

3 . 建築物の液状化対策工法

建築物の液状化対策工法は、「液状化の発生そのものを抑える対策（事前対策）」、液状化の発生は許すが、「建築物への被害を抑える対策（事前対策）」、「液状化の被害を受けた後の対策（事後対策）」に大きく分類される。本章では、それぞれに採用される工法とその特徴を示す。

3 - 1 . 液状化の発生そのものを抑える対策（事前対策）

ここでは、液状化の発生そのものを抑える事前対策として、地盤に対する一般的な工法を、対策の費用と施工面積との関係を示す。

地盤に対する液状化対策工法

地盤に対する液状化対策として、公益財団法人 地盤工学会により次のような工法が提案されているが、騒音、振動などの近隣への影響、既存建築物への適用の可否などもあることから、敷地や建築物の状況に適した工法を選定する必要がある。次に示す図 3-1-1 中には「既存建築物に対しても一般的に適応可能といわれる工法」について太枠で示した。

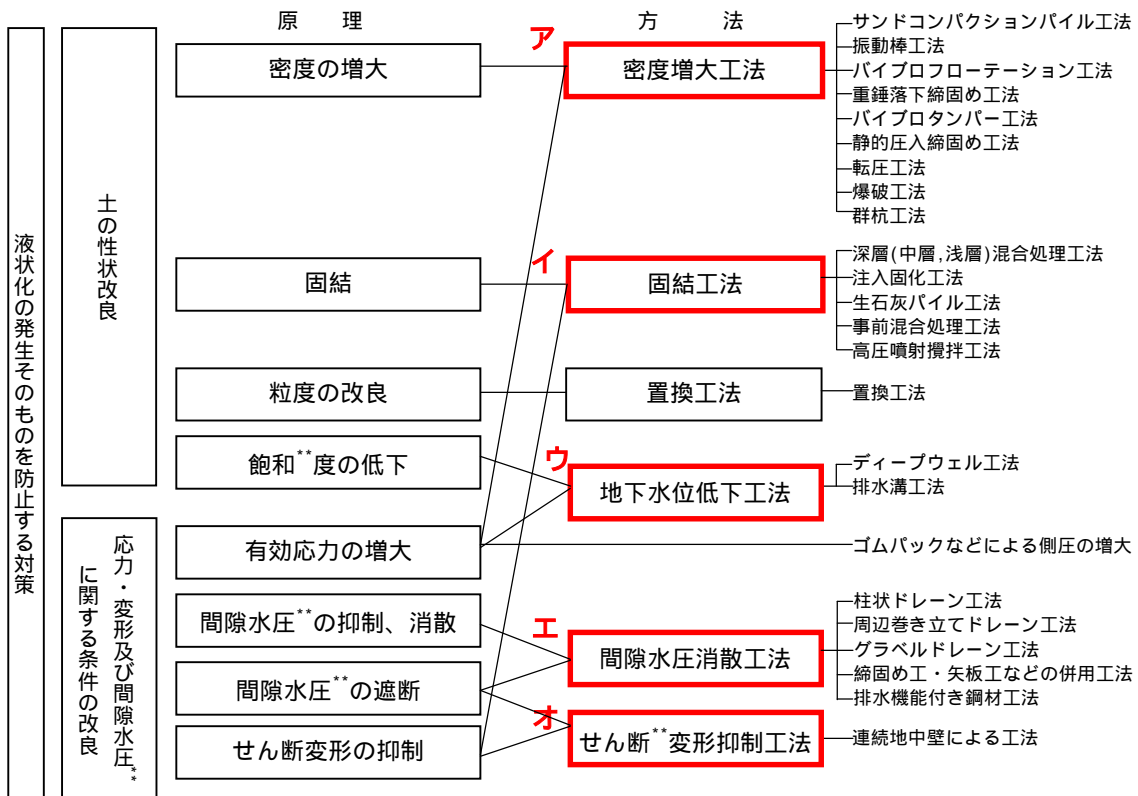


図 3-1-1 液状化対策の原理と方法

(液状化対策の調査・設計から施工まで(公益社団法人 地盤工学会)より、一部加筆)

図 3-1-1 において太枠で示した各工法の特徴を次に示す。

ア. 密度増大工法

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り、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パイル (SCP) 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「パイロフローテーション工法」などが代表的である^{3.1)}。多くの工法は振動による周囲への影響が大きいが、流動性の低いモルタルや、泥状 (スラリー状) にした砂を圧入して密度を増加させる「静的圧入締め固め工法」については、騒音や振動を伴わない工法として、近年、住宅地においても施工実績が多くなっている (図 3-1-2)。

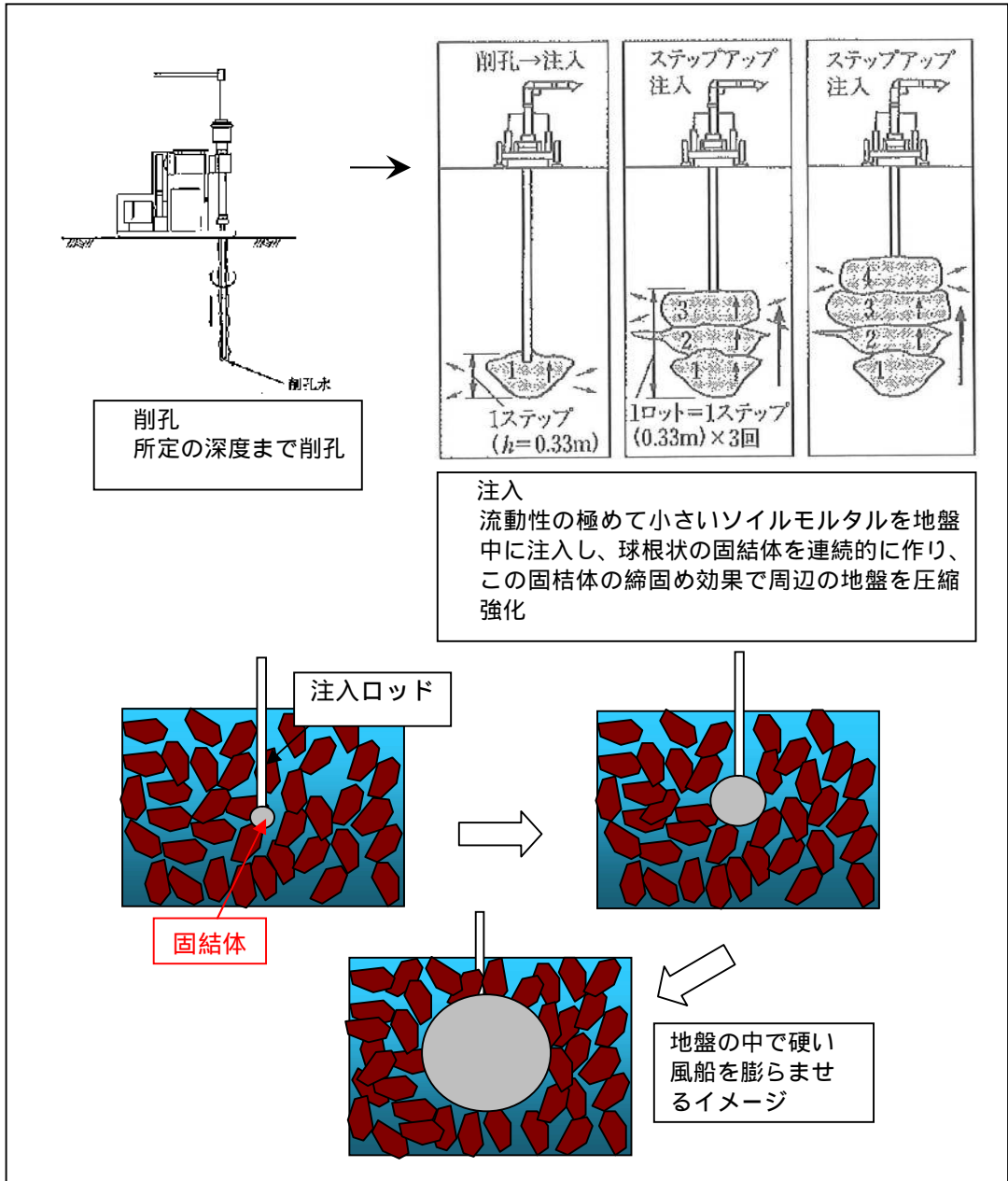


図 3-1-2 密度増大工法 (静的圧入締め固め工法) の例

イ．固結工法

地盤にセメントや薬液を注入して混合し、固結させることで液状化を防ぐ工法。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（土の粒子の間にある水）と置き換えることにより砂粒子を固結させる「注入固化工法」、固化材を混合した高圧の水を地盤内に噴射して地盤を切削し、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」（図3-1-3）などがある^{3.1)}。建築工事における液状化対策の一つとして、戸建住宅を対象とするような小規模施工も可能である。

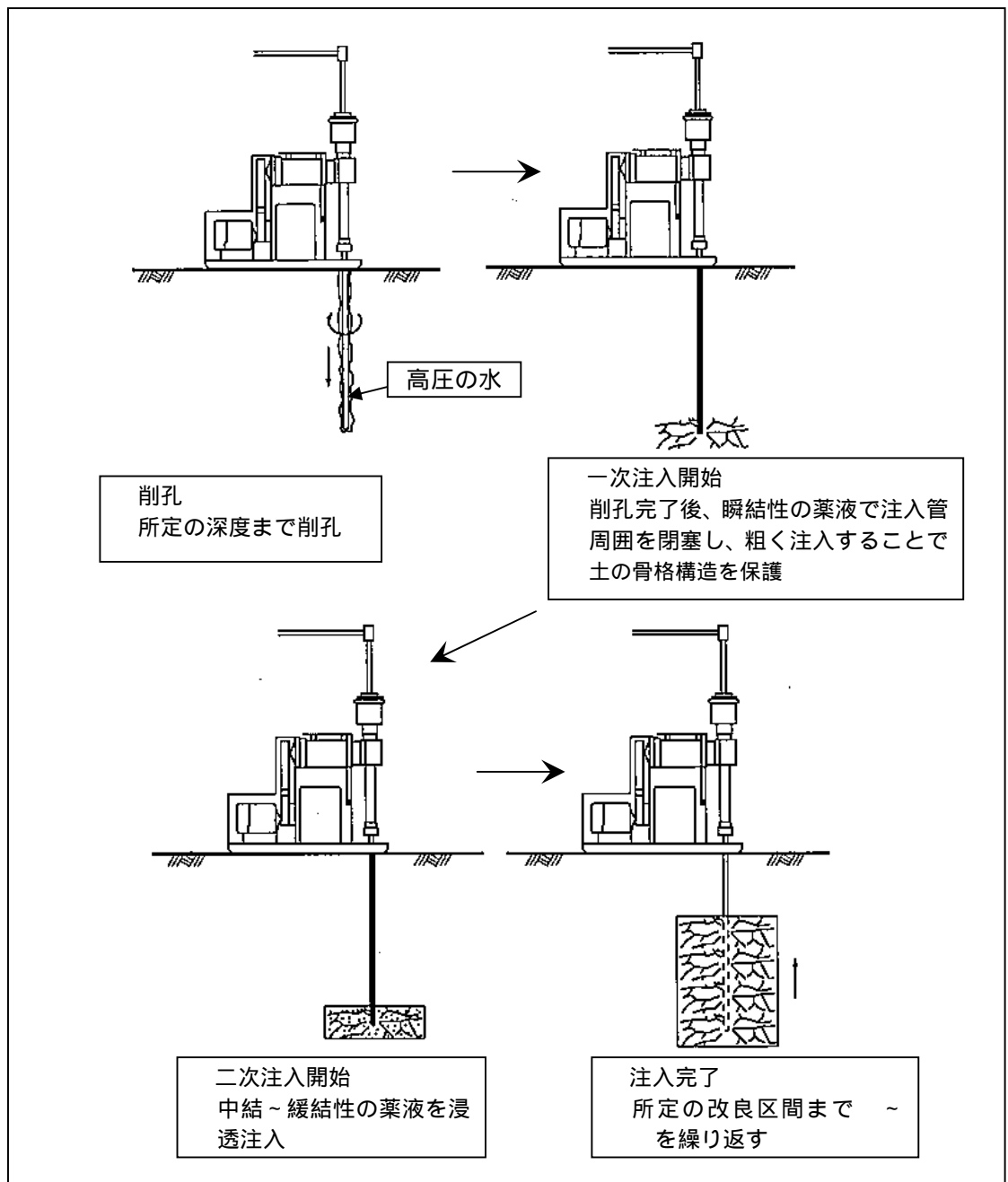


図 3-1-3 固結工法（高圧噴射攪拌工法）の例

ウ. 地下水位低下工法

地下水位を低下させ、地盤を不飽和^{**}状態（土粒子の隙間が水で満たされていない状態）にすることによって液状化を防止する工法^{3.1)}。地下水位の低下により浮力が無くなり、地下水よりも下の層に対して見掛け上、荷重が大きくなる。そのため、広域的に地盤沈下を引き起こす可能性があるなど、周辺環境へ及ぼす影響を考えると、個別の建築物への対策工法としては注意が必要である。

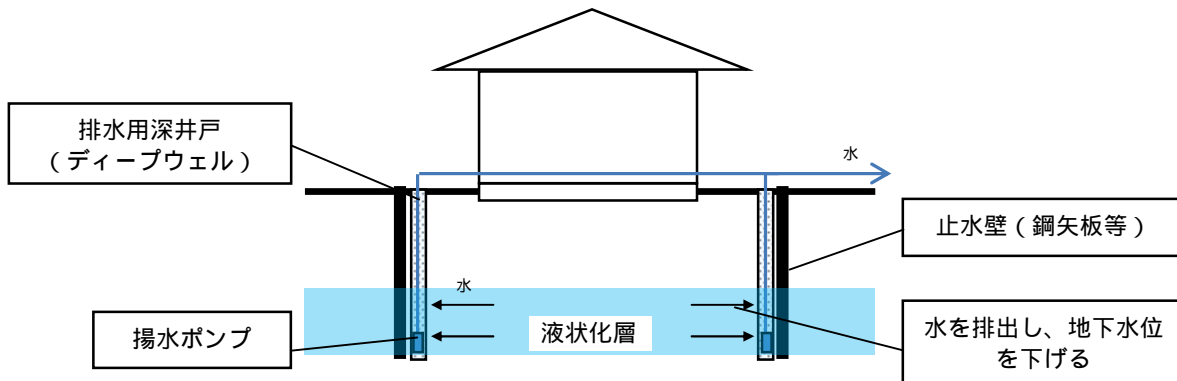


図 3-1-4 地下水位低下工法のイメージ図 (ディープウェル工法)

エ. 間隙水圧消散工法

砕石や透水性材料などの水を吸収しやすい材料を投入することで、過剰間隙水圧^{**}（土粒子の隙間にある水の過剰な水圧）を低減、消散させる工法。地盤に透水性の良い砕石による柱（杭）を一定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、液状化の拡大を抑制する「グラベルドレーン工法」や他の透水性の材料を用いる工法がある。工法の性質上、過剰間隙水圧^{**}の消散に伴って排水されるため、地盤沈下を引き起こす可能性があるが、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^{3.1)}。

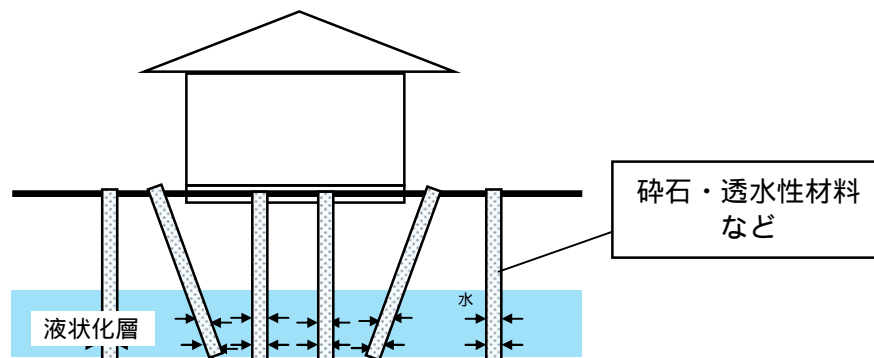


図 3-1-5 過剰間隙水圧消散工法のイメージ図

オ．せん断**変形抑制（連続地中壁）工法

液状化の恐れのある地盤に強い剛性**の仕切りを設け、地盤の変形を抑制する工法^{3.1)}。周辺で液状化は発生してしまうが、その被害を最小限に抑える工法である。地中に壁を造成することにより、地下水の遮断による地下水位の変化や施工中や施工後に埋設物が破損してしまう恐れがあるなどの問題があるため、十分留意する必要がある。

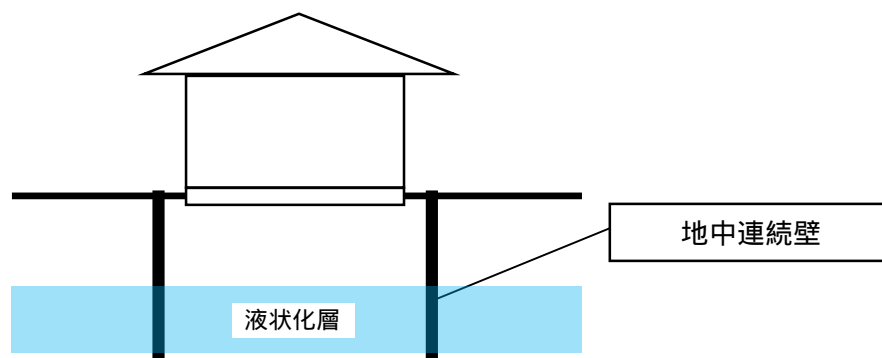


図 3-1-6 せん断変形抑制工法のイメージ図

・参考資料等

国土交通省の新技术情報提供システム（NETIS）（<http://www.s-netis.mlit.go.jp/>）は震災復旧・復興に資する技術を NETIS 申請者より募り、広く情報提供することで、震災復旧・復興の現場における活用を支援するサイトであり、具体的な液状化対策工法が多数紹介されている。

液状化対策の費用と施工面積

に示した液状化対策工法には、施工面積によって対策費用の単価が変わってくるものがある。ここでは、代表的な工法に対して、液状化対策費用と施工面積の適用範囲を図 3-1-7に示す。

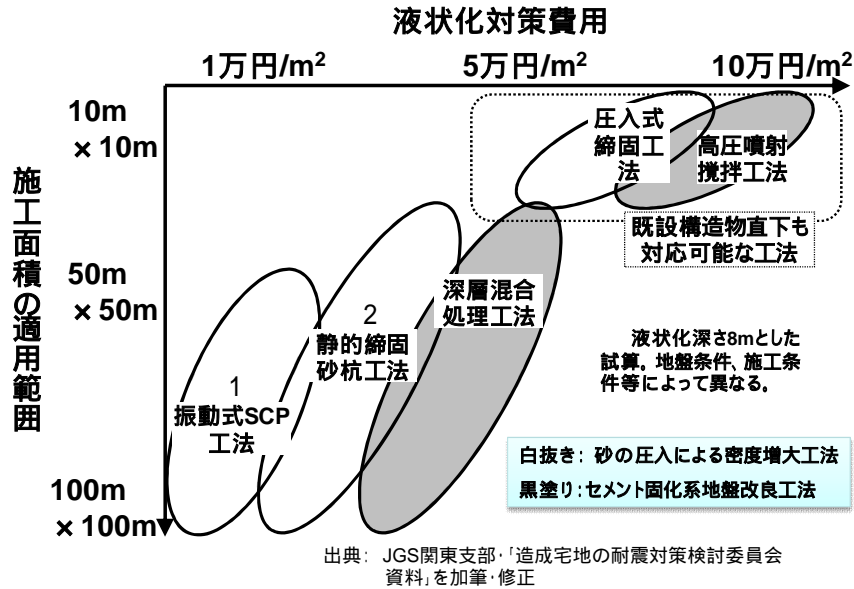


図 3-1-7 液状化対策費用と施工面積の適用範囲

(平成 23 年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書より)

- 1 従来型の「サンドコンパクションパイル工法」。
- 2 「サンドコンパクションパイル工法」の一種であり、従来型に比べ施工中の騒音や振動が小さいく、無振動低騒音型や回転圧入式などがある。

3 - 2 . 建築物への被害を抑える対策（事前対策）

ここでは、液状化の発生は許すが、建築物の補強等を行うことで建築物への被害を抑えるための事前対策について、建築物の構造別に示す。

3 - 2 - 1 . 戸建住宅に対する地盤対策

戸建住宅に適用可能と考えられる液状化対策工法を次に示す。これらの液状化対策工法は、沈下そのものを防ぐものではなく、不同沈下^{**}の発生やその影響をできるだけ抑制しようとするものである。

表 3-2-1 戸建住宅に対する液状化対策

（復旧・復興支援WG「液状化被害の基礎知識」（日本建築学会ホームページ）より 一部修正

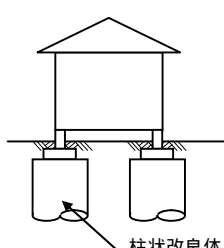
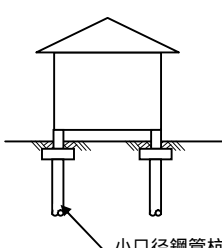
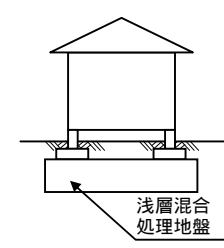
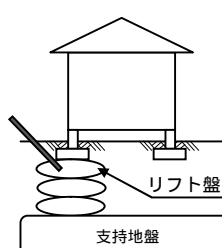
工法名		深層混合処理工法 （柱状改良工法）	小口径杭工法	浅層混合処理工法 （表層改良工法）	注入工法
工法の概要		 柱状改良体 改良径：500mm、600mm 程度 改良長さ：2m～8m 程度	 小口径鋼管杭 杭径：114mm、165mm 程度 杭長さ：2m～15m 程度	 浅層混合 処理地盤 改良厚さ：1m～2m 程度	 リフト盤 支持地盤
対策の狙い		沈下軽減	沈下軽減	沈下軽減	沈下軽減
新築時	工期	2～3日	2～3日	1～2日	1～2週間
	工事費	100～200万円程度	150～250万円程度	80～150万円程度	500～800万円程度
既設有	工期				1～2週間
	工事費		500～800万円程度		500～800万円程度
備考			既設の場合は沈下修正工法と同様に基礎下を掘削し短尺の鋼管を圧入する。		新築の場合も注入のための反力確保のため、べた基礎 ^{**} などの工事終了後に施工

表 3-2-1 におけるに工事費積算の条件は以下の通りである^{3.3)}。

- 1 . 対象建築物は建坪 50～70 m²（15～20 坪）の総 2 階建てを想定。
- 2 . 施工上必要なスペースは確保していると仮定。
- 3 . 使用する材料は、周辺環境を害するものではないもの。

各工法の概要を次に示す。

ア．深層混合処理工法（柱状改良工法）

「地盤に対する液状化対策工法 イ．固結工法」（P16 参照）の一種。支持力の増加と沈下量の低減を目的として、円形断面を有する柱状の改良体を、基礎スラブ**または基礎フーチング**直下に杭のように配置する工法。地盤と固化材を攪拌、混合して固結する方法として機械攪拌や噴射ジェット式攪拌などがあり、泥状（スラリー状）の固化材を用いた機械式攪拌混合工法が多用されている^{3.3)}。

イ．小口径杭工法

支持力は基礎フーチング**で確保し、沈下量の低減を目的として、鋼管杭を回転貫入または圧入によって設置する工法である^{3.3)}。

ウ．浅層混合処理工法（表層改良工法）

支持力の増加と沈下量の低減を目的として、セメント系固化材を使用し、基礎スラブ**または基礎フーチング**直下の地盤を薄く改良する工法。改良深さは、基礎スラブ**直下 2 m より浅い範囲である^{3.3)}。なお、地下水位より下の液状化層を 3 m 程度盤状に固化することで、沈下量の低減や、不動沈下の抑制にも効果が期待される。

エ．注入工法

支持力の増加と沈下量の低減を目的として、基礎下ヘグラウト**や薬液等を注入する工法^{3.3)}。

前記の液状化対策工法は、基本的には新築住宅を対象としているが、小口径杭工法、注入工法は既存住宅に対しても適用は可能である。ただし、小口径杭工法を既存住宅に採用する場合は、実質的に事後対策である「沈下修復工法」（P35 参照）と同様な工事を行うため、新築住宅に採用する場合と比べ多額の費用がかかる。

戸建住宅における液状化対策の実施にあたっては、軟弱地盤の補強対策と同等の費用がかかるので、費用対効果を十分に考えて、対策実施の可否及び工法の選定を慎重に行うことが大切である^{3.3)}。

3 - 2 - 2 . 木造建築物

木造建築物を建築、または既存の木造建築物を補強する場合の対策工法の例を次に示す。

基礎の破壊対策

- ・鉄筋コンクリート造のべた基礎**とする。
- ・布基礎**とする場合
 - a) 立ち上がり部分の丈を高くし、かつ、底版幅を広くした鉄筋コンクリート造とするほか、外周部を連続閉鎖型とし、内部の布基礎**も外周部まで延ばす布基礎**とする
 - b) 隅角部や床下換気孔の位置は、水平ハンチ(斜めにコンクリートを増し打ち)や補強筋で補強する

上部構造部の布基礎**からの遊離対策(アンカーボルト**やホールダウン金物の抜け出し対策)

- a) 基礎コンクリートの硬化前にアンカーボルトなどのナットを締めない
- b) アンカーボルトやホールダウン金物は基礎コンクリート内に十分な長さ確保して定着**させ、端部にはフックを設ける
- c) ナットの締め付けの際には、座金を用いるとともにナットの締め代を十分確保する
- d) コンクリートから露出しているアンカーボルト**やホールダウン金物は防錆処理を施す
- e) 筋かいや構造用合板など、耐力壁**の端部附近、土台の継手附近にアンカーボルト**を設置し緊結するとともに、その他の部分は2 m以下の間隔で緊結する

上部構造部の傾斜、変形、倒壊対策

- a) 上部構造部に釣り合い良く剛性**を持たせる
- b) 偏在荷重**となる計画は避ける
- c) 建築物の重量を軽くする

1階床下の傾き対策

- a) 鉄筋コンクリート造のべた基礎**とする
- b) 鉄筋コンクリート造の布基礎**とした場合は、周囲の基礎と一体化する
- c) 大引きを支える土台の間隔が短い場合には床束を用いず、丈の大きい大引きを用いる

【解説】

基礎の破壊対策

布基礎**の破壊は、基礎底版における支持地盤の沈下、陥没やふくれ上がりに起因するせん断**の力や曲げ力による破壊、地盤の水平流動や地割れ、地すべりに起因する引張り力による破壊などが単独又は、競合して起こると考えられる。

基礎が液状化に耐えるためには、鉄筋コンクリート造のべた基礎**とし、鉛直・水平両方向から働く力に耐え得る耐力と剛性**を高めることが最も有効である。布基礎**とする場合は、その立ち上がり部分の丈を高くし、かつ、底版幅を広くした鉄筋コンクリート造とするほか、外周部の基礎は建物内部を囲うように連続させるとともに、内部の基礎も外周部まで延ばして連続させることにより、基礎全体が一体となるようにすることが効果的である。なお、この場合、隅角部や床下換気孔は、耐力上の弱点となるため、水平ハンチや補強筋で補強しておく必要がある。

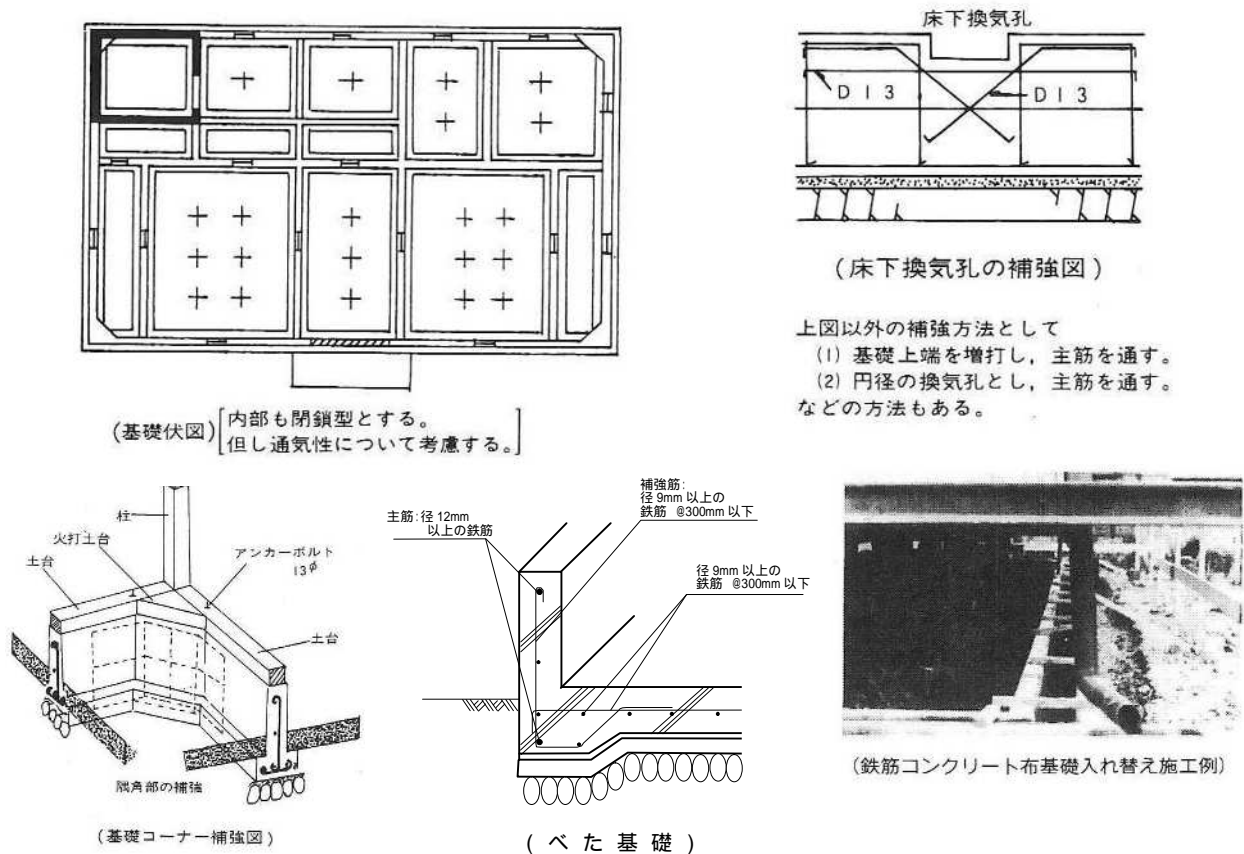


図 3-2-1 木造建築物における基礎の対策の例

上部構造部の布基礎**からの遊離対策（アンカーボルト**やホールダウン金物の抜け出し対策）

大地震の際、アンカーボルト**やホールダウン金物が基礎や土台から抜け出す被害が発生することがあるが、その原因の多くは基礎の破壊に伴うものであり、これらが基礎や土台から抜け出さないよう防止するには、次のような対策を行う。

- a) コンクリートは硬化に伴って収縮する現象が起こるため、基礎コンクリートの硬化後にナットが緩む現象などが生じる。そのため、アンカーボルト**などが基礎にしっかり固定されるように基礎コンクリートの硬化前にナットを締めない。
- b) アンカーボルト**などは基礎コンクリート内に十分な長さ確保して定着**させ、必要な引張り耐力の確保を補助するために端部にはフックを設ける。
- c) ナット締めには座金を用いるとともに、ナットの締め代を十分確保する。
- d) 錆によりアンカーボルト**などの耐力が低下しないように、コンクリートから露出している部分に防錆処理を施す。
- e) 基礎から上部構造部に伝わる地震が、効率よく耐力壁**に伝わるよう、筋かいや構造用合板などが設置されている壁の軸部付近にアンカーボルト**などを設置し緊結する。また耐力上の弱点を補うために土台の継手付近にもアンカーボルト**を設置し、その他の部分は 2 m 以下の間隔で設置する。

上部構造部の傾斜、変形、倒壊対策

a) 上部構造部に釣り合い良く剛性[〃]を持たせる

上部構造部の剛性[〃]が高ければ、基礎やその土台との緊結部が破壊しても上部構造部は大きな被害を受けず、基礎の補修により修復できる可能性がある。

上部構造部の剛性[〃]を確保する方法としては、例えば次の措置がある。

(ア) 十分な量の耐力壁[〃]を釣り合い良く配置するとともに、梁材を剛強なものとし、小屋組み[〃]には小屋筋違いを設ける。

(イ) 十分な火打ち梁（地震などにより発生した水平力による変形を防止するために設ける斜材）、火打ち土台を釣り合い良く配置するとともに、小屋組み[〃]や床組みに構造用合板等の野地板、床板を用いることにより水平剛性[〃]を高める。

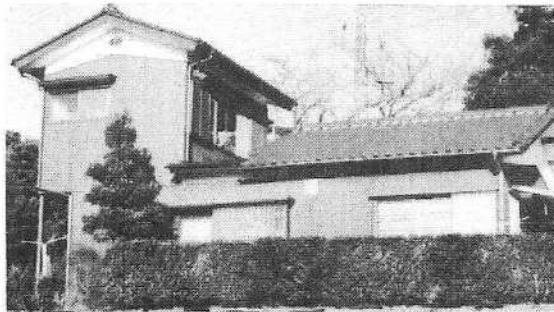
(ウ) 構造部材の接合部は、その部位に適した補強金物により緊結する。

b) 偏在荷重[〃]となる計画は避ける

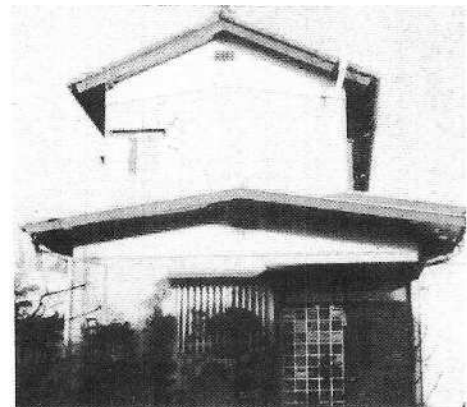
基礎底版下の地盤が液状化し支持力を失うと建築物は沈下を起こすが、2階部分が偏在するなど重量に偏りがある場合は、その重い部分の沈下が大きくなり建築物が傾くこともあるので、次の点に注意する。

(ア) 2階部分を設ける場合には、2階部分を出来るだけ中央に配置し、バランスの良い建築物とする。

(イ) 平面形状や立面形状を整形にする。



(荷重に偏在がある例)



(バランスの悪い例)

図 3-2-2 木造建築物における 2 階部分の配置の例

c) 建築物の重量を軽くする

地震により建築物が受ける力の大きさは、基本的に建築物の重さに比例するので、建築物の重量を軽減することは、基礎の耐力や上部構造の剛性**を高めることと同様の効果を持つ。特に、屋根の軽量化は建築物の耐力や剛性**を落とさずに構造部材の負荷や基礎の沈下量を減らす効果があるため、建築物の傾斜は小さくなり、地震に対しては効果的である。しかし、上部構造が軽くなりことにより建築物を抑える効果が減少するため、強風時に対しての十分な検討が必要となる。

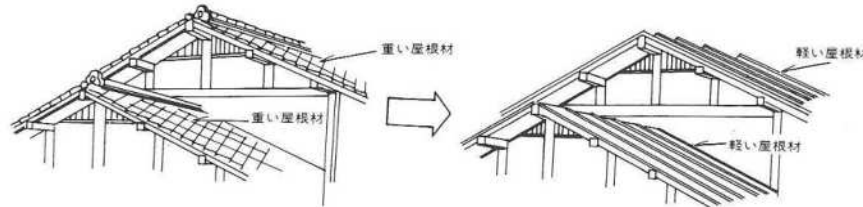


図 3-2-3 屋根の重量軽減の例

1 階床下の傾き対策

束石は独立して設けられているため、地震時の地盤の動きによる直接的な影響に加え、上部構造との揺れ方の違いによる影響も受けるので、比較的損傷を受けやすい部分である。一方で、束石の損傷による影響は1階の床に限定されることが多く、甚大は被害には直結しないが、1階の部屋の用途や仕上げ、家具の転倒による危険性なども考慮することが望ましい。

束石の被害には、沈下や突き上げ、又は押し流される現象などがあるが、これを排除するため、束石に代えて次の措置を講ずる。

a) 鉄筋コンクリート造のべた基礎**とする。

に記述した基礎の破壊対策と同様に、鉄筋コンクリート造のべた基礎**にする方法が最も効果的である。

b) 鉄筋コンクリート造の布基礎**とし、周囲の基礎と一体化する。

束石に代えて鉄筋コンクリート造の布基礎**を配置して周囲の基礎と一体化する方法も効果的である。この方法は布基礎**の間隔が狭くなり、施工面で効率が悪くなるので、c)の方法と併用することが効果的である。

c) 大引きを支える土台の間隔が短い場合には床束を用いず、丈の大きい大引を用いる

部材サイズの大きい大引を用いることにより、できるだけ束石の配置を少なくし、シンプルな平面計画とすることが望ましい。

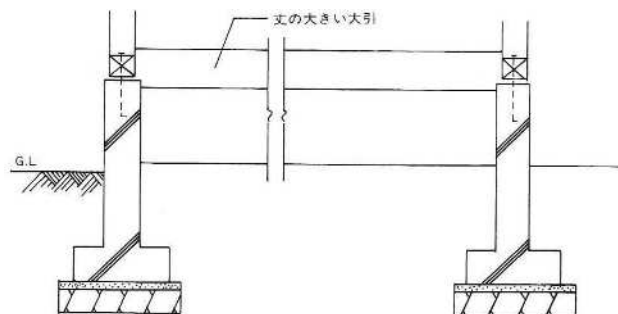


図 3-2-4 1 階床下の傾き対策の例

3 - 2 - 3 . 非木造建築物

非木造建築物を建築、または既存の非木造建築物を補強する場合の対策工法の例を次に示す。

支持杭基礎工法とする

地階[〃]を設ける

地中梁[〃]等の基礎部の耐力と剛性[〃]を高める

- ・断面の大きい地中梁[〃]や地中小梁を有効かつ高密度に配置し、その鉄筋量を増やす
- ・整形性の良い平面計画とする
- ・地盤の変形の影響を受けにくいべた基礎[〃]や2重スラブ[〃]とする

本体建築物と付属物との取り合いをエキスパンションジョイント[〃]とする

鉄骨造の渡り廊下や下屋などの付属物を、鉄筋コンクリート造の建築物につなげて設けよ
うとする場合には、その接合部をエキスパンションジョイント[〃]とすること。

【解説】

支持杭基礎工法とする

建築物の沈下や傾斜、不同沈下[〃]に対し、最も一般的な対策工法として支持杭基礎工法がある。これは液状化の発生する恐れのある地盤に杭を貫通して設置し、その下方の液状化しない堅固な地盤に先端で支持させる方法である。この場合、杭頭は基礎に十分定着[〃]させておく必要がある。

杭の支持力は、平成 13 年国土交通省告示第 1113 号の規定に基づき、液状化による支持力の低下を考慮して算定する必要がある。また、液状化した地盤は杭の周面にもたらず横方向の反力が減少又は消失するので、曲げ力や・座屈[〃]荷重に対する耐力の大きい杭を用いる必要がある。

地階[〃]を設ける

液状化層が比較的浅く、その直下に堅固な地盤が存在する場合は、液状化の発生する恐れのある地盤を貫通して地階[〃]部分を設け、液状化しない堅固な地盤に直接支持させる方法も有効である。

地中梁[〃]等の基礎部の耐力と剛性[〃]を高める

液状化による不同沈下[〃]に対して、支持力の低下部分や陥没が局部的な場合は、基礎部の引張り力、せん断[〃]の力、曲げ力などに対する耐力と剛性[〃]を高めておくことが有効である。引張り力、せん断[〃]の力、曲げ力などに対する耐力や剛性[〃]を高める方法として、断面の大きい地中梁[〃]や地中小梁をバランス良くかつ高密度に配置し、その主筋[〃]やあばら筋[〃]の鉄筋量を増やすことや、べた基礎[〃]や2重スラブ[〃]などを設けることも有効であると考えられる。

不整形の平面計画による建築物においては、入隅や出隅部に力が集中することが考えられるため、できるだけ整形な平面計画にすることが効果的である。

本体建築物との取り合いをエキスパンションジョイント[〃]とする

鉄骨造の渡り廊下や下屋などの付属物を鉄筋コンクリート造の建築物につなげる計画とする場合には、それぞれの建築物の沈下や移動に伴う強制的な変形により接合部が損傷を受ける場合が多い。これらの被害を防止又は緩和するため、その接合部をエキスパンションジョイント[〃]とすることが有効である。

3 - 2 - 4 . コンクリートブロック塀**

コンクリートブロック塀**を築造する場合の対策工法の例を次に示す。

建築基準法令等の技術基準に適合させる

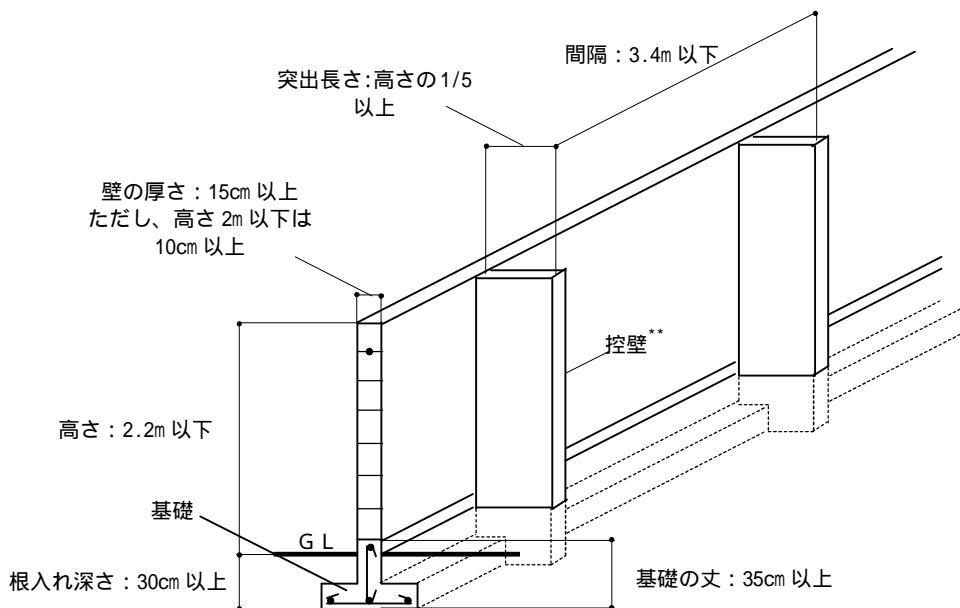
基礎を底版幅の大きい逆T字形又はL字形の鉄筋コンクリート造で造り、根入れを深くする

【解説】

コンクリートブロック塀**の被害例は、特に基礎が無筋で底版を有しておらず、また根入れ不足のものに顕著にあらわれている。(資料2-3.コンクリートブロック塀**の被害例参照)まずは建築基準法令等の技術基準に適合させる必要がある。建築基準法における補強コンクリートブロック塀の構造方法は、図3-2-5に示すように、高さ、壁の厚さ、配筋、控壁**、鉄筋の定着**及び基礎について規定されている。

コンクリートブロック塀の築造にあたっては、特に、基礎を底版幅の大きい逆T字形又はL字形の鉄筋コンクリート造で造り、根入れを深くするよう心がけるべきである。なお、コンクリートブロック塀**はその形態や費用対効果の面で液状化に対して万全の対策は困難なため、できるだけ被害を小さくし、倒壊などによる人的被害が発生しないように対策することが必要である。

既存のブロック塀についても、その安全性に関し個々に点検と診断を行い、必要な補強工事などを行うことが望ましい。



鉄筋	
壁頂、基礎	横筋：径9mm以上
壁の端部、隅角部	縦筋：径9mm以上
壁内	縦横筋：径9mm以上間隔80cm以下
備考	縦筋は壁頂及び基礎の横筋にフックで定着** (40d以上基礎に定着**させる場合を除く) 横筋はそれらの縦筋にフックで定着**

図3-2-5 補強コンクリートブロック塀**の規定

3 - 2 - 5 . 擁壁

擁壁を築造する場合の対策工法の例を次に示す。

- ・ 建築基準法や関係法令等の技術基準に従って堅固に築造すること。

鉄筋コンクリート造擁壁

a) 基礎底版の下に2列以上の支持杭を液状化する恐れのある地層を貫通して設け、杭頭を底版に十分に定着^{**}させる。また、基礎の根入れをできるだけ深くする

b) 隅角部を水平ハンチ(斜めにコンクリートを増し打ち)で補強する

c) 伸縮目地^{**}は図3-2-6に示す隅角部に設けるほか、擁壁の長さ20m以内ごとに一箇所設ける
間知石又は間知ブロック練積み造擁壁

a) 基礎底版は幅を広くし下端側の鉄筋を密に入れた鉄筋コンクリート造とする。また、基礎底版下に鉄筋コンクリート造擁壁 a) と同様の支持杭を用いる

b) 隅角部を水平ハンチ(斜めにコンクリートを増し打ち)で補強する

c) 伸縮目地^{**}は図3-2-6に示す隅角部に設けるほか、擁壁の長さ20m以内ごとに一箇所設ける

d) 必要に応じて5m程度の間隔に鉄筋コンクリート造の控え壁を設ける

【解説】

擁壁の被害例は、法令などの規定に適合していない構造のものに多く現れていることから、建築基準法や宅地造成等規制法など関連法令の技術基準に従って堅固に築造する必要がある。しかし、これだけでは地盤の液状化に抗することが困難であるので、擁壁の構造に応じて上記のような対策を講ずることが考えられる。なお、擁壁の安全性の確保については、資料3に示す神奈川県建築行政連絡協議会が作成した「擁壁の取扱い(平成24年4月1日決定)」も参考となる。

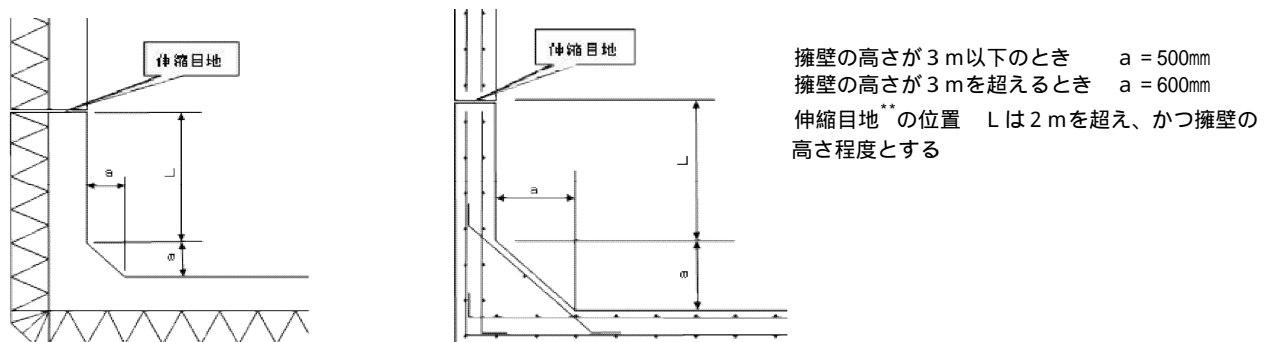


図3-2-6 擁壁のコーナー補強、伸縮目地^{**}設置例(左は練り積み造擁壁、右は鉄筋コンクリート造擁壁)

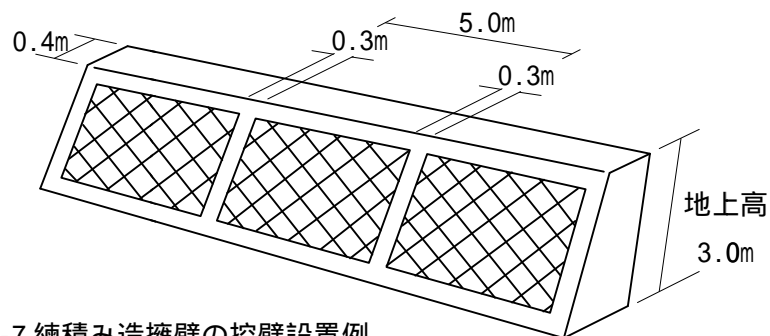


図3-2-7 練り積み造擁壁の控え壁設置例

3 - 2 - 6 . 建築設備

浄化槽、上下水配管等の建築設備を設置する場合の対策工法の例を次に示す。

浄化槽の浮上防止

家庭用などの小型槽は、槽の周囲に碎石を入れる方法が考えられる。

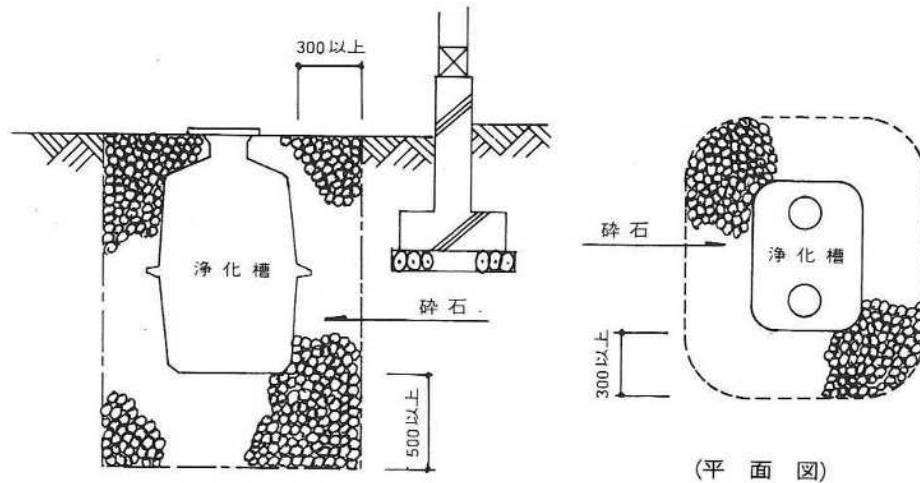
排水管の傾き、切断の防止

排水管の継手は変位を吸収し、抜け出しを防止できる構造とし、浄化槽や中継柵**への取付部にも抜け出し防止策を講ずる。

【解説】

浄化槽の浮上防止

次に示す図 3-2-9 は 3 - 1 . 地盤に対する液状化対策工法で示した置換工法の一つである。周辺の土砂を、碎石などの液状化の発生しにくい材料と入れ換えることにより、液状化による浮き上がりを防ぐ。



(断面図)

図 3-2-9 浄化槽の浮上防止例

排水管の傾き、切断の防止

排水管等の建築設備と本体建築物は、それぞれの形状や材質の違いから液状化発生時に同じ挙動を起こすとは考えにくい。そのため、浄化槽の浮上防止で示した置換工法以外にも、次に示す図 3-2-10、図 3-2-11 のように、それぞれの沈下や移動に追従できる回転エルボやフレキ管などを用いることも考えられる。

「戸建住宅敷地内で損傷した排水管から液状化した土砂が流入することによって下水道本管へ多大な影響を与えた」との報告がある^{3.1)}。そのため、建築設備と本体建築物との接合部だけでなく中継柵や下水道本管等への接合部も配慮することが望ましい。



図 3-2-10 排水管の対策イメージ（伸縮継手）
（平成 23 年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書より）



図 3-2-11 排水管の対策イメージ（可とう継手**）
（平成 23 年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書より）

3 - 3 . 戸建住宅における液状化の被害を受けた後の対策(事後対策)

3 - 3 - 1 . 対策工の考え方

戸建住宅の液状化被害に関する対策工の考え方は、「建築物の修復」と「地盤の再液状化への備え」という二つの視点で整理すると理解しやすい。

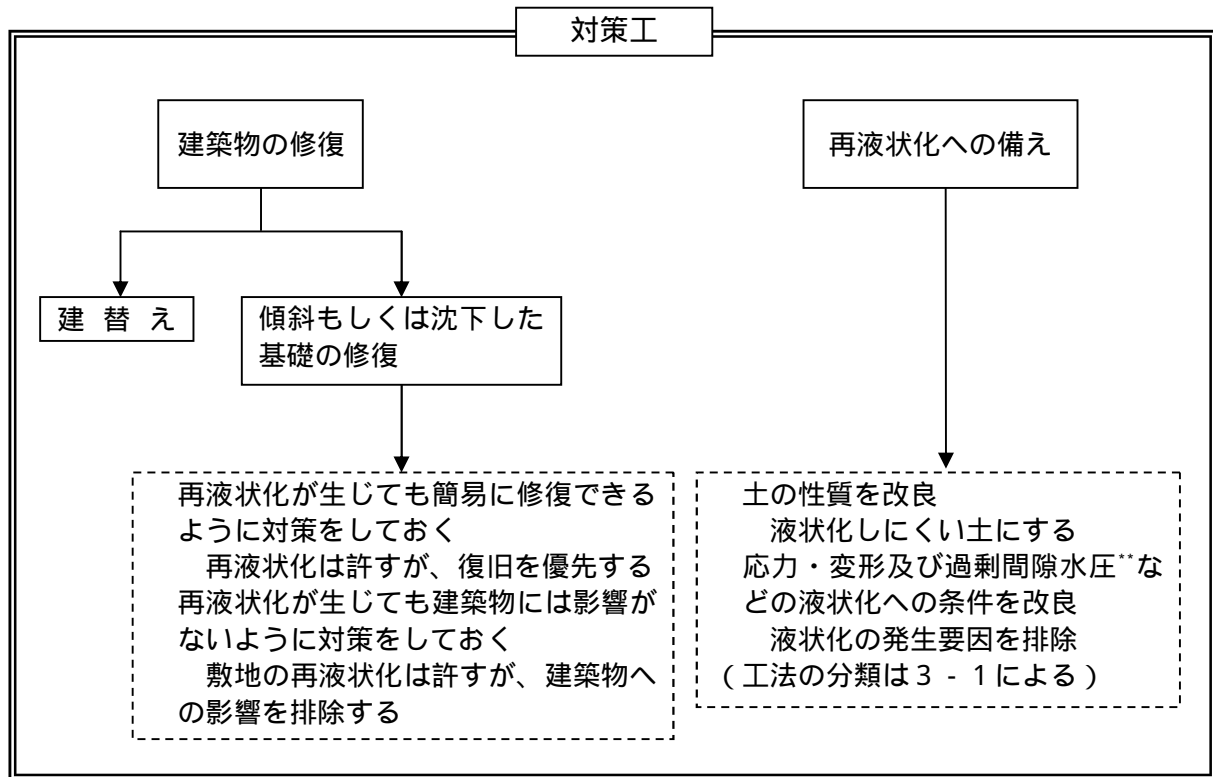


図 3-3-1 戸建住宅の液状化被害に関する対策工の考え方

3 - 3 - 2 . 対策工法の検討

図 3-3-1 に示す考え方を踏まえ、専門家と相談し、建築物などの被害状況や液状化した地盤のボーリング調査などの詳しい調査を行い、被災した建築物の被害の傾向・特徴により、液状化被害に関する対策工法の検討を行うことが必要である。

< 調査事項の例 >

- 1) 液状化した地盤のボーリング調査や標準貫入試験などの詳細な調査結果
- 2) 被災した建築物や工作物の被害状況(傾き、亀裂、沈下量など)
- 3) 敷地境界から建築物までの距離や周辺状況などの条件
- 4) 重機等の搬入や使用の可否(工法選択に必要な条件)

基礎の修復工法について

基礎の修復工法は、修復目的によって「基礎躯体修復工法」と「沈下修復工法」に大別され、修復工法などの考え方の手順については、図 3-3-2 に示すフローチャートが参考となる。「基礎躯体修復工法」は、接着効果の高いエポキシ樹脂などの閉塞させるための材料を使用する損傷補修のほか、図 3-2-1 木造建築物における基礎の対策の例 に示した躯体補強（補強例参照）もこの工法の一つである。また、「沈下修復工法」の主な工法、条件、費用などについては表 3-3-1 に示す。

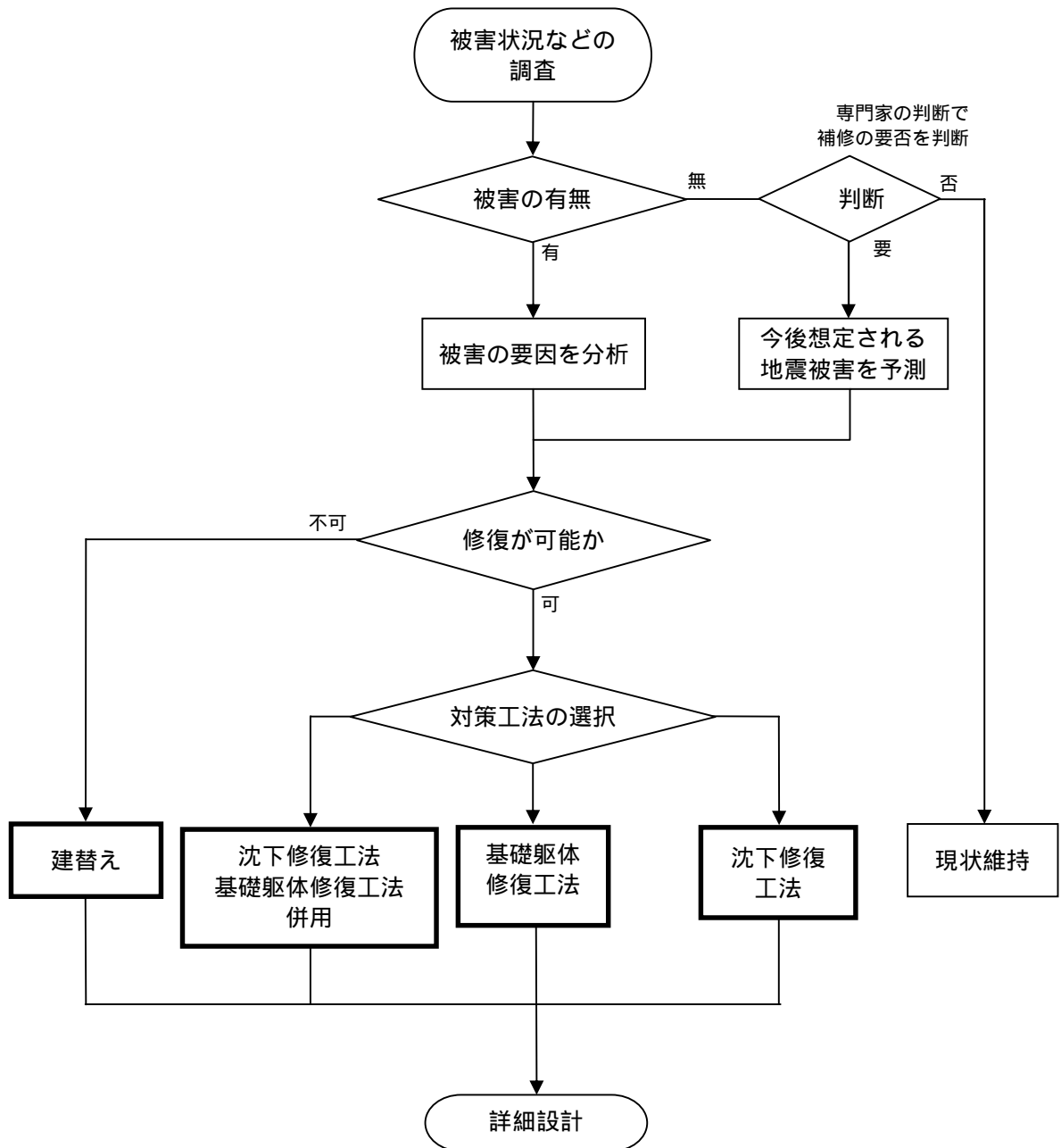


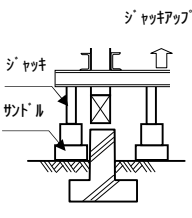
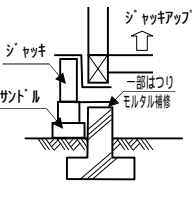
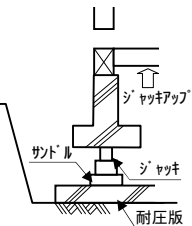
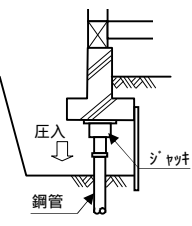
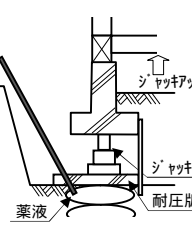
図 3-3-2 液状化対策工の考え方

3. 建築物の液状化対策工法

・沈下修復工法について

小規模建築物基礎設計指針(日本建築学会)等を参考に、対策工法の工法概要、適用条件等をまとめた。

表 3-3-1 沈下修復工法 (一部修正)

分類	工法(別名)	模式図	工法概要	適用条件		
				適用沈下量	基礎形状	隣地までの距離
土台から高上げ	根がらみ工法		基礎と土台から上の部分を切り離し、土台の下にレールを渡し、上部構造を1m以上ジャッキアップしたうえで、基礎のうちかえ又はモルタル等で水平調整して上部構造を再定着させる。	20cm 以下	べた基礎 布基礎	0.5m 程度
	ポイントジャッキ工法(土台上げ工法・プッシュアップ工法)		基礎と上部構造を緊結するアンカーボルトを切断又ははつり出し、土台下に爪付きジャッキを挿入しジャッキアップする。既存基礎を再利用する。	10cm 以下	べた基礎 布基礎	0.5m 程度
基礎から高上げ	耐圧版工法(ラップル工法)		基礎下を25~50cm程掘削し、耐圧版(鉄板、コンクリート等)を設置し、既存地盤及び耐圧版を反力にしてジャッキアップする。	20cm 以下	べた基礎 布基礎	1.0m 程度 (埋設管に抵触しなければ0.5m程度)
	鋼管圧入工法(アンダーピーニング工法)		基礎下を掘削して建物荷重により約0.8~1mの鋼管杭を継ぎ足しながらジャッキで鋼管を地盤に圧入する。建物荷重を支持できる層まで貫入後、これを反力にしてジャッキアップする。	50cm 以下	べた基礎 布基礎	1.0m 程度 (埋設管に抵触しなければ0.5m程度)
	薬液注入+耐圧版併用工法		基礎下へ薬液(グラウト)を注入して支持力を上げたのち、改良地盤及び耐圧版を反力にしてジャッキアップする。薬液注入の周辺への影響を抑えた支持力アップにより耐圧版数を減らすことができる。	20cm 以下	べた基礎 布基礎	1.0m 程度 (埋設管に抵触しなければ0.5m程度)

適用性： 非常に高い、 高い、 適する、 ×不適

1: 概算費用は、建物形状や敷地状況により異なります。また、既存配管等の改修費や、基礎のひび割れや、壁面クラック、目地ずれ等の補修費は別途必要です。

建物形状は単純な長方形を想定しています。形状により概算費用は異なります。

3. 建築物の液状化対策工法

分類	工法 (別名)	適用条件			その他の条件		概算費用(1) 工法仕様(荷重 20kN/m ² 、 建築面積 80 m ² (8m×10m) 程度を想定)
		周辺への影 響	液状化対 策	反力	既存建物 の一部取り 壊し	工期	
土台から嵩上げ	根がらみ 工法	なし	再液状化し た場合は傾 く可能性有 り	盛土層 ジャッキア ップ時に盛 土層の即時 沈下の恐れ 有り	一部取り壊し の必要有り 耐震性低下の 恐れがある	15 日以上	・工法仕様：基礎切断・ 土台形成後ジャッキアッ プ ・概略数量：2.7m 交点計 20 箇所 ・概算費用：約 350 万円 以上 (アップ後の基礎と建物 の緊結費用を除く)
			×			-	
土台から嵩上げ	ポイント ジャッキ 工法 (土台上 げ工法・ プッシュ アップ工 法)	なし	再液状化し た場合は傾 く可能性有 り	盛土層 ジャッキア ップ時に盛 土層の即時 沈下の恐れ 有り	一部取り壊し の必要有り 耐震性低下の 恐れがある	10 日以上	・工法仕様：基礎切断及 びジャッキアップ (外周 1.8m、内部 3.6m 交 点計 32 箇所) ・概算費用：約 250 万円 以上
			×			-	
基礎から嵩上げ	耐圧版工 法 (ラッ プル工 法)	地盤掘削を伴 うが、掘削深度 は非常に浅い ため影響なし	再液状化し た場合は傾 く可能性有 り	盛土層 耐圧版	なし	15～20 日 以上	・工法仕様：基礎下掘削 後、耐圧版設置及びジャ ッキアップ(2.7m 交点計 20 箇所) ・概算費用：約 350～500 万以上
			×			-	
基礎から嵩上げ	鋼管圧入 工法 (アン ダー ピー ニング 工 法)	地盤掘削を伴 うが、影響なし	再液状化し た場合は傾 かないが周 辺地盤は液 状化する	支持層	なし	20～30 日 以上	・工法仕様：基礎下掘削 後、鋼管杭 11m 圧入及び ジャッキアップ (3.6m 交点計 12 箇所) ・概算費用：約 700～1000 万以上
						-	
基礎から嵩上げ	薬液注入 +耐圧版 併用工 法	地盤掘削・薬液 注入が伴うが、 薬液注入工法 よりも量が少 ないため、大き な影響なし	薬液注入し た部分は液 状化せず、建 物にも影響 はないが、周 辺地盤は液 状化する	改良体 耐圧版	なし	15～20 日 以上	・工法仕様：薬液注入後、 基礎下掘削、耐圧版設置 及びジャッキアップ(外 周 2.7m 計 14 箇所) ・概算費用：約 400～500 万以上
						-	

再液状化への備え

再液状化への備えについては、地盤の液状化対策（「3 - 1 . 液状化の発生そのものを抑える対策（事前対策）」）参照）と同様の対策が考えられる。建築物の建替えを行わない場合は、個別の条件に見合うような工法を 図 3-1-1 にて太枠で囲った「既存建築物に対しても一般的に適応可能といわれる工法」から選択する必要がある。

< 参考文献等 >

- 3.1) 平成 23 年度浦安市液状化技術検討調査報告書（浦安市）
- 3.2) 小規模建築物基礎設計指針（日本建築学会）
- 3.3) 復旧・復興支援WG「液状化被害の基礎知識」（日本建築学会ホームページ）