

戸建住宅の液状化復旧工事に関する調査研究 その1 補助金申請書からみた液状化復旧工事の工法

前 島 彩 子[†]
中 城 康 彦[‡]

A Study on the Restoraion Work about the Liquefaction Damaged Detached Housing The Restoration Method Based on the Subsidy Application Form

MAESHIMA Ayako
NAKAJO Yasuhiko

Abstract

Local government subsidized to the liquefaction damaged houses after the Great East Japan Earthquake. Based on the analysis of this application form, the status of the restoration work was clarified.

- (1) The relationship between the disaster level and the selected restoration method was summarized.
- (2) The relationship between the cost and the selected restoration method was summarized.

Based on the above, it was discussed about the differences from the technically typical assumed status.

1. はじめに

1964年の新潟地震の時に広く液状化の問題が認識されて以降、オフィスビルや集合住宅など大規模な建物の基礎工事は対策が講じられるようになり、東日本大震災においてもこうした建物に対する直接の被害はほとんどみられなかった。一方で、戸建住宅や外構への液状化被害は甚大であり、課題が顕在化した^{[1], [2], [3], [4], [5]}。

戸建住宅、特に新築のものに対する液状化対策工事は、この震災をきっかけに対

策や情報がかなり整備されたといえる^{[3], [4], [6], [7], [8], [11]}。しかしながら、被災住宅の復旧工事においては、早急な対処が求められるため、工学的な資料を十分に活用する余裕がなく、工事選択への不安や不適切な工事業者の参入が指摘されている。こうした状況への対処として、実際の被災住宅に適用された復旧工事の実態や全体像を把握し、その実態から課題を抽出し、将来への備えとすることが考えられる。東日本大震災以降におきた地震、熊本地震(2016年)、北海道胆振東部地震(2018年)、能登半島地震(2024年)

[†] 明海大学不動産学部准教授

[‡] 明海大学不動産学部長 教授

等においても戸建住宅地域における液状化が発生し、被害やその後の対策、事前の工法提案^{[6]. [7]. [8]. [11]}が進められているが、対象となる戸数は東日本大震災に比べて少数である。緊急時に多数の住民が復旧工事にどのように対処したかを分析するには、東日本大震災からまなぶ点が残されている。

そこで、本研究では、調査研究全体を通して、液状化被害をうけた戸建住宅の復旧工事の実態を、異なる立場（住民、工事業者、自治体）からの情報をもとに整理し、経年の情報蓄積をふまえて、課題を検討する。この内、本稿（その1）の目的は、戸建住宅の液状化復旧工事で実施された工法の仕様を明らかにし、被害程度に応じて工学的に想定される工法との比較に基づき課題分析の基礎資料を得ることである。

なお、浦安市では、街区単位の市街地液状化対策事業^[5]も試みられたが、本研究では、宅地の個別対策を分析対象とした。

2. 調査対象

2.1 調査資料と本稿の構成

東日本大震災で戸建住宅の液状化被害が大きかった浦安市を対象として、自治体に提出された住宅再建補助金申請書を資料請求により入手し、そこに記載された内容に基づき、戸建住宅復旧工事の工法、仕様を判断した。

2.3では、学会や専門誌等の文献調査^{[2]. [3]. [4]. [9]. [10]. [11]}に基づき典型的な復旧工事の工法を抽出した。3章では、

補助金の枠組みと浦安市に提出された申請書類について整理した。4章では、申請書に記載された工法と2.3で抽出した典型的な工法との差異や共通点を整理して、補助金申請書に記載された実施工法がどのようなものと位置づけられるか考察した。

2.2 調査対象地の概要

浦安市は、東京湾の奥部に位置し、東と南は東京湾、西は旧江戸川と、三方を海と川に囲まれている。1964（昭和39）年から1975（昭和50）年にかけて、第一期埋立事業がA・B・C地区に分けて実施された。1971（昭和46）年から1980（昭和55）年にかけてD・E・F地区の第二期埋立事業が実施された。元来陸地の土地は「元町」、第一期埋立エリアは「中町」、第二期埋め立てエリアは「新町」と呼ばれる。

浦安市域の埋立地盤は、自然堆積地層である沖積砂質土層の上に、浚渫埋立土層が堆積し、さらに上位に盛土層が堆積している^[2]。埋立層厚は約8mであるが、中町の元町側に、埋立層厚が半分のエリアがある。ここを本稿では、中町1、残りを中町2と呼ぶ（図1）。

中町、新町において約3,700棟の建築物が1/100以上の傾きにより半壊以上の認定を受けた^[2]。柱状改良等の地盤改良対策を施工している建築物については、今後更に精査する必要があるものの、地盤改良が埋立層の下部まで届いていない場合に沈下傾斜の被害が認められる傾向があった^[2]。

浦安市内であっても地区により、地

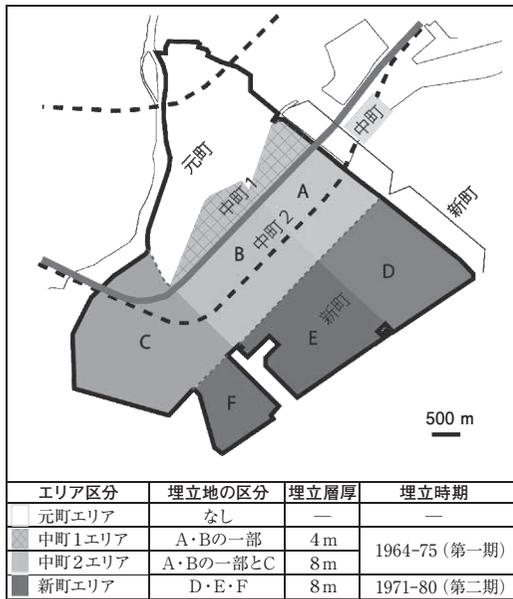


図1 調査対象地と埋立状況

層、埋立方法が異なり、それに応じて液状化の被害程度も異なる。これらの差異を織り込み、分析の偏りがないように、4章では異なる2地区(中町2エリアのAと新町エリアのE)を扱い分析した。

2.3 代表的な復旧工事の工法

液状化被害を受けた住宅の復旧工事の工法について、文献 [2], [3], [4], [9], [10], [11] を参考にして表1と図2にまとめた。

液状化被害を受けると多くの場合、建物に沈下や傾斜が生じ、建物および基礎に損傷を引き起こす。復旧工事では、所定の位置に建物を移動すること及び建物および基礎の破損部分の修復が行われる。

「増打ち」は基礎の修復、補強に該当し、布基礎のまま断面を追加する場合とべた基礎に改修する場合がある。建物傾

表1 沈下修正復旧工事の施工条件

工法	増打ち	ポイントジャッキ	根がらみ
略図			
	×	×	×
目安工期	2週間	3-5週間	4-6週間
工法	耐圧版	杭	注入
略図			
再沈下対策	×	○	△
目安工期	3-5週間	3-6週間	1-2週間

参考文献 [2], [3], [4], [9], [10], [11] をもとに作成

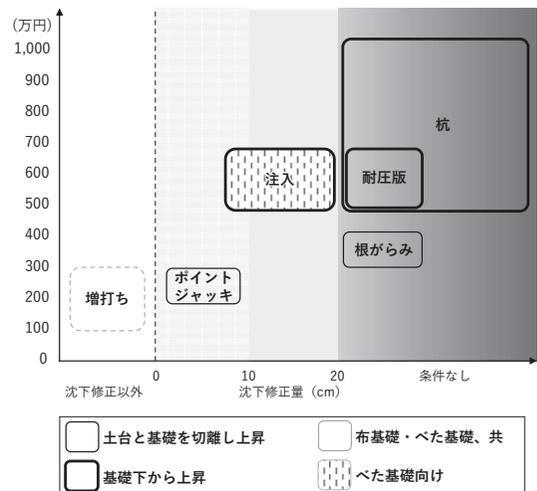


図2 沈下修正復旧工事の施工条件と目安費用

斜が生じている場合は、他の工法と組み合わせる必要がある。「ポイントジャッキ」「根がらみ」は土台を基礎から切離し、土台から上の建物上部構造を油圧式ジャッキ等で上昇させる方法であり、基

礎との隙間を補修する必要がある。「根がらみ」は仮設の根がらみ材により建物の変形を抑えて上昇させる方法である。曳家技術の流用であり専門業者であれば施工実績が多く技術的に安定している。「耐圧版」「杭」は基礎の底部から建物全体を油圧式ジャッキ等で上昇させる方法であり、いずれも、新たに基礎を設けるために、外部側から地盤の掘り込みが必要になる。「耐圧版」は、その底面の地盤強度に依存する部分があるが、「杭」は軟弱地盤にも適応可能であり再沈下対策にもなる方法といえる。「注入」も基礎の底部から建物全体を上昇させる方法であるが、油圧式ジャッキ等の代りに薬液を用いる。不等沈下のように一部分を上昇させるような場合の基礎形式は、べた基礎に限定される。工事部分を目視確認することができないことから熟練の技術が求められるといえる。1960年頃から都市インフラ整備事業で発達した、相対的に新しい工法である¹⁾。地盤に薬液を充填して地盤の密度を高めることで再沈下対策に一定の効果が期待される。

沈下量と工法の関係は、沈下量の小さいものから順に、10 cm 程度以下は「ポイントジャッキ」、20 cm 程度以下は「注入」、それ以上であれば「根がらみ」「耐圧

版」「杭」が適切な工法となる。

金額と工法の関係は、概ね沈下修正の程度が高いほど金額が高くなり、「杭」は本数や長さにより金額の幅が大きい。「根がらみ」は、沈下への対応幅は大きいですが、適用にあたり、ジャッキの反力が得られる安定した地盤および根がらみ材設置のためのスペースや工期等の条件がある。

3. 再建支援事業補助金

3.1 再建支援事業補助金の概要

(1) 住宅再建に対する支援体制

被災後に設けられた戸建住宅を対象とした工事の補助金支給は、国、県、市により、被災の程度、再建方法に応じて用意された。国の補助金は被災者生活再建支援法に基づき大規模半壊以上に対応している²⁾。千葉県は、国の被災者生活再建支援制度の適用対象外となる半壊及び一部損壊の被害認定を受けた住宅の再建工事を行った世帯に対して「千葉県液状化等被害住宅再建支援事業に基づく補助金」を交付して市民の生活再建を支援した。更に浦安市は、被災者生活再建支援法に基づく国の支援金及び千葉県の補助金に、浦安市独自の補助金「浦安市液状化等被害住宅再建支援事業補助金」

¹⁾ 油圧式ジャッキは、てこの原理やパスカルの原理(1653年)に基づき重量物を垂直上方に持ち上げる機械装置である。現存する国内機器メーカーでは1940年代に製造が開始されている。我が国における地盤薬液注入は、1951年に実用化された珪化法が最初の例であり、昭和30年代の中頃から都市インフラ整備事業の進展とともに、広まった^[13]。

²⁾ 災害による住家被害については、「災害に係る住家の被害認定基準運用指針」等に基づき、市町村が被害程度を認定し、り災証明書を発行している。東日本大震災の地盤の液状化の被害はこの指針にそぐわないとの指摘があり、運用が見直された^[12]。①傾斜による判定と②潜り込みによる判定が追加された。従前は傾斜1/20以上・全壊のみであったが、傾斜1/60以上1/20未満・大規模半壊、1/100以上1/60未満・半壊が追加。潜り込みは床上1mまで・全壊、床まで・大規模半壊、基礎の天端下25cmまで・半壊が追加された。

(以下、浦安市の補助金と略す。)を上乗せして交付することにより、被災者の生活再建を支援した。このうち、地盤復旧に関わる部分を抜き出したものが表2である。国と県の支援金・補助金はいずれかしか申請できないが、市の補助金は国または県と合わせて申請することができたことから、200万円までの工事であれば、補助金で賄うことができた。以上より、市の補助金の申請状況を分析することで、一部損壊以上の全ての被災程度の復旧工事の状況が把握できる

(2) 浦安市の補助金

浦安市の補助金の申請期間は2011(平成23)年7月～2015(平成27)年4月であった。対象世帯は、住宅の建替え工事を行った世帯、地盤復旧工事又は基礎の修復工事を行った世帯、住宅の補修工事を行った世帯である。このなかで、地盤復旧工事とは、被災した住宅の地盤に杭打ちや薬剤の注入、盛り土等を行うことをいい、基礎の修復工事とは、被災した住宅の土台のかさ上げや増し基礎、基礎の新設等を行うことをいい、庭や車庫の地盤等を復旧する場合は含まれない。

浦安市の被災世帯は、7,352世帯、この内、市の補助金へ申請した世帯は3,879世帯(53%)であった。図3に被災程度別の再建方法の申請状況をまとめた。

本調査では、市に申請された補助金のうち、地盤復旧工事または基礎の修復工事に関わるもの2,918件が分析対象となる(図3斜線部)。この内、入手した資料は、2015(平成27)年1月19日時点の申請状況2,591件である。これは終了時点

表2 地盤復旧工事に対する補助金 (万円)

被災程度	国		県	市
	基礎支援	加算支援		
全壊	100 (75)	100 (75)	—	100
大規模半壊	50 (37.5)	100 (75)	—	100
半壊	—	—	100 (75)	100
一部損壊	—	—	100 (75)	100

※ () 単身世帯の場合の金額

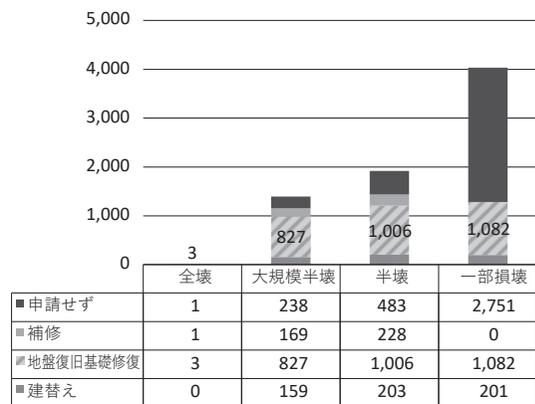


図3 「浦安市液化化等被害住宅再建支援事業補助金」申請数

の88.8%に相当し、概ね地盤復旧基礎修復工事申請者の全体像を捉えられると考えられる。

(3) 手続きフロー

市の補助金の資格申請時には、①罹災証明書、②住民票、③工事見積書の写し、の添付が必要とされた。工事完了後の補助金の交付申請時には、①工事契約書の写し、②領収書または請求書の写し、③預金通帳の写しが必要とされた。交付申請時の②は当初領収書写しのみであったが、後に、請求書の写しでの申請も可能

になった。

3.2 申請書記載内容の整理

浦安市の補助金の申請書情報の一部として、町丁別住所、工事金額、工事方法、り災度の情報を得た。申請書類 2,591 件に対して工法名称欄に記入があるものは、2,382 件であった。

住所、金額、り災度については容易に判別できたが、工事方法に関しては、工事業者独自の工法名称や誤字と思われる部分があり判別に手間取った。2.3 で整理した典型的な工事の内容の区別に対応させて、「基礎修復」「耐圧版」「杭」「注入」「その他」に大別した。ここで、図 2 上段の「ポイン

トジャッキ」「根がらみ」は基礎の修復を伴い、又、「増打ち」のみでは沈下修正に対応できないことから、「基礎修復」としてまとめた。このため、他の工法区分に比べて多様な工事内容を含むものにはなる。

申請書に記載されていた工法名を分類別に示したものが表 3 である。工法名の記載件数に応じてフォント表記を区別している。多種多様な工法名称が存在するが、1 件のみで使用されている工法名称も多い。例えば土台を上昇させて基礎との隙間を補修したと考えられる工法としては、ジャッキアップ基礎増し、ジャッキアップ+グラウト注入、ジャッキアップコンクリート充填、ジャッキアップ

表 3 申請書に記載された工法名 (五十音順)

文字のフォント・色は記載件数に対応：1, 2~99, 10~99, 100~299, 300 以上

基礎修復	基礎アップ、基礎高上げ、基礎修復、基礎増し、基礎増土台調整、空洞部モルタル注入、グラウト+ジャッキアップ、グラウト注入+ジャッキアップ、グラウト注入+プッシュアップ、グラウト注入+プッシュアップ、サンドル、 ジャッキアップ 、ジャッキ掛け、ジャッキアップ基礎増し、ジャッキアップ+グラウト注入、ジャッキアップコンクリート充填、ジャッキアップ+新基礎、ジャッキアップ注入、ジャッキアッププッシュアップ、ジャッキアップ増し基礎、ジャッキアップ+増し基礎、ジャッキアップ+モルタル、ジャッキアップモルタル充填、ジャッキアップ+モルタル注入、ジャッキアップモルタル詰め、土台上げ、土台あげ工法、土台上げ工法、土台高上げ、曳き屋、曳屋工事、 プッシュアップ 、プッシュアップ基礎修復、プッシュアップ+グラウト、プッシュアップ+グラウト注入、ベタ基礎、ポイントジャッキ、ポイントジャッキアップ、増し基礎、増基礎、モルタル注入
耐圧版	耐圧版 、耐圧板、耐圧盤、耐圧版工法、耐圧板工法、耐圧版式ジャッキアップ、 耐圧版ジャッキアップ 、耐圧版+ジャッキアップ、耐圧版プッシュアップ
杭 (鋼管杭)	アンダーピニング、杭打ち、鋼管圧入、鋼管杭、鋼管杭圧入、鋼管杭圧入ジャッキアップ、鋼管杭打ち、鋼管杭ジャッキアップ、鋼管杭+耐圧版、支持杭圧入、支持杭圧入+ジャッキアップ、支持杭圧入ジャッキアップ、支持杭ジャッキアップ、ジャッキアップ支持杭圧入、制振アンダーピニング、耐圧版鋼管杭、耐圧版+鋼管圧入、 耐圧版+鋼管杭 、耐圧版ジャッキアップ+鋼管杭
注入	アイリフト、i-Lift、アップコン、ウレタン注入、ウレテック、ウレテック注入、空洞充填工事、グラウトアップ、グラウトアップ(薬液注入)、グラウト注入、グラントアップ、グラントコンパクション、グラント注入、ケミカルアップ、 JOG 、JOG工法、充填工事、樹脂注入、垂直注入、セメント系注入、セメント系薬液注入、 ダブルロック 、注入リフトアップ、特殊注入、発泡樹脂注入、ハイグラウト、フランドアップ、 薬液注入 、薬液注入(グラントアップ)、 薬液注入工法 、 薬液注入工法 、 薬液注入 、薬液注入、リフトアップ、リフトアップグラウト、 リフトアップグラウト注入 、レベルノック
その他・不明	埋戻し、鋼管杭+樹脂、ジャッキアップ+アースドレン、ジャッキ併用ハイブリッド、ジャッキアップ+薬液注入、耐圧版ウレテック、耐圧版+ウレテック、 耐圧版+樹脂 、耐圧版樹脂注入、 耐圧版+樹脂注入 、 耐圧版+薬液 、耐圧版薬液注入、 耐圧版+薬液注入 、耐圧版ラップル、積み重ね式基礎ブロック、D-BOX耐圧版、ミックスアップ、増基礎+薬液注入、薬液注入一部鋼管杭、 薬液注入ジャッキアップ 、ラップル(耐圧判)、ラップル杭、ラップル杭ジャッキアップ

+ 新基礎、ジャッキプッシュアップ、ジャッキアップ増し基礎、ジャッキアップ+モルタル注入、ジャッキアップモルタル詰め、土台上げ、土台高上げ、プッシュアップ基礎修復、ポイントジャッキなどが存在し、半分以上は 1 件のみの使用である。

「耐圧版」、「杭」に関しては、使用される用語が限定されており、申請書ごとの工事内容の差は少ないと考えられた。「注入」に関しては、業者特有の名称が多いが、ウェブサイト等で注入工法であることが確認できたものをここに分類した。セメント系、薬液、発泡がみられた。以上に含まれないもの、いくつかの方法が併用されている、あるいは、内容が正

確に把握できない名称の工法は、割合としては3%と限定的であることを確認して、「その他・不明」とした。

4. 申請書記載内容の分析

4.1 集計結果の概要

まず、市全体の申請状況を見ていく。申請数は、中町2が1,750件(68%)、中町1が548件(21%)、新町が293件(11%)である。中町2は、大規模半壊と半壊が同程度、一部損壊は少ない。中町1と新町は、一部損壊が最も多く、大きな被害の申請は少ない(図4)。申請書に記入された復旧工法は、注入が最も多い60%を占め、基礎修復、耐圧版が約15%、杭は5%であった(図5)。

4.2 申請書に記載された工法の分析

ここでは、申請書に記載された工法と被害程度及び工事費で整理し、2.3で抽出した典型的な工法との相違を考察する。

(1) 工法と被害程度

図5で示した、復旧工事の工法を被害程度別に図6に示した。「杭」は、大規模半壊、半壊、一部損壊の順で用いられており、被害の大きい場合に用いられているといえる。「耐圧版」、「基礎修復」は、大規模半壊、半壊で一定数用いられているが、一部損壊になるとその半数程度になる。「注入」は、被害がより小さい場合に用いられており、「杭」とは逆の傾向を示した(図6)。

2.3の典型的な工法においては、「注

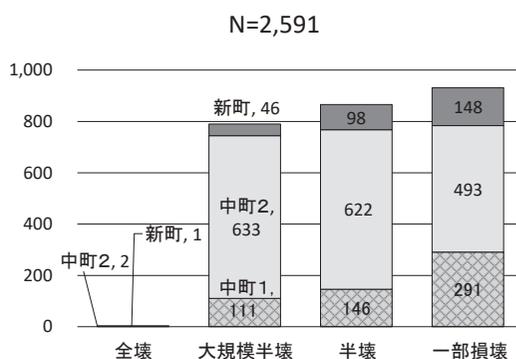


図4 被害程度立地別の申請数

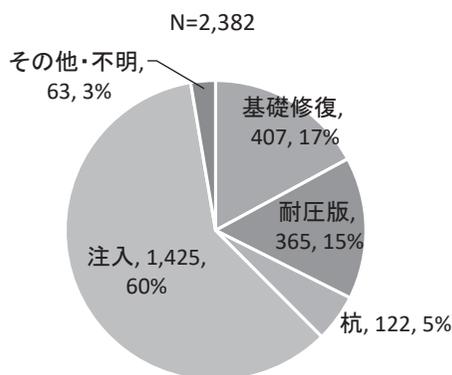


図5 復旧工事の工法別割合

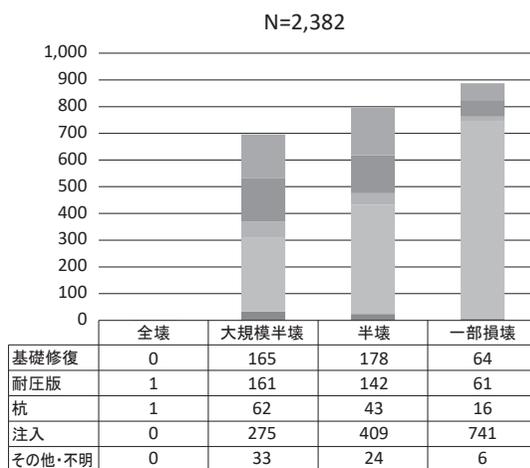


図6 市全域の被害程度別復旧工事の工法

入」は高度な技術を要し、被害の大きい

場合にも適応される工法であるが、今回はこのような条件下での利用というよりは、被害が小さい場合に広く用いられたといえる。

市全体の状況に加えて、被害程度の異なる地域間の状況を確認する。比較したエリアは市全体の被害の状況(図4)から、比較的被害の大きい中町2のAの「入船」(以下、「中町2-A」と示す)と被害の小さい新町のEの「高州」(以下、「新町-E」と示す)に相当するエリアとした³⁾。中町2-Aと新町-Eは図1に示すエリアと共通である。

総数の傾向は、中町2-Aは被害の大きいものの割合が大きく、新町-Eは被害の小さいものの割合が大きい。被害の傾向に地域差はあるものの、工法との関係、即ち、被害が大きいほど「耐圧版」、「杭」が多く用いられること、「基礎修復」は大規模半壊と半壊で同程度であり一部損壊で少ないこと、被害が小さいほど、「注入」が多く用いられるという傾向は、両エリアで共通してみられ(図7、図8)、市全体の傾向(図6)とも一致した。

(2) 工法と工事費

申請書に記載された工法の工事費を、工事費の分布度合いが分かるように箱ひげ図を用いてまとめた(図9)。データの中心近く50%は、第1四分位数から第3四分位数までの箱(以下、「主要部」と呼ぶ)に含まれる。工事費の平均額は、杭(684万)が最も高額で、続いて耐圧版

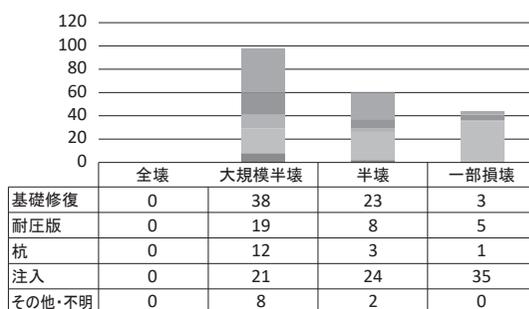


図7 中町2-Aの被害度別復旧工事の工法

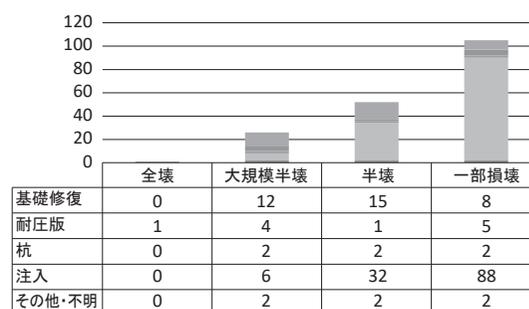


図8 新町-Eの被害度別復旧工事の工法

(452万)、基礎修復(316万)と注入(279万)は同程度である。

続いて、各工法について、詳細にみていく。ここで、妥当な工事費として、2.3 図2でまとめた目安費用を目安とした。

「基礎修復」は、主要部(211～352万円)の幅が小さく、工事費用の分散は小さいといえる。中央値が下方にあり、金額の低い工事が多かったといえる。3.2で述べた通り基礎修復は、傾斜修正から基礎構築までの多様な工事を含むものとなるが、それらを含めた工事額、即ち

³⁾ 対象エリア(中町2-Aと新町-E)において住人にアンケート調査を実施しており、次稿では、本稿の結果に照らした分析を予定している。

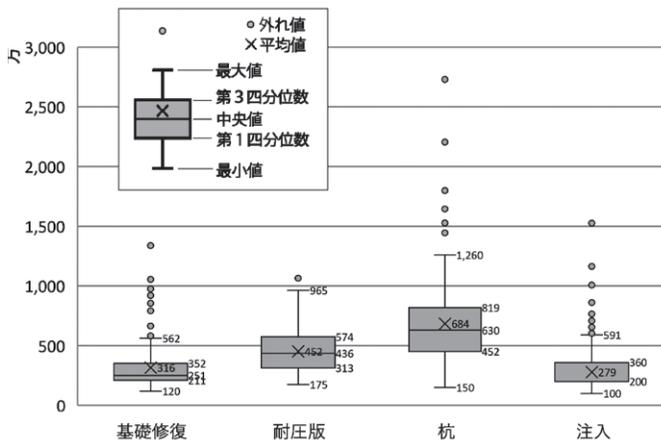


図9 工法と工事費用の関係 (万円)

図2左側の工事費100～300万に概ね一致している。

「耐圧版」は、主要部(313～574万円)の幅はやや大きく、分散しているが、主要部のほぼ中央に中央値と平均値があり、偏りは小さいといえる。他の工法に比べて外れ値が少ないことから、典型的な工事が広く行われたことが推察される。これは工法が成熟したものであり、名称と実際の工事にばらつきが生じないことが要因と考えられる。工事費の分布も目安の工事費、500～700万の範囲内にあることが確認できる。

「杭」は、主要部(452～819万円)の幅は大きく分散しているといえるが、主要部のほぼ中央に中央値と平均値があり、偏りは小さいといえる。耐圧版の状況と類似しており、典型的な工事が広く行われたことが推察される。耐圧版に比べて分散が大きい理由として、杭は、杭の長さ、本数により、同じ工法であっても工事額に差が生じることが考えられる。工事費の分布は目安の工事費、500～1,000

万円と一致度合が高いといえる。

「注入」は、主要部(200～360万円)の幅が小さく、全体的に類似の工事が行われたようにみえる。ただし、中央値(200万円)が、主要部の下限値と一致しており、極めて偏りのある状態といえる。工事費の分布は、目安の工事費、500～700万円に比べてかなり低額である。4.2(1)で把握された、被害が小さい場合に利用されているとの結果と照らし合わせると、傾斜を修正する目的での

採用というよりは、地盤の安定化として補助的に用いられた場合が多かったことが伺える。

5. まとめ

「浦安市液状化等被害住宅再建支援事業補助金」への申請状況から、東日本大震災で液状化被害を受けた住宅の復旧工事の実態として、工法と被害程度および工事費との関係を整理した。その上で、補助金申請書に記載された実施工法と被害程度に応じて選択されるであろう典型的な工法を比較し、実施工法がどのようなものと位置づけられるか考察した。

被害程度については、市域全体、被害程度の異なる地域、いずれにおいても、被害が大きいほど、「杭」、「耐圧版」が選択され、被害が小さい場合に、「注入」が大きな割合を占めた。「注入」は本来被害が小さい場合に限定される工法ではないため、特徴のある利用がなされたといえる。

工事費については、「基礎修復」、「耐圧版」、「杭」は概ね典型的な工法で目安とされている金額と同程度で申請されており、典型的な工事内容に近かったと考えられる。一方、「注入」は目安とされている金額よりも大幅に安価であった。被害が小さい場合に用いられていたことを踏まえると、沈下修正を目的とした積極的な工事としてよりも地盤の安定化を意図した補助的な工事として利用されたと考えられる。

以上から、東日本大震災で液状化被害を受けた浦安市内の戸建住宅においては、「耐圧版」「杭」は、典型的な工事方法で実施され、「注入」は、沈下修正を目的としたものではなく地盤安定化を意図した補助的な利用で実施されたといえる。また、「注入」は、工事額の中央値が補助金の申請額上限と一致していることから、補助金の存在により、地盤の安定化を意図した工法の適用が促されたことが示唆される。こうした状況を利用者が理解した上で、使い分ける環境が整えられていたかどうかについては、検討の余地があると考えられる。

申請書類の分析にあたっては、工法が多数存在したことにより判別作業に非常に手間取った。このことを申請者の立場からとらえると、工事内容や金額の判断を困難にさせる一因と想定されることから、補助金申請時において工法の大分類が示されることで、申請者が工法を選択する際の判断材料になり得ると考えられる。さらに、申請手続きや事後検証の簡素化への効果も期待できると考えられる。

[謝辞]

本研究は、宮田研究奨励金特別研究費およびLIXIL住生活財団調査研究助成をうけて実施いたしました。浦安市役所のご担当者には資料提供やヒアリングにご協力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

【参考文献】

- [1] 勝間田幸太, 時松孝次, 田村修次, 鈴木比呂子: 2011年東北地方太平洋沖地震による浦安市での液状化被害の調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.491-492, 2011.8
- [2] 平成23年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書, 浦安市液状化対策技術検討調査委員会, 2012.3
- [3] 日本建築学会: 復旧・復興支援WG「液状化被害の基礎知識」
<http://news-sv.ajj.or.jp/shien/s2/ekijouka/index.html> 2020.10.3 閲覧
- [4] 特集 戸建住宅基礎の液状化対策工法+修復対策工法, 建築技術 第745号, pp.89-169, 2012.2
- [5] 中城康彦: 液状化被害を受けた浦安市の住宅市場と住宅政策, 日本不動産学会誌, 第29巻第4号, pp.83-92, 2016.3
- [6] 国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部: H28年熊本地震による戸建住宅の液状化被害に関するアンケート調査結果報告, 2022.10
- [7] 関口徹: 戸建住宅で行われている液状化対策の現状, 基礎工, 編 49(5), pp.18-21, 2021
- [8] 損害保険料率算出機構: 建物の液状化対策工法およびその実施状況に関する調査, 地震保険研究 33, 2018.2
- [9] 日本建築学会: 小規模建築物基礎設計指針, 2008
- [10] 日本建築学会: 小規模建築物基礎設計例集, 2011
- [11] 日本建築学会: 小規模建築物を対象とした地盤・基礎, 2014
- [12] 内閣府: 地盤に係る住家被害認定の運用の見直しについて, 2011
- [13] 一般社団法人日本グラウト協会 編: 正しい薬液注入工法, 鹿島出版会, 2007

