

東日本大震災による住宅被害のアンケート調査

その1 地盤補強を行った住宅の調査結果

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本太平洋沖地震では、関東・東北地方の臨海部を中心に大規模な液状化現象が発生し、ライフラインの機能麻痺や戸建住宅の不同沈下など甚大な被害を受けた。被害調査は各種機関、団体で実施されているが、住宅の地盤調査と地盤補強工事に携わる企業により組織されたNPO住宅地盤品質協会でも、今回の地震で被った液状化・地すべり・擁壁変状に伴う住宅の被害の教訓を今後の地盤調査や地盤補強・基礎設計に活かすため、会員各社に2度に亘ってアンケート調査を実施した。

本報その1では、地盤補強を行った住宅の被害調査結果について報告する。

2. アンケート調査の概要

2.1 調査項目

Q1：地震被害地域での地盤調査・地盤補強実績

Q2：地震被害の主原因（液状化、地すべり、擁壁変状、その他）

Q3～6：設計時の地盤調査によって、上記原因による地盤災害の発生が予測できたか否か。

Q7：上記要因に対して、地盤補強（地盤改良、小口径鋼管、RC杭など）は有効であったか否か。

2.2 結果

(1)調査結果の内訳

アンケートを依頼した510社中、164社より回答を得た。その内、今回の地震被害エリアでの宅地調査や地盤補強工事の実績のある会社は60社(36.6%)であった。

建物被害の主要因の内訳を図1に示すが、液状化46%、地すべり18%、擁壁変状21%、その他15%と、液状化による被害が50%近くに達している。

(2) 液状化被害の内訳

図2は、通常的地盤調査（SWS試験）で液状化被害を予測できた否かの回答結果であるが、回答数の約2/3で液状化の危険性のある程度は予測できた結果となっている。

図3は、補強工法別に被害低減効果の有無の比率を示したものである。最も効果の高いのは小口径鋼管となっているが、これは小口径鋼管の場合には、通常、N>10の比較的硬

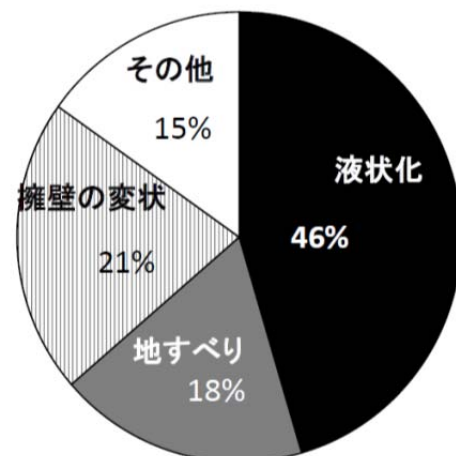


図1 住宅被害の主要因の内訳

質層まで設けているためである。なお、「ややあり」とは修復を必要とする被害を生じたものの、近隣の住宅より被災程度が軽微であったものと推察される。

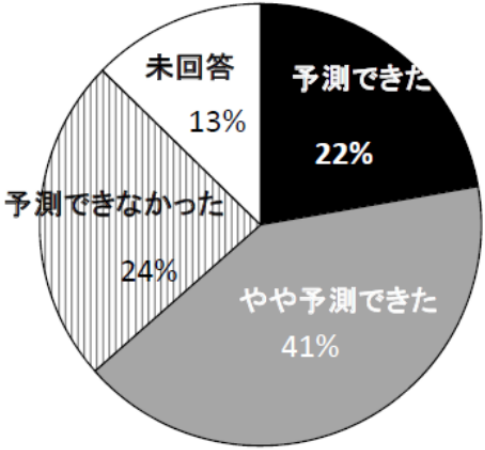


図2 通常の地盤調査による液状化被害予測の可能性

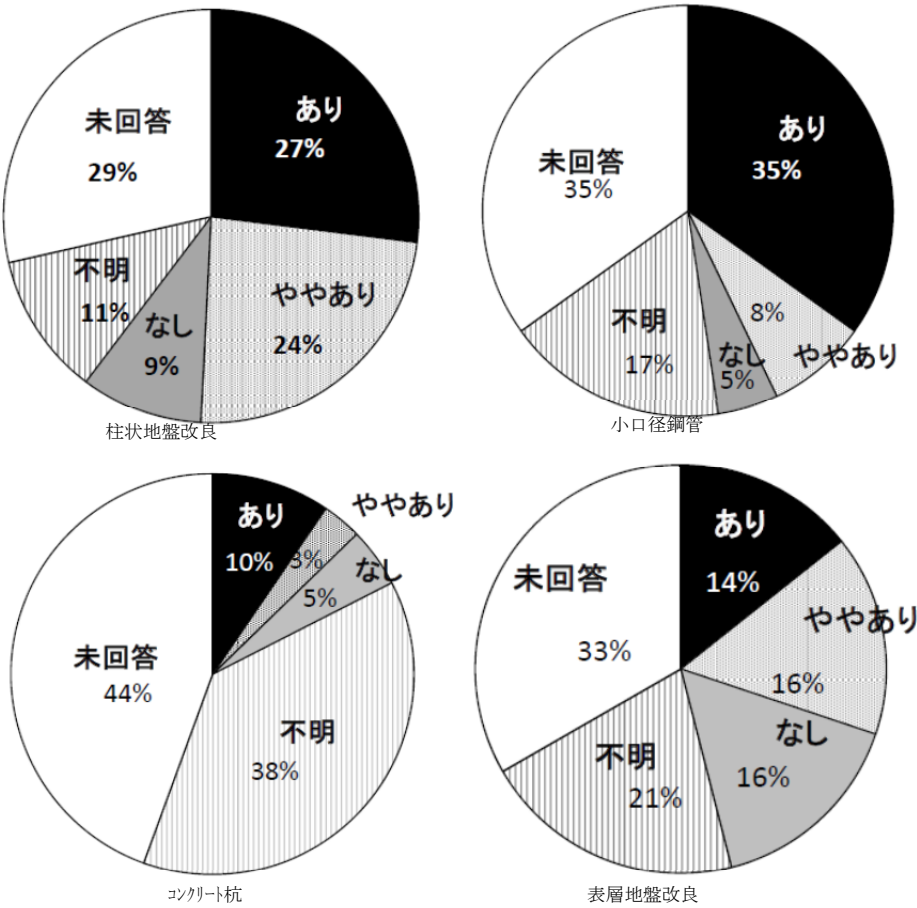


図3 地盤補強工法別の液状化被害低減効果

(3) 地すべり被害の内訳

図 4 は、地すべりによる住宅被害を予測できた否かの回答結果であるが、予測できたのは 1/3 程度であり、液状化被害の予測より下回っている。図 5 は、補強工法別に被害低減効果の有無の比率を示したものである。効果「あり」と「ややあり」を併せると柱状地盤改良と小口径鋼管に大きな違いはなく、通常の地盤補強では地すべりに対して効果の低いことを物語っている。

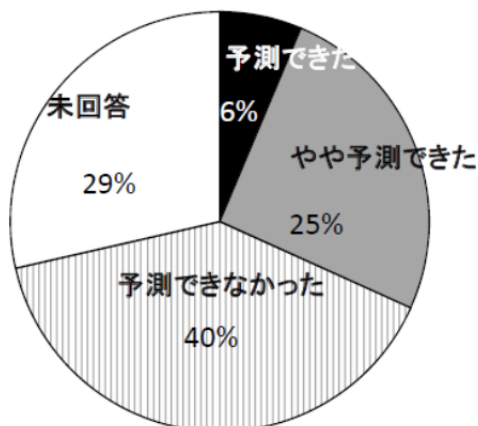


図 4 通常の地盤調査による地すべり被害予測の可能性

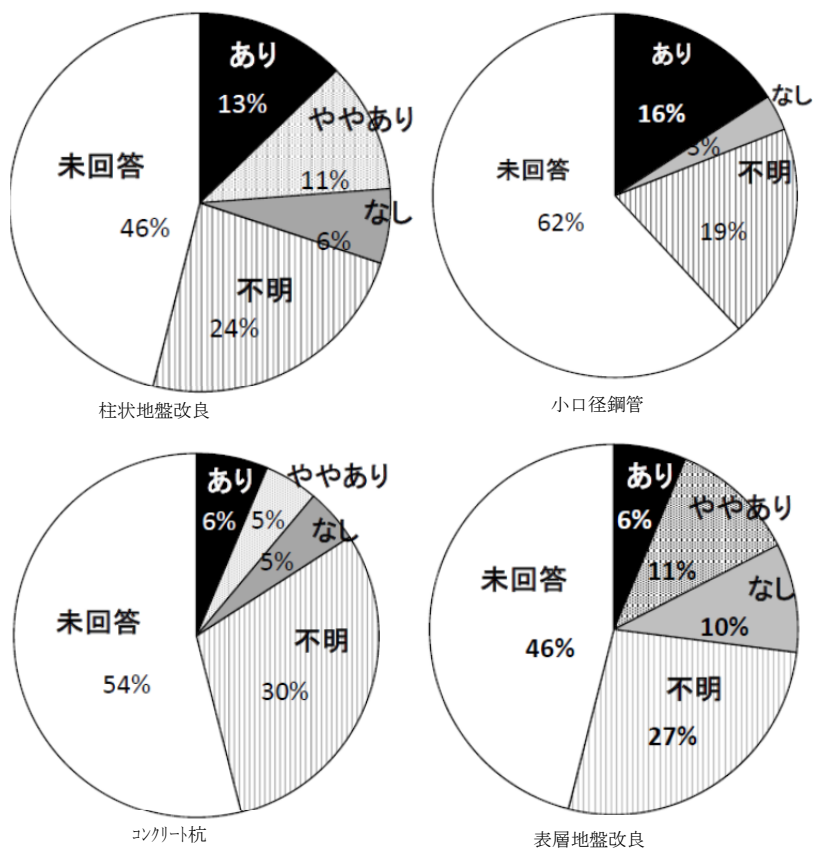


図 5 地盤補強工法別の地すべり被害低減効果

(4) 擁壁変状被害の内訳

図 6 は、擁壁変状による住宅被害を予測できた否かの回答結果であるが、地すべり被害と同様、予測可能は回答数の 1/3 に留まり、通常の調査では予測が難しい結果となっている。図 7 は、補強工法別に被害低減効果の有無の比率を示したものである。効果の有無の比率は、地すべり被害より効果「あり」・「ややあり」が若干上回っているが、通常の地盤補強では擁壁が変状した場合の対策として効果の低いことを物語っている。

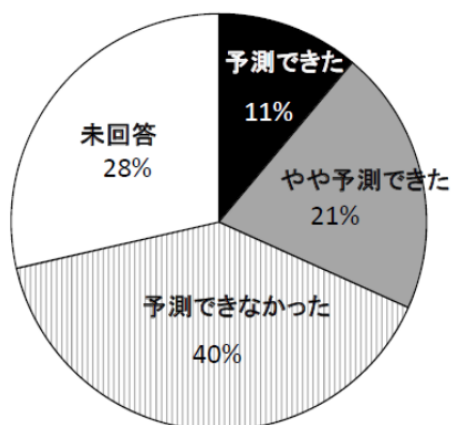


図 6 通常の地盤調査による擁壁変状被害予測の可能性

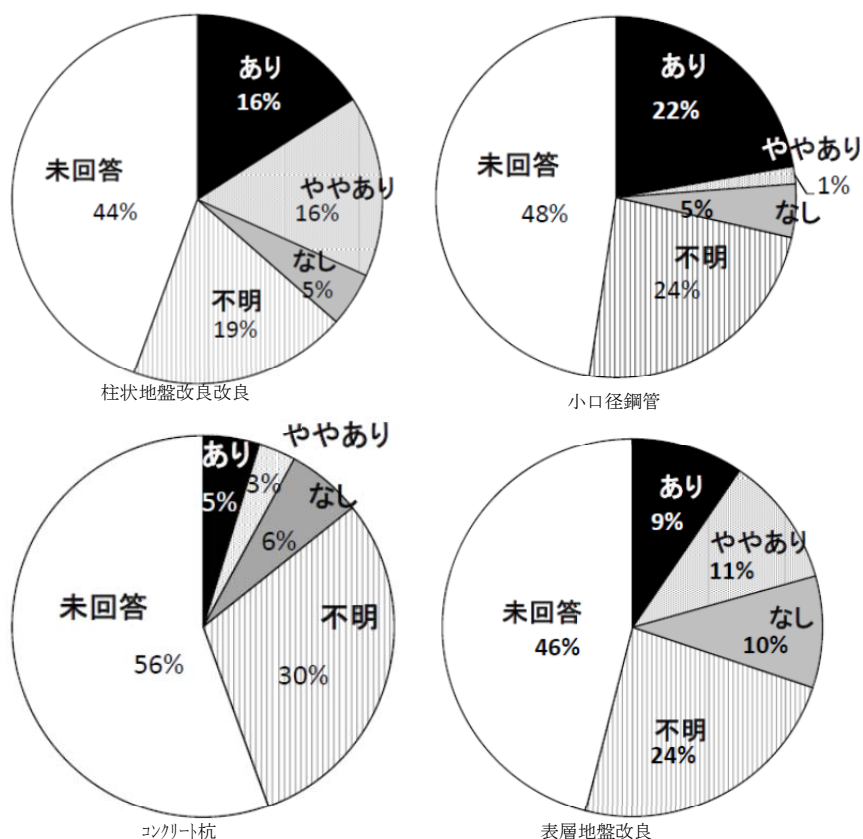


図 7 地盤補強工法別の擁壁変状被害低減効果

(5) 地盤補強工法別の被害低減件数

図8に地盤補強工法別の対策効果の集計結果を示す。

対策効果の認められた件数は、小口径鋼管、柱状地盤改良、表層地盤改良の順になっている。住宅用地盤補強工法は、地震対策として作用することは少なかったが、地震対策としてもある程度の効果を発揮したことがわかる。

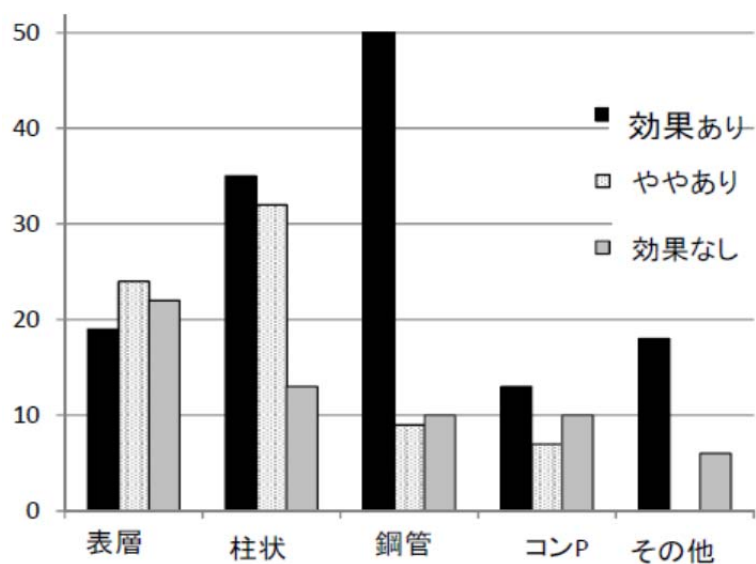


図8 地盤補強工法別の被害低減件数

3. まとめ

調査結果をまとめると以下ようになる。

- ・住宅被害の主要因は、液状化が最も多く、次いで擁壁変状、地すべりであった。
- ・地盤補強による住宅の被害低減効果は、液状化に対しては高いものの、擁壁変状や地すべりに対しては低い。
- ・最も被害低減効果の高かった小口径鋼管を含め、地盤補強の効果は認められるものの、修復を余儀なくされた住宅も多く、今後は、地震時の地盤災害に起因した住宅被害を防止するため、地盤調査及び地盤補強工法においても、耐震設計を十分念頭におくべきと思われる。

東日本大震災による住宅被害のアンケート調査

その2 液状化による住宅被害の原因分析

1. はじめに

本報その2では、その1で述べたアンケート調査に引き続き、地盤変状により被害を受けた住宅の被害内容に関するアンケートの分析結果について報告する。

2. アンケート調査の概要

2.1 調査項目と調査内容

アンケート調査は、地盤災害の原因と住宅に不同沈下障害を生じさせた要因を分析するため、基礎を含む建物条件、地盤条件、被害概況の3項目について行った。それぞれの項目に対する調査内容は表1の通りである。

表1 調査項目と調査内容

調査項目		調査内容
建物概要	建物	建設地、建築時期、建物規模、構造形式、平面図
	基礎	基礎形式、地盤補強の有無、補強工法
地盤状況	敷地	敷地内外の高低差、当該建物と近隣建物の位置
	当該地	地震前後の地盤データ、土地条件図
	周辺地	近隣地盤データ
被害状況	当該建物	床レベル、躯体の傾斜、亀裂状況、被害原因
	近隣建物	被害の有無、被害程度、被害原因

2.2 アンケート調査の分析結果

(1) 調査結果の内訳

回答のあった被災住宅の地盤災害の原因は、液状化、擁壁変状、地盤の傾斜地（あるいは段差地）であったが、以下の事項が地盤調査、地盤補強設計上の課題として挙げられる。

- ① SWS 試験での土質判別の不確実性
- ② 杭状地盤補強（柱状改良、小口径鋼管）の長さ不足及び基礎下部地盤の沈下への対応

(2) 不同沈下の要因

不同沈下障害の要因として以下の項目が挙げられる。

- ③ 近隣建物の影響
- ④ 建物荷重の偏心
- ⑤ 盛土層厚、液状化層厚の違い
- ⑥ 敷地高低差
- ⑦ 擁壁変状

3. 調査事例

調査した被災建物の内、典型的な被災事例として前記③、⑥、②に対応する建物・地盤概要、被害状況とその原因について示す。

3.1 近隣建物の影響を受けた建物

図1に調査結果を示す。事前のSWS試験によると、深さ2m付近まで極めて硬質であるため、布基礎、地盤無補強で建設されたが、震災後のSWS試験によれば、深さ8m付近まで液状化した可能性がある。敷地はフラットで地盤はほぼ整層であるが、建物は北側に向かって最大118mmの不同沈下が生じている。敷地の南側、東側は道路に面しているが、西側、北側には隣家が近接しており、向かい合う方向に傾斜している。

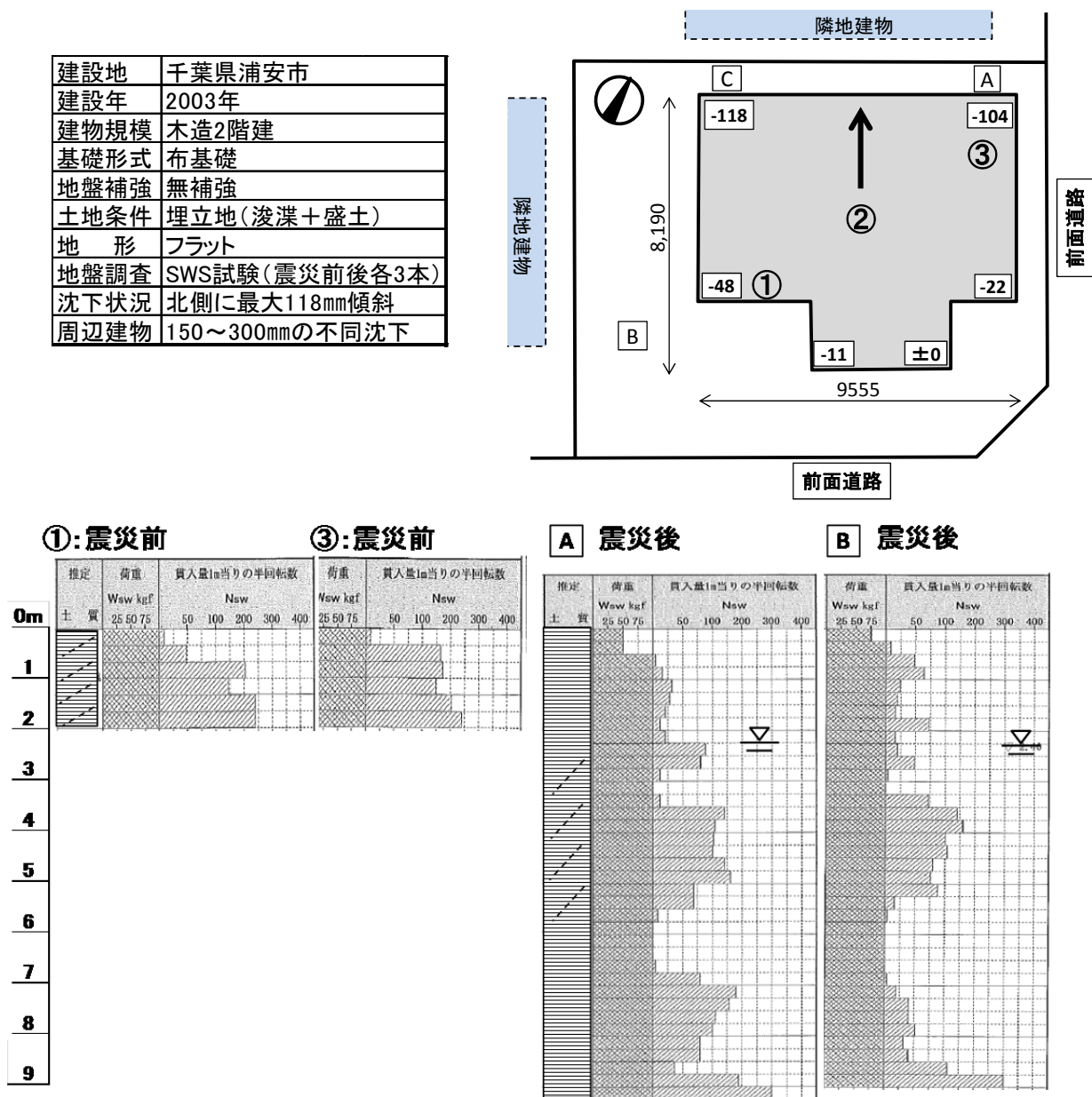


図1 近隣建物の影響を受けて不同沈下した建物

図 2 に調査結果を示す。事前の SWS 試験によると、若干自沈層が認められるが、べた基礎、地盤無補強で建設された。液化化深度は不明であるが、多数の噴砂口が確認されている。2 棟の敷地は北側に向かって段差があり、また、東側には隣家が近接している。2 棟は地表面レベルが低く、かつ、隣家と合う方向に傾斜し、最大 294 mm の不同沈下が生じている。

建設地	千葉県習志野市
建設年	2010年
建物規模	木造2階建
基礎形式	べた基礎
地盤補強	無補強
土地条件	元農耕地(沖積地盤＋盛土)
地 形	ひな壇状(北側ほど低い)
地盤調査	SWS試験(震災前各5本)
沈下状況	北側に最大294mm傾斜
周辺建物	50～150mmの不同沈下

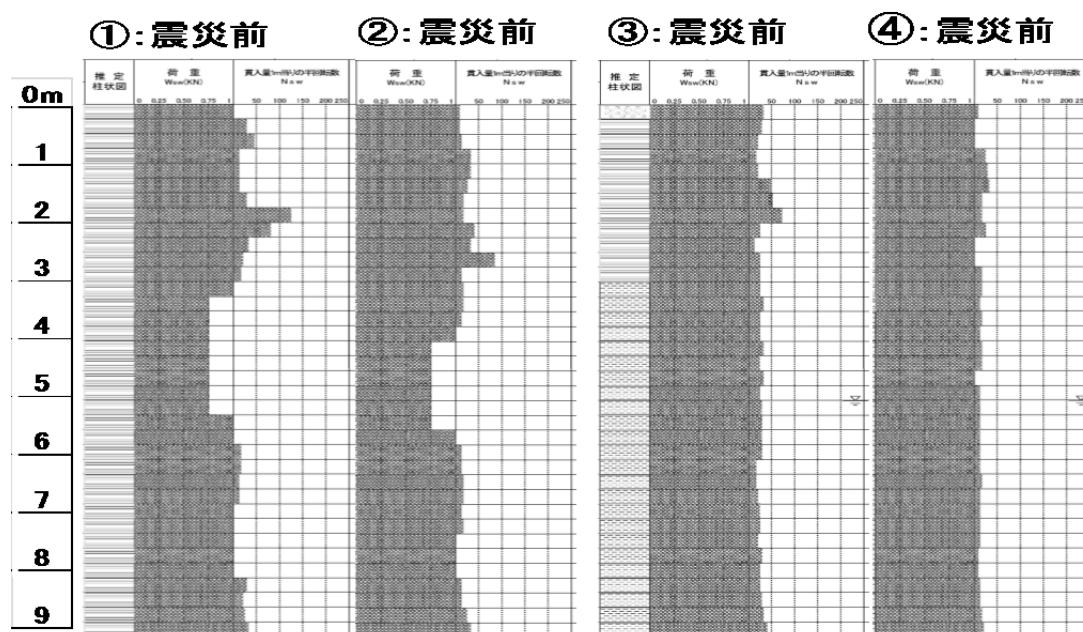
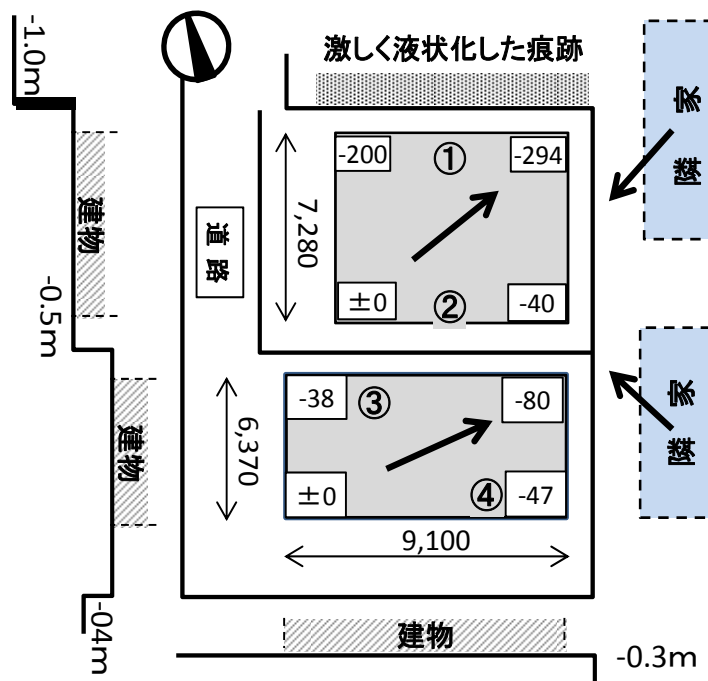


図2 近隣建物と敷地高低差の影響で不同沈下した建物

3.3 柱状地盤改良で地盤補強した建物の被害例

図3に調査結果を示す。敷地はフラットで地盤はほぼ整層であるが、深さ8mまで液状化したと思われる。建物下部には柱状改良体50本が深さ6m（ $N_{sw}=50$ 前後）まで設けられている。建物が沈下した要因は改良体の先端及びその上方地盤が液状化し支持力を喪失したためであり、不同沈下の要因は、近隣住戸の荷重の影響と思われる。

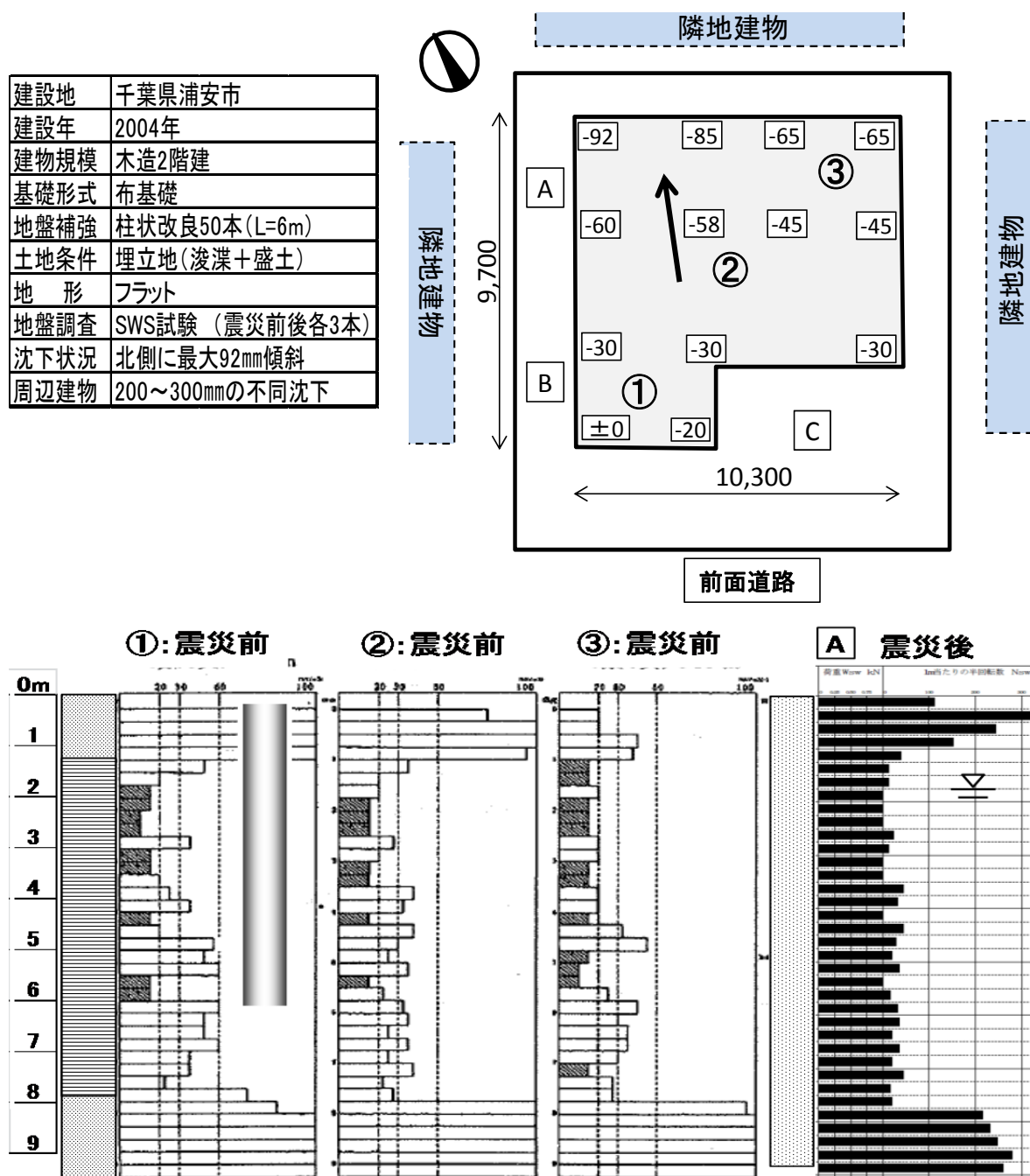


図3 柱状地盤改良で地盤補強した建物

3.4 小口径鋼管で地盤補強した建物の被害例

図4に調査結果を示す。建物下部には沈下抑止を目的として小口径鋼管28本が深さ7m（ $N_{sw}=100$ 前後）まで設置されていた。この効果により不同沈下量は近隣建物に比べて極めて少なかったが、深さ8m付近まで液状化したため最大27mmの不同沈下が生じた。基礎下部には最大200mm程度の空隙が生じ、空隙へのモルタル充填と設備配管の修復を余儀なくされた。

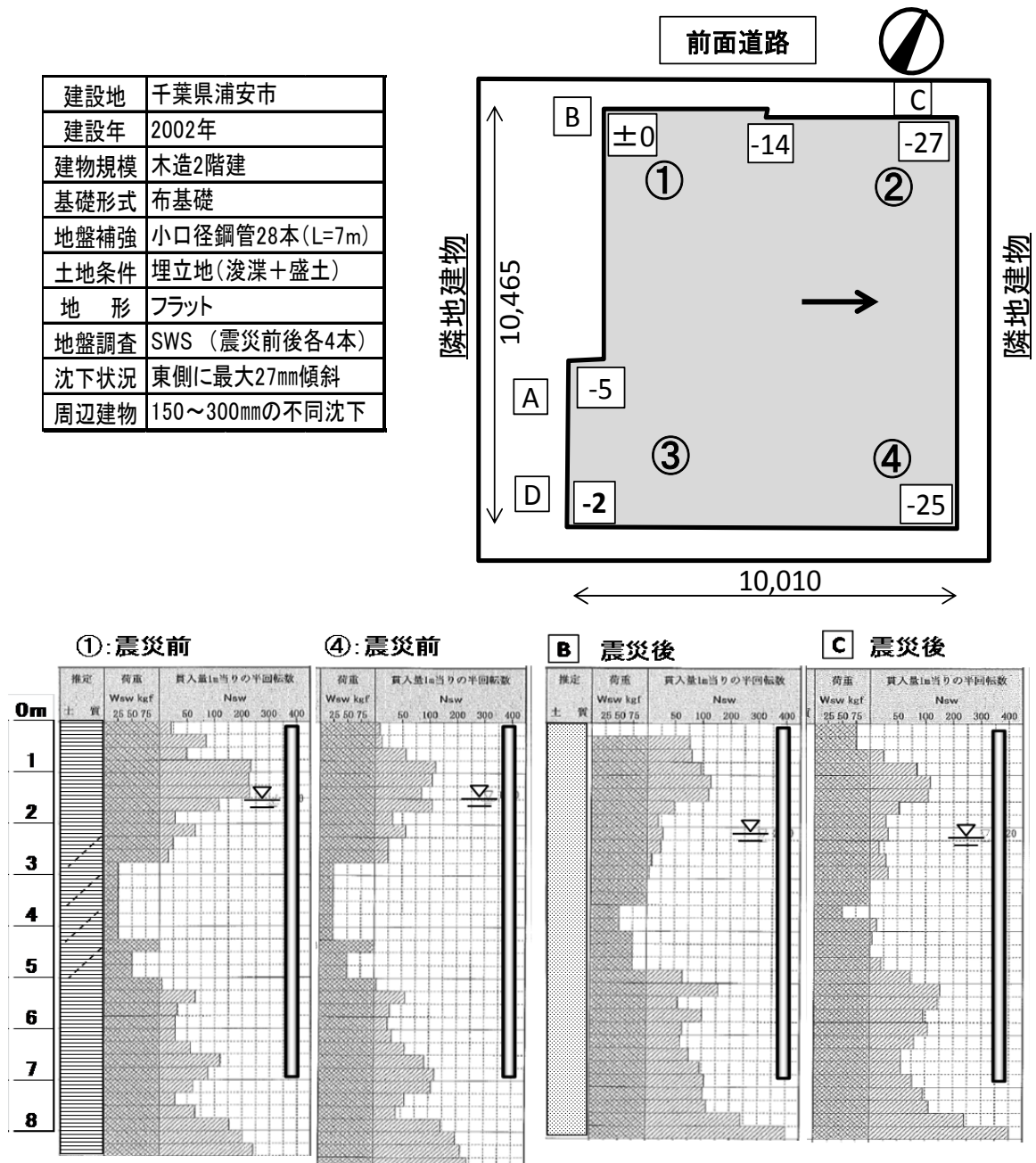


図4 小口径鋼管で地盤補強した建物

4. まとめ

地盤変状により被災した建物の被害状況、地盤データ、周辺状況を分析した結果、以下の点が明らかとなった。

- ・ SWS 試験のみでは液状化危険度を予測するのは難しい。
- ・ 液状化地盤では、建物荷重の偏心、隣地建物、敷地高低差が建物の不同沈下量に大きく影響するので、沈下を許容した設計を行う場合には十分留意する必要がある。
- ・ 杭状地盤補強では、非液状化層に改良体を定着させ、かつ、基礎下空隙への対処方法を考慮すべきである。
- ・ 擁壁変状や地すべりによって生じる建物の不同沈下を住宅用の地盤補強で完全に抑止するのは難しい。

謝辞

今回のアンケート調査に当たっては、NPO 住宅地盤品質協会に加盟している会員会社と住宅建設会社に多大なご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

震災委員会では、今回のアンケート結果を今後の地盤調査や地盤補強の設計に反映できるよう、更なる検討を進める所存です。