ工法（サイドピニング工法や耐圧版工法など）でジャッキアップするとともに、基礎や上部構造の損傷を防ぐために、建物中央部の基礎下に薬液（リフトアップ型や発泡ウレタン）を注入し、リフトアップする。薬液注入だけでは建物をリフトアップできないときに利用される工法でリフトアップ高さが5～30cm以上で用いられることが多い。

薬剤によるリフトアップを伴うことから、通常、通常ベタ基礎でのみ有効な工法であり、30cm以上の沈下量も修復可能である。

沈下が大きい場合に地盤の掘削を伴わずに、または基礎周辺部分の掘削のみでリフトアップできる工法であり、ジャッキアップ工法に比べて、短期間に施工できる可能性がある。

ジャッキアップに杭を用いる工法を採用した場合、ジャッキアップに利用した杭を基礎から切り離し、将来地盤沈下した場合の基礎の損傷を防ぐ配慮が必要と考えられる。

### 3. 基礎上（土台）から嵩上げする工法

基礎上（土台）から嵩上げする工法には、既存の基礎を活用するかしないかに応じて、以下のような工法がある。

#### ①基礎を再利用する工法

##### (1) ポイントジャッキ工法

基礎を一部削り土台の下に爪の付いたジャッキを挿入してジャッキアップする。基礎は傾斜したまま、再使用することになり、土台との間に生じる隙間には無収縮モルタルを充填する。

基礎の種類を問わずに施工可能だが、無筋基礎の場合は補強することが望ましい。修復可能な沈下量は10cm程度以下であり、上部構造が傷まないように施工するには熟練した技術が必要と考えられる。

掘削や薬液注入を伴わないので、経費は比較的安く抑えられる。

既存のアンカーボルトを切断してジャッキアップすることが必要なため、修復後の基礎と上部構造の緊結に注意を要する。

#### ②基礎を再構築する工法

##### (1) ねがらみ工法

土台の下に鋼材などのねがらみ材を入れ、基礎から建物をジャッキアップするとともに、基礎の再施工と地盤改良のいずれか、あるいは両方を行なった後に、建物を下ろして基礎に緊結する。

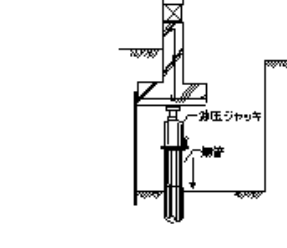
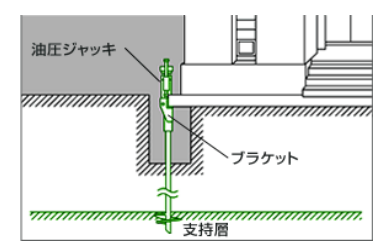
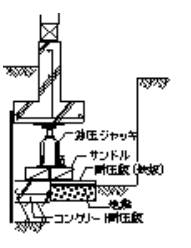
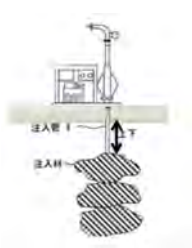
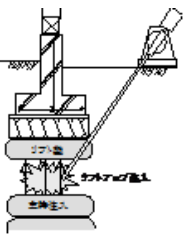
ジャッキアップの高さや方法により、地盤改良の方法が制限される可能性がある。抜本的な液状化対策のための地盤改良には、機材の搬入が可能なジャッキアップ高さを確保する必要がある。また、建物外周に数m以上の施工スペースが必要であり、施工可能な場所は限られる。

#### (2) 曳屋工法

土台下に鋼材などのねがらみ材を入れ、建物を水平方向に移動するとともに、基礎の再施工と地盤改良のいずれか、あるいは両方を行なった後に、建物を戻して基礎に緊結する。

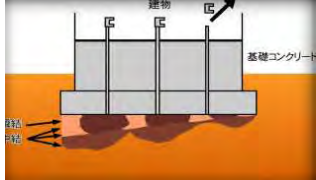
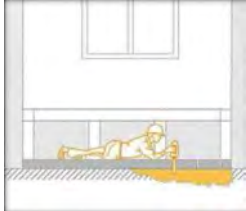
建物外周に数m以上の施工スペースと、建物を平行移動するための移動経路、仮置きスペースが必要であり、施工可能な場所は限られる。

以上のような工法が様々あるが、作業スペースの確保や機材の設置場所の確保などから敷地の周囲空地や形状により施工費にも差が出るがあるので、施工者や工法の選定にはこれらの条件を十分把握して見積もりを取る必要がある。また、ライフラインなどの埋設管の仮配管や本復旧費も契約の際には確認が必要であるとともに、本復旧時には可とう継手や伸縮継手などを使用する必要がある。

嵩上げ方法		基礎下から				
沈下傾斜修正の考え方		杭を反力にジャッキアップ		耐圧版・コンクリートブロックなどを反力にジャッキアップ	薬液の注入圧によるリフトアップ	薬液の注入圧によるリフトアップ
工法名		アンダーピニング工法	サイドピニング工法	耐圧版工法	静的圧入締固め工法 (OPG工法)	地盤改良型注入工法
工法の概要	説明	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。	基礎まわりに鋼管杭を圧入または回転貫入させ、これを反力にジャッキアップする。基礎剛性が極めて高い場合以外は、単独で用いられることは少なく、同時に、基礎内部のリフトアップを薬液注入により行うなどの併用工法が採用される。	基礎下を順次掘削して仮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、耐圧版を反力に基礎をジャッキアップするするとともに傾斜を修正する。	基礎下へ流動性モルタルを注入し地盤を圧縮締固めするとともに、注入圧により基礎をリフトアップすることで、沈下傾斜を修正する。	基礎スラブを通して、または建物周辺から基礎下へセメント系・水ガラス系薬液等を注入し、基礎地盤を地盤改良するとともに、注入圧により基礎をリフトアップすることで、沈下傾斜を修正する。
	概要図					
工法の特徴・沈下修正の考え方		杭を反力にジャッキアップ	杭を反力にジャッキアップ	耐圧版・コンクリートブロックなどを反力にジャッキアップ	モルタルなどの注入による地盤締固めと、その注入圧によるリフトアップ	薬液の注入による地盤改良(固化)と薬液の注入圧によるリフトアップ
施工条件	布基礎	○	基礎剛性が特に高い場合のみ(単独で用いられることはまれ)	○	×	×
	ベタ基礎	○	基礎剛性が特に高い場合のみ(単独で用いられることはまれ)	○	○	○
	不同沈下量	条件なし	条件なし	条件なし	20cm程度以下	20cm程度以下
	隣地境界距離	1m程度(離間距離無くても可※)	0.5m程度	1m程度(離間距離無くても可※)	1m程度以上	1m程度以上
	床・壁の解体の有無	床の解体・復旧がある場合もあり	なし	床の解体・復旧がある場合もあり	あり	なし、あり(工法による)
仮住まいの必要性	ある場合もあり	なし	ある場合もあり	ある場合もあり	なし、ある場合もあり(工法による)	
工期	3~6週間	—	3~5週間	1~2週間	1~3週間*	
工事費 基準建物面積約20坪の目安	600~1000万円(精査中) 掘削の難易度、杭の支持層の深さにより変動	単独で用いることは、まれなため非算出 杭の支持層の深さにより変動	500~700万円(精査中) 掘削の難易度、支持層地耐力により変動	調査中 地盤改良深度、リフトアップ高さにより変動、配管などの復旧費用が別途必要	300~600万円(精査中) 地盤改良深度、リフトアップ高さにより変動、配管などの復旧費用が別途必要	
メリット・デメリット・注意点	ジャッキアップの際、基礎に過度な変位、応力をかけ、基礎を痛めない慎重な施工が必要である。掘削を伴うため、地下水位が極めて高い場合は、施工が難しくなる場合がある。	ジャッキアップの際、基礎に過度な変位、応力をかけ、基礎を痛めない慎重な施工が必要である。地盤の掘削を伴わず、または最小限の掘削で、ジャッキアップが可能。一般には、注入工法など他の工法との併用となる。	ジャッキアップの際、基礎に過度な変位、応力をかけ、基礎を痛めない慎重な施工が必要である。掘削を伴うため、地下水位が極めて高い場合は、施工が難しくなる場合がある。	通常、ベタ基礎に対してのみ有効である。注入によるリフトアップの際、基礎に過度な変位、応力をかけ、基礎を痛めない慎重な施工が必要である。圧縮締固めを行うために、比較的大きな機材が必要となり、床の撤去などを伴う。同時に、1点または2点程度の注入のため、リフトアップ、レベル調整には熟練を要する。	通常、ベタ基礎に対してのみ有効である。注入によるリフトアップの際、基礎に過度な変位、応力をかけ、基礎を痛めない慎重な施工が必要である。建物外周から注入する工法は、基礎下地盤の均一な地盤改良は難しい。	
浦安の地盤特性による考察	埋立層が厚いため、杭長が長くなり、鋼管杭の溶接回数が多くなる。地盤条件と建物荷重によって、押し込み杭深度が左右される。	埋立層が厚いため、杭長が長くなり、鋼管杭の溶接回数が多くなる。地盤条件と建物荷重によって、押し込み杭深度が左右される。	ジャッキアップのため反力を確保する地盤が液状化などのため強度低下している可能性があるため、地盤改良などを含めて、反力が十分に確保できる慎重な配慮が必要となる。	液状化層が深いため、全層にわたって地盤改良を行うとコスト高となる。	液状化層が深いため、液状化地盤を全面的に改良するにはコスト高となる。	
将来の地震に対する沈下傾斜の可能性と再復旧のための工夫	杭基礎が先端支持杭として有効に働き、なおかつ液状化層の水平変形の影響を免れた場合は、周辺地盤との間に段差が生じる可能性が高い。それ以外の場合は、建物の沈下・傾斜の可能性が高い。	杭基礎が先端支持杭として有効に働き、なおかつ液状化層の水平変形の影響を免れた場合は、周辺地盤との間に段差が生じる可能性が高い。それ以外の場合は、建物の沈下・傾斜の可能性が高い。	あり	あり(液状化層を全面的に締め固めればなし)	あり(液状化層を全面的にグラウトすればなし)	
地盤の再液状化の可能性	あり	あり	あり	あり(液状化層を全面的に締め固めればなし)	あり(液状化層を全面的にグラウトすればなし)	
契約時・施工時のチェック点、プラント用地・資材置き場	掘削土、杭、ジャッキなどの資材置き場が必要	掘削土、杭、ジャッキなどの資材置き場が必要	掘削土、杭、ジャッキなどの資材置き場が必要	注入剤、注入用プラント、機材などのスペース	注入剤、注入用プラント、機材などのスペース	
備考	支持層が深くなると継ぎ足す箇所が多くなるため、継ぎ部の品質や鉛直度に注意が必要。 ※トンネル式に掘削することにより可。但し地盤条件による。		支持層が浅い場合や沈下が終息しているときに採用される工法であるため、再沈下に対しては注意が必要。 ※トンネル式に掘削することにより可。但し地盤条件による。		*地盤改良とリフトアップが連続して行える工法は1~2週間程度、地盤改良による反力増加を待ってリフトアップを行う工法は、3週間程度。	

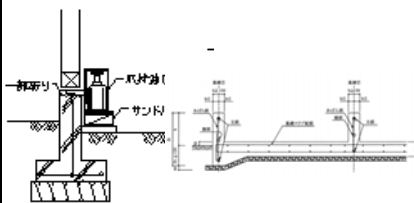
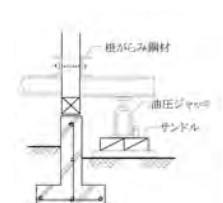
- 注意事項
- ・沈下修正工法の選定や設計のために、地盤調査が必要です。
  - ・ベタ基礎の注意点:建築確認申請の際の図面を確認する。一見、床スラブがありベタ基礎のようでも、防湿のために厚さ5cm程度のコンクリートを打設しているだけで、構造的には、布基礎である場合があるので注意が必要。
  - ・いずれも、複数軒で、同時または連続施工することで、若干のコスト削減が可能と思われる。
  - ・近隣建物の沈下・傾斜などを誘発しない工法、今後の近隣建物の沈下・修正修復工事に影響を受けない工法を慎重に選択する必要がある。
  - ・いずれの工法も相当な技術力を必要とするが、同様の工法でも業者間で、技術力に大きな差があることがある。

# 精査中

沈下傾斜修正の考え方		基礎下から			
		薬液の注入圧によるリフトアップ	薬液の膨張圧によるリフトアップ	併用工法	
工法名		リフトアップ型注入工法	発泡ウレタン工法	セメント系薬液注入工法と耐圧版工法との併用工法	ジャッキアップ工法と薬液注入工法との併用工法
工法の概要	説明	基礎スラブを通して、基礎下へセメント系・水ガラス系薬液等を注入し、注入圧により基礎をリフトアップすることで、沈下傾斜を修正する。	基礎下へウレタン等を注入し、単独で用いることはまれ。膨張圧により基礎をアップすることで、沈下傾斜を修正する。	まず、建物下の地盤をセメント系薬剤などにより地盤改良して、次に、これを反力にジャッキアップ工法（耐圧版工法）を用いて、沈下傾斜を修正する。	建物外周をジャッキアップ工法（サイドピニング工法、耐圧版工法など）でジャッキアップするとともに、建物中央部を薬液（リフトアップ型、発泡ウレタン）注入工法などによりリフトアップ。
	概要図			セメント系薬液注入工法と耐圧版工法を参照	ジャッキアップ工法と薬液注入工法を参照
工法の特徴・沈下修正の考え方		薬液の多点（20-25点）インターバル注入による、注入圧によるリフトアップ	薬剤の多点注入による膨張圧によるリフトアップ。	地盤でジャッキアップ反力が取れない場合に用いられることがある。液状化層を全面的に改良すれば、液状化対策としての効果が期待できる。	薬剤注入だけでは、建物をリフトアップできないときに利用。不同沈下量が5-30cm以上で用いられることが多い。
施工条件	布基礎	X	X	○	X
	ベタ基礎	○	○	○	○
	不同沈下量	30cm程度以下	5-30cm（薬剤の発泡特性に依存）	30cm以上でも可	30cm以上でも可
	隣地境界距離	1m程度以上	1m程度以上	コスト高となる。	サイドピニングの場合は極めて狭い空間でも可
	床・壁の解体の有無	なし	なし	なし、あり（工法による）	なし
	仮住まいの必要性	なし	なし	なし	なし
工期		3日～1週間	2日～4日	3～5週間	1～2週間
工事費 基準建物面積約20坪の目安		250～700万円（精査中） リフトアップ高さにより変動（20cm400万、50cm700万）、配管などの復旧費用が別途必要	150～300万円（精査中） リフトアップ高さにより変動（5cmで100-200万、10cmで250万）、配管などの復旧費用が別途必要	400～600万円（精査中） リフトアップ高さにより変動、配管などの復旧費用が別途必要	400～1000万円（精査中） ジャッキアップ方法、リフトアップ高さ、薬剤の種類により変動、配管などの復旧費用が別途必要
メリット・デメリット・注意点		通常、ベタ基礎に対してのみ有効である。注入によるリフトアップの際、基礎に過度な変位、応力をかけ、基礎を痛めない慎重な施工が必要である。また、工法毎に用いる薬液によって、リフトアップ高さ、荷重が異なり、RC造建物10階程度を持ち上げられる工法もある。リフトアップ高さが高い場合は、コスト増になるため併用工法等他の方法も含めて検討。	通常、ベタ基礎に対してのみ有効である。注入によるリフトアップの際、基礎に過度な変位、応力をかけ、基礎を痛めない慎重な施工が必要。リフトアップ可能な高さが、各工法で用いるウレタンの発泡特性などにより異なる。リフトアップ高さが大きい場合は、併用工法等、他の方法も含めて検討。樹脂の単位体積重量が極めて軽いため、注入による重量増加が押さえられる。	沈下が大きい場合にも、建物直下の大規模な掘削を伴わずにリフトアップが可能な工法であり、経済的で比較的短期間に施工できる。	沈下が大きい場合に地盤の掘削を伴わずに、または基礎周辺部分の掘削のみで、リフトアップできる工法であり、経済的で短期間に施工できる可能性がある。ジャッキアップに杭を用いた場合で、基礎剛性が十分確保できない場合は、ジャッキアップに利用した杭を基礎から切り離し、建物を地盤で支持させることが望まれる。
浦安の地盤特性による考察		液状化層が深いため、全面的に改良することは難しい。	影響範囲が建物直下に限られ、液状化層が深いため、液状化地盤を全面的に改良することは難しい。	液状化層を全面的に改良するにはコスト高となる。	液状化層が深いため、全面的に改良することは難しい。
将来の地震に対する沈下傾斜の可能性と再復旧のための工夫		あり。ベタ基礎にあけた穴を再利用でき、基礎と地盤の間に注入した膨張剤が2回目以降は少なくてすむ。	あり。ベタ基礎にあけた穴を再利用でき、基礎と地盤の間に注入した膨張剤が2回目以降は少なくてすむ。	あり（液状化層を全面的に改良すればなし）。改良地盤を反力とすることが可能。	あり、杭で基礎周辺部を支持したままだと、杭の支持機構、地盤沈下と基礎剛性などによっては、基礎が損傷する可能性がある。
地盤の再液状化の可能性		あり	あり	あり（液状化層を全面的に改良すればなし）	あり
契約時・施工時のチェック点、プラント用地・資材置き場		注入剤、注入用プラント、機材などのスペース	注入剤、注入用プラント、機材などのスペース	注入剤、注入用プラント、機材などのスペース	注入剤、注入用プラント、機材などのスペース
備考					

- 注意事項
- ・沈下修正工法の選定や設計のために、地盤調査が必要です。
  - ・ベタ基礎の注意点:建築確認申請の際の図面を確認する。一見、床スラブがありベタ基礎のようでも、防湿のために厚さ5cm程度のコンクリートを打設しているだけで、構造的には、布基礎である場合があるので注意が必要。
  - ・いずれも、複数軒で、同時または連続施工することで、若干のコスト削減が可能と思われる。
  - ・近隣建物の沈下・傾斜などを誘発しない工法、今後の近隣建物の沈下・修正修復工事に影響を受けない工法を慎重に選択する必要がある。
  - ・いずれの工法も相当な技術力を必要とするが、同様の工法でも業者間で、技術力に大きな差があることがある。

# 精査中

沈下傾斜修正の考え方		基礎上から		
		基礎を反力にジャッキアップ	基礎の再構築	基礎の再構築
工法名		ポイントジャッキ工法	ねがらみ工法	曳屋工法
工法の概要	説明	基礎を一部研り土台下に爪付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。	土台下に鋼材などのねがらみ材を入れ、基礎から建物をジャッキアップするとともに、基礎の再施工と地盤改良のいずれかあるいは両方を行う。	土台下に鋼材などのねがらみ材を入れ、基礎から建物を水平方向に移動するとともに、基礎の再施工と地盤改良のいずれかあるいは両方を行う。
	概要図			
工法の特徴・沈下修正の考え方		傾斜した基礎を反力にして土台から上部をジャッキアップする。	基礎の再施工と地盤改良の両方を行うことで、抜本的な液状化対策と沈下傾斜修復が行える可能性があるが、ジャッキアップの高さや方法により、地盤改良の方法が制限される可能性がある。	基礎の再施工と地盤改良の両方を行うことで、抜本的な液状化対策と沈下傾斜修復が行える。
施工条件	布基礎	○	○	○
	ベタ基礎	○	○	○
	不同沈下量	10cm程度以下	条件無し	条件無し
	隣地境界距離	0.5m程度以上	数メートル以上	数メートル以上
	床・壁の解体の有無	床と壁の一部解体・復旧あり	床と壁の一部解体・復旧あり	床と壁の一部解体・復旧あり
	仮住まいの必要性	なし	ある場合もある	ある場合もある
工期		3～5週間	3～5週間	3～5週間
工事費 基準建物面積約20坪の目安		200～300万円(精査中) 床・壁の復旧費用が別途必要	調査中 床・壁の復旧費用が別途必要	800～1000万円(精査中) 床・壁の復旧費用が別途必要
メリット・デメリット・注意点		掘削や薬液注入を伴わないので、経費は比較的安く抑えられる。	抜本的な液状化対策のための地盤改良には、機材搬入などのためジャッキアップ高さをたかめにするひつよう。住宅を平行移動して仮置きするスペースが必要。	抜本的な液状化対策のための地盤改良が可能。住宅を平行移動して仮置きするスペースが必要で、コスト高となる。
浦安の地盤特性による考察			液状化地盤を全面的に改良するにはコスト高となる。	液状化地盤を全面的に改良するにはコスト高となる。
将来の地震に対する沈下傾斜の可能性と再復旧のための工夫		あり	あり(液状化地盤を全面的に改良すればなし)	あり(液状化地盤を全面的に改良すればなし)
地盤の再液状化の可能性		あり	あり(液状化地盤を全面的に改良すればなし)	あり(液状化地盤を全面的に改良すればなし)
契約時・施工時のチェック点、プラント用地・資材置き場		ジャッキ等の資材置き場などのスペース	ジャッキ等の資材置き場などのスペース	建物を仮置きするスペース、仮置き場まで移動する経路のスペース
備考		アンカーボルトを切断してジャッキアップするため、修復後の基礎と上家の緊結にも注意が必要。		

- 注意事項
- ・沈下修正工法の選定や設計のために、地盤調査が必要です。
  - ・ベタ基礎の注意点:建築確認申請の際の図面を確認する。一見、床スラブがありベタ基礎のようでも、防湿のために厚さ5cm程度のコンクリートを打設しているだけで、構造的には、布基礎である場合があるので注意が必要。
  - ・いずれも、複数軒で、同時または連続施工することで、若干のコスト削減が可能と思われる。
  - ・近隣建物の沈下・傾斜などを誘発しない工法、今後の近隣建物の沈下・修正修復工事に影響を受けない工法を慎重に選択する必要がある。
  - ・いずれの工法も相当な技術力を必要とするが、同様の工法でも業者間で、技術力に大きな差があることがある。

# 精査中

III-4-4 既存小規模建築物（民間宅地）の液状化防止・軽減対策

(1) 液状化防止・軽減対策の基本的な考え方

①浦安の地域特性を踏まえた検討

中町・新町地域のほぼ全域、約1,400haに及ぶ広い範囲で液状化被害が発生した。特に、舞浜、弁天、入船、今川、美浜地区などにおいて、戸建住宅などの小規模建築物が集中するエリアにおいて、建築物の傾斜、沈下などの被害が集中している。

今後、東京湾北部地震など首都直下型の地震などレベルⅡに相当する地震が発生した場合には、ポンプ浚渫により造成した埋立砂層（Fs層）および沖積砂層（As層）で再び液状化が発生する可能性があることから、本節では、今後、規模の大きな地震によって再液状化の発生を抑制あるいは軽減するための方策について取りまとめる。

表-1 元町、中町、新町の地区別の代表的な地盤構造

地区名	元町地区 (猫実4丁目)	中町地区 (今川4丁目)	新町地区 (日の出3丁目)
盛土層 (Bs層)	GL±0.00～-1.00m	GL±0.00～-0.80m	GL±0.00～-1.00m
埋立砂層 (Fs層)	—	GL-0.80～-8.00m	GL-1.00～-8.70m
沖積砂層 (As層)	GL-1.00～-8.80m	GL-8.00～-15.50m	GL-8.70～-19.80m
沖積粘性土層 (Ac層)	GL-8.80～-23.90m	GL-15.50～-29.70m	GL-19.80～-30.40m
洪積層 (支持層)	GL-26.80m～	GL-43.40m～	GL-46.00m～

浦安市域の地区別の代表的な地盤構造は表-1に示すとおりであり、山砂を用いて造成して整地を行った盛土層（Bs層）の下部には、元町地区を除いてポンプ浚渫により造成した埋立砂層（Fs層）が堆積している。その下部には沖積砂層（As層）、沖積粘性土層（Ac層）と続き、洪積層（kys層）が現れる。

各土層の層厚は、埋立砂層（Fs層）が層厚1.0～13.0m程度、沖積砂層（As層）が層厚2.0～14.0m程度堆積しており、その下部に、沖積粘性土層（Ac層）が層厚5m～50m程度堆積している。

また、液状化被害が発生した中町・新町地域においては、公有水面埋立時に定めた土地利用計画に基づいて街づくりが進められ、特に、住宅等の民間建築物については、戸建住宅等の低層建築物とタウンハウス、マンションなどの集合住宅で構成される中高層建築物

が街区道路によって区分されるなど、閑静で魅力ある街並みが形成されている。

液状化防止・軽減対策の検討に当たっては、このような浦安の地盤特性と土地利用の実態を踏まえた対策工法を検討する必要がある。

(なお、小規模建築物の傾斜修復工法については、別途、整理を行う。)

②合理的な液状化防止・軽減対策を検討する上で配慮すべき事項

戸建住宅等の小規模建築物の液状化防止・軽減対策の検討に当たっては、建築物の所有者が異なるなどの、以下のような点に配慮する必要がある。

- i 建築後の経過年数や建替時期、住家に関する将来計画など、それぞれの事情を踏まえつつ、各所有者の自らの判断に基づき液状化防止・軽減対策を講じる必要があること。
- ii 一定の区域内で同一の工法を用いて液状化防止・軽減対策を実施する方が効率的となる場合があるが、実施にあたっては、工法の選定、費用負担などについて対象区域における建物所有者相互の合意形成が不可欠であること。
- iii 既存建築物を対象に液状化防止・軽減対策を講じる場合、当該建築物や隣接建物に影響を及ぼす地盤変形を生じる工法は選定できず、また、建築物がない状態、すなわち更地の状態での液状化防止・軽減対策と比較すると、一般的に効率性・経済性の点では不利と考えられること。
- iv 具体的な工法の選定にあたっては、道路や隣接家屋との間の施工スペースのほか、施工時の振動や騒音等が、周辺環境に与える影響も考慮する必要があること。
- v 液状化災害に強いまちづくりを推進する観点から、道路・下水道等の公共施設と宅地の一体的な対策を施すことが重要であるが、宅地部分の対策コストが個人負担の範囲を超えてしまい、住民の合意形成が整わずに一部の宅地で対策が取られないケースが発生することが想定される。この場合、工法によっては隣接する道路や宅地についても対策効果が発揮されないケースや当該宅地の液状化被害が逆に拡大してしまう恐れがあること。

(2) 新設・既存建物の個別および一体的液状化防止・軽減工法



浦安の地盤特性や土地利用状況、施工コスト、建築物所有者の個別の事情や合意形成などを総合的に勘案しつつ、数多くの液状化防止・軽減工法のなかから具体的な対策を絞り込み、検討していく必要がある。特に、既存建築物の所有者や宅地所有者が、それぞれの状況に応じて、建築物や宅地の液状化防止・軽減対策を検討する際の参考となるよう、上記の基本的な考え方を踏まえて、以下の4つのケースに分類する。

ケース1：大規模開発など、更地の状態で一定の区域を一体的に対策する場合

ケース2：新設または既存建築物を建て替える（取り壊しを含む）際に、個別に対策する場合

ケース3：既存建築物の直下を個別に対策する場合

ケース4：既存建築物が存在する一定の区域を一括して対策を行う場合

以下、それぞれの場合に適した、あるいは実施可能な液状化防止・軽減対策を整理する。

#### 2-1 大規模開発など更地の状態で、一定の区域を一体的に対策する場合（ケース1）

（参考）①から⑥のすべての工法が使用できる。特に、サンドコンパクションやバイブロフローテーションなど地盤締固め工法が用いられることが多いが、大型の施工機械を使用することから効率的であるものの振動や機械音などのデメリットもあるため、施工時には周囲に与える影響について注意が必要である。このような場合には、振動を抑えた静的締固め工法などが用いられる。

なお、グラベルドレーン工法は、液状化により発生した過剰間隙水圧を低下させることにより液状化の拡大を防止する工法であるが、施工時の杭形成過程による締固め効果が期待できる場合がある。

主な工法 ・サンドコンパクションパイル工法  
・バイブロフローテーション工法  
・グラベルドレーン工法

#### 2-2 新設または既存建築物を建て替える際に、個別に対策する場合（ケース2）

（参考）①から⑥のすべての工法が使用できるが、経済的な観点から、静的圧入締固め（CPG）工法など地中内にグラウトを圧入して地盤を締固める工法、柱状改良工法により地中に改良体を構築する方法などが採用されることが多い。

敷地の広さや形状を踏まえるとともに隣接建築物に影響を与えない工法を選定する必要がある。

主な工法 ・静的圧入締固め（CPG）工法  
・柱状改良工法  
・薬液注入工法  
・高圧噴射攪拌工法

#### 2-3 既存建築物（戸建住宅）の直下を単独で対策する場合（ケース3）

2-2 で示す工法が適用可能であるが、改良すべき地盤上に既存建物が存在するため、2-2 に比べて、施工が難しく、また、改良地盤の均一性に問題が生じる場合がある。たとえば、グラウトを注入する工法や高圧噴射攪拌工法の場合には、既存建築物直下地盤への施工が必須となる。このため、鉛直に注入する工法の場合は屋内に機械を設置して床に開口を設けて施工し、その後、補修を行う必要がある。なお、建物周囲から斜めに注入する工法の場合は、建物の中心直下は改良できない部分があるので、採用するには十分理解する必要がある。

また、浦安市の場合、隣家との周囲空地が狭隘なことが多いため、隣家との間で一定の施工スペースの確保が出来ることが条件となる。

主な工法 ・静的圧入締固め（CPG）工法  
・薬液注入工法  
・高圧噴射攪拌工法

#### 2-4 既存建築物が存在する一定の区域を一体的に対策する場合（ケース4）

一定の面積の街区内の道路・下水道等の公共施設と既存建築物（民間宅地）などの一体的に対策を行う方法として、杭状改良工法、格子状改良工法、地下水位低下工法などがある。詳細については、次節で整理する。

#### （3）道路・下水道等の公共施設と既存建築物（民間宅地）の一体的な液状化対策

浦安の復興、信頼回復のためには、行政・市民の相互連携のもとで、一体的な液状化防止・軽減対策を実施することが重要である。新聞報道によれば、国土交通省においても、平成23年度第3次補正予算において、災害に強い街づくりの観点から、道路・下水道等の公共施設と隣接する宅地を対象に一体的に液状化対策を推進する「液状化対策推進事業」制度を新たに創設し、液状化対策に取り組む自治体を支援する動きがある。

戸建住宅など小規模建築物で構成される既存街区において、道路等の公共施設と既存建築物の一体的な液状化防止・軽減対策を推進するためには、浦安の特性を踏まえた実施可能な工法とその効果、行政・住民の費用分担と負担能力、地域の合意形成の難易度など、様々な

課題を総合的に検討した上で、実現可能な対策を選定する必要がある。

具体的な対策案として、現在確立されている工法のなかから、以下の3案を検討する。

- A 案： 杭状改良工法
- B 案： 格子改良工法
- C 案： 地下水位低下工法
- その他： 住宅の立替時に対策を実施

これらの工法の概要と特徴、課題等については、表-2の通りである。

上記の各案は、浦安の地盤特性を踏まえた具体的な工法の検討とコストの算定、液状化防止・低減効果とその評価などの点で違いがあるとともに、様々な課題が残されていることから、第4回合同委員会までに概略のコスト比較、課題の整理を行い、実現可能な対策案を取りまとめる。

## （参 考）

### 建築物の液状化防止・軽減対策工法の技術的視点による分類・整理

液状化現象は、地下水で満たされた比較的ゆるい砂地盤が、強い地震の振動によって砂の粒子のかみ合わせが外れ、水の中に浮いた状態となって液体状になる現象で、液状化した砂が地上に吹き出たり、建築物が沈下・傾斜したり、地下に埋設したマンホールが浮き上がるなどの被害が発生する。

戸建住宅など小規模建築物を対象とした地盤の液状化防止対策工法として、表-3に示す工法がある。以下、その概要について整理する。

#### ①地盤の密度を増大させる工法

比較的ゆるい砂地盤が液状化することから、地盤を締め固めて密度を増加させることにより液状化を防止する工法である。

本工法として、地盤に砂を圧入して砂杭を造成することによって地盤を締め固める「サンドコンパクション工法」や砂地盤を噴射水で飽和させて強制的に振動を与えながら碎石等を挿入・沈下させることにより地盤を締め固める「バイブロフローテーション工法」な

どがある。これらの工法は、一括して施工できることや安価な砂を材料として使用することから、他の工法に比べコスト面で優れ、広い面積の造成地をまとめて液状化対策するのに適した工法である。これまでに、砂杭の造成方法や地盤の締め固めの方法が異なる様々な工法が開発されているが、大型の施工機械を使用することが多く、施工中の振動や機械音等による周辺環境への影響に配慮する必要があるほか、締め固めによる地表面の盛り上がりなどが発生する工法もあり、実施に当たっては注意が必要である。

このほか、既存建築物の直下や狭い区域の地盤を締め固めて液状化対策を行う工法として、流動性の低いモルタルを地盤に注入して密度を増加させる「静的圧入締め固め(CPG)工法」などがある。

#### ②地盤を固結する工法

地震の影響によって砂の粒子が間隙水（地下水）に浮遊する状態となり液状化が発生することから、地盤にセメントや薬液を注入して混合することによって固結させることによって、液状化を防止する工法である。

セメント系固化材と砂地盤を攪拌混合して地盤を固結する「深層混合処理工法」や「中層混合処理工法」、浸透性の高い薬液を注入して間隙水と置き換えることにより砂粒子を固結させる「薬液注入工法」、固化材を混合した高圧のウォータージェットを地盤内に噴射して地盤切削と固化材の混合攪拌を行うことにより地盤を固結する「高圧噴射攪拌工法」などがある。

攪拌混合の方法、薬液注入の方法、高圧噴射の方法などについては、様々な工法が開発されているが、固化材のコストが高価であるため、単位体積当たりの改良コストは①に比べ高く、重要構造物等の液状化対策や、限られた狭い範囲を強固に固結する目的等で用いられることが多い。

#### ③地下水を低下させる工法

あらかじめ地下水を低下させ、地盤を不飽和状態にしておくことによって液状化を防止する工法である。

建築物の周囲の地盤へ鋼矢板の打設、薬液の注入等により止水壁を設け、地下水をポンプで汲み上げることによって地下水位を低下させる「ディープウェル工法」や井戸を複数箇所設けて同時に地下水を汲み上げることにより地下水位を低下させる「ウェルポイント工法」、排水管を地盤に埋設して地下水を自然流下あるいはポンプと併用して水位を低下させる「排水溝工法」などがある。

これらの地下水を汲み上げる工法は、ポンプの維持管理を継続的に実施する場合があるほか、地下水位の低下に伴う地盤の圧密沈下に留意する必要がある。また、地下水をある程度低下させて地表面の非液状化層厚を大きくすれば、下層が液状化しても、非液状化層に支持された建物への影響が少なくなり、液状化被害を低減することが期待される。

#### ④せん断変形抑制工法

液状化の恐れのある地盤に強い剛性仕切りを設けてせん断変形を抑制することによって、液状化を防止する工法である。

深層混合処理工法と同様、セメント系の固化材と地盤を攪拌混合して剛性の高い格子状の連続壁を構築することによって、より低コストで液状化の防止を行う「格子状改良工法」がある。

格子状改良工法は、ホテル、立体駐車場など建築物の基礎として、杭基礎と併用して用いられた事例があり、せん断変形の抑制に加えて、建物を直接支持する基礎としての機能することにより液状化に伴う建物の沈下を防止する効果がある。なお、地中壁の高さに比べて格子の間隔が広い場合にはせん断変形の抑制機能が働かないことがあるため、実施に当たっては詳細な検討が必要である。

#### ⑤過剰間隙水圧消散工法

液状化によって発生する過剰間隙水圧を透水性の良い材料を用いて低減、消散させることによって液状化被害の低減を図る工法である。

地盤に透水性の良い砕石による柱（杭）を一定の間隔で造成することによって、地震時に発生する過剰間隙水圧を消散させることにより、液状化の拡大を抑制する「グラベルドレーン工法」や透水性の人工材料を用いる工法がある。

工法の特長上、過剰間隙水圧の消散に伴い排水に伴う地盤沈下が発生することとなるが、グラベルドレーン工法の場合には、砕石による柱を一定の間隔で造成する際に砂地盤を締め固める効果が期待できる場合がある。

#### ⑥支持地盤で建築物を保持する工法

液状化現象によって大量の地下水と土砂が地表面に噴出し、建築物の沈下、傾斜などの被害が発生することから、中・高層建築物の場合には、支持地盤まで杭を打設して地盤沈下による影響を防止するための対策が講じられている。これと同様、小規模建築物の場合には、建物の建築に先立ち、セメント系の固化材を砂地盤を攪拌混合することによって、様々な強度の柱を非液状化層となる地盤まで造成する「柱状改良工法」が用いられる。

この他、小規模建築物は軽量であることから、鋼管杭などを非液状化層まで、圧入などして、建物を支持させることで、液状化時の建物の沈下を抑制する方法などがある。

支持地盤で建築物を支持する工法では、液状化により周辺地盤が沈下した場合には、建物周辺部に段差が生じ、地下に埋設したライフラインなどが切断する恐れがあるので、事前の対応が必要である。

表-2 (1) 道路など公共施設と既存戸建住宅との一体的な液状化防止・軽減工法の比較（案） <その1>

名称	A案 杭状改良工法	B案 格子状改良工法
工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント系固化材を用いて、道路、建築物直下の地盤を杭状に改良することにより、液状化の発生時に建築物等を直接支え、沈下を防止するもの。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント系固化材を混合、または高圧噴射・攪拌工法を用いて、道路と宅地の境界および宅地相互の境界の地中に、格子状に強固な連続壁を造成することにより、地盤のせん断変形を抑えて液状化を防止・軽減するもの。</li> </ul>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存建築物ごとに対策を行うことが可能。また、液状化対策として実施する他の地盤締固め工法との併用が可能。</li> <li>小型機械により高強度の改良柱を造成することができるため、アースオーガーを用いた柱状改良は、戸建住宅の建替時によく実施されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地中壁の造成方法として、様々な機械式攪拌工法の適用が考えられる。</li> <li>ホテル、マンション、立体駐車場など比較的大きな構造物や重要構造物の液状化対策や建物を支持する基礎として実用化されている例がある。</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存建築物直下の地盤を改良するためには、建物内部での施工が必要となるため、複数個所で床の開口と補修工事が必要。</li> <li>建物の沈下を防止させるためには液状化層下部の、非液状化層まで改良柱を根入れを行うことが必要。浦安の場合、液状化の可能性のある層が厚いため高コストになる。</li> <li>道路、下水道の場合は、他の低コストの工法を検討することが望ましい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物外部から施工可能であるが、土地境界線での施工が必要なため、塀・生垣など外構、ライフライン配管の撤去、再設置が必要。</li> <li>大規模地震では格子枠内は液状化による地盤沈下が発生することがある。被害を軽減するためには、格子間隔を狭める必要があるが、コスト増と建物直下への施工が困難となる場合がある。</li> <li>液状化軽減効果と概算コスト算定のためには、数値計算等による具体的な設計計算を実施する必要がある。</li> <li>連続地中壁の設置にあたり、地下埋設物の盛替え等の作業が発生する。</li> </ul>
コスト評価 (一戸あたりの負担金額)	<ul style="list-style-type: none"> <li>宅地内の対策費用は、各所有者が負担する必要あり。</li> <li>非液状化層まで地盤を改良する場合、一戸あたりの負担は高額になる（約1千万円を超える見込み）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>宅地内の液状化対策費用は、各所有者が負担する必要あり。</li> <li>それぞれの宅地の周囲に地中壁を設ける場合、一戸あたりの負担額は高額（約1千万円程度）。</li> </ul>
備考		

表-2 (2) 道路など公共施設と既存戸建住宅との一体的な液状化防止・軽減工法の比較（案） <その2>

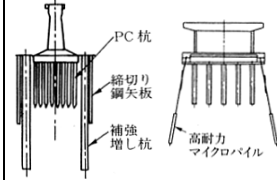
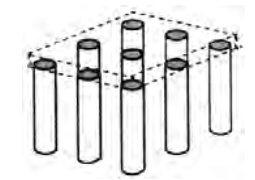
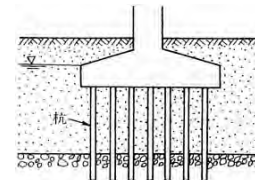
名称	C案 地下水位低下工法	その他 住宅の建替時に対策を実施
工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位の低下によって地盤の有効応力を増加させて地盤の液状化安全率の改善を図るとともに、地下水位を低下させた部分の不飽和化（水の一部または全部を空気と置き換えること）により、液状化の発生を押さえ、建物被害を軽減するもの。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅の立替時に建物所有者の事情に応じた液状化対策を推奨し、長期的に液状化に強い街づくりを行うもの。</li> </ul>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位の低下方法としては、排水溝設置による自然流下と集水柵でのポンプアップなどが考えられる。</li> <li>過去、液状化被害が発生した尼崎市、柏崎市の住宅地の液状化対策として実施された事例あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A～C案は、個人負担、地盤沈下などの大きな課題があるため、効率的に液状化防止・軽減対策を行うことが可能な住宅の建て替える際に実施。</li> <li>標高の低い元町地区は浸水対策と兼ね合わせた地盤のかさ上げ、中町・新町地区は、柱状改良工法や地盤締固め工法など、それぞれの地域と所有者の事情に応じた対応が可能。</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位低下量と液状化安全率の改善、液状化沈下量の定量的な評価が必要（※1）。</li> <li>特に、地下水低下による排水に伴い地盤の沈下が発生する可能性が高いため、建築物の不同沈下、杭基礎構造物への影響や周辺地盤の沈下に伴う段差の発生、ライフラインの切断対策について検討が必要（※2）。</li> <li>浦安の地盤標高が低いため、水位低下量によっては常時ポンプアップが不可欠となり維持管理経費が必要となる。また、海水の浸水対策ために止水壁の設置が必要となるケースがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物所有者の負担が生じるとともにそれぞれの建築物の立替時に対策を実施することから、スケールメリットが発揮されず、地域全体として一体的に液状化対策を推進することが困難。</li> </ul>
コスト評価 (一戸あたりの負担金額)	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細な検討が必要であるが、A案、B案と比べて全体工事費用は、安価になる可能性が大きい。一方、圧密沈下対策が必要。</li> <li>街区全体での対応となることから、排水設備の設置費用を公的に負担することによって建物所有者の負担は軽減される可能性がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A、B案の家屋基礎直下の液状化対策に比べ、住宅立替時にあわせて対策を実施するため、それぞれの事情に応じて、より安価で効果の高い対策を講じることが可能。</li> <li>対策工法によってコストに幅があるが、一戸あたり5～10百万円程度（詳細検討が必要）。</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>※1 「建築基礎構造設計指針」に基づき、地下水位低下の効果によるFL値と沈下量S(Dcy)の算定を実施。</li> <li>※2 既存地盤データを用いて、圧密沈下計算を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各家屋で対策を行うまでの間、再液状化に備えて、傾斜復旧工事に当たって工夫（再度の傾斜復旧が簡易に行えるようにしておくなど）をしておくことも重要。</li> </ul>

工法の原理	液状化発生の抑制								
	密度増大			固結		飽和度低下	間隙水圧消散	せん断変形抑制	
工法名	サンドコンパクションパイル	パイプロフローテーション	コンパクショングラウチング	深層混合処理	薬液注入	ディーブウェル	グラベルドレーン	格子状改良	
工法の概要	ケーシングパイプを先端閉塞の状態地中に貫入させ、砂を地中に圧入することにより、砂杭を作成しながら周辺の地盤を締め固める。	パイプロットと呼ばれるパイプレーターを内蔵した鋼管を先端ノズルから水を噴出させながら地中に鉛直に貫入させる。所定の深さに達したらパイプレーターにより、管を振動させながら徐々に引き上げる。振動によって地盤が締め固められた結果、パイプロットの周囲にできた間隙に砂利、鉄さい、砂などの粗粒材を流し込む。(補給材:砂利、鉄さい、砂)	流動性の極めて小さいソイルモルタルを地盤中に圧入し、球根状の固結体を連続的(串団子状)に造成する工程で、この固結体による締め固め効果で周辺地盤を圧縮強化する工法である(補給材:セメントモルタル)	セメントなどの安定材を混合攪拌し、地盤を固結させて液状化を防止する。液状化が問題となる地盤であればほとんどの地盤に対して適用可能で最も適用範囲の広い工法	緩い砂地盤に薬液を低圧で浸透注入させ、砂地盤の間隙水を薬液に置換して粘着力とせん断強さの増加を図る工法。	構造物の周囲を止水壁で囲い、その内部の地下水位を低下させることで過剰間隙水圧の上昇を抑制し、液状化を防止する。	砂地盤中に透水性の良い碎石の杭を造成することによって、地震発生時の過剰間隙水圧を消散させ、液状化を防止する。	セメント系等の改良材を水と混合して地盤に圧送し、攪拌翼により攪拌混合することにより地盤中に強固なセメントパイルを造成することによって、地震発生時の過剰間隙水圧を消散させ、液状化を防止する。	
対策の狙い	・地盤の強度が上昇する(N値増加)	・地盤の強度が上昇する(N値増加)	・地盤の強度が上昇する(N値増加)	・土の性質改良	・粘着力の増大	・地盤の不飽和化	・過剰間隙水圧の消散	・地盤のせん断変形抑制	
メリット	・大深度・高密度が期待可能 ・コスト安価	・コスト安価	・狭小地でも施工可	・固化体は強度が高いので構造物の支持が可能	・狭小地施工、斜め施工が可能	・既存構造物があっても適用可	・周辺変位が少ない	・建物支持する基礎としての役目も担える	
デメリット	・周辺地盤の水平変位が発生	・周辺地盤の変位が発生 ・水を使うので多量の泥水が出る	・周辺地盤の変位が発生	・既設構造物直下の改良は困難	・材料費が高い	・地下水低下により地盤沈下が生じる	・地震後に排水による沈下が発生する	・既設構造物直下の改良は困難	
騒音・振動	あり	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	
浦安の地盤特性による考察	・細粒分が多いとN値が上昇しにくい	・細粒分が多いとN値が上昇しにくい	・地下水位が浅いところで地表近くまで改良すると地盤隆起が生じる	・セメントを使うため水質への影響確認が必要	・細粒分40%以上は適用不可	・下水の処理が継続的に必要なので現実的には困難	・細粒分が多いと目詰まりを生じる可能性がある	・細粒分が多いと改良体の強度発現のためのセメント量が増える	
対策深度の考え方	液状化層下端まで	液状化層下端まで	液状化層下端まで	液状化層下端まで	液状化層下端まで	止水壁は不透水層まで根入れさせる	液状化層下端まで	液状化層下端まで	
新築	施工性(施工機械)	大型	中型	小型	大型	小型	小型 周囲にスペースが必要	大型	大型
	工期	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月
	工事費 平面規模1000m <sup>2</sup> 改良深さ10m	1000~2000万円(精査中)	1000~2000万円(精査中)	1~1.5億円(精査中)	4000~6000万円(精査中)	2~3億円(精査中)	1000~2000万円(精査中)	2000~4000万円(精査中)	1000~2000万円(精査中)
	契約時・施工時のチェック点								
既設	施工性			適用可		適用可	適用可		
	工期								
	工事費	既設戸建街区への適用は難しい?	既設戸建街区への適用は難しい		既設戸建街区への適用は難しい?			既設戸建街区への適用は難しい	既設戸建街区への適用は難しい
	契約時・施工時のチェック点								
小規模建築物への適用	施工条件、費用面から難しい?	施工条件、費用面から難しい	費用面から難しい	施工条件、費用面から難しい?	費用面から難しい	費用面から難しい	施工条件、費用面から難しい	施工条件、費用面から難しい	
備考	騒音振動が少ない工法や小型機械による工法も開発されている(コストは高くなる)	・浅層部を対象とする事例が多い ・近年は実績少ない	・既設構造物向けの工法		・既設構造物向けの工法	・工事中のドライワークとしての利用は多い	・サンドコンパクションパイルとの併用も多い	・改良体は深層混合処理工法にて作成	

注意事項

- ・液状化自体を防止する対策には、地盤に対してサンドコンパクション工法や鋼矢板工法などもあるが、戸建宅地では施工条件や費用の観点から現状での採用は難しい。
- ・せん断変形の防止による液状化対策として、深層混合処理や高圧噴射攪拌工法による格子状改良などもあるが、戸建て住宅への適用の可能性を検討中。

精査中

工法の原理		液状化被害の		
		杭基礎の	沈下防止	
工法名	増し杭	杭状改良	支持杭	
工法の概要	液状化が発生しても構造物に大きな応力・変形が発生しないように構造物の周囲に補強杭を設ける。	セメント系等の改良材を水と混合して地盤に圧送し、攪拌翼により攪拌混合することにより地盤中に強固なセメントパイルを造成する。これを図のように杭状に配置させて、液状化しても構造物が沈下しないようにする。	液状化が発生しても構造物に大きな応力・変形が発生しないように堅固な地盤に支持させる。	
				
対策の狙い	・液状化しても構造物の支持性能を喪失させない ・主に水平支持力の補強	・液状化しても構造物の支持性能を喪失させない ・小規模構造物向き	・液状化しても構造物の支持性能を喪失させない ・大規模構造物向き	
メリット	・既存構造物があっても適用可	・液状化発生の有無に関わらず構造物の安定を確保できる	・液状化発生の有無に関わらず構造物の安定を確保できる	
デメリット	・液状化の発生は許容する ・周辺地盤との段差が生じる	・液状化の発生は許容する ・周辺地盤との段差が生じる	・液状化の発生は許容する ・周辺地盤との段差が生じる	
騒音・振動	少ない	少ない	少ない	
浦安の地盤特性による考察	・液状化層が厚いと補強杭が膨大になる	深度20m程度までの範囲にN>10程度の支持層がないと沈下防止が確保できない可能性がある	N>50の支持層が深いため杭長が50m以上必要となる場合がある	
対策深度の考え方	液状化層下端まで	N=10~20程度の層まで(深度20m程度以内)	N>50の層まで	
新築	施工性(施工機械)	小型 周囲にスペースが必要	大型・小型	大型
	工期	1~2ヶ月	2週間~1ヶ月	2週間~1ヶ月
	工事費 平面規模1000m <sup>2</sup> 改良深さ10m	2~5億円(精査中)	200~500万円(精査中) (戸当り)	500~1000万円(精査中) (杭長50m 棟当り)
	契約時・施工時のチェック点			
既設	施工性	適用可	既設戸建街区への適用は難しい	既設戸建街区への適用は難しい
	工期			
	工事費			
	契約時・施工時のチェック点			
小規模建築物への適用		費用面から難しい	可能性あり	費用面から難しい
備考		・既設構造物向けの工法		

注意事項

精査中

1. 水準測定の方法

1.1 水準測定の目的・計画

校舎棟および体育館棟の水準測定（沈下量測定）は、基礎形式として支持杭が用いられている校舎棟と摩擦杭が用いられている体育館棟（屋内運動場棟）の二棟を対象として、その沈下の有無ならびに沈下傾向の把握を目的とした。

沈下測定は、入船南小学校と入船中学校および明海小学校の三校を対象として実施することとした。各校の基礎形式・被害状況等を表-1.1 に示す。

表-1.1 主要公共建築物被害状況の整理

No.	施設名称		建設年度	規模・構造		建物被害状況	インフラ被害状況	沈下等の有無			液状化	基礎被害	杭、地盤改良工法													
								建築物と周辺	沈下量mm(概略)	エントランス、マス類			基礎形式	杭の種類・工法		杭耐力(トン/本)	杭本数	杭径(mm)	杭長(m)	地盤改良	仕様	本数	深さ(m)			
9	入船南小学校	入船3-66-1	校舎棟	昭和56年3月	RC造	3階建	無し	水道、下水道被害あり	周辺犬走り段差、舗装沈下等	～	アプローチ破損	○		支持杭	SC杭、AC杭	中堀最終打撃工法	80	216本	600φ	52～55	パイプロフローテーション	鉋さい	1023本	12		
			屋内運動場棟	昭和56年3月	S造	平屋建	無し	下水道被害あり	周辺犬走り段差、舗装沈下等	0～250	アプローチ破損			摩擦杭	RC節杭	MT工法		204本	305～445φ	8	無し				-	
			プール棟	昭和56年3月	S造	平屋建	プール槽隆起、プールサイド沈下等	水道、下水道被害あり	建物周囲沈下	0～200	アプローチ破損 ガス保管庫傾斜等			摩擦杭	RC節杭	?		75本	?	8	無し					-
4	入船中学校	入船3-66-3	校舎棟	昭和56年3月	RC造	3階建	外壁仕上破損等	水道、下水道被害あり	校舎周り犬走り沈下	～60	昇降口階段スロープ等沈下	○		支持杭	鋼管	中堀工法、直接打撃	80	202本	600φ	38～60	パイプロフローテーション	鉋さい(径200～400)	1160本	12		
			技術棟	昭和56年3月	RC造、S造	平屋建	無し	下水道被害あり	校舎周り犬走り沈下	～230	無し			摩擦杭	TOPパイル	MT工法	8	176本	300φ	8	無し				-	
			屋内運動場棟	昭和56年3月	S造	2階建	無し	下水道被害あり	無し	～	無し			摩擦杭	摩擦杭	?	8	279本	300φ	8	無し				-	
			武道場棟	平成3年3月	RC造一部S造	2階建	沈下100mm	下水道被害あり	建物周囲沈下	～250	入り口土間スラブ損壊			摩擦杭	PHC杭	セメントミルク工法	10	214本	300φ	8	無し					-
			プール棟	昭和56年3月	S造	平屋建	プール槽隆起、プールサイド沈下等	下水道被害あり	無し	～	入り口扉損壊			摩擦杭	TOPパイル	MT工法	6	55本	300φ	8	無し					-
13	明海小学校	明海2-13-4	校舎棟	平成6年3月	RC造	3階建	EXP.不具合等	水道、下水道被害あり	外部階段、犬走り、舗装等損壊、沈下	200～700	77φ破損	○		支持杭	PHC杭、SC杭	中堀先端根固工法	174	138本	600φ	43～45	無し				-	
			屋外体育館棟	平成6年3月	S造	2階建	無し	下水道被害あり	建物周囲沈下	200～600	入り口スロープ、階段沈下			摩擦杭	異形摩擦杭	セメントミルク工法	12	254本	300φ	10	無し				-	
			プール棟	平成6年3月	S造	平屋建	無し	水道被害あり	建物周囲沈下	0～600	無し			摩擦杭	異形摩擦杭	セメントミルク工法	12	137本	300φ	10	無し				-	



1.2 水準測定の方法

校舎棟および屋内運動場棟の水準（沈下）測定は、原則として各建物の四隅を水準測量（光学式水準器によるレベル測定）により行うものとした。測定点の概要を図-1.1 に示す。

また、当初は校舎棟と屋内運動場棟に、写真-1.2 に示すような水準点（水準点プレート）が壁面に設置されており、その水準点の計測により各棟の四隅の沈下傾向、ならびに校舎棟と体育館棟の相対的な沈下量も求められるものとして計画された。但し、水準点プレートが四隅に設置されていた箇所は、明海小学校の校舎棟、体育館棟および入船中学校武道館棟のみであり、他の屋内運動場棟では設置されていない。このため、今回の測定では、一部に設置されていた水準点プレートを水準測量の基準点としつつ、基礎梁の天端（水切り天端）を測定点として水準測量を実施した。ここで、測定点の概要を写真-1.3 に示す。

このように、現存する水準点プレートの一つを基準点（KBM±0m）として、各棟四隅の基礎梁天端（水切り天端）の標高を求めたことより、校舎棟や屋内運動場棟それぞれ単独の四隅の標高差（相対沈下量）は、それぞれの建物における沈下傾向を示すものと判断される。但し、これは建設当初の基礎梁天端（水切り天端）が水平に施工されているとの前提に基づく評価である。一方、校舎棟と屋内運動場棟の相互の現状における標高差は、明海小学校では建設後の現在までの相対沈下量を示すものの、その他の学校では建設当初の標高差が不明なため、相対沈下を示すものではない。

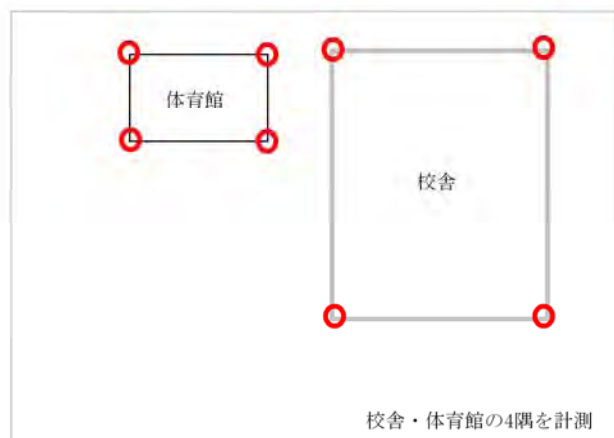


図-1.1 校舎および体育館の水準（沈下）測定箇所の概要



写真-1.2 校舎壁面に設置されている水準点（水準点プレート）の例



写真-1.3 水準測定点とした基礎梁天端（水切り天端）の例

2. 水準測定の結果

2.1 水準測定の結果

入船南小学校および入船中学校の水準測定の結果をまとめ 図-2.1(1) に示す。両校とも校舎棟に現存する水準点プレートの一つを基準点 (KBM±0m) として、各棟四隅の基礎梁天端 (水切り天端) の標高を示したものであり、図-2.1(3) には各棟の沈下方向の概略の傾向を示した。

一方、明海小学校および明海幼稚園の水準測定の結果をまとめ 図-2.1(2) に示す。小学校校舎に現存する水準点プレート小 No.7 を基準点 (±0m) として、その他のプレート標高を示したものであり、図-2.1(3) には各棟の沈下方向の概略の傾向を示した。

2.2 入船南小学校の水準測定結果

入船南小学校の校舎棟および屋内運動場棟の四隅の水準測定結果をまとめ、図-2.2(1), (2) に示す。また、同図では四隅の相対沈下量に基づく傾斜角も合わせて示している。

これより、校舎棟の四隅に標高差はみられず、沈下は発生していないものと判断される。一方、屋内運動場棟の四隅の相対沈下量は最大 39mm であり、概ね東方向への傾斜がみられた。また、屋内運動場棟の四辺の傾斜角は、最大で 1.5/1000 程度である。

2.3 入船中学校の水準測定結果

入船中学校の校舎棟、屋内運動場棟および武道場棟の四隅の水準測定結果をまとめ、図-2.3(1), (2), (3) に示す。

校舎棟の相対沈下量は最大 16mm であり、概ね南東方向 (旧護岸方向) に傾斜する傾向を示した。但し、これは基礎梁天端を測定した結果であり、建設当初に基礎梁天端が水平であったことが前提である。加えて水準測量の測定誤差を多少は含んでいることなどを考慮すると、一概に沈下傾向とは判断しかねるものでもある。

屋内運動場棟の四隅の相対沈下量は最大 126mm であり、概ね東方向への傾斜がみられた。また、屋内運動場棟の四辺の傾斜角は、最大で 3.5/1000 程度である。

武道場棟の四隅の相対沈下量は最大 67mm であり、校舎棟と同じく南東側 (旧護岸方向) への傾斜がみられた。また、武道場棟の四辺の傾斜角は、最大で 3.1/1000 程度である。

2.4 明海小学校・幼稚園の水準測定結果

明海小学校校舎のプレート四隅の水準測定結果をまとめ、図-2.4(1), (2) に示す (幼稚園は長方形でないため除外)。これより、小学校の小 No.7 地点を基準とした相対沈下量は、小学校校舎で最大 13mm 程度、最大で 0.4/1000 程度である。一方、校舎に対する体育館の相対沈下量は 42~66mm 程度であった。四辺の傾斜角は、最大で 1.0/1000 程度である。また、校舎に対する幼稚園の相対沈下量は 14~22mm 程度であった。

2.5 まとめ

相対沈下量は、支持杭 (校舎棟) に比べ摩擦杭 (屋内運動場棟、武道場棟) で大きくなる傾向を示す。傾斜角も供用において問題となる値ではないものの、摩擦杭で比較的に大きくなる傾向を示す。ただし、地震前の水準測量との比較はなく、相対沈下量と傾斜角は全般的に小さく、地震による変位との判断は難しいところでもある。



レベル測定位置図

測定結果(入船南小学校)

測定点	プレート	KBM	備考
		±(m)	
校舎棟	プレート	±0.000	A直上
	A	-0.130	水切り天端
	B	-0.130	〃
	C	-0.130	〃
屋内運動場棟	D	-0.130	〃
	E	-0.060	〃
	F	-0.071	〃
	G	-0.099	〃
H		-0.069	〃

測定結果(入船中学校)

測定点	プレート	KBM	備考
		±(m)	
校舎棟	プレートNo.3	±0.000	A'直上
	プレートNo.5	-0.004	B直上
	プレートNo.7	-0.007	P7直上
	A'	-0.370	水切り天端
	A	-0.362	〃
	B	-0.365	〃
	P7	-0.363	〃
屋内運動場棟	C	-0.375	〃
	D	-0.378	〃
	E	-0.527	〃
	F	-0.575	〃
武道場棟	G	-0.653	〃
	H	-0.566	〃
	I	-0.605	水準点
	J	-0.606	〃
K		-0.672	〃
	L	-0.663	〃

図-2.1 (1) 入船南小学校・入船中学校の水準測定結果



レベル測定位置図

測定結果(明海小学校, 明海幼稚園)

測定点		水準プレート 初期値	測定値 ±(m)	相対沈下量 [小No.7基準] ±(m)
体育館	小No.1	T.P.+4600mm	-0.166	-0.066
	小No.2	"	-0.156	-0.056
	小No.3	"	-0.142	-0.042
	小No.4	"	-0.148	-0.048
校舎棟	小No.5	T.P.+4700mm	-0.013	-0.013
	小No.6	"	-0.005	-0.005
	小No.7	"	0.000	0.000
	小No.8	"	-0.006	-0.006
幼稚園	幼No.1	"	-0.020	-0.020
	幼No.2	"	-0.014	-0.014
	幼No.3	"	-0.015	-0.015
	幼No.4	"	-0.022	-0.022
KBM			0.452	
No.135			0.004	

図-2.1 (2) 明海小学校・明海幼稚園の水準測定結果



注) 図中の矢印のスケールは概略のイメージとして表示  
図-2.1 (3) 各棟の沈下傾斜の概要

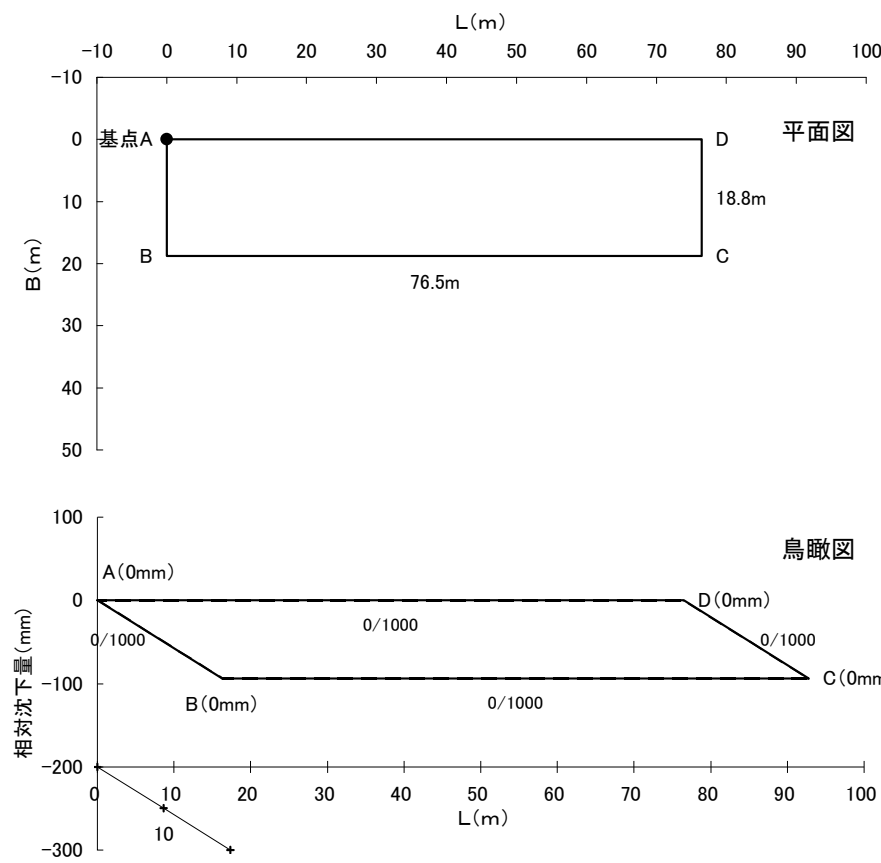


図-2.2 (1) 相对沈下量と傾斜角 測定結果 (入船南小学校・校舎棟)

校舎棟	
B(m)	18.8
L(m)	76.5

測点	測定高 (m)	相对沈下量 (mm)
A	-0.130	0
B	-0.130	0
C	-0.130	0
D	-0.130	0

区間	傾斜角
A-B	0/1000
B-C	0/1000
C-D	0/1000
D-A	0/1000

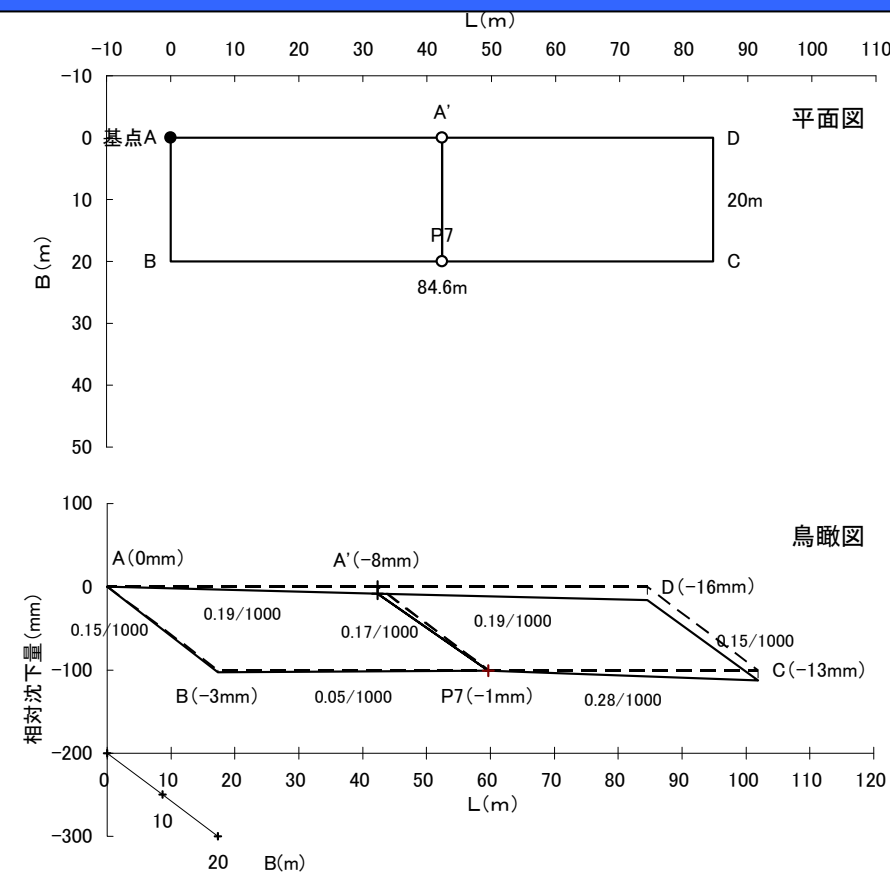


図-2.3 (1) 相对沈下量と傾斜角 測定結果 (入船中学校・校舎棟)

校舎棟	
B(m)	20
L(m)	84.6

測点	測定高 (m)	相对沈下量 (mm)
A	-0.362	0
B	-0.365	-3
P7	-0.363	-1
C	-0.375	-13
D	-0.378	-16
A'	-0.370	-8

区間	傾斜角
A-B	0.15/1000
B-P7	0.05/1000
P7-C	0.28/1000
C-D	0.15/1000
D-A'	0.19/1000
A'-A	0.19/1000
A'-P7	0.17/1000

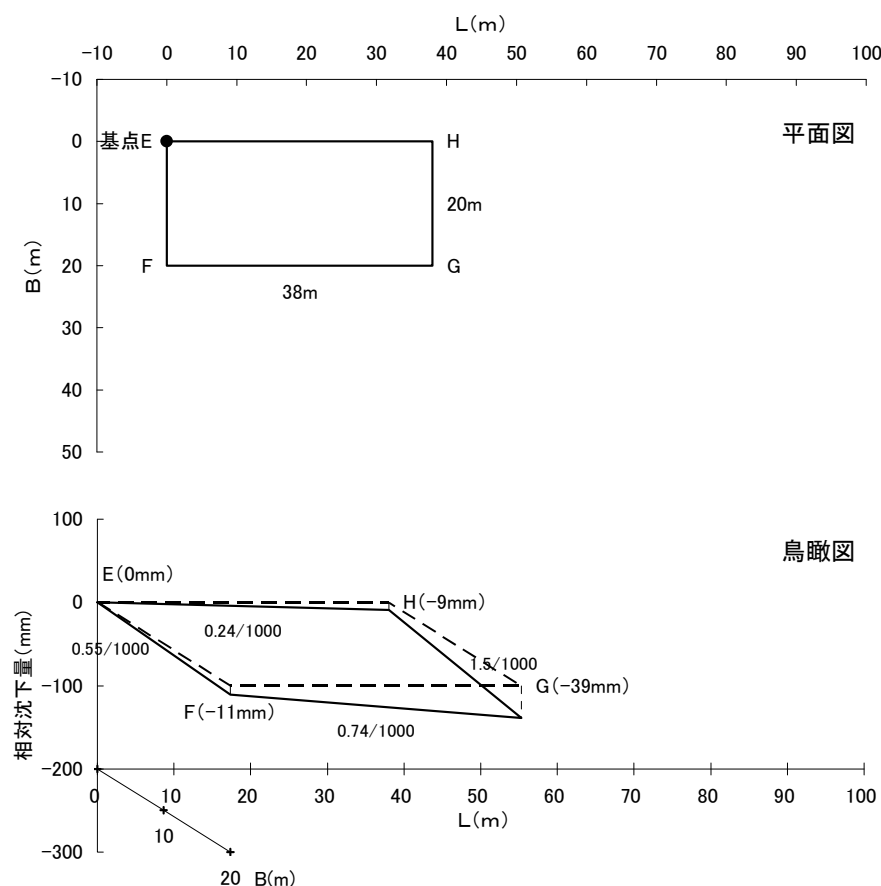


図-2.2 (2) 相对沈下量と傾斜角 測定結果 (入船南小学校・屋内運動場棟)

屋内運動場棟	
B(m)	20
L(m)	38

測点	測定高 (m)	相对沈下量 (mm)
E	-0.060	0
F	-0.071	-11
G	-0.099	-39
H	-0.069	-9

区間	傾斜角
E-F	0.55/1000
F-G	0.74/1000
G-H	1.5/1000
H-E	0.24/1000

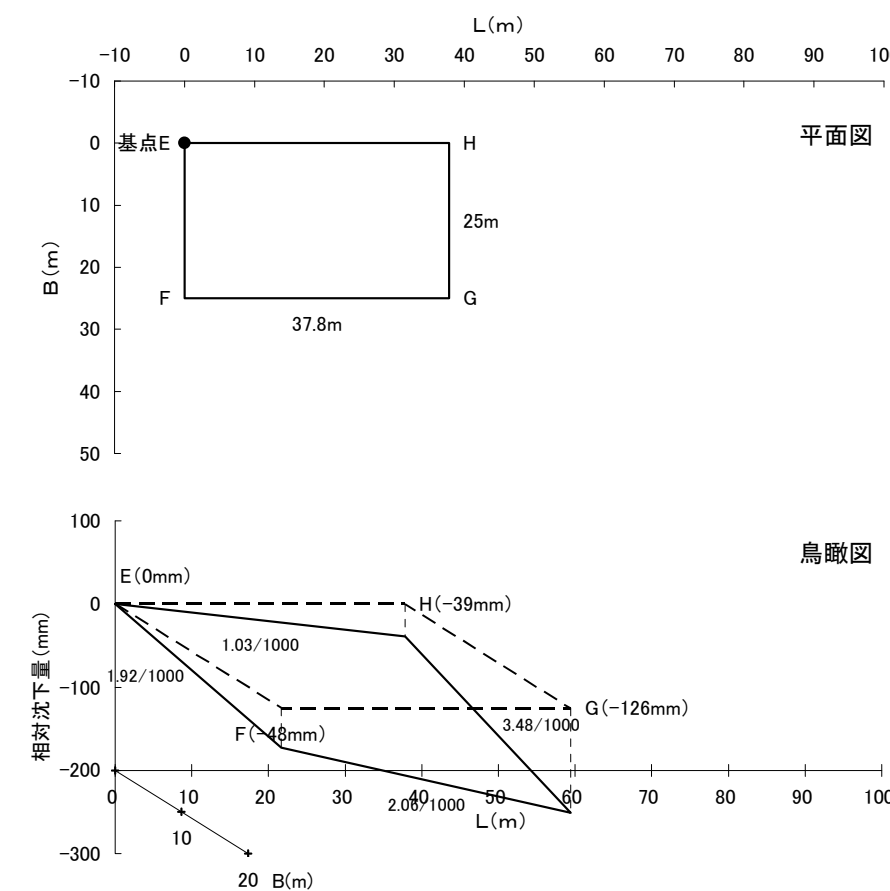


図-2.3 (2) 相对沈下量と傾斜角 測定結果 (入船中学校・屋内運動場棟)

屋内運動場棟	
B(m)	25
L(m)	37.8

測点	測定高 (m)	相对沈下量 (mm)
E	-0.527	0
F	-0.575	-48
G	-0.653	-126
H	-0.566	-39

区間	傾斜角
E-F	1.92/1000
F-G	2.06/1000
G-H	3.48/1000
H-E	1.03/1000

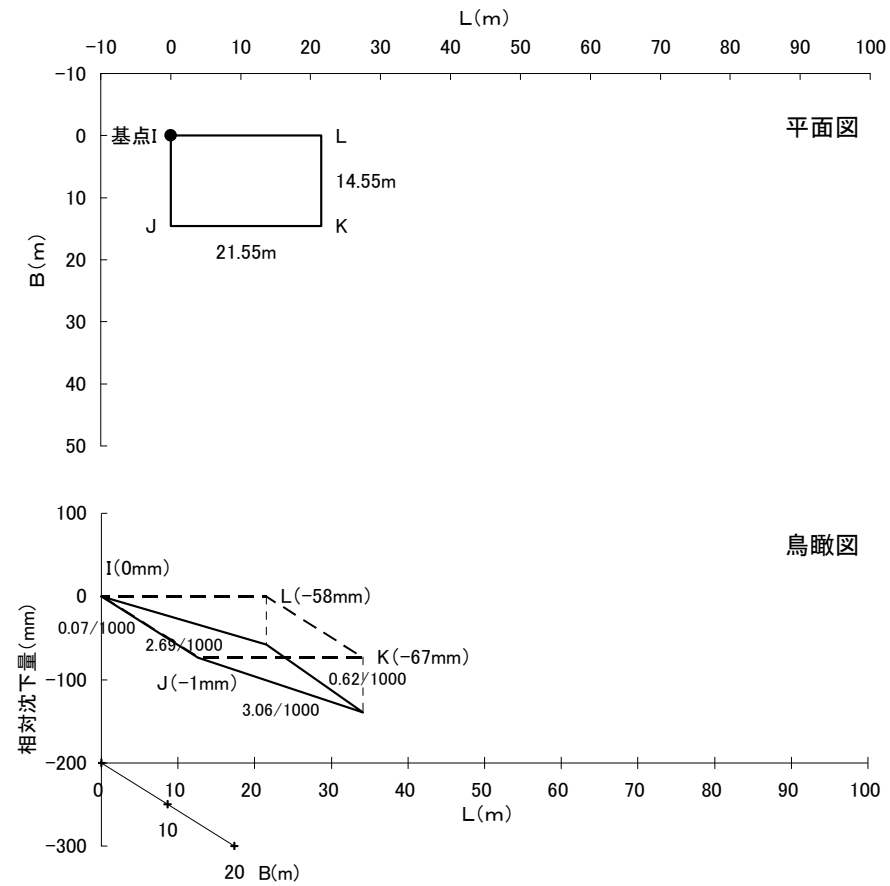


図-2.3 (3) 相対沈下量と傾斜角 測定結果 (入船中学校-武道場棟)

武道場棟		鳥瞰角
B(m)	14.55	
L(m)	21.55	

測点	測定高 (m)	相対沈下量 (mm)
I	-0.605	0
J	-0.606	-1
K	-0.672	-67
L	-0.663	-58

区間	傾斜角
I-J	0.07/1000
J-K	3.06/1000
K-L	0.62/1000
L-I	2.69/1000

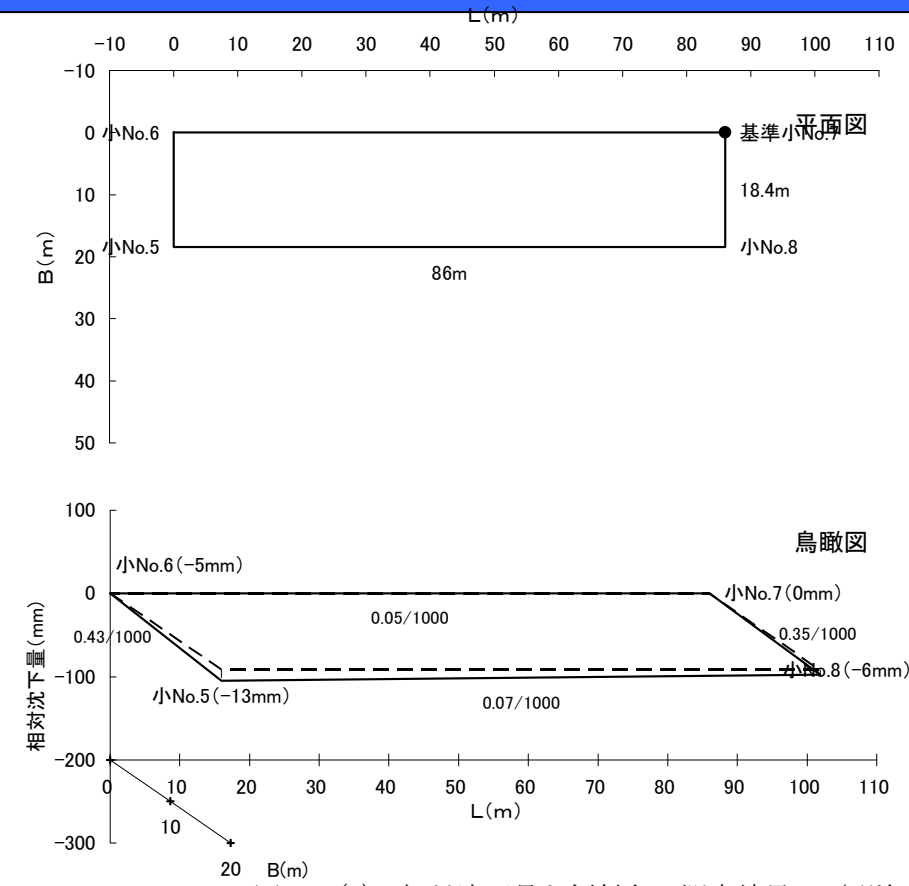


図-2.4 (1) 相対沈下量と傾斜角 測定結果 (明海小学校-校舎棟)

校舎棟	
B(m)	18.4
L(m)	86

測点	測定高 (m)	相対沈下量 (mm)
小No.6	-0.005	-5
小No.5	-0.013	-13
小No.8	-0.006	-6
小No.7	0.000	0

区間	傾斜角
小No.6-小No.5	0.43/1000
小No.5-小No.8	0.07/1000
小No.8-小No.7	0.35/1000
小No.7-小No.6	0.05/1000

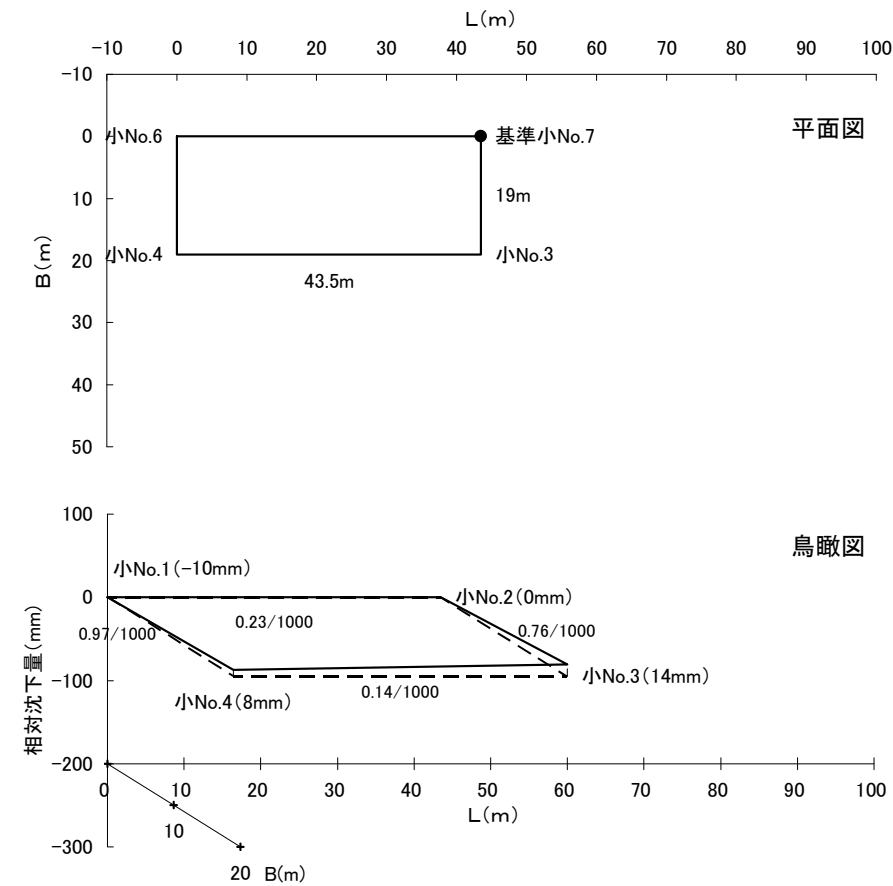


図-2.4 (2) 相対沈下量と傾斜角 測定結果 (明海小学校-体育館)

体育館	
B(m)	19
L(m)	43.5

測点	測定高 (m)	相対沈下量 (mm)
小No.1	-0.166	-10
小No.4	-0.148	8
小No.3	-0.142	14
小No.2	-0.156	0

区間	傾斜角
小No.1-小No.4	0.97/1000
小No.4-小No.3	0.14/1000
小No.3-小No.2	0.76/1000
小No.2-小No.1	0.23/1000

1. IT試験の概要

1.1 試験内容

液状化による杭の被災の有無の確認を目的として、小学校二校の支持杭を対象としてIT試験を実施した。試験は図-1.1 調査地案内図に示す「入船南小学校の校舎棟」および「高洲小学校の校舎棟」における各々1本の既存既製コンクリート杭（計2本）を対象とした。

ここで、入船南小学校の校舎棟は直下およびその周囲5.1m幅のエリアに、地盤改良（パイプロフローテーション：1.7m正方形配置、深さ12m）が施された校舎であり、高洲小学校は、無処理の校舎である。

試験を実施した両小学校の杭の仕様を表-1.1に示す。なお、両校共に杭最上部はSC杭（外殻鋼管付きコンクリート杭）であり、フーチング直下の杭表面は鋼管となっている。

表-1.1 IT試験実施杭の仕様と試験数量

調査場所	杭位置	杭仕様	施工方法	杭頭部目視観察	IT試験数量(本)
入船南小学校	X9-Y4	既製コンクリート杭 SC杭+AC杭+AC杭+SC杭 杭径：φ600mm 杭長：52.0m (15m+12m+12m+13m)	中堀最終打撃工法	1	1
高洲小学校	XE3	既製コンクリート杭 SC杭+CPRC杭+PHC杭+PHC杭 杭径：φ500mm 杭長：52.0m (7m+15m+15m+15m)	プレボーリング 拡大根固め工法	1	1
合計				2	2

2. IT試験結果

2.1 IT試験結果

IT試験の測定は、1本の杭で4回以上の打撃・測定を行い測定結果の再現性をモニターで確認した。

杭の先端反射深度を決定する杭体の弾性波速度は、表-2.1.1の「杭の種類と杭体弾性波速度の例」を参考に、既製コンクリート杭の標準的な値を用いた。

表-2.1.1 杭の種類と杭体弾性波速度の例

項目 \ 杭種	既製コンクリート杭	場所打ちコンクリート杭	鋼管杭
密度 ρ (kg/cm <sup>3</sup> )	2.5×10 <sup>3</sup>	2.5×10 <sup>3</sup>	7.85×10 <sup>3</sup>
ヤング係数 E(N/m <sup>2</sup> )	3.2×10 <sup>10</sup> ~4.8×10 <sup>10</sup>	2.9×10 <sup>10</sup> ~4.0×10 <sup>10</sup>	2.06×10 <sup>11</sup>
弾性波速度 (m/s)	3600~4400	3400~4000	5120

また、今回測定した波形による杭の健全性の判定は、公的な評価機関である（財）ベターリビングの採用している判定法（表-2.1.2参照）に準拠して、その健全性を評価した。

IT試験により測定した波形は、波形全体にランダムノイズが含まれると考えられることから、スタッキング処理（重ね合せによるノイズのキャンセル）を行い、ノッチフィルター（200Hz~400Hz）によりフーチングからの繰返し反射を除去し入射波の周波数成分のみを残すことで反射波を強調した（反射波は入射波と同様な周波数成分をもつ）。

スタッキング処理およびフィルター処理後の波形を図-2.1.1の「IT試験測定波形図」に示す。この波形図の縦軸は、杭頭部（センサー設置位置）での速度レスポンス（速度比）を表し、横軸は杭長を示している。また、波形図の横軸0.0mは、センサーの設置位置を、▲印は先端反射位置をそれぞれ示している。同図に示すように、入船南小学校ではセンサー設置位置より深度-51.1m付近に、高洲小学校ではセンサー設置位置より深度-51.4m付近に明瞭な先端反射が確認された。

一般に、施工されている杭の弾性波速度は、経験的に最大で±5~10%程度の差が生じることが考えられる。測定結果は、杭体の弾性波速度を既製コンクリート杭の標準的な値とした場合の結果である。

上記の結果を表-2.1.2に照合したIT試験による杭の健全性判定結果を表-2.1.3に示す。これより、測定した2本の杭の健全性（連続性）は、カテゴリⅠ：「健全である（○）」と判断される。



図-1.1 調査地案内図

表-2.1.2 杭の健全性判定基準

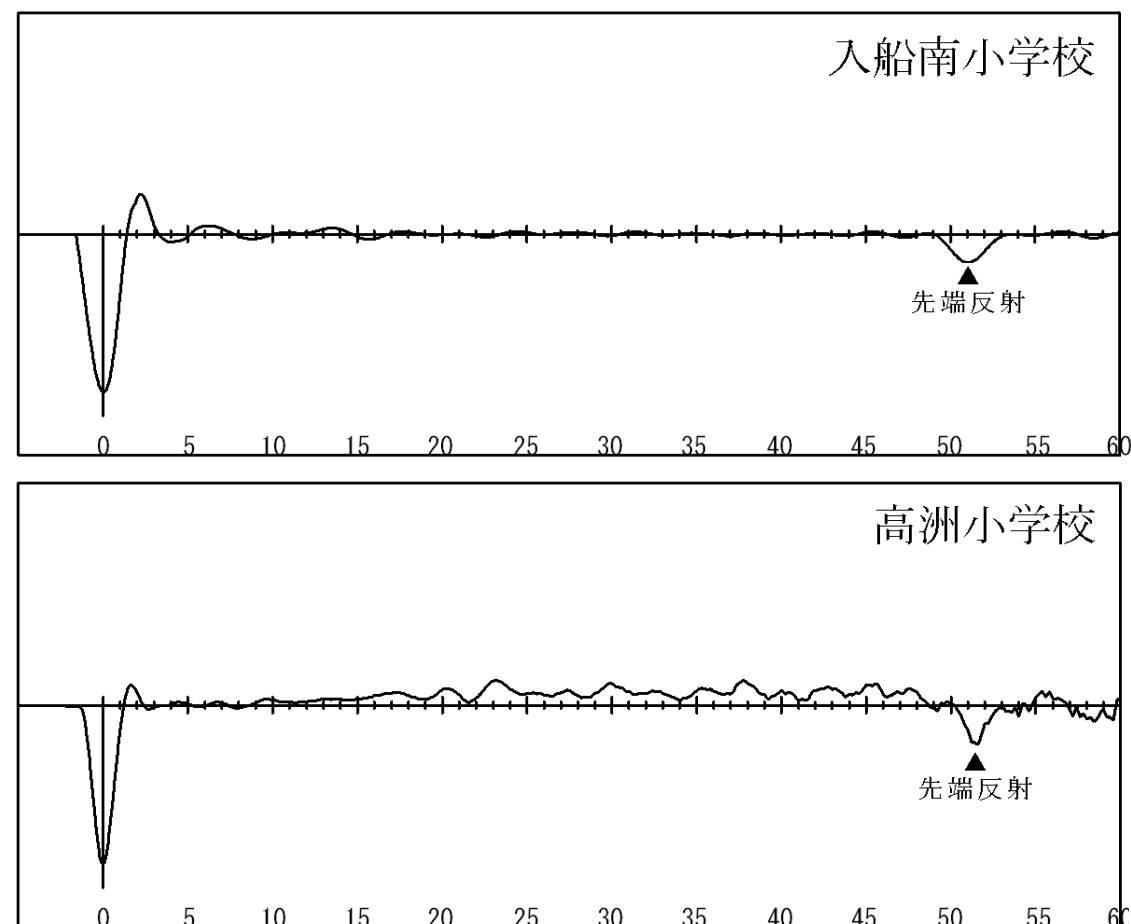
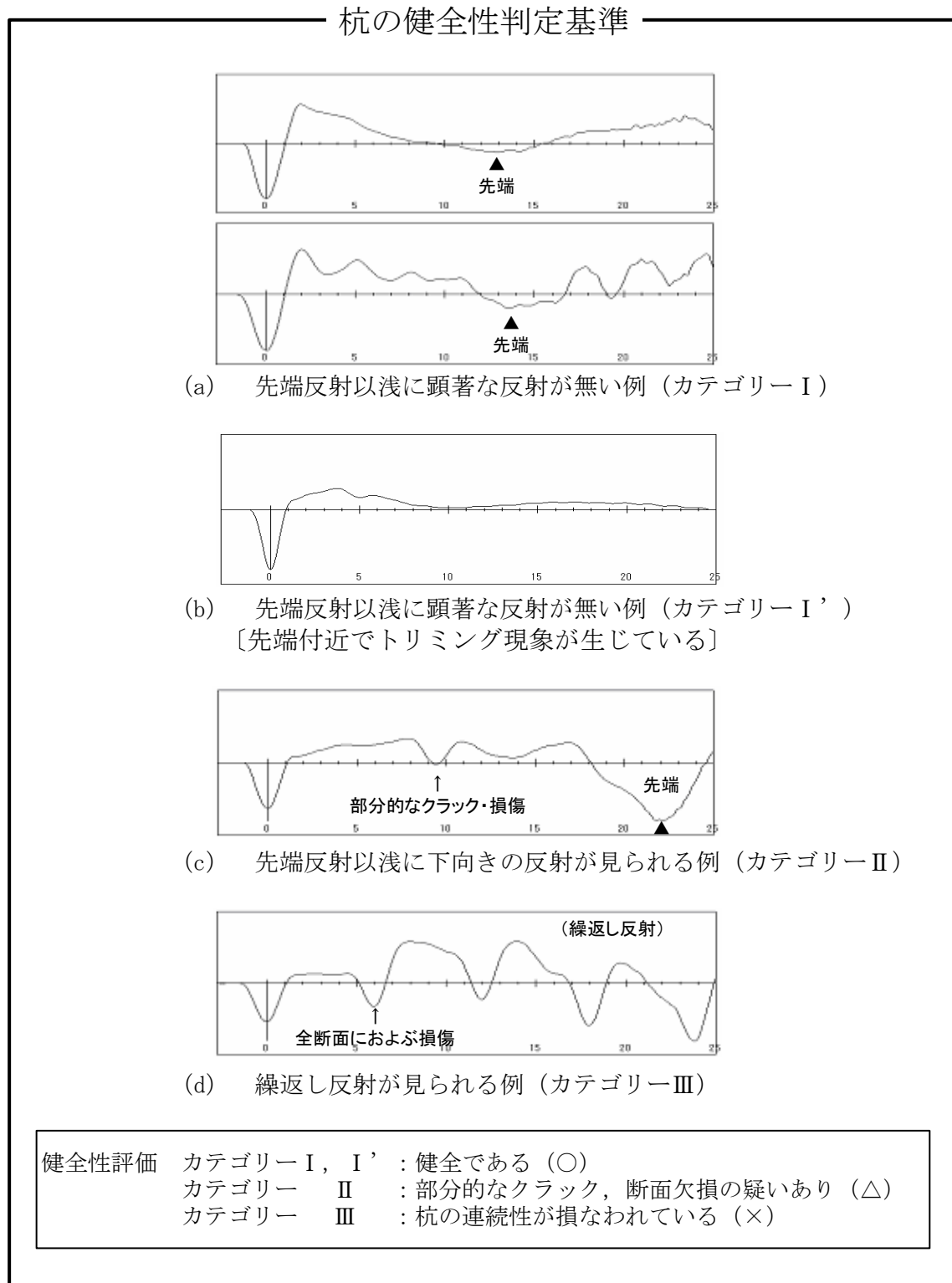


図-2.1.1 I T 試験測定波形図

表-2.1.3 I T 試験測定結果 (健全性判定結果)

調査場所	杭位置	杭仕様	センサー設置深度 ※1 (m)	I T 試験結果			測定波形の特徴
				損傷部からの反射深度 ※2, ※3 (m)	先端反射深度 ※2, ※3 (m)	健全性判定 ※4	
入船南小学校	X9-Y4	既製コンクリート杭 SC杭+AC杭+AC杭+SC杭 杭径: φ600mm 杭長: 52.0m (15m+12m+12m+13m)	0.3	なし	51.1	○	先端反射が明瞭である。先端反射以浅に下向きの反射は見られない。
高洲小学校	XE3	既製コンクリート杭 SC杭+CPRC杭+PHC杭+PHC杭 杭径: φ500mm 杭長: 52.0m (7m+15m+15m+15m)	0.4	なし	51.4	○	先端反射が明瞭である。先端反射以浅に下向きの反射は見られない。

※1 センサー設置深度の基準は、フーチング下面である。

※2 反射の深度は、杭体の弾性波速度を既製コンクリート杭の標準的な値を用いた場合の結果である。

※3 反射深度の基準は、センサー設置深度である。

※4 <健全性の評価> ○ : 健全性が高いと考えられる △ : 部分的な損傷の疑いあり

× : 杭の全断面におよぶ損傷の疑いあり

2.2 杭側面の掘削状況

杭側面の掘削状況をまとめ、図-2.2.1 および図-2.2.2 に示す。以下に杭側面掘削時の杭周囲状況等を示す。

(1) 入船南小学校

- ・フーチング上端深度：GL-1.05 m
- ・フーチング高さ：1.6 m
- ・フーチング下端深度（捨てコン厚含む）：GL-2.71 m
- ・杭側面掘削深度：GL-3.3 m

深度GL-2.15 m付近より地下水の湧水が発生。フーチング下位の砕石等の埋土に帯水する地下水とみられる。このため、フーチング下端部における地盤との「隙間」の有無は明確には確認できていないが、杭周囲の切り取り面の土砂には隙間は見られなかった（写真-2.2.1 参照）。

(2) 高洲小学校

- ・フーチング上端深度：GL-0 m（周辺地盤は液状化により沈下しており、沈下した現状地表面をGLとして設定しているため）
- ・フーチング高さ：1.1 m
- ・フーチング下端深度：GL-1.1 m
- ・杭側面掘削深度：GL-1.8 m

深度GL-1.47 m付近より掘削面の砂層から地下水の湧水が発生。図-2.2.2 に示すように、フーチング下端部に捨てコンの付着は見られず、深度GL-1.45 m付近に層厚5～6cm程度の板状コンクリート塊が概ね水平に出現した。また、フーチング下端部と同板状コンクリート塊の間は、砂で充填されていた。

一方、杭周囲に接するフーチング下端表面のコンクリートに、杭周に沿って三日月状の剥離が確認された（写真-2.2.2 参照）。剥離したコンクリートの厚さは2.5cm程度であり、杭周に沿って40cm程度の幅で三日月状に剥離し浮き上がっていた。フーチング下端表面の剥離であり、フーチング躯体や杭には問題ないものと判断された。

ここで、板状コンクリート塊は、杭頭部周辺地盤が液状化したことによりフーチング下端面より剥離脱落した「捨てコン」とも想定されるが、フーチング下端面と捨てコンとの付着が、地震力により切れるものか、また、分離した捨てコンが杭周囲に沿って水平に落下するものかは疑問の残るところでもある。

なお、フーチング下端部における地盤との間には概ね2～3cm程度の「隙間」が確認された（写真-2.2.2 参照、杭頭の左側の黒い帯部分）。

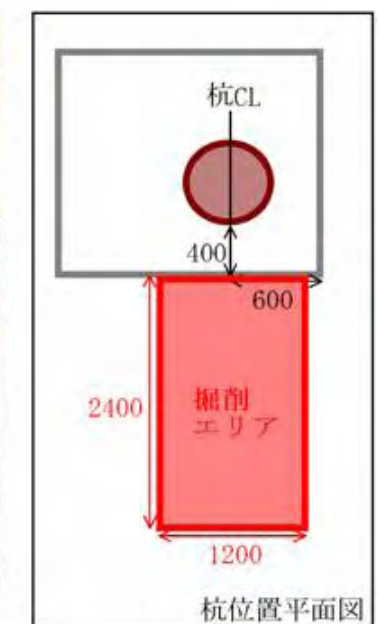
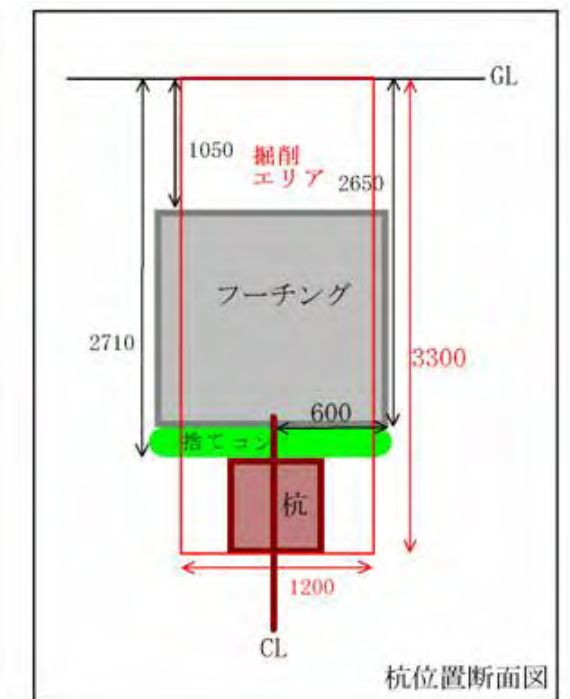


図-2.2.1 杭側面の掘削状況・杭頭部の状況（入船南小学校）



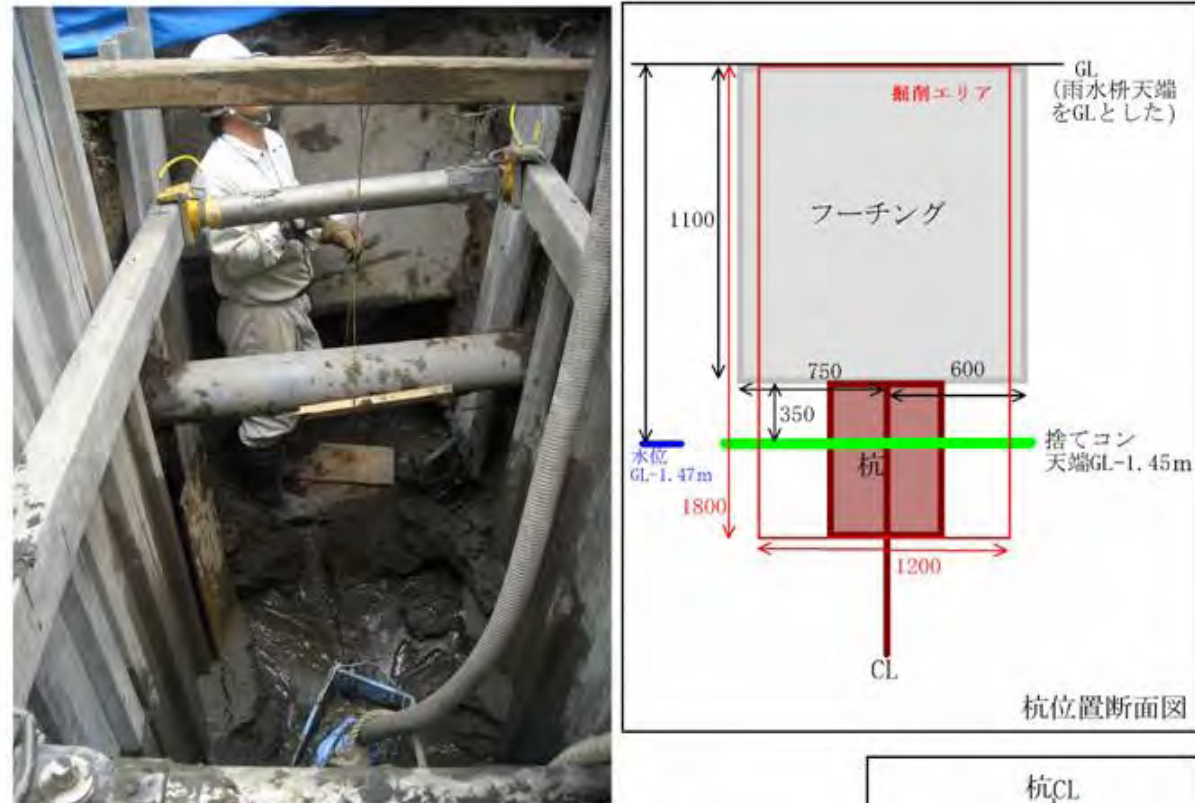


写真-2.2.1 杭頭周辺部の地盤の状況 (入船南小学校)

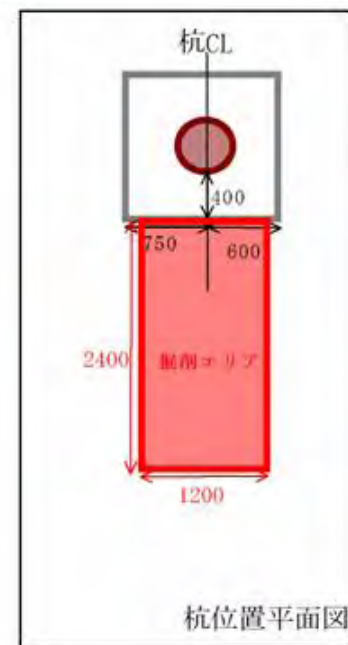


写真-2.2.2 杭頭周辺部の地盤の状況 (高洲小学校)

図-2.2.2 杭側面の掘削状況・杭頭部の状況 (高洲小学校)