

## 第2章 液状化に対する戸建て住宅の性能評価

### 2.1 概要

本研究の目的である宅地の合理的な液状化対策の設計法を確立するために、住宅の性能を適切に評価し、住宅の沈下傾斜が住宅躯体に支障をもたらさない変形量（又は変形角）の許容値を明らかにし、戸建て住宅の液状化対策の適切なクライテリアを抽出することを目的とする。

本研究では、法・基準類の調査、既往研究の調査、東日本大震災および近年の地震で液状化により被災した戸建住宅の沈下による傾斜角を調査した。

では、液状化に関する取扱いや設計に用いる許容値などを、では、被災調査からまとめられた傾斜や沈下が建物に影響する程度や健康被害の程度を、では、生活に支障を及ぼす傾斜角を決定するために、沈下修復された、又は、沈下修復する住宅の最大傾斜角を調査した。

液状化の発生による住宅の被害は、躯体の損傷や図に示す変形角を伴うような躯体の変形が極めて少なく、一体傾斜によるものが多いため、最大傾斜角について調査研究を行なった。

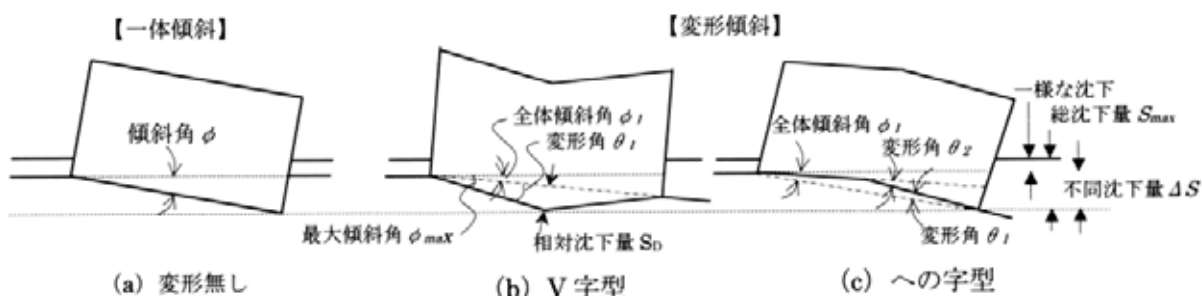


図 2.1.1 沈下傾斜の形状分類<sup>1)</sup>

## 2.2 戸建て住宅のクライテリアに関する調査

### 2.2.1 関連する法・基準類の調査

建築基準法は、人命を守ることを主な目的で作られており、液状化については、構造上の損傷を受けにくい戸建て住宅など個人資産に対して、厳しい対応は求められていない。

1981年（S56）建築基準法の改正で新耐震設計基準が示され、それ以降、建築基準法で要求している建築物の構造性能は、

中地震（稀に発生する）に対して、建築物の機能を保持する。

ここで、中地震とは、150Gal、震度5弱程度で、建築物の存在続期間中に数回程度遭遇する可能性のある地震のこと。

大地震（極めて稀に発生する）に対して、建築物の架構に部分的なひび割れ等の損傷が生じて、最終的に崩壊から人命の保護を図る。

ここで、大地震とは、300Gal～400Gal、震度6強～7程度で、数百年に一回程度発生する可能性のある地震のこと。

となっている。

構造性能に求められている要求性能は上記の通りであるが、この要件を液状化の発生によって生じる建築物の損傷で解釈すると、例えば、1964年の新潟地震では、川岸町の鉄筋コンクリート壁式構造の共同住宅が、液状化により支持力を失い転倒した。建築物の転倒や倒壊は、人命も極めて危ない被害となるが、過去の地震において、液状化により戸建て住宅が転倒や倒壊し、人命が損なわれた事例は発生していないため、厳しい対応が求められてこなかったと考えられる。

以下、建築基準法関連、造成に関する法令・基準、日本建築学会の基準等をまとめた。

(1) 建築基準法・同施行令、告示

建築基準法・同施行令および告示において、「地盤の許容応力度」、「基礎の沈下」、「液状化の取り扱い」に関連する記述のあるものを表 2.2.1 にまとめた。

表 2.2.1 関連する建築基準法・同施行令および告示

法・令	告示	基礎・地盤に関する記述	液状化の扱い
令 38 条		<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎は荷重及び外力を安全に地盤に伝え、地盤の沈下に対して安全な構造であること</li> <li>・建築物の基礎構造は、国土交通大臣が定めた構造方法とし、接地荷重が 100kN/m<sup>2</sup> を超える建築物は良好な地盤に支持を置くこと</li> </ul>	
	平12建告 1347号	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤の許容応力度に応じた基礎形式（布基礎、べた基礎、杭基礎）の設定</li> <li>・令 38 条の国土交通大臣の構造計算では、土圧、水圧、その他外力を考慮し、地盤の沈下・変形に対して基礎に有害な変形が生じないことを確認する。</li> </ul>	
令 93 条		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤の許容応力度は、国土交通大臣が定める方法により地盤調査を行い、その結果に基づいて求める。</li> <li>・上記の方法によらず設定できる地盤の許容応力度を地盤の種類に応じて規定。（砂質地盤（地震時に液状化のおそれのないものに限る。）50 kN/m<sup>2</sup>）</li> </ul>	密実でない砂質地盤について表の数値の適用を除外
	平13国告 1113号	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤調査の種類について規定。</li> <li>・地盤の許容応力度を求める方法を規定。</li> <li>・地盤改良体の許容応力度を求める方法を規定。</li> <li>・基礎ぐいの許容応力度を求める方法を規定。</li> </ul>	液状化のおそれがある場合も沈下の検討が必要

建築基準法・同施行令や告示が要求している性能は、有害な沈下変形がないことであるが、その明確な数値は示されていない。

(2) 造成に関する法令・基準等

都市計画法・同施行令

宅地造成における「液状化の取り扱い」に関連するものを表 2.2.2 にまとめた。

表 2.2.2 関連する都市計画法・同施行令

法・令		地盤に関する記述
法 33 条	開発許可の基準	<ul style="list-style-type: none"><li>・地盤沈下、崖崩れなどの災害を防止するために、地盤改良、擁壁など安全上必要な措置を講ずるよう設計が定められていること。</li><li>・必要な技術的細目は、政令で定める。</li></ul>
令 28 条	技術的細目	<ul style="list-style-type: none"><li>・地盤の沈下が生じないように、土の置換えなどの措置を講ずる。</li><li>・切土の場合、滑りやすい土質の層があるときは、すべりが生じないよう措置を講ずる。</li><li>・盛土の場合、沈下、崩壊、滑りが生じないよう措置を講ずる。</li><li>・著しく傾斜している土地を盛土する場合、段切りなどの措置を講ずる。</li></ul>

宅地造成等規制法および関連基準

表 2.2.3 関連する宅地造成等規制法および関連基準

		記述	液状化の扱い
宅地造成等 規制法	昭和37年 創設時	<ul style="list-style-type: none"> <li>・宅地造成に伴い災害が発生するおそれの著しい区域を規制区域として指定できるようにした。</li> <li>・地盤の安全性の確保、擁壁の設置、排水施設の設置といった防災措置を講じるよう規定。</li> </ul>	昭和 43 年頃通達で、原則として液状化する可能性のみが災害の発生しやすい地盤特性としてある場合は、地域に含めないこと
	平成18年 改定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模盛土に対して地震時の検討を規定。</li> </ul>	
宅地防災マ ニュアル	平成元年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂、砂質土は地下水位が高い場合に液状化を起こしやすいので十分に注意が必要。</li> <li>・地方自治体が作成した液状化予想図を確認すること。</li> <li>・地震時に液状化が懸念される場合には、必要な対策を講じること。</li> <li>・液状化に係る対策工法の基本的な考え方。</li> </ul>	
	平成10年 改定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液状化の概念、メカニズムと要因、対策の基本的な考え方等追記。</li> <li>・液状化地盤の確認・調査。</li> <li>・液状化地盤の判定手法について記載。</li> <li>・液状化対策工法、工法選定に係る留意点等について記載。</li> </ul>	
宅地耐震設 計指針(案)	昭和59年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・耐震上安全な宅地を造成することを目的に策定。</li> <li>・地盤の液状化に対する検討。</li> <li>・のり面の安定性に対する検討。</li> <li>・自然斜面の安定性に対する検討方法。</li> </ul>	
宅地耐震設 計マニュアル(案)	平成15年  〔平成20年 改定〕	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤の液状化による影響の検討として、FL 法による判定法を標準として解説。</li> <li>・地表面最大加速度を中地震 200cm/s<sup>2</sup>、大地震 350cm/s<sup>2</sup> を標準と設定。</li> <li>・液状化による影響の判定として非液状化層 H1 と液状化層 H2 の関係について解説。</li> <li>・液状化指数 PL による判定を解説。</li> </ul>	

液状化の判定法については解説してあるが、許容値等の明確な数値は示されていない。

(3) 学会基準等

日本建築学会の「基礎構造設計指針<sup>2)</sup>」および「小規模建築物基礎設計指針<sup>1)</sup>」では、表 2.2.4 に示す通り、沈下の種類、基礎形式などの許容される値を示しており、沈下量がこの程度以下になることを確認することとしている。

沈下量その他、傾斜の発生により、使用性や機能性に問題が生じるため、表 2.2.5 に示す通り、傾斜角と障害の程度を示している。

表 2.2.4 許容沈下量の参考値<sup>1),2)</sup>

(単位：cm)

沈下の種類 基礎形式	即時沈下		圧密沈下	
	布基礎	べた基礎	布基礎	べた基礎
標準値	2.5	3～(4)	10	10～(15)
最大値	4	6～(8)	20	20～(30)

標準値：不同沈下による亀裂がほとんど発生しない限度値

最大値：幾分か不同沈下亀裂が発生するが障害には至らない限度値

( )：剛性の高いべた基礎の値

表 2.2.5 傾斜角と機能的障害程度の関係<sup>1)</sup>

傾斜角	障害程度	区分
3/1000 以下	品確法技術的基準レベル-1 相当	1
4/1000	不具合が見られる	2
5/1000	不同沈下を意識する 水はけが悪くなる	
6/1000	品確法技術的基準レベル-3 相当、不同沈下を強く意識し申し立てが急増する	3
7/1000	建具が自然に動くのが顕著に見られる	4
8/1000	ほとんどの建物で建具が自然に動く	
10/1000	配水管の逆勾配	
17/1000	生理的な限界値	5

また、不同沈下の評価においては、単に計算結果だけの評価ではなく、現状の状況や過去の障害事例を参考にするなどして総合的に判断することが大切としながらも、目安として、表 2.2.6 の通り、障害が発生する傾斜角の概ね 1/2 をその設計目標値として示している。

表 2.2.6 不同沈下の設計目標値の参考値<sup>1)</sup>

不同沈下	設計目標値
傾斜角	3 /1 000 以下
変形角	2.5/1 000 以下

## 2.2.2 既往研究の調査

建築物、特に戸建て住宅における沈下や傾斜角に関する既往の研究について調査した。

### (1) 不同沈下に対する意識

田村<sup>3)</sup>は、軟弱地盤における住宅の沈下に関する調査結果を整理し、不同沈下量と地盤、基礎の関係などを明らかにしている。その中で、不同沈下に関する居住者の意識調査の結果を図 2.2.1 の通りまとめている。

調査は、長野県諏訪湖畔を軟弱地盤の一例として、軟弱地盤上の住宅 232 棟を対象として実施している。

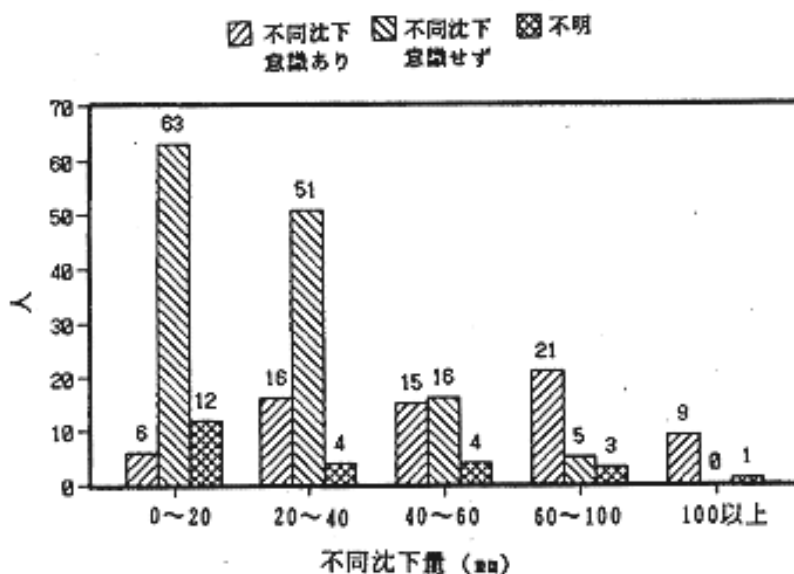


図 2.2.1 不同沈下と居住者意識<sup>3)</sup>

図 2.2.1 では、不同沈下量の大きさが 40mm までは、不同沈下を意識する割合が 14% に対して、不同沈下を意識しない割合が 75% と大きくなっている。したがって、不同沈下量が 40mm 以下ではほとんど不同沈下を感じないと言える。一方、不同沈下量が 60mm を超えると、不同沈下を意識する割合が 77% に対して、不同沈下を意識しない割合が 13% となり、居住者の大部分が不同沈下を意識している。

安田・橋本<sup>4)</sup>、安田<sup>5)</sup>、は、2000年鳥取県西部地震における安倍彦名団地での液状化被災住宅の調査から、沈下量や傾斜角と復旧の関係をまとめ、傾斜角が10/1000程度以上になると生活に支障が現れて水平化復元工事をせざるを得なかったことがわかったと報告している。

(2) 不同沈下と建物障害

芳賀<sup>6)</sup>は、木造建物においても他の構造物と同様に沈下量の計算を行うことが望ましいとして、実測結果をもとに各種沈下量（変形角）と障害の関係を検討し、許容総沈下量を表2.2.7に示す通り、提言している。

表 2.2.7 木造建物の許容総沈下量<sup>6)</sup>（単位：cm）

沈下の種別	即時沈下	圧密沈下	
		布	べ た
基礎形式	布	布	べ た
標準値	1.5	2.5	2.5 ~ ( 5.0 )
最大値	2.5	5.0	5.0 ~ ( 10.0 )

注 1. ( ) は剛性の高いべた基礎の値

注 2. 建物の傾斜は標準値で 1.5/1000、最大値で 3/1000 以下

この結果は、日本建築学会の小規模建築物基礎設計の手引き（1988）で示されている表2.2.8の傾斜角に対応する最大沈下量を求めたものである。

表 2.2.8 木造建物の不同沈下障害と変形角

段 階	不 同 沈 下 障 害 の 状 況	変形角（傾斜）の限度
初期段階	モルタル外壁・コンクリート犬走りに亀裂が発生する。	1/1000
第1期段階	つか立て床の不ろく(陸)を生じ、布基礎・土間コンクリートに亀裂が入る。	3/1000
第2期段階	壁と柱の間にすき間が生じ、壁やタイルに亀裂が入る。窓・額縁や出入口枠の接合部にすき間が生じ、犬走りやブロック塀など外部構造物に被害が生じる。	5/1000
第3期段階	柱が傾き、建具の開閉が不良となる。床が傾斜して支障を生じる。	10/1000
最終段階	柱の傾斜が著しく倒壊の危険がある。床の傾斜もひどく使用困難である。	15/1000



伊奈ら<sup>7)</sup>は、実態調査及び実大建物の沈下実験により、沈下と基礎及び上部構造の損傷や使用上及び機能上の障害等の関係について分析している。その結果から、傾斜角の大きさと使用及び機能上の障害程度との関係を表 2.2.9 に、変形角の大きさと基礎及び上部構造の損傷程度との関係を表 2.2.10 に、これらより戸建て住宅の沈下傾斜に関する限界値を表 2.2.11 に示すように提案している。

表 2.2.9 傾斜角と使用上機能上の障害程度との関係<sup>7)</sup>

傾斜角	障害程度
3/1000 以下	70 条技術的基準レベル-1 相当
4/1000	不具合が見られる
5/1000	不同沈下を意識する 水はけが悪くなる
6/1000	70 条技術的基準レベル-3 相当 不同沈下を強く意識し申し立てが急増する。
7/1000	建具が自然に動くのが顕著に見られる
8/1000	殆どの建物で建具が自然に動く
10/1000	配水管の逆勾配
17/1000	生理的な限界値

表 2.2.10 変形角と損傷程度との関係<sup>7)</sup>

変形角 ( $\theta_2$ )	損傷程度
2/1000 以下	損傷が明らかでない範囲
2~3/1000	建付と内外壁の損傷が 5 割を超え損傷発生が目立つ 内外壁の損傷は 0.5 mm 程度、建付隙間 3 mm 程度、木工仕口隙間 2 mm 以下
3~5/1000	損傷程度が著しくなる。基礎亀裂の拡大傾向が見られ、 無筋基礎、内外壁の損傷が 0.5 mm 程度、建付隙間 5 mm 程度、木工仕口隙間が 2 mm を超える
5~8/1000	多くの損傷発生が 5 割を超え顕著。有筋基礎でも多くの 建物で 0.5 mm を超える亀裂、内外壁の損傷は 1 mm、建付隙間は 10 mm を超え、木工仕口隙間 4 mm 程度以上となる
8~12/1000	損傷程度はさらに著しくなるが新たな損傷は発生せず 塑性的な傾向を示す 有筋基礎でも 1 mm 程度の亀裂、内外壁の損傷 2 mm 程度、 建付隙間 15 mm 程度、木工仕口隙間 5 mm 程度となる

表 2.2.11 戸建て住宅基礎の傾斜角と変形角の限界値<sup>7)</sup>

沈下傾斜量	下限	標準	上限
傾斜角	4/1000	6~8/1000	—
変形角 ( $\theta_2$ )	3/1000	5/1000	8/1000

下限：一部（概ね 2 割程度）の建物で著しい不具合が見られるレベル

標準：多くの（5 割を超える程度）の建物で著しい不具合が見られるレベル

上限：大部分（概ね 7 割程度）の建物で著しい不具合が見られるレベル

表 2.2.11 は、日本建築学会の小規模建築物基礎設計指針でも引用されており、この数値から、沈下修正を必要とする目安（標準値）は傾斜角 6~8/1000、変形角 5/1000 程度としている。

### (3) 不同沈下と健康障害

傾斜角と健康障害については、日本建築学会の住まいづくり支援建築会議の復旧・復興支援 WG「液状化被害の基礎知識」において、これまでに報告された学術研究を調査し、床の傾斜角と健康障害の対応を表 2.2.12 の通りまとめている。なお、床の傾きだけでなく、柱や壁の傾き、窓や窓の外に見える景色の傾きなどの視覚的刺激からも生理的・精神的影響があるとしている。

表 2.2.12 床の傾斜角と健康障害

傾斜角			健康障害	文献
度	分数 (ラジアン)	/1000		
0.29°	1/200	5/1000	傾斜を感じる。	藤井ら (1998) <sup>8)</sup>
0.34°	1/167	6/1000	不同沈下を意識する。	藤井ら (1998) <sup>8)</sup>
0.46°	1/125	8/1000	傾斜に対して強い意識，苦情の多発。	藤井ら (1998) <sup>8)</sup>
0.6° 程度	1/100 程度	10/1000	めまいや頭痛が生じて水平復元 工事を行わざるを得ない。	安田・橋本 (2002) <sup>4)</sup> 安田 (2004) <sup>5)</sup>
~ 1°	~ 1/60	~ 16.7/1000	頭重感，浮動感を訴える人があ る。	北原・宇野(1965) <sup>9)</sup>
1.3°	1/44	22.7/1000	牽引感，ふらふら感，浮動感な どの自覚症状が見られる。	宇野・遠藤(1996) <sup>10)</sup>
1.7°	1/34	29.4/1000	半数の人に牽引感。	宇野・遠藤(1996) <sup>10)</sup>
2° ~ 3°	1/30 ~ 1/20	33.3 ~ 50/1000	めまい，頭痛，はきけ，食欲不 振などの比較的重い症状。	北原・宇野(1965) <sup>9)</sup>
4° ~ 6°	1/15 ~ 1/10	66.7 ~ 100/1000	強い牽引感，疲労感，睡眠障害 が現れ，正常な環境でものが傾 いて見えることがある。	北原・宇野(1965) <sup>9)</sup>
7° ~ 9°	1/8 ~ 1/6	125 ~ 166.7/1000	牽引感，めまい，吐き気，頭痛， 疲労感が強くなり，半数以上で 睡眠障害。	北原・宇野(1965) <sup>9)</sup>

日本建築学会：建築士のためのテキスト 小規模建築物を対象とした地盤・基礎より引用・修正・追記

上記の結果から、6/1000 を超えると不同沈下を意識し始め、8/1000 を超えると傾斜に対して強く意識、10/1000 程度では、めまいや頭痛が生じており、健康障害から判断すると、傾斜角の限界値は、8 ~ 10/1000 程度と考えられる。

#### (4) 地震による被災建物の被害程度の判定基準

被災した建物を修復する場合において、修復工事に踏み切る要因や修復工法の選択は、当然、かかる費用が優先される場合も考えられる。被災程度によって、義援金や支援される金額が異なるため、支援される金額が大きいほど修復工事に踏み切りやすくなるといった要因もある。

修復を支援するものとして、被災度判定に基づく義援金と地震保険の保険金がある。以下に、それぞれ判定するための基準を示す。

内閣府による罹災証明のための被災度判定では、表 2.2.13 の通りの判定基準を定めている。

表 2.2.13 基礎と柱が一体的に傾く不同沈下の場合

四隅の柱の傾斜の平均	/1000	判定	備考
1/100 以上 , 1/60 未満	10/1000 ~	半 壊	住家の損壊部分が延床面積の20%以上70%未満のもの、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が20%以上50%未満のもの。
1/60 以上 , 1/20 未満	16.7/1000 ~	大規模半壊	住家の損壊部分が延床面積の50%以上70%未満のもの、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が40%以上50%未満のもの。
1/20 以上	50/1000 ~	全 壊	住家の損壊、焼失若しくは流失した部分の床面積が延床面積の70%以上に達した程度のも、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が50%以上に達した程度のも。

参考文献 内閣府：防災情報のページ 災害に係る住家の被害認定（2011年6月17日閲覧）

地震保険の損壊基準は、表 2.2.14 の通りの判定基準を定めている。

表 2.2.14 基礎と柱が一体的に傾く不同沈下の場合

	/1000	判定	備考
0.2°以上, 0.5°未満	3.5/1000 ~	一部損	主要構造部(土台、柱、壁、屋根等)の損害額が、時価の3%以上20%未満である損害
0.5°以上,1° 未満	8.7/1000 ~	半 損	主要構造部(土台、柱、壁、屋根等)の損害額が、時価の20%以上50%未満である損害
1°以上	17.5/1000 ~	全 損	主要構造部(土台、柱、壁、屋根等)の損害額が、時価の50%以上である損害

被災度判定では、10/1000 を超えると半壊、地震保険の損壊基準では、8.7/1000 を超えると半損となり、いずれも被災した建物の傾斜角で概ね 10/1000 を超えると被災程度が著しい状態であると判定している。

また、被災度判定では 16.7/1000、地震保険の損壊基準では 17.5/1000 を超えると、それぞれ大規模半壊、全損と判定され、これらの値が部分的な修復で対応可能な限界と判断できる。

### 2.2.3 液状化による被災住宅の沈下修復を実施した物件の沈下傾斜程度の調査

東日本大震災で液状化により沈下傾斜した戸建て住宅が、どの程度の不同沈下量および傾斜角で水平修復工事を実施しているかを調査することで、生活に支障を及ぼす傾斜角を数値化した。

#### (1) 調査の概要

調査の方法は、水平修復工事を実施している会社に対して、アンケート形式で実施した。アンケート調査票の配布先は、社団法人日本曳家協会の会員会社 51 社と NPO 法人住宅地盤品質協会の会員会社 503 社に対して行った。

調査項目は、場所（住所）、建物構造、階数、用途、基礎の形式（布基礎、べた基礎）、地盤補強（浅層混合処理工法、深層混合処理工法、杭工法、その他）の有無、被害程度（レベル測量結果および最大傾斜角）、修復の方法（工法名）、費用など（図 2.2.2）。

場 所(丁目まで)	建物構造	階数	用途	基礎	地盤補強	被害程度		修復工法				費用(万円)						
						傾斜角	不同沈下量	土台補修	耐任盤	鋼管圧入	薬液注入	硬質ウレタン	~250	250~500	500~750	750~1000	1000~	
区市美浜3丁目	鉄骨造	2	住宅	布	柱状	16/1000	13cm		○						○			
区市美浜区磯辺5丁目	木質2levz	2	店舗併用	べた			24cm				○					○		

図 2.2.2 調査票

## (2) 調査結果

アンケートで収集できた水平修復工事を実施した 355 棟の戸建て住宅の情報から、水平修復工事を実施した住宅の傾斜角、不同沈下量と基礎形式に着目して整理した。

結果を、布基礎、べた基礎、地盤補強を実施している住宅に分けて、水平修復工事を実施した住宅の傾斜角と不同沈下量の関係を図 2.2.3、2.2.4、2.2.5 にまとめた。

ここで、地盤補強を実施している住宅とは、常時の沈下防止を目的として、設計施工された浅層盤状改良（表層改良）工法、深層混合処理（柱状改良）工法、小口径鋼管杭工法のこと、液状化対策として設計施工されたものではない。

水平修復工事を実施した建物の最大傾斜角と不同沈下量の関係には相関があり、住宅の不同沈下量が、布基礎、べた基礎の建物で、80mm 程度、地盤補強していた建物で、70mm 程度を超えるあたりから多くなる傾向にあった。

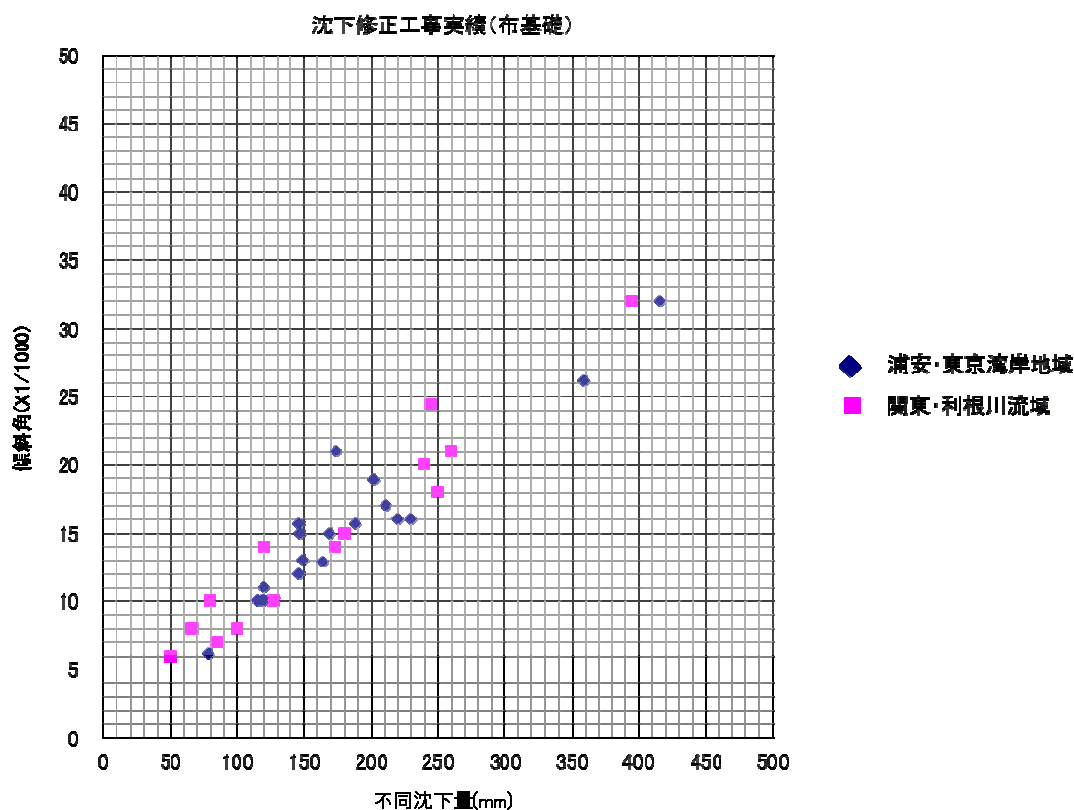


図 2.2.3 水平修復を実施した住宅の最大傾斜角と不同沈下量（布基礎）

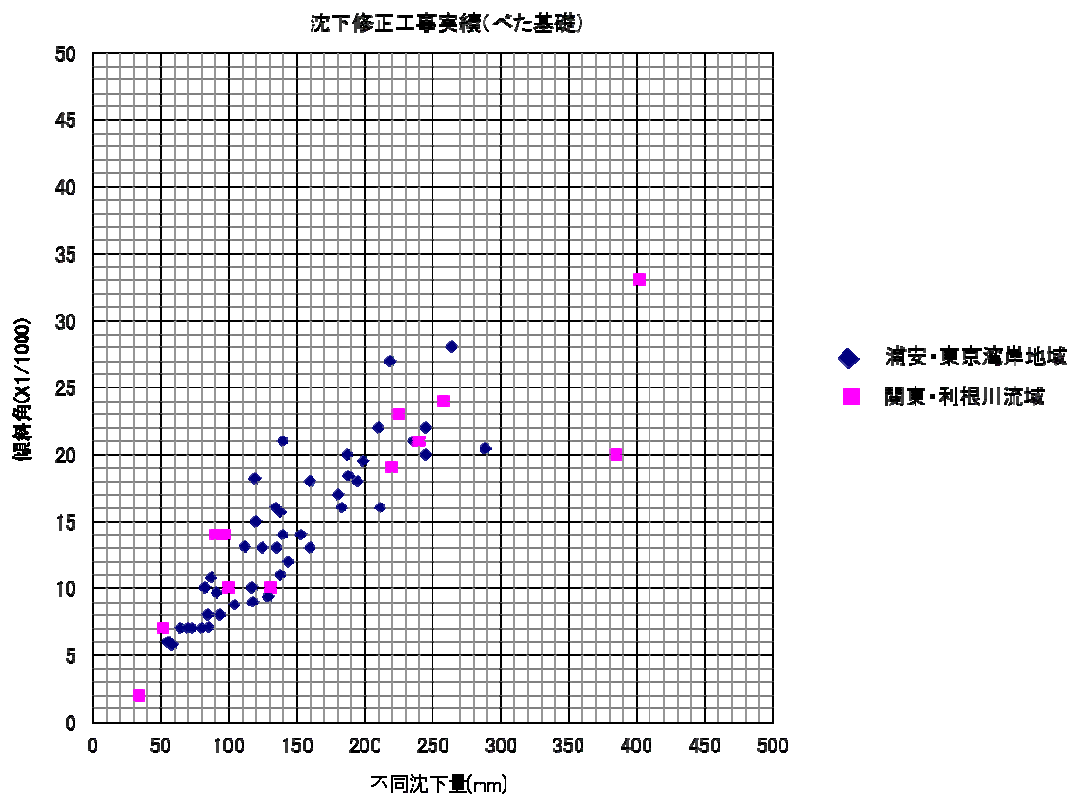


図 2.2.4 水平修復を実施した住宅の最大傾斜角と不同沈下量 (べた基礎)

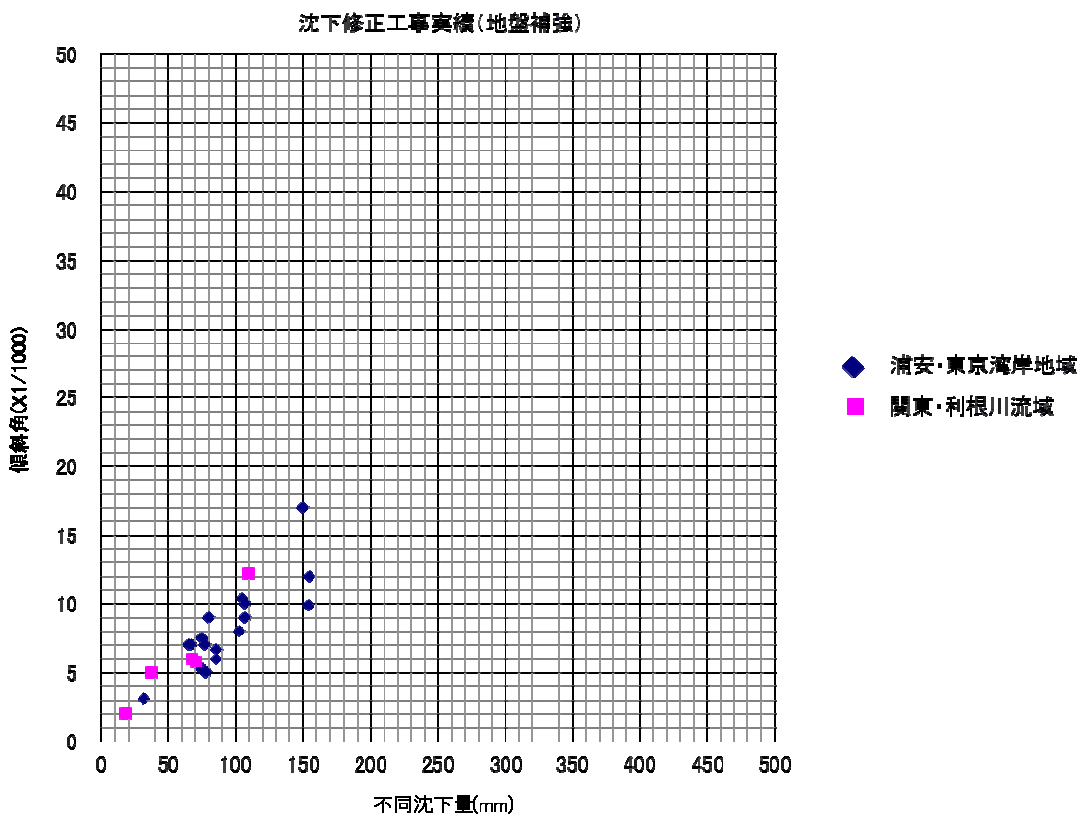


図 2.2.5 水平修復を実施した住宅の最大傾斜角と不同沈下量 (地盤補強)

次に、水平修復工事を実施した住宅の最大傾斜角と件数を図 2.2.6、2.2.7、2.2.8 にまとめた。

沈下修復工事件数の分布(布基礎)

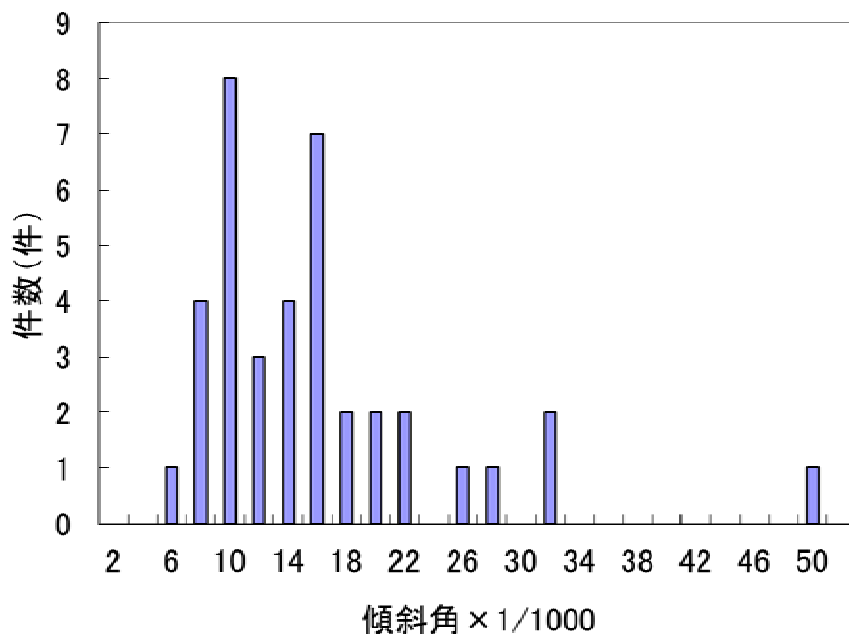


図 2.2.6 水平修復を実施した住宅の最大傾斜角と件数 (布基礎)

沈下修復工事件数の分布(べた基礎)

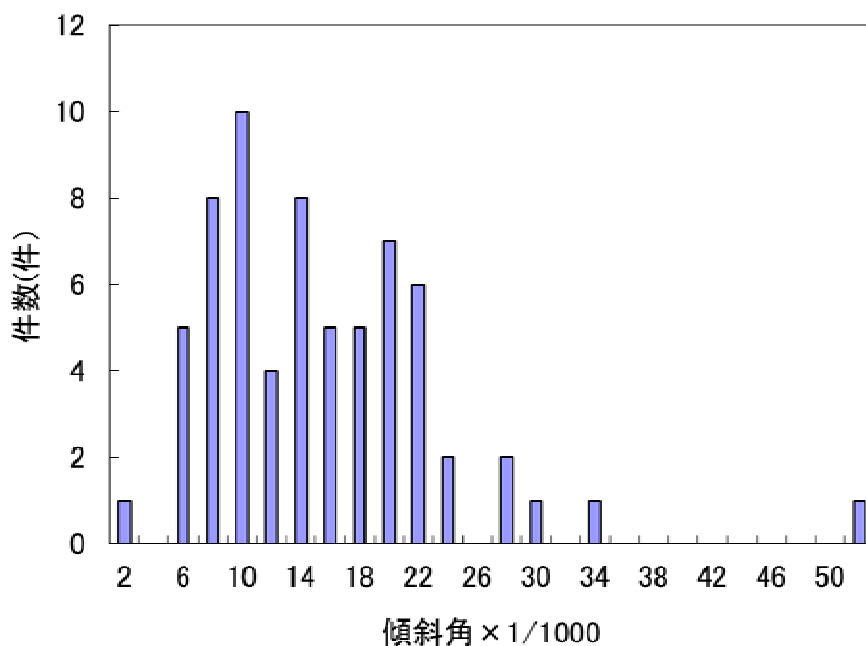


図 2.2.7 水平修復を実施した住宅の傾斜角と件数 (べた基礎)



### 沈下修復工事件数の分布(地盤補強)

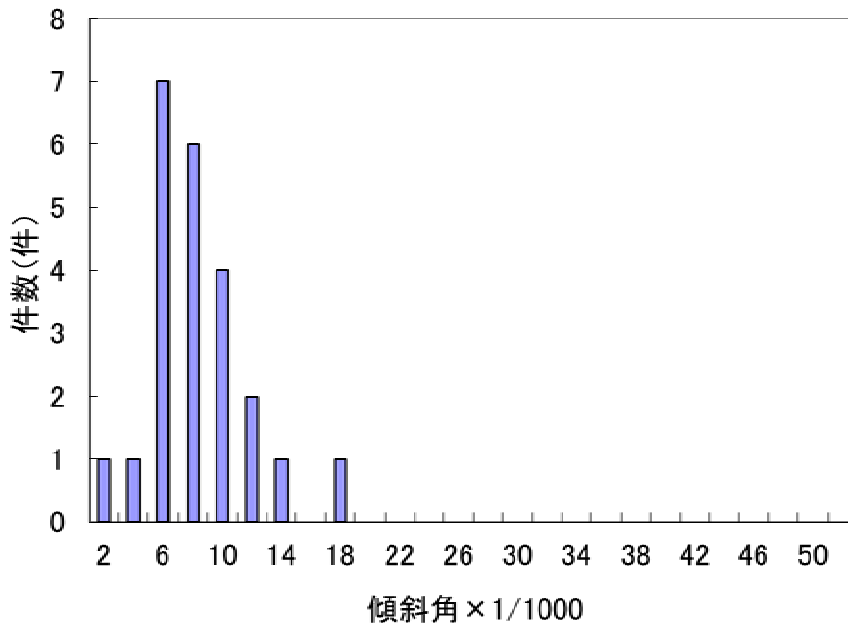


図 2.2.8 水平修復を実施した住宅の傾斜角と件数(地盤補強)

最大傾斜角においては、布基礎の建物で 8~10/1000、べた基礎の建物で 6~8/1000、地盤補強していた建物で 6~8/1000 を超えると水平修復工事を実施する傾向にあった。

### 2.3 まとめ

日本建築学会の基準では、小規模建築物基礎設計指針で、住宅の品質確保等促進法の技術的基準値におけるレベル 3 相当の傾斜角 6/1000 が、傾斜を強く意識するとの伊奈ら<sup>7)</sup>の調査結果から、傾斜角の限界値を 6~8/1000 としている。

また、居住者の意識調査では、不同沈下量が 60~100mm で傾斜を意識しており、健康障害の面では、6/1000 で意識し始め、8/1000 で強く意識し、10/1000 ではめまいや頭痛により水平修復を余儀なくされている。この結果を裏付けるように、水平修復工事を実施した建物の調査結果は、不同沈下量で 80mm 程度、平均傾斜角で 6~10/1000 であった。

罹災証明上の被災度判定および地震保険における損壊基準においては、いずれも 10/1000 程度を超えると半壊、半損として認定している。また、16.7/1000 程度を超えると大規模半壊、全損と判断され、部分的な補修では対応が困難になる。

これらの結果から、本研究開発における戸建て住宅の液状化対策のクライテリアは、

- ・中地震動に対しては、有害な沈下変形を許容しない基礎構造とし、最大傾斜角では 10/1000、不同沈下量では 80~100mm を超えないものとするのが妥当である。

・大地震動に対しては、ある程度の損傷は許容し、修復を容易にする基礎構造とし、最大傾斜角は 16.7/1000 とすることが妥当である。

ただし、最大傾斜角を許容値として設計することは、現状の設計方法からして極めて困難である。このため、第 3 章において、現場調査による住宅の最大傾斜角とめり込み沈下量の関係を示す。

#### 【参考文献】

- 1) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008．
- 2) 日本建築学会：基礎構造設計指針，2001．
- 3) 田村昌仁：軟弱地盤における住宅の不同沈下，日本建築学会構造系論文報告集，No.420，pp.153-161，1991．
- 4) 安田進，橋本隆雄：鳥取県西部地震における住宅の液状化による沈下について，土木学会第 57 回年次学術講演会，pp.1029-1030，2002．
- 5) 安田進：鳥取県西部地震による団地の被害，日本建築学会総合論文誌，N0.2，pp.45-46，2004．
- 6) 芳賀保夫：木造建物の不同沈下と障害，地盤工学会，土と基礎，Vol.41，No.11，pp.59-64，1993．
- 7) 伊奈潔，藤井衛，田村昌仁，須々田幸治：戸建住宅の不同沈下による障害と傾斜角および変形角の関係，日本建築学会構造系論文集，No.614，pp61-68，2007．
- 8) 藤井衛，伊集院博，田村昌仁，伊奈潔：兵庫県南部地震の液状化地帯における戸建住宅の基礎の被害と修復 - 戸建住宅の基礎の修復に対する考え方 - ，地盤工学会，土と基礎，Vol.46，No.7，pp.9-12，1998．
- 9) 北原正章，宇野良二：傾斜室における眩暈と平衡 - 新潟地震による傾斜ビルの調査研究 - ，耳鼻咽喉科臨床学会，耳鼻咽喉科臨床，Vol.58，No.3，pp.145-151，1965．
- 10) 宇野英隆，遠藤佳宏：人の平衡感覚に関する研究：傾いた床での生活の限界，日本建築学会計画系論文集，No.490，pp.119-125，1996．