

個別の液状化対策工法について

概況の整理

- ・液状化被害のあった宅地の地理的状況,被災状況の概要整理
- ・既存資料 (造成履歴,被災状況,地震波の特徴,沈下・傾斜等)の整理
- ・被災状況等の聞き取り調査

液状化の検証

- ・液状化の検証の為の追加地質調査計画
- ・簡便法、地震応答解析での液状化の再現解析
- ・解析結果による地盤モデルの検証

再液状化の診断

- ・再液状化診断の為の追加地質調査計画
- ・再液状化診断の実施
- ・再液状化層、再液状化予想範囲の特定

モデル地区の設定

- ・再液状化診断結果から,液状化対策の概略設計を行うためのモデル地区を選定

液状化対策工法の検討

- ・モデル地区での対策工法の検討
- ・公共側、民地側での概算費用の算定
- ・個別住宅の液状化対策工法検討

市街地液状化対策事業計画(案)の作成

- ・市街地液状化対策事業計画(案)の作成

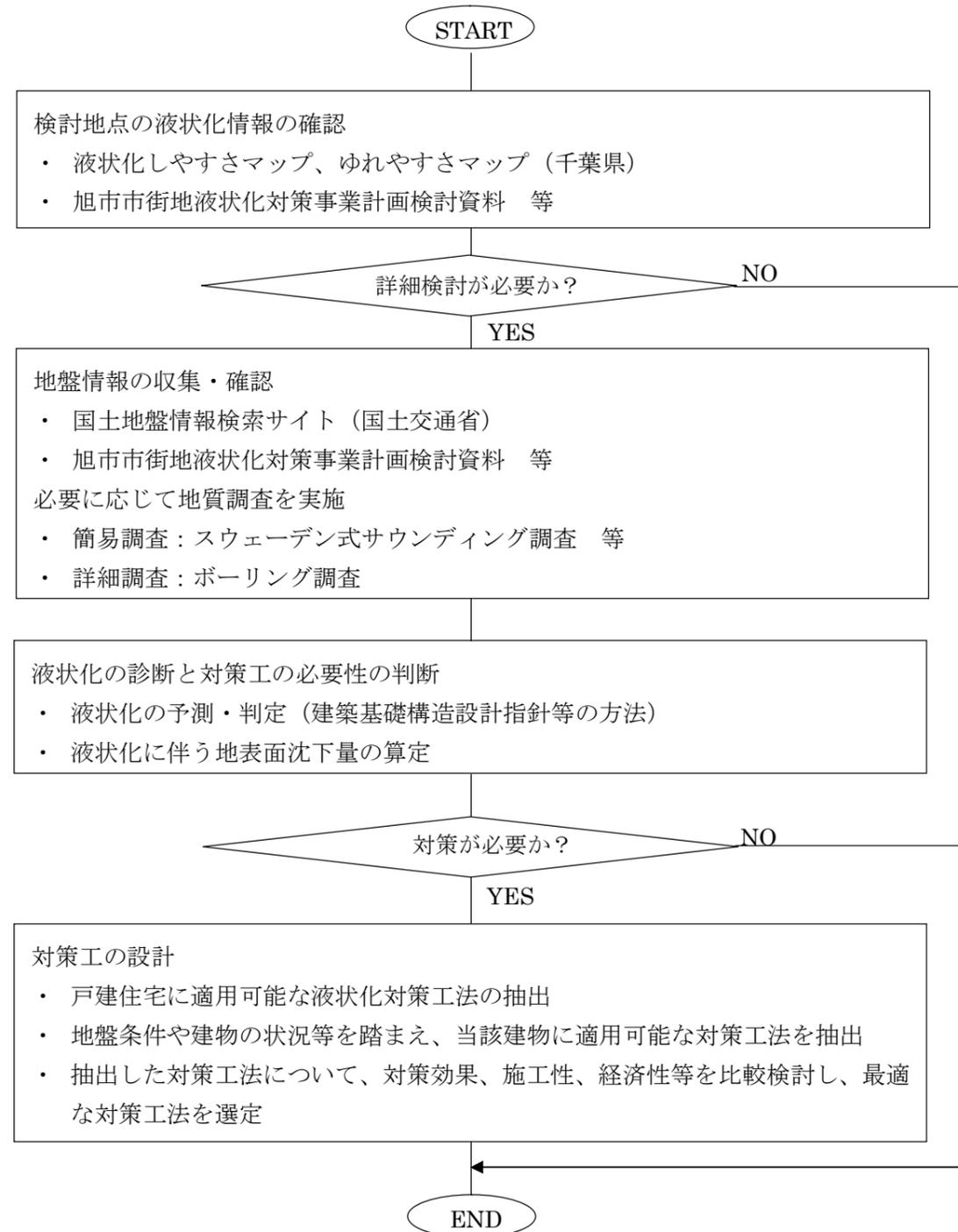
地質調査

 本資料における検討項目

1. 個別住宅の液状化対策検討フロー

地盤の液状化の予測判定および対策工の検討は、個別の検討箇所における地盤資料などを基に専門家による判断が必要である。

ここでは、個別の液状化対策を行う場合の概略の検討フローを示す。



図一 個別住宅の液状化対策検討フロー

2. 個別の液状化対策工法について

ここでは、個人住宅が個別に液状化対策工を実施する場合を想定して、対策工を検討した。

(1) 個別液状化対策工法の検討

これまでの検討結果より、旭市内の液状化被害の特徴は以下のとおりである。

- ・砂鉄鉱区での採掘埋戻し跡の緩い砂質地盤が液状化した。
- ・被害をもたらした液状化は地表から深さ 10m まで。

また、地質的、地域的な特徴から検討の結果、対策工について以下の結果を得た。

- ・止水層となる粘性土層が深いため、地下水位低下工法は実施困難。
- ・対策箇所の規模（対策範囲の戸数、範囲、形状等）が小さく、格子状地中壁改良では1戸あたりの負担が大きすぎる。

そこで、個別住宅が個別に液状化対策を実施する場合について検討を行った。

(2) 液状化対策工法の選定

1) 液状化の発生抑制の原理と対策方法および対策工法

液状化の発生を抑制するには、

- ① 地盤の液状化強度を増大させる
- ② 地盤内の応力・変形に関する条件や間隙水圧に関する境界条件を液状化し難いものにさせる。

ことが考えられ、その原理は以下に示すものが挙げられる。

【液状化強度の増大】

- ① 密度の増大
- ② 液状化しにくい粒度分布
- ③ 土粒子骨格の安定化
- ④ 飽和度の低下

【応力・変形および間隙水圧に関する条件の改良】

- ⑤ 過剰間隙水圧を速やかに消散
- ⑥ 液状化した周辺からの過剰間隙水圧の遮断
- ⑦ 初期有効応力を増大させることにより、せん断応力の初期有効応力に対する比を低下
- ⑧ 地震時に生じるせん断変形の抑制

液状化の発生を抑制する原理と工法を図-9.1に示す。

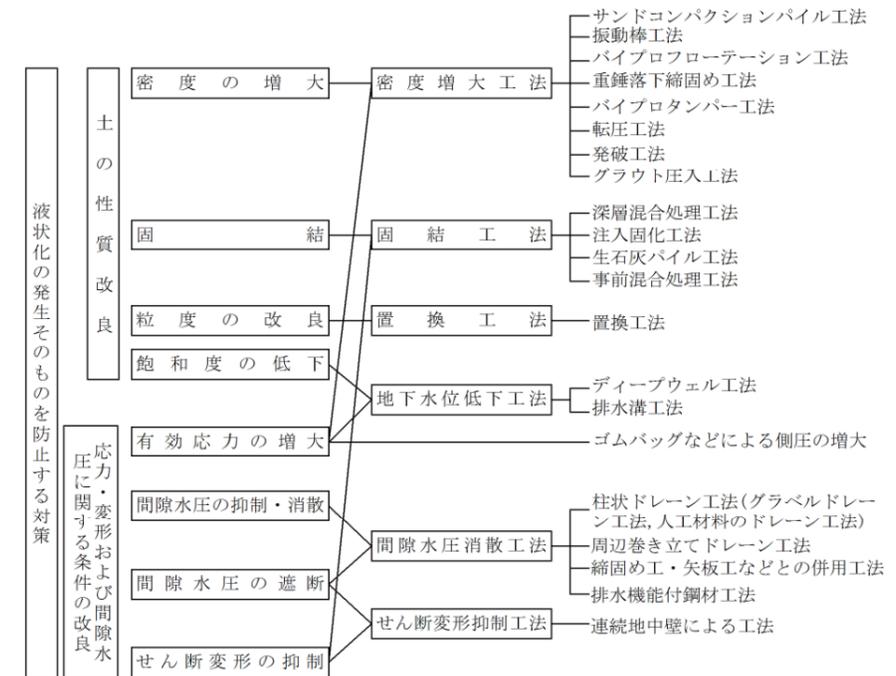


図-9.1 液状化の発生を抑制する対策の原理と工法
出展「地盤工学・実務シリーズ 18 液状化対策工法 社）地盤工学会」

2) 一般住宅へ適用可能な液状化対策工法

液状化対策工は、一般に土木工事や大規模な建築工事を想定したものが多く、これらをベースに個別住宅に適用できるよう施工機械、工法等の改良が現在も行われている。これらの情報を収集整理し、前述した①～⑧の工法の中から以下の工法を選定した。

- ①密度の増大：密度増大工法（砂杭、ドライモルタル、丸太杭）、静的締固め工法
- ④飽和度の低下：地盤の不飽和化工法
- ⑤過剰間隙水圧の速やかな消散：間隙水圧消散工法（砕石ドレーン工法）
- ⑦上載盛土による有効上載圧の増加

また、液状化が発生し、地盤の支持力が失われた際にも建物を支持する構造とするものとして、

- ・杭基礎による建物基礎の支持 を選定した。

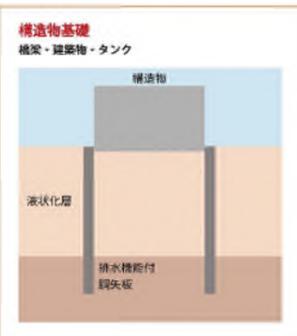
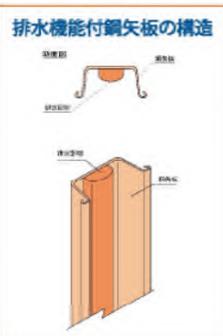
次項より、工法の特徴、施工性、概算工費等ヒアリング結果をまとめた表を示す。

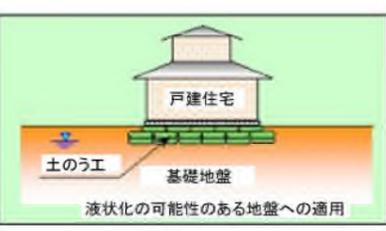
分類	密度増大工法(砂杭、ドライモルタル杭、丸太杭)	
概略図写真	<p>①位置決め ②貫入 ③削孔 ④材料貫入 ⑤造成</p> <p>砂杭施工状況(例)</p> <p>ドライモルタル杭施工状況</p> <p>丸太杭施工状況(例)</p> <p>丸太を地盤に打設することで地盤を密に改良します。</p> <p>緩い砂地盤 密な砂地盤</p>	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 対象地盤への砂、モルタル、丸太等を圧乳・打設・注入による地盤を締固め、地盤の密度を増加させることによって液状化の発生を抑制することを期待する工法。 砂杭は、ケーシングを地中に貫入、打戻しながら、地上から供給した砂をエアーで強制排出する工程を繰り返すことで、地盤中に締まった砂杭(φ700mm)を造成する。 ドライモルタルは、スパイラルロッドを用いて所定の深度まで地盤を押し広げて穴を開け、ロッドを引き抜く際に逆回転させて地中にドライモルタルを連続して充填し、原地盤と混合攪拌することなく直径180mm程度のモルタル柱状体を作成する。 丸太杭は、中・小型の施工機械を用いて、砂地盤に直径20cm程度の丸太を一定の間隔で打ち込む。丸太の打設方法には、圧入式と振動式の2種類がある。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> 砂杭、ドライモルタル、丸太ともに新築時における建物下部地盤を中心に必要な範囲で対策を施工が行われることが基本である。既存建物を対象に建物周辺のみを施工する場合は、対策効果を発揮するためには、詳細な検討が必要である。 シルト分を多く含む地盤も可能である。 砂杭の場合、一般的に、広い更地の液状化対策を行う工法として多く用いられている。対策深度は15~20mまで可能。 ドライモルタルの場合、N値が10を超えるやや固い地盤では適用ができない。また、施工機械の大きさから、現在はモルタル柱状体を作成することが可能な深度は8mまでである。 丸太杭の場合、技術開発及び施工実績を積み重ねることが必要だが、更地の状態で、一戸単位での対策に適用することが可能。また、現在、建築基準法において、地下水位より浅い位置で基礎として丸太を使用することは禁じられていることから、打設する丸太に腐朽対策等を講じる必要がある。 	
施工費	<ul style="list-style-type: none"> ■1戸50坪の建物用地に改良深さ8m程度施工すると想定した場合、 ・砂杭を更地に20戸以上一括施工で2.5百万円以上。1戸施工で12百万円程度。 ・既設建物がある場合、20戸以上一括施工で9百万円以上。1戸施工で13百万円程度。 ・ドライモルタルを更地に20戸以上一括施工で6百万円以上。1戸施工で7百万円程度。既設建物がある場合は施工不可。 ・丸太杭を更地に20戸以上一括施工で5.5百万円以上。1戸施工で6百万円程度。既設建物がある場合は施工不可。 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> 砂杭の場合、使用材料が砂であるため、将来、地中を掘削する場合でも支障になりにくい。施工単位が1街区(20戸)以上となれば、大型機による施工が可能となるため、1戸当たりの施工コストを抑制することができる。また、液状化が発生した場合でも、建物際などの工事区域の境界において、地盤の変形がなだらかなため、建物やライフライン等に機能障害が生じにくい。 ドライモルタルの場合、静的締固め工法と同様の手法で液状化対策のための設計を行うことができる。小型機を用いるため、狭路地での施工が可能であり、1戸から対応することができる。モルタル柱状体の摩擦杭的作用により建物の支持力が担保できるため、軟弱地盤の基礎補強用としての採用実績が多数ある。残土が発生しない。 丸太杭の場合、狭い箇所での施工が可能であり、低振動・低騒音で丸太を打設することが可能である。比較的早く工事に着工でき、施工が早い。丸太自体は液状化しないため、補助的に支持力を期待できる。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> 砂杭の場合、スペースが狭い箇所では施工中に工事プラント等が道路を完全に占有してしまうため、周辺住民の生活の妨げとなる場合がある。 砂杭の打ち込みによる地盤の変位対策ができない場合には、既設建物、隣接家屋、道路、配管等に変位や支障が生じることがある。 ドライモルタルの場合、L1相当地震動を対象とした施工実績のみである。施工機械の性能上、やや固い地盤(N値10以上)や液状化層が深い地盤(深度8m以上)の対策は困難。小型機による施工のため地中障害に弱い。 丸太杭の場合、地下水位が浅い位置では丸太に腐朽対策が必要となる。打設した丸太が、埋設物敷設工事等の支障となる場合がある。

分類	密度増大工法(静的圧入締固め工法)	
概略図写真	<p>砂杭施工状況(例)</p> <p>ドライモルタル杭施工状況</p> <p>丸太杭施工状況(例)</p>	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 元来、家屋やビルの沈下、傾斜対策として開発された工法である。 地盤に低流動性のモルタルを圧入することにより、地盤の密度を増大させる工法。砂地盤に対しては締め固め効果により、液状化防止効果がある。 家屋の沈下、傾斜修復と液状化対策が同時施工することが可能である。 改良効果は現況地盤に対して標準貫入試験N=5~15程度増加させることができる。 液状化対策として、羽田空港・仙台空港等滑走路・誘導路下、既設護岸下、大~小規模の既設構造物下等、多数の実績がある。 細粒含有率が50%以上の粘性土の場合は、締め固め効果が少なくなるため、基本改良対象外である。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> 施工機械が小型で、ボーリング機械での施工が可能である。戸建住宅ではさらに小型の削孔機による屋内での施工が可能である。 家屋の沈下、傾斜修復は、精細な圧入調整作業と、家屋への影響・修復後の再沈下防止のため、原則屋内施工となる。このため、床材の一部撤去、基礎部の削孔が必要で、別途修復が必要となる。ただし、居住しながらの施工が可能。 小型機械による特殊削孔として2.0m程度の上空制限で施工可能。掘削長は15m程度まで可能。 屋内施工のため、隣地との距離制限はない。屋外施工を実施する場合は、施工幅1m程度は必要。 最大30°までの斜め施工が可能であるため、屋外から家屋直下の施工は困難であるが、家屋下部の改良も可能である。 振動、騒音も小さく隣家への影響は少ない。 地盤中にモルタルを圧入することから、隣地への地盤隆起や側方変形が生じる可能性がある。 戸建用に4tトラックで搬入でき、狭路道路でも搬入可能である。プラントの設置範囲は最小で40m2程度、車載施工もできる。プラントから施工場所までの距離は40mまで可能である。常設配管が可能な場合は、距離100m程度の実績もある。 施工工期は、沈下・傾斜修復と液状化対策同時施工で深度5m程度改良する場合、2週間程度。 	
施工費	<ul style="list-style-type: none"> ■50坪の建物用地の戸建家屋に対して(過去の実績として、沈下・傾斜・液状化対策の程度により増減) ・家屋の沈下・傾斜修復費として 5~7百万円程度。 ・家屋下深度 5m程度の液状化対策と家屋の沈下・傾斜修復を同時施工した場合、6~8百万円程度。 ・家屋下深度15m程度の液状化対策と家屋の沈下・傾斜修復を同時施工した場合、15~18百万円程度。 ・更地へ深度 5m程度の液状化対策を施工した場合、4~5百万円程度。 ・更地へ深度 15m程度の液状化対策を施工した場合、12~15百万円程度。 上記は施工費込の金額 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> 液状化対策としての設計方法が確立されている。 家屋の沈下、傾斜修復での施工実績が豊富で平成5年の北海道南西沖地震、平成7年の阪神淡路大震災、平成17年の福岡県西方沖地震、東日本大震災での浦安市でも現在施工箇所多数あり。県庁・市役所や工場、歴史的建造物など大~小規模建物下の液状化対策としての実績はあるが、戸建住宅における液状化対策のみの実績はない。 家屋の沈下、傾斜修復と液状化対策との同時施工が可能であり、現時点で家屋修復と液状化対策が同時施工できる唯一の工法である。 家屋の沈下、傾斜修復の場合は、原則屋内施工である。2階に限定されるが、居住したままの施工が可能である(1階部も夜間開放は可能)。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> べた基礎建物を対象とし、布基礎建物における沈下、傾斜修復は施工不可である。杭基礎の場合は杭形状・深度によって対応可能な場合がある。液状化対策のみの場合は、布基礎でも対応可能な場合がある。 地盤にモルタルを圧入することから、特に、沈下、傾斜修復の場合は隣地への地盤隆起や側方変形が生じる可能性がある。隣接状況、沈下修正量によって、影響度合が異なるため事前調査が必要である。

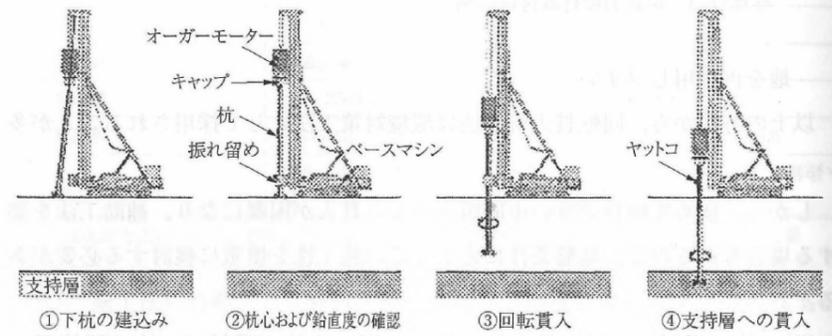
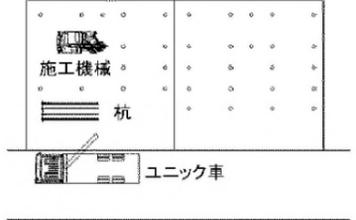
分類	地盤の不飽和化工法	
概略図 写真		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 地下水で飽和した砂地盤にマイクロバブル水(小さな空気の泡を含んだ水)を注入して、地盤を不飽和化させる工法。地震時には、このマイクロバブル水に含まれる空気が圧縮されて、過剰間隙水圧の上昇を抑制することによって、液化化の発生を抑制する効果が期待できる工法である。 使用材料が水と空気であるため環境負荷が小さい。 施工機材がコンパクトであり、既存建物の有無にほぼ無関係に施工可能である。 既存の埋設物への影響や施工後の埋設工事等に影響がない。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> 新築、既存建物の双方の液化化対策に適用可能であるが、宅地への施工実績が乏しい新規開発の工法である。対象とする改良範囲に計画通りの施工がなされ、必要な品質が確保されれば、計算などによる評価上の効果は期待出来るものと考えられる。 研究開発、実証実験中の工法である。 改良する地盤に細粒分が多く含まれる場合には、適用できない場合がある。 地下水の流れが速い地盤には留意する。 マイクロバブル水の注入孔、飽和度測定用の計測孔を削孔し、注入管・計測管を設置する。設置した注入管より、マイクロバブル水を注入する。マイクロバブル水注入後の地盤の飽和度を計測し、所定の飽和度となっていることを確認する。 	
施工費	<ul style="list-style-type: none"> ■1戸50坪の建物用地に改良深さ8m程度施工すると想定した場合(飽和度90%、不飽和層厚7mとして) ・更地に施工する場合、20戸以上一括施工で4.5百万以上。1戸施工で5百万程度。 ・既設建物がある場合、20戸以上一括施工で6百万以上。1戸施工で6.5百万程度。 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> ・材料が水と空気なので環境に優しく、地盤内に改良体等を残さない。 ・再改良(再注入)が可能であり、他工法との併用が比較的容易である。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> ・施工された改良範囲と品質の確認方法を確立する必要がある。 ・液化化強度の評価方法の確立が必要である。 ・地盤の浅い層での改良効果は期待ができない。 ・施工品質の確認が難しく、施工品質確保のための施工管理手法が確立されていない。 ・地下水の流れが速い場合には、改良効果が減少する恐れがある。 ・大地震時には液化化を完全に防止することは難しい。 ・地震により、改良効果が減少(空気が喪失する)する可能性があり、複数回の地震を想定する場合には、空気の再注入が必要となる可能性がある。 ・液化化強度の検証のために対象地盤を用いた室内試験が必要となる。

分類	間隙水圧消散工法(砕石ドレーン工法)	
概略図 写真		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋の支持力増大、不同沈下防止、液化化防止効果を狙って開発された工法である。 ・地盤に砕石を打設することにより、地盤の密度を増大させる工法。砂地盤に対しては排水効果により、液化化防止が可能である。 ・改良直径φ400mm、最大改良深度6.5m、打設間隔0.75~2.3m(支持力用)、1000m2以下の建築物、ベタ基礎、帯基礎可能。 ・家屋の沈下、傾斜修復には利用できない。 ・新築家屋が対象の工法である。既存家屋に対しては、家屋周辺に打設するため、液化化防止にはならないものの、被害低減効果は得られる。 ・国土交通省新技術情報提供システム(New Technology Information System:NETIS)に2007年9月に登録済み。(財)日本建築総合試験所(GBRC)において2009年11月10日建築技術性能証明を受ける。 ・施工実績多数あり(2007~2011年 累計7000件以上)。ただし、液化化対策としての実績はほとんどない。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> ・施工機材が0.1m3程度の小型のバックホウベースでの施工により狭小な場所での施工も可能である。 ・既設家屋の周辺に施工する場合は、居住しながらの施工が可能。 ・既設家屋の周辺に施工する場合は、施工幅2m程度は必要。 ・振動、騒音が発生するが隣家への影響は少ない。 ・地盤中に砕石を圧入することから、隣地へ近接した場合は、地盤隆起や側方変形が生じる可能性がある。 ・戸建用に2~4tトラックで搬入でき、狭路でも搬入可能である。 ・標準貫入試験N=10以上では施工困難。地下水位が高く、緩い地盤で掘削孔が自立しない場合困難。 ・施工工期は、深度5m程度改良する場合で、1戸建に対して砕石杭打設に3日程度。 	
施工費	<ul style="list-style-type: none"> ■50坪の建物用地の戸建家屋に対して(過去の実績として、沈下・傾斜・液化化対策の程度により増減) ・更地へ深度 5m程度の液化化対策として、3~5百万円程度。 ・既存戸建家屋の周囲を深度 5m程度の液化化対策として、1~2百万円程度。 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> ・液化化対策としての設計方法が確立されている。 ・既存家屋周辺に打設する場合は、既存家屋周辺に打設する場合は、居住したままの施工が可能である。 ・施工工期が数日と短い。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> ・新築家屋が対象の工法である。家屋の支持力増大、不同沈下防止を目的とした施工実績が豊富であるが、ニーズが少なかったことから、液化化対策としての実績はほとんどない。ただし、建築知識6月号で紹介されているように、支持力増強で設計された改良地盤において、液化化被害が低減された実績がある。 ・既存家屋周辺に打設する場合は、家屋直下に打設できないことから、液化化被害の低減効果に止まる(設計により要確認)可能性が高い。 ・小型のバックホウが搬入・移動できる空間が必要(隣地との空間は最低2m以上)。 ・過剰間隙水圧消散後の残留沈下の発生の有無は未知。 ・対象地震の規模によってはドレーンピッチが狭く高額、あるいは適応不可となる可能性がある。 ・掘削孔は裸孔が保持できることが施工条件となる。

分類		間隙水圧消散工法(排水機能付き矢板工法)
概略図 写真	   	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 排水機能を持たせた杭材を地中に圧入することにより地震時の過剰間隙水圧を早期に消散させ液状化の発生を防ぐ。 剛性を持つ連続した鋼材は、地中壁を構築することになり、液状化による側方移動に対抗できる。 排水部材はポリプロピレン材であり、半永久である。 鋼材部は腐食しるを考慮しても200年の耐用年数を確保している。 家屋の沈下、傾斜修復には利用できない。 新築家屋、既存家屋に対して適応できる。ただし、既存家屋に対しては家屋周辺に打設するため、液状化防止にはならないものの、被害低減効果は得られる。 石油タンク、ポンプ場、河川護岸などで実績多数ある。ただし、戸建への実績はない。 矢板に孔開け加工を施すことにより、地下水の流動を阻害しない。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> 通常の杭打機や小型の自走式杭打機での施工が可能であることから、狭隘地や住宅への近接施工でも対応可能である。 既設家屋の周辺に施工する場合は、居住しながらの施工が可能。 既設家屋の周辺に施工する場合は、別途、クレーン使用で施工幅2m弱、自走方式で、3m程度必要。 振動、騒音が小さく隣家への影響は少ない。N>30の砂質土・軽石・巨礫がある場合、削孔困難 地盤中に矢板を圧入することから、隣地への地盤隆起や側方変形は生じない。 戸建用に11tトラックで搬入でき、狭隘道路でも搬入可能である。 施工工期は、深度5m程度改良する場合で、矢板打設に1日30枚(設置延長12m)程度。 	
施工費	<ul style="list-style-type: none"> ■50坪の建物用地の戸建家屋に対して ・更地へ深度 5m程度の液状化対策として、480万円程度。15mで710万円程度。 ・既存戸建家屋の周囲を深度 5m程度の液状化対策として、280万円程度。15mで410万円程度。 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> 石油タンク、ポンプ場、河川護岸などで実績多数ある。 液状化対策としての設計方法が確立されている。 既存家屋周辺に打設する場合は、既存家屋周辺に打設する場合は、居住したままの施工が可能である。 地中壁として側方流動も対抗できるため、高低のある土地などでは有利である。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> 戸建への実績はない。 既存家屋周辺に打設する場合は、家屋直下に打設できないことから、液状化被害の低減効果に止まる(設計により要確認)可能性が高い。 ドレーン設置のため、鋼矢板がV型となり、大きくなる。 過剰間隙水圧発散後の残留沈下の発生の有無は未知。 対象地震の規模によってはドレーンピッチで適応不可となる可能性がある。

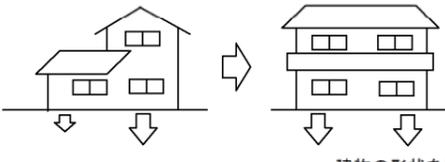
分類		間隙水圧消散工法(土のう工法)
概略図 写真	   	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 家屋の支持、不同沈下防止、液状化防止効果を期待する工法である。 地盤に砕石を混ぜた土のうを敷設することにより、建物荷重の分散・支持、液状化時の排水、不同沈下防止が可能である。 家屋の沈下、傾斜修復には利用できない。 新築家屋が対象の工法である。 国土交通省新技術情報提供システム(New Technology Information System:NETIS)に2011年2月に登録済み。 軟弱地盤対策、液状化対策として施工実績が増えている。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> 施工機械が小さくて済み、小型のバックホウベースでの施工により狭小な場所での施工も可能である。 振動、騒音は通常の建設工事程度。隣家への影響は少ない。 戸建用に2~4tトラックで搬入でき、狭隘道路でも搬入可能である。 土のうは一度に一定個数ずつ製造可能で、施工性に配慮されている。 	
施工費	<ul style="list-style-type: none"> ■延長10m×幅12m当たりの施工単価として ・深度0.25m程度の施工費用として、7,200円/m²(直接工事費)程度。 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> 土のう工法としての設計方法が整備されている。 小型のバックホウ、人力主体で施工可能。 施工工期が短くて済む。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> 新築家屋が対象の工法である。 液状化対策としての実績はこれから増えていく状況。 小型のバックホウが搬入出・移動できる空間が必要。 過剰間隙水圧発散後の残留沈下の発生の有無は未知。

分類	造成盛土による有効上載圧の増加	
概略図 写真	 <p>盛土のみで造成可能な場合</p>  <p>用地が厳しく、造成に擁壁が必要な場</p>	  <p>擁壁を施工する場合の施工状況例</p> <p>丸栄コンクリート(株)より</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・造成盛土により宅盤高を高くすることで、液状化地盤の有効上載圧を増加させ、液状化が発生しにくくする対策。 ・用地に余裕がある場合は、安定勾配で盛こぼした盛土が可能。 ・用地に余裕がない場合は、宅盤面を確保するためにプレキャスト擁壁などを用いて造成盛土を行う。擁壁施工は小型機械により、省スペース、低振動・低騒音で施工が可能。 ・既存建物がある場合には施工ができない。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に建物を建てる地盤の地耐力(長期許容応力度)が確保されている場合に用いられる工法で、建築の基礎形式としては、べた基礎、布基礎を採用する。 ・造成盛土により宅盤高を原地盤高より高くするため、用地に余裕がなく、宅盤面を確保するためにはプレキャスト擁壁などの構造物により、用地境界での造成盛土を押さえる必要がある。 ・施工機械は造成盛土に必要なバックホウなど、プレキャスト擁壁を用いる場合は設置用のクレーンが必要となるが、大掛かりな重機を用いなくても施工可能。 ・一般的には新築、建替時に実施する。既存建物がある場合には、更地にするなどの対応が必要である。 	
施工費	<p>■1戸50坪の建物用地を1.0m宅地造成により宅盤高を嵩上げすると想定した場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既設建物がある場合は、施工できない。(既設建物を撤去して更地にする場合、別途、撤去費用が必要) ・既設建物がない場合、用地に余裕があり盛土のみの場合は、造成盛土で3百万円程度必要。 ・既設建物がない場合、用地に余裕がなく、擁壁が必要な場合は、プレキャスト擁壁設置、造成盛土で7.5百万円程度必要。 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> ・宅地造成については施工実績が豊富である。 ・小型施工機械を用いるため、狭隘地での施工も可能である。 ・1戸単位での施工が可能である。 ・既存の設計方法で対策の実施が可能である。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> ・建物がある場合には撤去する以外適用できない。更地のみ適用可能。 ・造成盛土により宅盤高を上げる必要があるため、段差が生じ、周囲との連続性を保つことができない。 ・液状化の程度により、造成盛土量、宅盤の嵩上げ高をかなり大きくする必要がある可能性がある。 ・擁壁等の土留め構造物を用いる場合、これらについても液状化時の健全性の確保が必要となる。

分類	杭基礎工法	
概略図 写真	 <p>①下杭の建込み ②杭心および鉛直度の確認 ③回転貫入 ④支持層への貫入</p>  <p>三誠(株)より</p>  <p>施工機械 杭 ユニック車</p>	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・小型機械により、建物荷重を支持する複数本の鋼管杭などを安定した地盤(支持層)まで施工することで、地盤液状化時にも建物を支持することにより、沈下や傾斜の発生を抑制する工法。 ・小型の貫入機械で鋼管杭を回転させながら、所定の深度(安定した地盤)まで埋設した後、家屋を建設する。 ・省スペース、低空頭に対応が可能で、低振動・低騒音、排出残土が発生しない。 ・既存建物がある場合には施工ができない。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に建物を建てる地盤の地耐力(長期許容応力度)が20kN/m²未満の場合に用いられる工法で、建築の基礎形式として、べた基礎、布基礎と並んで一般的に採用される工法である。 ・地盤が液状化した場合にも、杭の先端が支持層(支持層に深に液状化層がない場合)まで埋設してある場合には、建物に生じる有害な沈下や傾斜を抑制するように水平抵抗についても設計することができる。 ・一般的には新築、建替時に実施する。既存建物がある場合には、曳家や更地にするなどの対応が必要である。 ・支持層が深い位置にある場合には、杭長が長くなるため対策費用が高額となる可能性がある。 	
施工費	<p>■1戸50坪の建物用地に鋼管回転圧入杭φ190mmを施工すると想定した場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既設建物がある場合は、施工できない。(曳家を行った場合でも、基礎部分は撤去、杭基礎施工、基礎部造り直しが必要。) ・既設建物がない場合は、8百万円程度必要。 	
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> ・施工実績が豊富である。 ・小型施工機械を用いるため、狭隘地での施工が可能である。 ・1戸単位での施工が可能である。 ・既存の設計方法で対策の実施が可能である。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> ・液状化により地盤が沈下した場合には、杭が抜けあがる可能性がある。 ・液状化の発生を抑制する工法でないため、液状化により、地盤が沈下した場合に埋設管等に損傷が生じるおそれがある。また、建物下に間隙が生じ、別途補修費用が必要となる。

2.2 建築物での対策工法

建築建屋に工夫を施すことにより、仮に地盤が液状化した場合でも、沈下・傾斜による被害を軽減することが考えられる。以下に例を示す。

分類	建築物での液状化被害軽減対策	
概略図および概要	<p>1. バランスのよい建物形状</p>  <p>…建物の形状をシンプルにし、液状化時の偏心傾斜を軽減する。</p> <p>2. 建物重量の軽減</p> <ul style="list-style-type: none"> …建物重量を軽減することで、液状化時の沈下・傾斜を軽減する。 …屋根などの材料を軽量化し、建物重量を軽減する。(軽量瓦、スレート等) …鉄骨造の場合、スラブコンクリートをALCコンクリートにする。等。 <p>3. 基礎の剛性を高める</p> <ul style="list-style-type: none"> …基礎の剛性を高めることで、液状化時の不同沈下を軽減する。 …べた基礎の採用。 …中空スラブ基礎の採用。等。 <p>4. 基礎底面の透水性の向上</p> <ul style="list-style-type: none"> …砕石などの透水性の良い材料で基礎下の地盤を締め固める。 …適切な排水処理を行う。等。 	
施工・現場条件	<ul style="list-style-type: none"> …一般的には新築、建替時に実施する。 …いずれの場合も、建築物そのもの(基礎・表層基礎地盤含む)の対策であり、通常の住宅建築現場条件で施工可能。 …一部、基礎工の施工で通常より重機が大型化する場合もある。 	
施工費		
総合評価	利点	<ul style="list-style-type: none"> …住宅建物については施工実績が豊富である。 …一般住宅の施工条件と同じであり、狭隘地での施工も可能である。 …1戸単位での施工が可能である。 …既存の設計方法で対策の実施が可能である。
	欠点	<ul style="list-style-type: none"> …建築物の新築・建替えが前提であり、既存建物には適用できない。 …液状化自体を防止することはできない。(被害軽減を狙った建築物での対処方法にすぎない) …液状化に対する建築物の対処方法であり、確実に効果が発揮するとは限らない。