

資料1．液状化判定方法について

資料1 - 1．神奈川県液状化想定図について

「1 - 3．液状化が起こりやすい土地の判定方法」で示した神奈川県地震被害想定調査報告書による液状化想定図について、作成の基となる地震動や、想定結果の概要を示す。

地震についての想定方針

各震源の想定方針と想定地震の概要を表1-1-1に示す。

表 資1-1-1 地震についての想定方針と概要

(神奈川県地震被害想定調査報告書(平成21年3月)より)

震源	震源モデル想定方針	想定地震の規模・発生間隔(確率)
東海地震	中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」の想定に準ずる。	<ul style="list-style-type: none"> 駿河トラフを震源域とするマグニチュード8クラスの地震。 平均発生間隔：118.8年(参考値)。 30年以内の発生確率：87%(参考値) 切迫性が指摘されている。
南関東地震 (大正型関東地震)	大大特の成果であるSato et al.(2007)のインバージョン結果を参照して断層モデルを設定する。	<ul style="list-style-type: none"> 相模トラフ沿いを震源域とし、想定規模はマグニチュード7.9 平均発生間隔：200～400年。 30年以内の発生確率： ほぼ0～1% 今後100年から200年先には、発生の可能性が指摘されている。
神縄・国府津 - 松田断層帯の地震	中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」の想定に準ずる。	<ul style="list-style-type: none"> 今後30年の間に地震が発生する可能性が我が国の主な活断層の中では高いグループに属する。 30年以内の発生確率：0.2%～16% マグニチュード7.5クラス
南関東地震と神縄・国府津 - 松田断層帯の連動地震(参考)	神縄・国府津 - 松田断層帯が南関東地震の分岐断層であるものとして震源モデルを設定する。	<ul style="list-style-type: none"> マグニチュード7.9クラス 南関東地震との連動であるため、今後100年から200年先に発生する可能性が高い。
三浦半島断層群の地震	中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」の想定に準ずる。	<ul style="list-style-type: none"> 今後30年の間に地震が発生する可能性が我が国の主な活断層の中では高いグループに属する。 マグニチュード7.2
東京湾北部地震	中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」の想定に準ずる。	<ul style="list-style-type: none"> 中央防災会議の「首都直下地震対策専門調査会」で検討された「フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震のうち、ある程度切迫性が高く被害が大きい地震。 M7.3
神奈川県西部地震	前回調査の想定に準ずる。	<ul style="list-style-type: none"> 「神奈川県西部地震被害想定調査報告」(平成5年)で石橋(1988)の「西相模湾断裂」に基づく断層モデル。 マグニチュード7クラス 切迫性が指摘されている。
神奈川県東部地震	前回調査の想定に準ずるが、断層面積を大きく設定。	<ul style="list-style-type: none"> 中央防災会議の「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」で検討されたフィリピン海プレート境界面で発生する地震の検討結果をふまえ、前回調査で新たに設定した県庁直下を震源とした断層モデル。 マグニチュード7クラス 危機管理的に設定。

液状化判定の手法

液状化予測計算は、の方針により想定した地震動予測結果を用いて、「道路橋示方書」(道路協会, 2002)²に代表される F_L 法及びこれを深度方向に積分した P_L 法により行った。予測単位は、250mメッシュとし、予測結果は、岩崎ほか(1980)³による液状化危険度判定 (P_L 値によるランク判定) をもとにメッシュ単位で整理した。

液状化予測結果の概要

各想定地震における液状化予測結果の概要を表1-1-3に示す。具体的な想定図については、県が公表している神奈川県地震被害想定調査報告書又はe-かなマップを参照されたい(P4参照)。

なお、今回の調査では、微地形区分やボーリングデータを用いて、地質の構成分布や地下水の分布をモデル化し、液状化の可能性を判定しているため、土地所有者等が実施した地盤改良等の液状化対策は、考慮していない。

表 資 1-1-3 液状化予想結果の概要 (神奈川県地震被害想定調査報告書より)

東海地震	横浜市、川崎市、横須賀市の海岸沿いと多摩川、相模川、酒匂川の流域では、液状化の可能性が想定される。
南関東地震(大正型関東地震)	横浜市、川崎市、横須賀市の海岸沿いでは、液状化の可能性がかなり高いと想定される。小田原市、平塚市、茅ヶ崎市、藤沢市の海岸沿いや低地、多摩川、相模川、酒匂川の流域でも液状化の可能性が想定される。
神縄・国府津 - 松田断層帯の地震	横浜市、横須賀市の海岸沿い、平塚市、茅ヶ崎市、藤沢市の海岸沿いや低地、多摩川、相模川の流域で液状化の可能性が想定される。
南関東地震と神縄・国府津 - 松田断層帯の連動地震(参考)	横浜市、川崎市、横須賀市の海岸沿いでは、液状化の可能性がかなり高いと想定される。小田原市、平塚市、茅ヶ崎市、藤沢市の海岸沿いや低地、多摩川、相模川、酒匂川の流域でも液状化の可能性が想定される。
三浦半島断層群の地震	横浜市、川崎市、横須賀市の海岸沿いでは、液状化の可能性がかなり高いと想定される。多摩川、相模川の流域でも液状化の可能性が想定される。
東京湾北部地震	川崎市の海側で、かなり液状化の可能性が高いと想定される。横浜市、横須賀市の海岸沿いや多摩川流域でも液状化の可能性が高く、相模川の流域でも液状化の可能性が想定される。
神奈川県西部地震	相模川、酒匂川流域の低地と横須賀市の海岸沿いの低地の一部で液状化の可能性が想定される。

神奈川県東部地震	川崎市の海側で、液状化の可能性がかなり高いと想定される。横浜市、横須賀市の海岸沿いや多摩川流域でも液状化の可能性が高く、相模川上流の流域でも液状化の可能性が想定される。
----------	--

資料 1 - 2 . 液状化判定の計算方法について

液状化判定の計算方法について、参考文献（「液状化対策技術検討会議」検討結果（国土交通省））によると、「FL法は今回の地震についても液状化発生を概ね整合して判定できる」とされている。

次に、FL法、PL法それぞれの計算方法について解説する。

FL法

液状化に対する抵抗率FLを下の式により求め、この値が1.0以下のとき、すなわち、「地震によって作用する力の大きさ」と「土の液状化に対する強さ」を比較し、前者が上回るときは液状化が発生するとみなす。

$$FL = R / L$$

道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（平成 14 年 3 月）によると、この液状化判定法では次のとおり、RとLを計算することとなっており、土層構成、地下水位、標準貫入試験結果、細粒分含有率が分かれば、深度ごとのFLを求めることができる。

$$R = c_w R_L$$

$$L = r_d k_{hg} \sigma_v / \sigma_v'$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} + 1.6 \times 10^{-6} (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases}$$

$$N_a = c_1 N_1 + c_2$$

FL：液状化に対する抵抗率

R：土の液状化に対する強さを表す

L：地震によって作用する力を大きさを表す

c_w ：地震動特性による補正係数

R_L ：繰返し三軸強度比

r_d ：地震時せん断**応力比の深さ方向の低減係数

k_{hg} ：地盤面における設計水平震度

v ：全上載圧

v' ：有効上載圧

N_a ：粒度の影響を考慮した補正N値**

N_1 ：有効上載圧 100kN/m² 相当に換算したN値**

c_1, c_2 ：細粒分含有率によるN値**の補正係数

PL法

各深度での FL 値を算出し、その値を深さ方向に重みをつけて足し合わせ、地点での液状化危険度を表す PL 値を算出し、この PL 値によって液状化危険度判定を行う。液状化危険度判定は、岩崎ら(1980)による表 資 1-1-2 に示すような関係により判定を行う。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x)dx$$

ここで、 PL : 液状化指数

FL : 液状化に対する抵抗率

x : 地表面からの深さ(m)

表 資 1-1-2 PL 値による液状化危険度判定区分

	PL=0	0 < P L 5	5 < P L 15	15 < P L
PL 値による液状化危険度判定	液状化危険度はかなり低い。液状化に関する詳細な調査は不要	液状化危険度は低い。特に重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。	液状化危険度が高い。重要な構造物に対してはより詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。	液状化危険度が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避

岩崎ら(1980)による

資料 2 . 建築物の液状化被害例

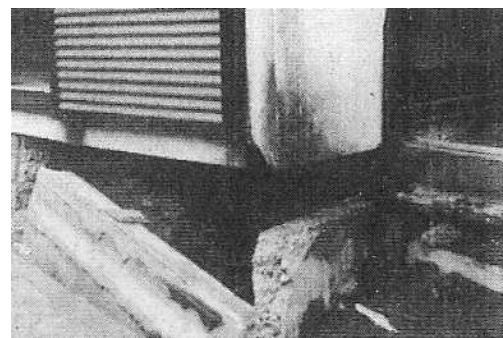
本章は、昭和 58 年の日本海中部地震を受けて昭和 60 年度に作成された「建築物の液状化対策マニュアル」において紹介した被害例に、平成 23 年の東日本大震災による被害例を加え、建築物、工作物の構造別にまとめたものである。

資料 2 - 1 . 木造建築物の被害例

基礎の破壊

(推定される主な原因)

- ・ 隅角部及び床下換気孔廻りの剛性（剛さ）が不足している。
- ・ 無筋や鉄筋の量が不足している。

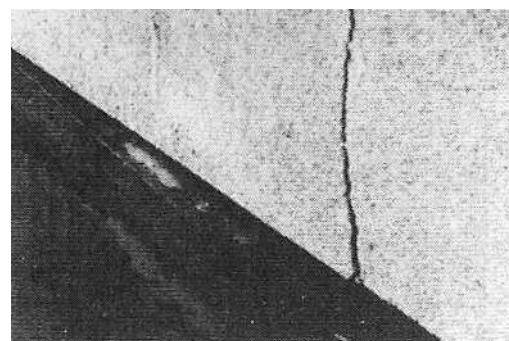


(木造住宅の基礎の破壊)

上部構造部の布基礎からの遊離

(推定される主な原因)

- ・ アンカーボルトの緊結状態が不良である。

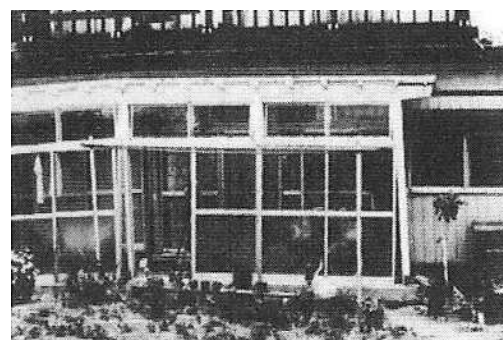


(アンカーボルトの布基礎からの抜け出し)

上部構造の移動、傾斜、変形倒壊

(推定される主な原因)

- ・ 剛性（鉛直、水平）が低い。
- ・ 屋根重量が大きい。
- ・ 老朽化が著しい。
- ・ 耐力壁が偏在している。



(凸字形に変形した住宅)

1 階床の不陸大破

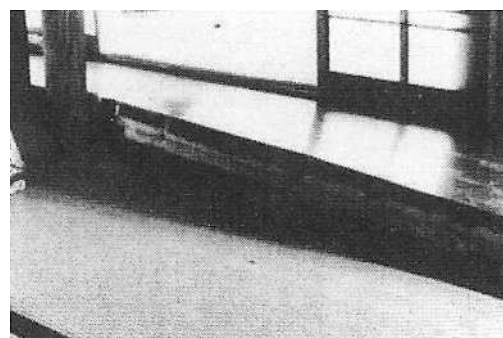
(推定される主な原因)

- ・ 床の支持が束立形式である。

非構造部材の被害

(推定される主な原因)

- ・ 構造部材の変形に伴い内・外装材が落下損傷したもの。



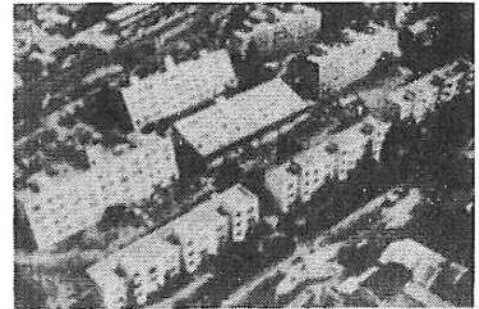
(1 階床の不陸)

資料 2 - 2 . 非木造建築物の被害例

建築物の沈下・傾斜

(推定される主な原因)

直接基礎又は摩擦杭基礎とした建築物で壁式鉄筋コンクリート構造など剛性の高い建築物では、上部構造部に亀裂などの損傷がないまま、地盤の液状化による支持力の低下やその不均一化に伴い、建物重量やその重心位置に関係なく沈下や傾斜を起こしているものがある。



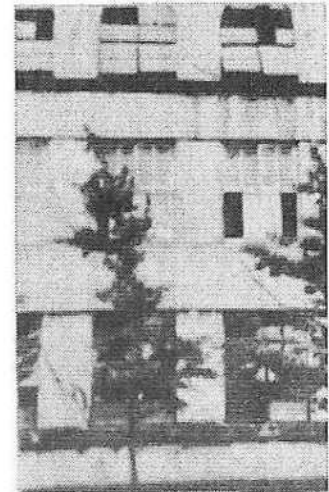
壁式構造の新潟県営住宅の傾斜(新潟地震, 新潟市川岸町)。上部構造部分は亀裂などの損傷のないまま傾斜している。基礎は直接基礎。

建築物の不同沈下とこれに伴う構造体のせん断^{*}、ねじれ等の損傷

(推定される主な原因)

直接基礎又は摩擦杭基礎とした建築物で、地盤の液状化による支持力の不均一な低下や陥没などに起因する不同沈下を受け、これによる強制変形に伴って構造体にせん断^{*}、曲げ又はねじれなどの破壊が生じたものがある。この被害は鉄筋コンクリートラーメン構造や、鉄骨造の建築物に見られる。

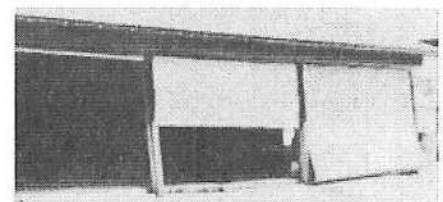
また、鉄筋コンクリート造の学校や病院などに接合している鉄骨造の渡り廊下などで、本体の沈下、傾斜、移動などにより強制変形を受けたものがある。



不同沈下による剪断亀裂(新潟地震, 白山小学校)。強制変形による亀裂線が一方向に平行して走っている。



ポーチの沈下(平成 23 年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書より)

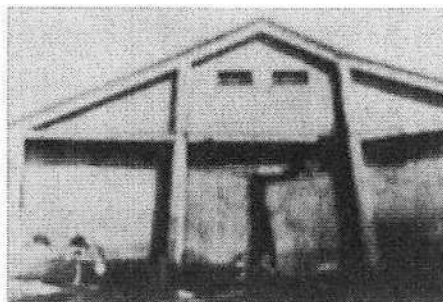


鉄骨造倉庫の柱の傾斜(日本海中部地震)。基礎の沈下及び水平移動により架構に強制変形が生じている。

地中梁**の引張破壊

(推定される主な原因)

地盤の液状化に伴う水平流動や地割れ・地すべりにより、流動方向に基礎部分が押しやられ、これにより地中梁**に引張亀裂が生じたものがある。また、この地盤変動が激しい場所で、建築物の底部が引き裂かれてしまったものがある。



建築物の引き裂かれ（新潟地震，新潟市北埠頭）。地盤が海側に流れたため倉庫の妻壁が縦に引き裂かれた。

杭頭の亀裂、破壊

(推定される主な原因)

地震時には、建築物に地震加速度による地震力が導入され、杭基礎の場合はこれが杭頭に作用して杭体にせん断**の力をもたらす。また地盤の液状化に伴う水平流動や地割れ・地すべりによる横方向力がこれと競合することも考えられる。

一方、杭は周面地盤の液状化に伴う横方向反力の低下又は消失により、上述の地震力などによって大きな曲げを受け易くなることが想定される。

このようなせん断**の力及び曲げに起因すると思われる亀裂が杭頭に認められたものがある。

資料2 - 3．コンクリートブロック塀の被害例

基礎と共に沈降、傾斜、転倒したもの
(推定される主な原因)

- ・ 控壁がない。
- ・ 横筋がない。
- ・ 底版がなく根入れ不足である。

壁体部分の傾斜、転倒
(推定される主な原因)

- ・ 縦筋の定着長さが不足である。

壁体の破壊

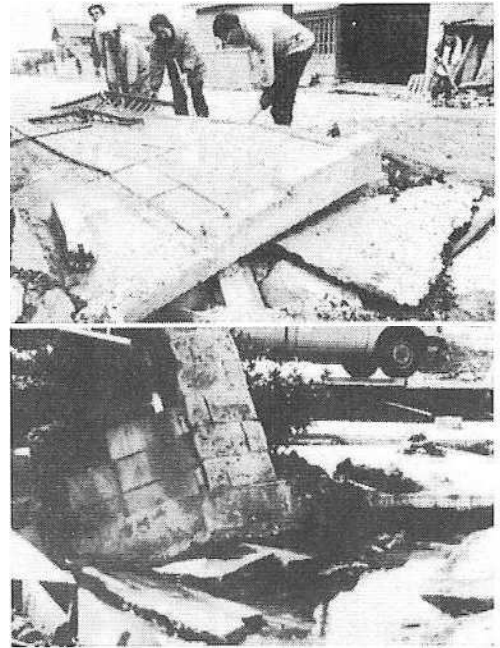
(推定される主な原因)

- ・ 頂部横筋がない。
- ・ 頂部横筋への縦筋のかぎ掛けがされていない。
- ・ 鉄筋の量が不足である。

隅角部の分離・破損

(推定される主な原因)

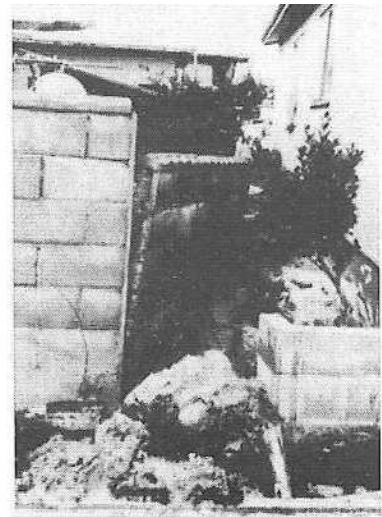
- ・ 横筋が有効に配筋されていない。
- ・ 控壁横筋が壁体鉄筋にかぎ掛けがなされていない。



(頂部横筋への縦筋のかぎ掛けの省略、
その他によるブロックの分離)



ブロック塀の倒壊（千葉県香取市ホームページより）



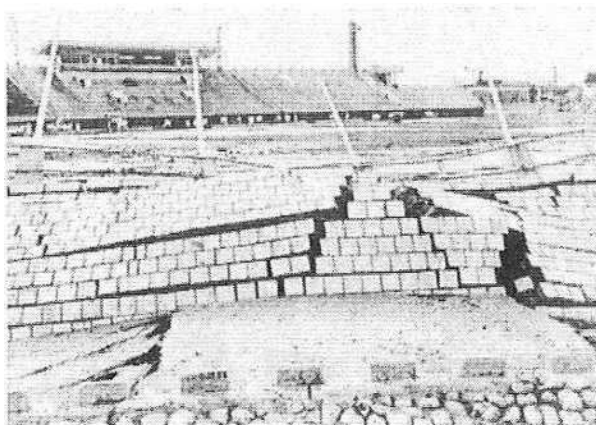
(横筋のないブロック塀の隅角部での分離
向う側の塀は沈降、傾斜している。)

資料2 - 4 . 擁壁の被害例

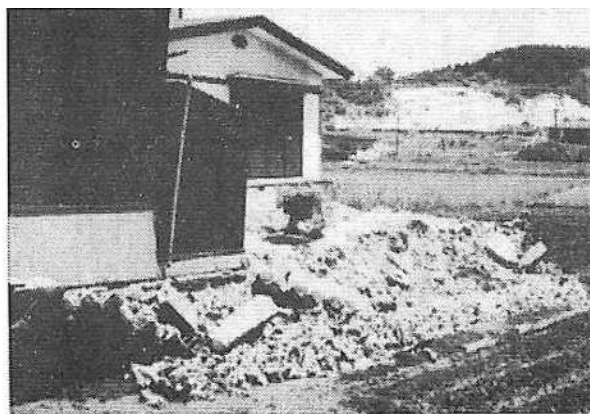
擁壁の崩壊、壁体の破壊

(推定される主な原因)

地盤の液状化による被害は、支持力の不均一な低下、陥没やふくれ上がりなどによる壁体のせん断、曲げ、ねじれ等によって生じる。また地割れ、地すべり等により壁体が引き裂かれる場合もある。



(間知ブロック擁壁が大規模に崩壊したもの)



(雑割石が部分的に崩壊したもの)

資料 2 - 5 . 建築設備の被害例

浄化槽の浮上、傾斜

(推定される主な原因)

地盤の液状化による浮力、噴砂・噴水、ふくれ上がりなどにより浄化槽が浮上したり傾斜したりし、これに伴い機能低下や機能喪失を起こす。

排水管の不陸、切断

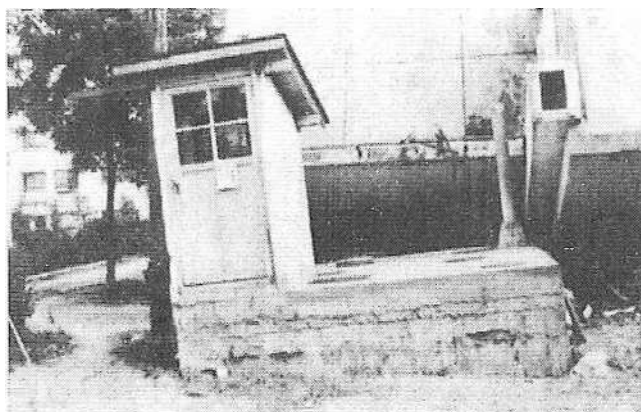
(推定される主な原因)

浄化槽、マンホールの浮上、建物周辺地盤の沈下などに伴い、排水管が不陸を起こし、切断や破損を生じたものがある。

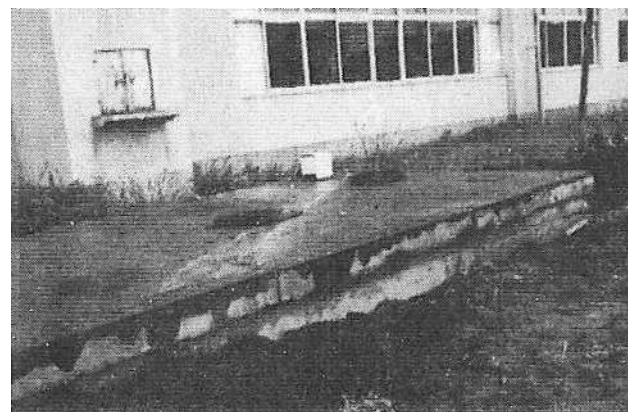
また、文献^{資 2.1)}によると、「損傷により液状化した土砂が汚水管内に流入することにより下水道本管を閉塞させたことが、応急復旧を遅らせた要因の一つにもなった」と報告されている。

<参考文献>

資 2.1) 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)



浄化槽の浮き上がり



浄化槽の浮き上がり



排水管の破断 (平成 23 年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書より)



排水管の破断 (平成 23 年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書より)

資料3．擁壁の取扱い（抜粋）

ここで示される技術基準は建築基準法に基づき神奈川県建築行政連絡会議にて平成24年4月1日決定されたものであり、建築基準法は「建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準」である。そのため、擁壁の安全性の確保については、地域性や安全性上の重要度等、諸条件によって個別の検討が必要となる。

資料3 - 1．鉄筋コンクリート造擁壁設計施工上の注意点

(1) 地盤（地耐力等）

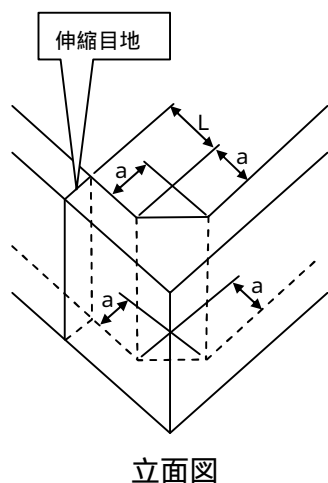
擁壁を設置する場所の土質（地耐力等）が、支持地盤として設計条件を満足するか確かめること。

(2) 伸縮目地

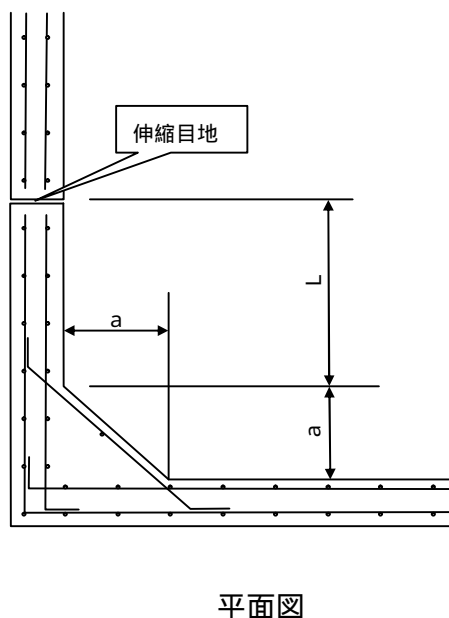
伸縮目地は、原則として、擁壁の長さ20m以内ごとに一箇所設け、特に地盤が変化する箇所、擁壁高さが著しく異なる箇所、擁壁の材料・構法を異にする所は、有効に伸縮目地を設け、基礎部分まで切断すること。また、擁壁の屈曲部においては、隅角部から擁壁の高さ分程度避けて設置すること。

(3) 隅角部の補強

擁壁の屈曲する箇所は、隅角をはさむ二等辺三角形の部分を実コンクリート又は鉄筋コンクリートで補強すること（宅地防災マニュアルの解説等を参照）。二等辺の一辺の長さは、擁壁の高さ3m以下で500mm、3mを超えるものは600mmとする。



擁壁の高さが3m以下のとき $a = 500\text{mm}$
 擁壁の高さが3mを超えるとき $a = 600\text{mm}$
 伸縮目地の位置
 L は2mを超え、かつ擁壁の高さ程度とする。



鉄筋コンクリート造擁壁の隅部は、該当する高さの擁壁の横筋に準じて配筋すること。

図3.1.1 隅角部の補強方法及び伸縮目地の位置

(4) 根切り

基礎の根切り工事は掘り過ぎによって基礎地盤を乱さないこと。

(5) 排水関係

透水層

ア 擁壁の裏面全体に透水層を設けること。

イ 透水層は、一般的に栗石・砂利または砕石を用いる。ただし、高さ5m以下の擁壁では、石油系素材を用いた「透水マット」を使用する場合には、擁壁透水マット協会より認定を受けていることを確認するとともに、「擁壁用透水マット技術マニュアル」(平成3年4月)及び「設計施工要領書」等に基づき設計を行うこと。

水抜穴

ア 水抜穴は、擁壁の下部地表面近くおよび湧水等のある箇所に特に重点的に配置すること。

イ 水抜穴は、千鳥配置とし、排水方向に適当な勾配をとること。

ウ 水抜穴は、壁面の面積3㎡以内ごとに内径75mm以上の耐水材料を使用して設けること。

エ 水抜穴の入口には、水抜穴から流出しない程度の大きさの砕石等を置き、砂利、砂、背面土等が流出しないように配慮すること。

オ 地盤面下の壁面で地下水の流路にあたっている壁面がある場合は、有効に水抜穴を設けて地下水を排水すること。

カ 水抜穴に使用する材料は、コンクリートの圧力で潰れないものを使用すること。

その他

擁壁の天端、下端には排水側溝を設け地表水の処理を行うことが望ましい。

(6) 埋戻し土

埋戻し土は擁壁の安定性の向上のため、設計条件に適合し、できるだけ良質な土・砂利等を用いるよう考慮する。

締固めた後の強さが大きく圧縮性が少ないこと。

透水性がよく、浸水による強度低下が少ないこと。

締固めの施工が容易なこと。

資料3 - 2．練積み造擁壁施工上の注意点

(1) 地盤（地耐力等）

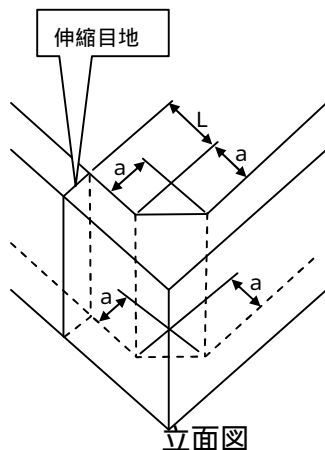
間知石練積み造擁壁及びその他の練積み造擁壁の構造は、勾配、背面の土質、高さ、擁壁の厚さ、根入れ深さ等に応じて適切に設計するものとする。

(2) 伸縮目地

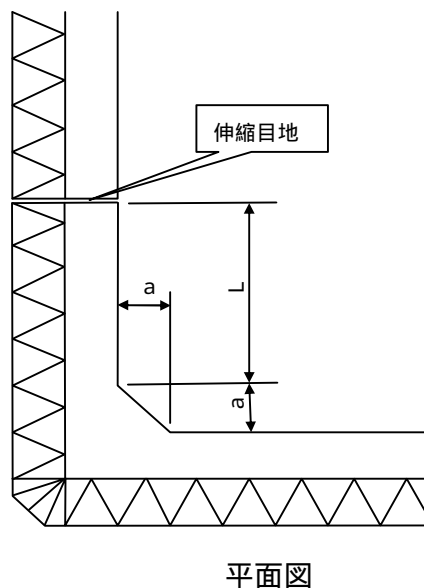
伸縮目地は、原則として、擁壁の長さ 20m以内ごとに一箇所設け、特に地盤が変化する箇所、擁壁高さが著しく異なる箇所、擁壁の材料・構法を異にする所は、有効に伸縮目地を設け、基礎部分まで切断すること。また、擁壁の屈曲部においては、隅角部から擁壁の高さ分程度避けて設置すること。

(3) 隅角部の補強

擁壁の屈曲する箇所は、隅角をはさむ二等辺三角形の部分をコンクリート又は鉄筋コンクリートで補強すること（宅地防災マニュアルの解説等を参照）。二等辺の一辺の長さは、擁壁の高さ 3 m 以下で 500mm、3 m を超えるものは 600mm とする。



擁壁の高さが 3 m 以下のとき $a = 500\text{mm}$
 擁壁の高さが 3 m を超えるとき $a = 600\text{mm}$
 伸縮目地の位置
 L は 2 m を超え、かつ擁壁の高さ程度とする。



平面図

建築物の液状化対策マニュアル（平成 25 年度版）

平成 25 年 6 月 20 日

作成：神奈川県県土整備局建築住宅部 建築指導課