

地震による地盤の液状化

-平成28年熊本地震で生じた液状化とその被害及び対策-

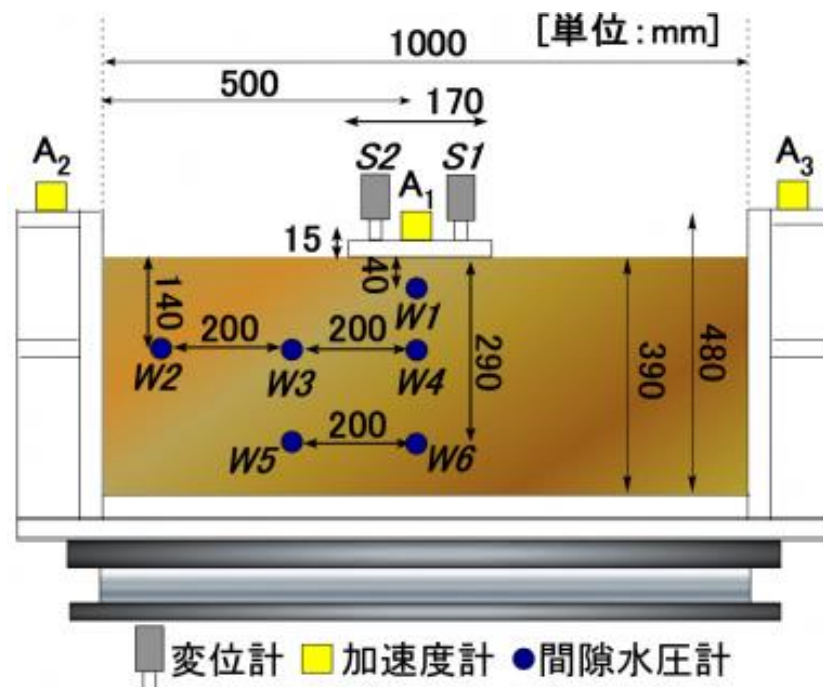
PART1 液状化のメカニズム

福岡大学工学部社会デザイン工学科
レジリエント防災研究室

村上 哲

2つの動画を見てみましょう

- 東北地方太平洋沖地震での液状化現象
 - MOVIE1
- 小型模型による液状化再現実験
 - MOVIE2

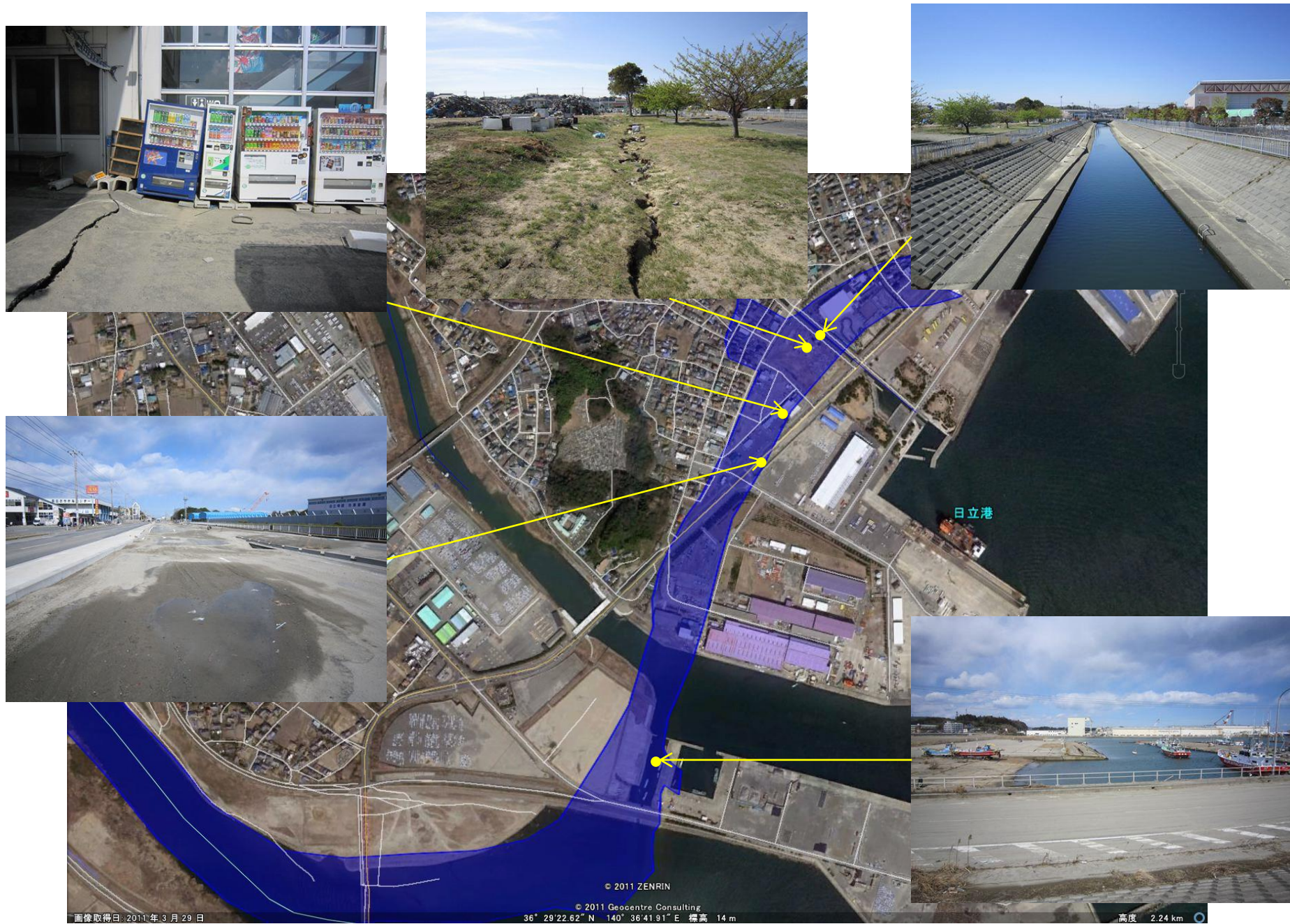


大洗町における液状化被害

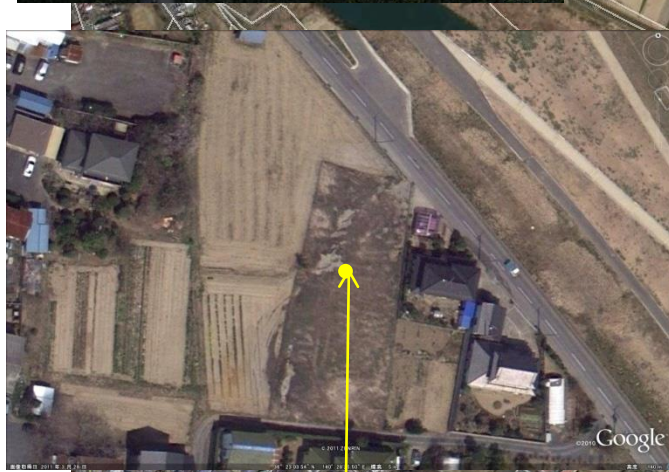
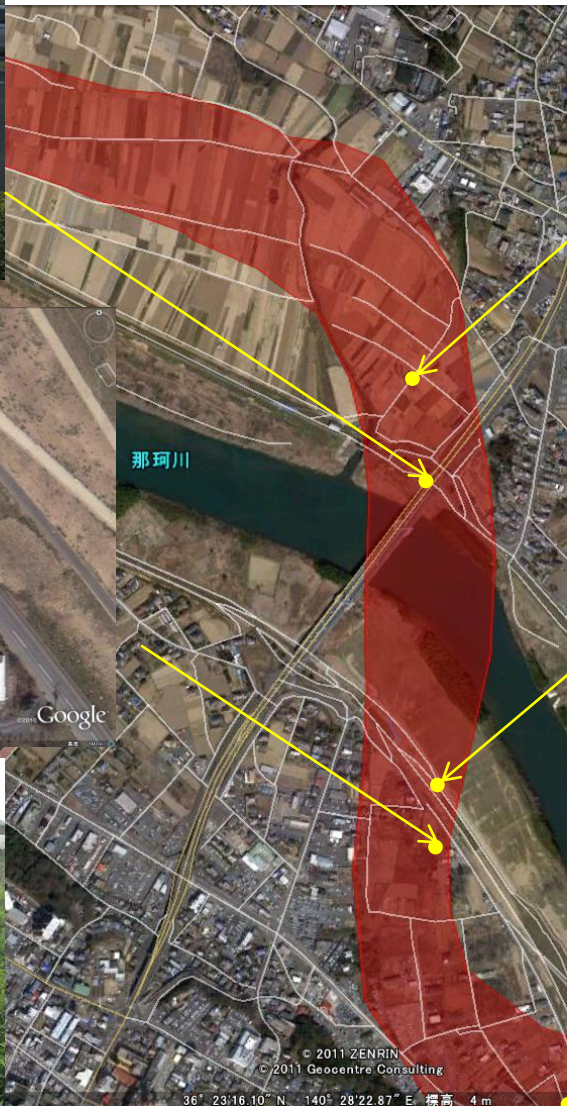




建物周辺の沈下は最大30cmを計測



津波来襲により液状化の痕跡はないものの旧久慈川河道に沿って地盤災害が顕著 5



旧地形図に河道の記録はないものの液状化の帯が氾濫原に確認できる。



東日本大震災における茨城県内で生じた 液状化による被害

- 埋立地盤

- 大洗町桜道地区、掘割地区
- ひたちなか市那珂湊地区
- 日立市みなと町(久慈川旧河道)
 - 多くは津波により液状化の痕跡が消えてしまっている。
- 水戸市駅南地区
 - 調査日が一か月以上後だったので、噴砂は確認できていない。
 - 建物周りの沈下の状況から液状化の可能性はある。
- 河川沿岸の低地(氾濫原)
 - 久慈川、那珂川、利根川沿岸
- 各港湾、漁港
 - 津波により痕跡が消失した？
 - 土浦港では噴砂の跡

- 干拓地

- 潮来市日の出町(浪逆浦干拓地、S16以降)
- 神栖市鰐川地区(鰐川干拓地)

- 砂丘地帯

- ひたちなか市阿字ヶ浦海岸
- 東海村阿漕が浦周辺砂丘部
 - 液状化によるものか不明

液状化による被害



傾斜角		健康被害	
度	分数 (ラジアン)		
0.29°	5/1000	傾斜を感じる.	
0.34°	6/1000	不同沈下を意識する.	
0.46°	8/1000	傾斜に対して強い意識, 苦情の多発.	
0.6° 程度	1/100程度	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.	半壊
~1°	~1/60	頭重感, 浮動感を訴える人がある.	
1.3°	1/44	牽引感, ふらふら感, 浮動感などの自覚症状が見られる.	大規模 半壊
1.7°	1/34	半数の人に牽引感.	
2° ~3°	1/30~1/20	めまい, 頭痛, はきけ, 食欲不振などの比較的重い症状.	全壊
4° ~6°	1/15~1/10	強い牽引感, 疲労感, 睡眠障害が現れ, 正常な環境でもが傾いて見えることがある.	
7° ~9°	1/8~1/6	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.	

H28年熊本地震：地盤に関わる被害



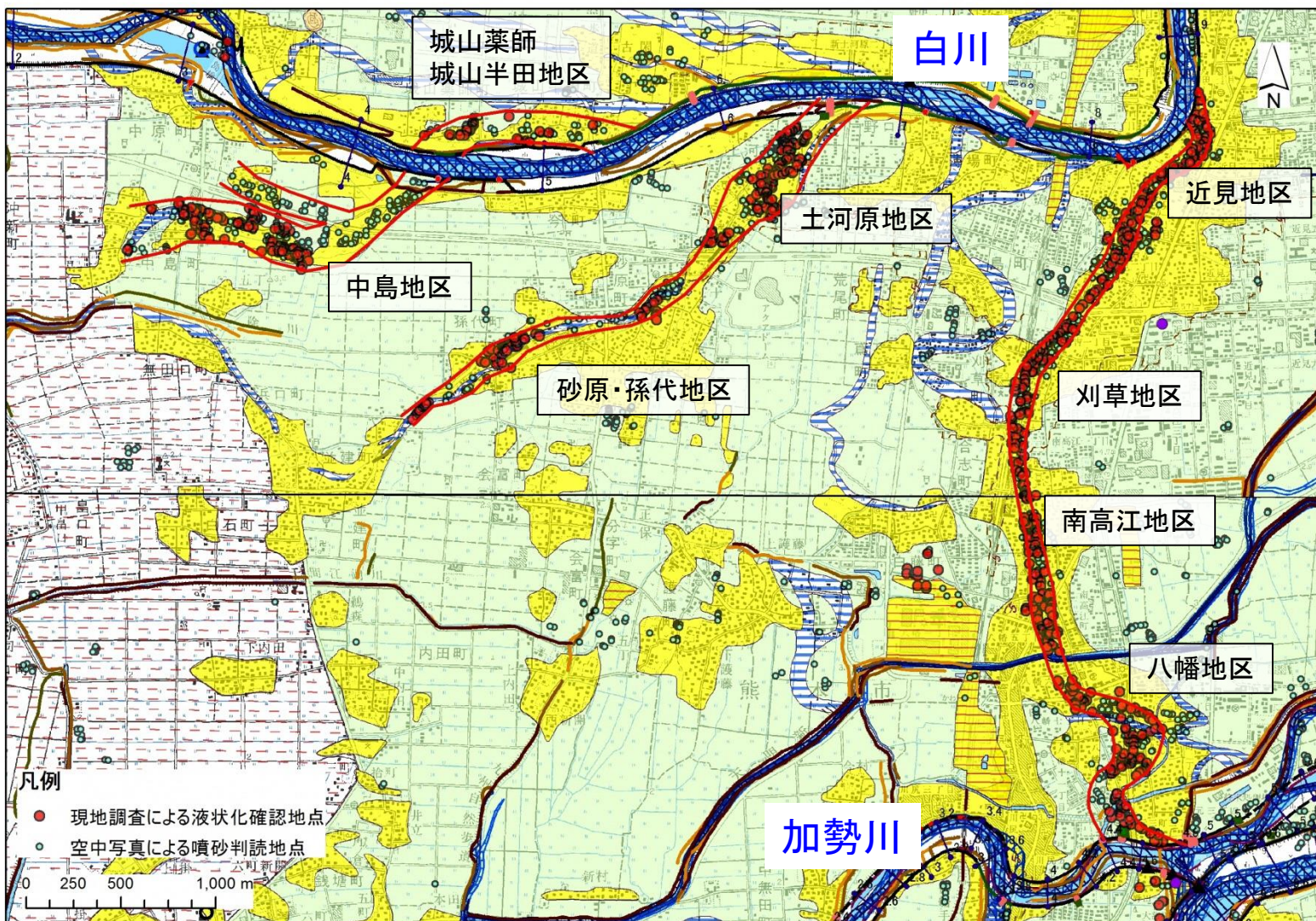
液状化、滑動崩落、擁壁の破損・倒壊、軟弱地盤沈下・変形、陥没



地盤被害は種々ありますが、今回は、熊本市における液状化の対策について話をします。



白川沿岸に表れた液状化の帯



凡例			
大分類	中分類	小分類	細分類
山地	山地・段丘	段丘面	
		崖(段丘崖)	
		浅い谷	
低地	扇状地	山麓堆積地形	
		扇状地	
		氾濫平野	
	扇状地	後背湿地	
		氾濫平野	
		微高地(自然堤防)	
人工改変地形	砂州・砂丘	旧河道(明瞭)	
		旧河道(不明瞭)	
		落堀	
		干拓地	
		盛土地・埋立地	
	その他の地形等	切土地	
		連続盛土	
		天井川の区間	
		現河道・水面	
		旧流路	
河川管理施設等	旧堤防	旧堤防	S.30年代後半～S.40年代前半
			S.20年代
			T.末期～S.初期
			M.末期～T.初期
			地盤高線
	堤防	堤防	主曲線
			補助曲線
			S.30年代後半～S.40年代前半
			S.20年代
			T.末期～S.初期
	河川管理施設(許可工作物も含む)	護岸	完成堤防
			暫定堤防
			暫々定堤防
			水位観測所
			流量観測所
河川管理施設等	河川工作物	河川工作物	水質観測所
			雨量観測所
			橋門・橋管
			水門・閘門
			揚排水機場
	事務所・出張所	事務所・出張所	事務所
			出張所
			距離標
			測線

「治水地形分類図更新画像データ」(国土地理院技術資料D1-585,586)をもとに作成



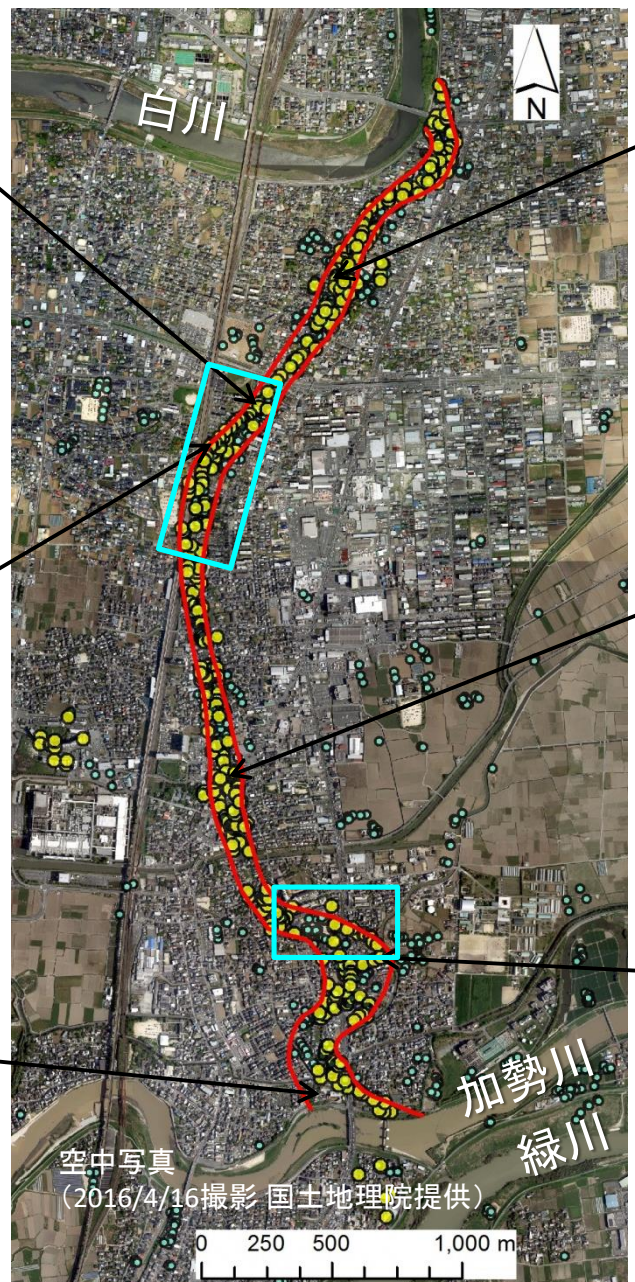
建物周りの沈下



建物の傾斜・不等沈下



用水路底部の破損



- 現地調査による被害確認地点
- 空中写真判読による噴砂確認地点



建物の傾斜・不等沈下



暗渠の浮き上がり



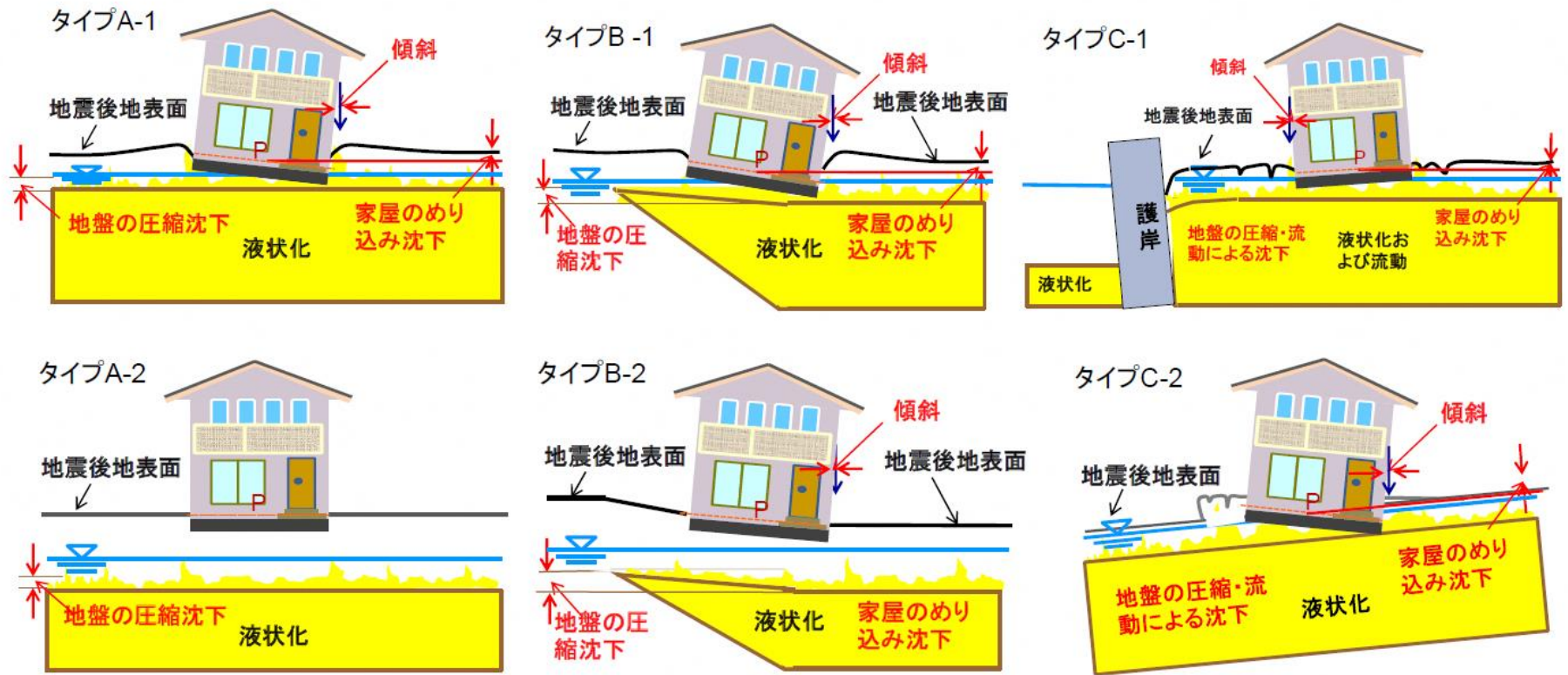
地盤の段差・不等沈下

液状化による建物被害の例

- 建物の傾斜
 - 直接基礎の場合
- 建物周りの沈下
 - 杭基礎の場合



平地における液状化による 家屋の被災パターン

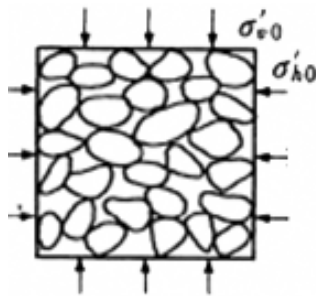


A photograph of a single-story house with a dark tiled roof and light-colored siding. A person is standing in front of the house. The ground is covered in gravel and dirt. The sky is clear and blue.

何故,液状化が起こるのか？

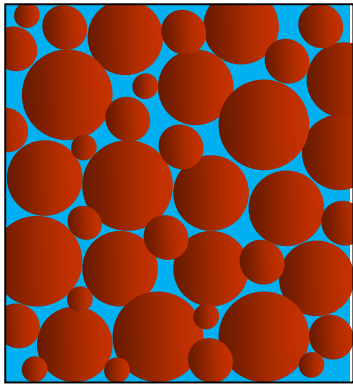
メカニズムを知る

地盤の液状化のメカニズムを考える。



$$\sigma = \sigma' + u$$

■土の変形は土骨格の変形



飽和した土

$$\sigma = \sigma' + u$$

土全体に
生じる
応力

=

土骨格が
分担する
応力

+

間隙水が
分担する
応力

||

||

土の変形に寄与する せん断応力は担えない
有効な応力 等方的な応力

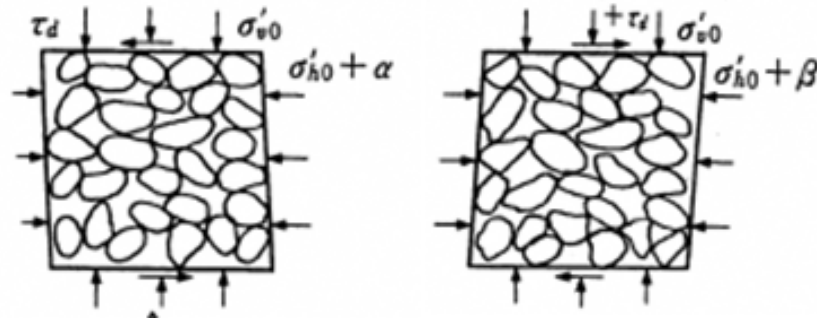
全応力

有効応力

間隙水圧

有効応力が変化することによって土骨格が変形する

→ 土が変形する



地震中地盤内の土は**繰返しせん断**を受ける

緩い状態の場合は土は収縮しようとする(ダイレイタンスー)

土が**飽和状態**にある時、地震のような短時間の場合、
間隙水が流出できない＝土は収縮できない

その結果、土は有効応力を減じさせ、体積を一定に保とうとする。

$$\sigma = \sigma' + u$$

有効応力の減少に伴い、間隙水圧が上昇する。

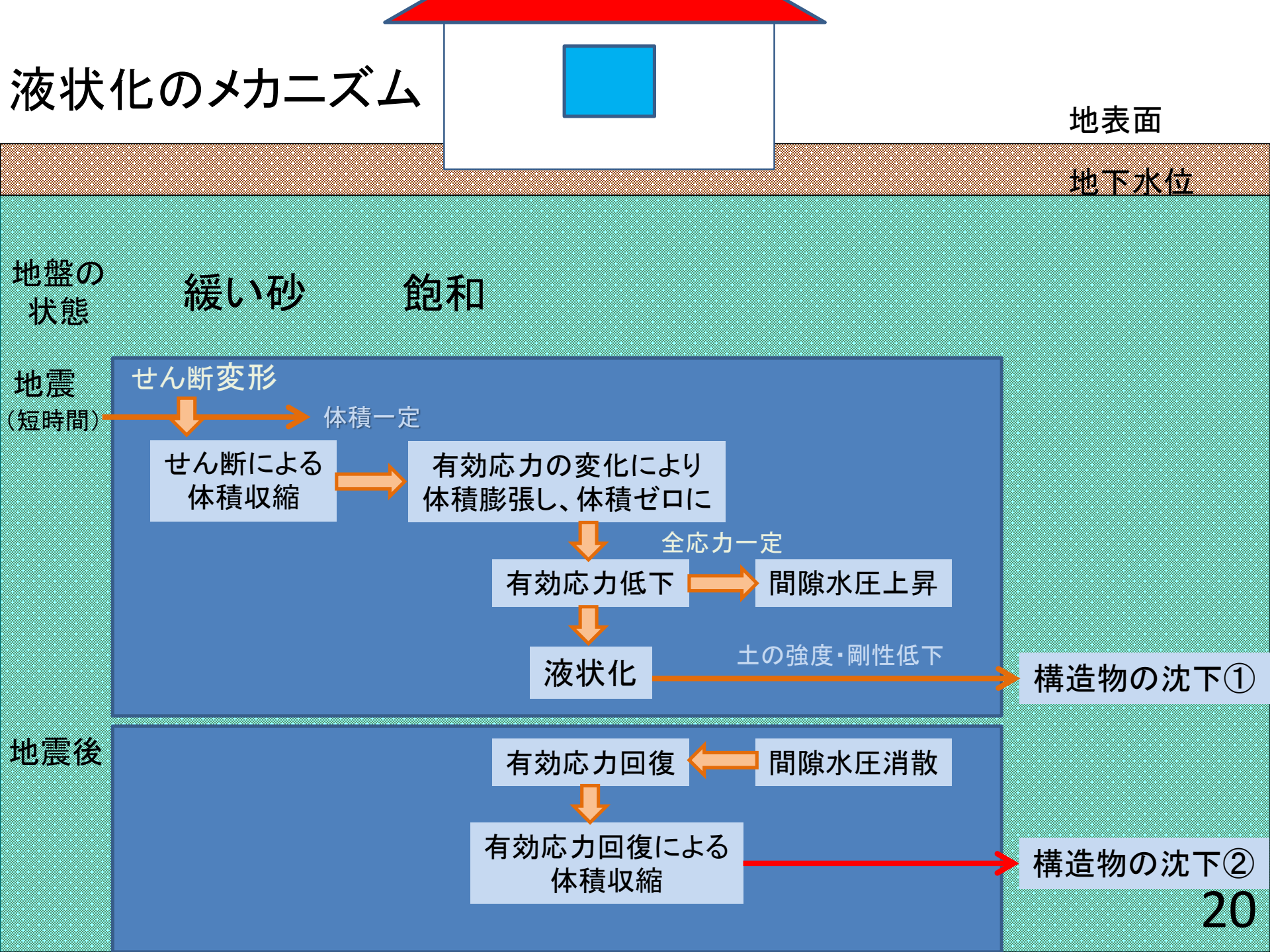
土の強度・剛性も低下

有効応力ゼロになると土粒子同士の接触力がゼロとなる。

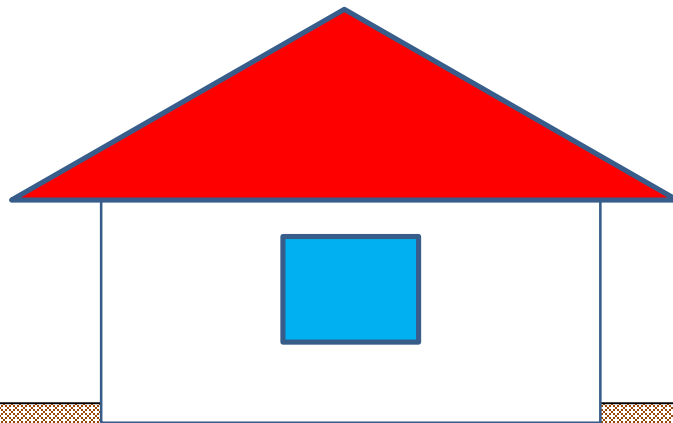
液状化

地震後、間隙水圧が消散し、有効応力が増加。地盤が沈下する。

液状化のメカニズム

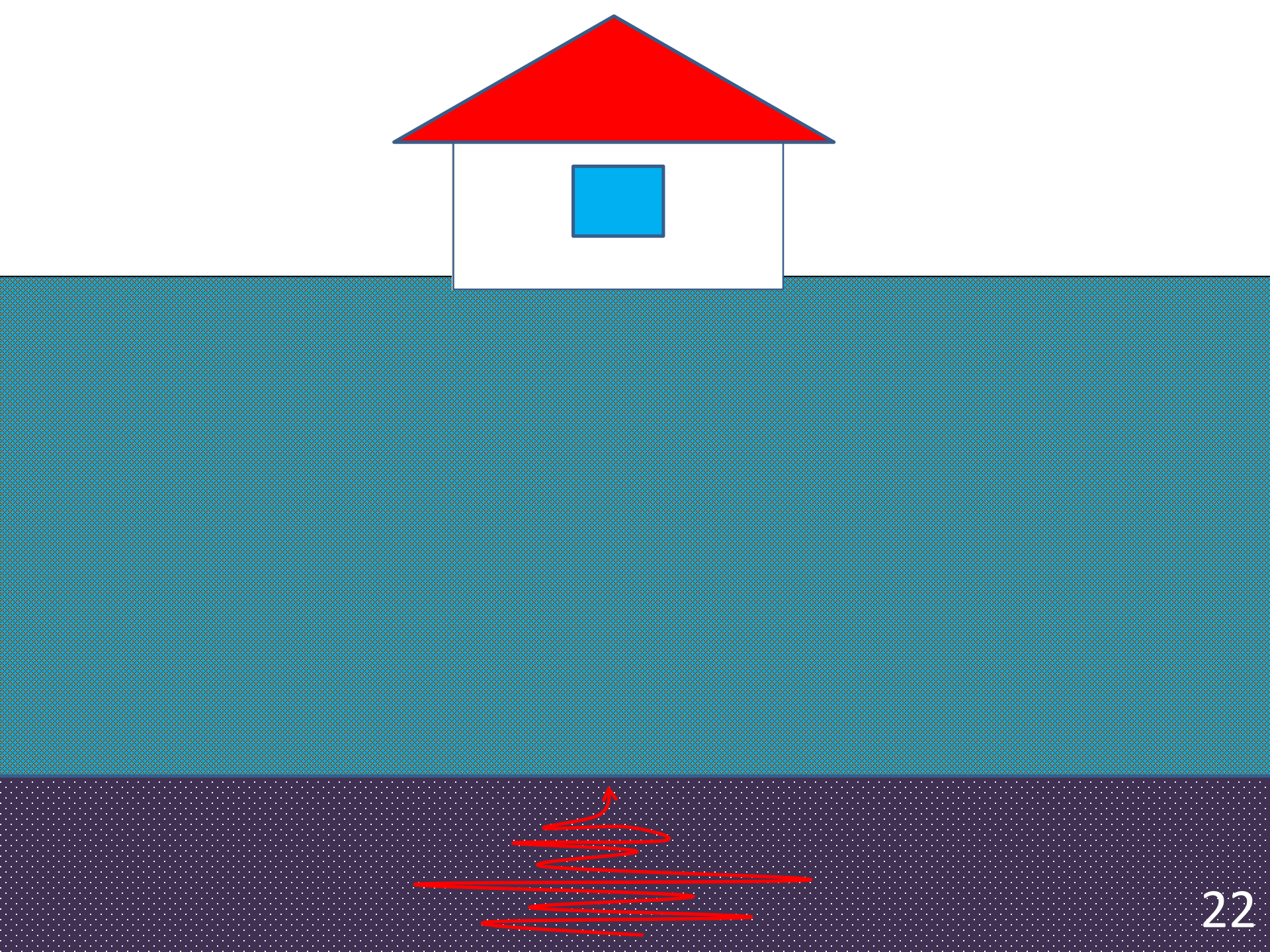


地震前
建物を支持できる地盤

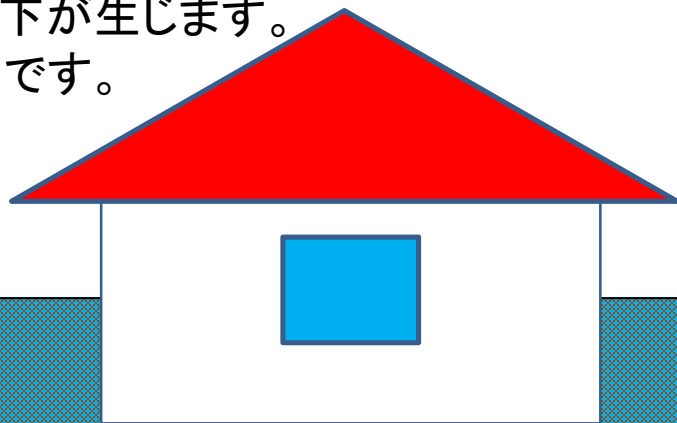


地下水位が高く、
緩く堆積した砂の層

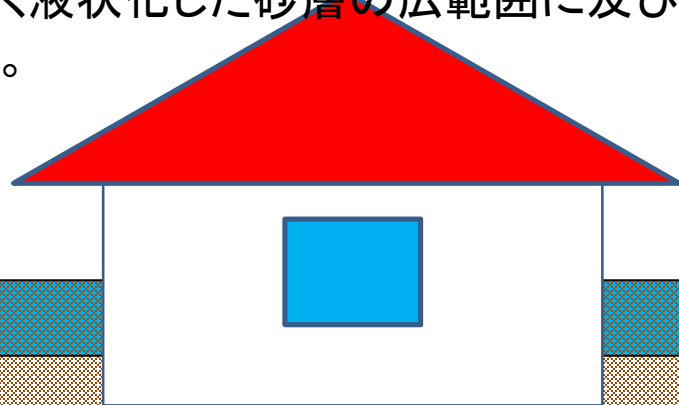
液状化しない層



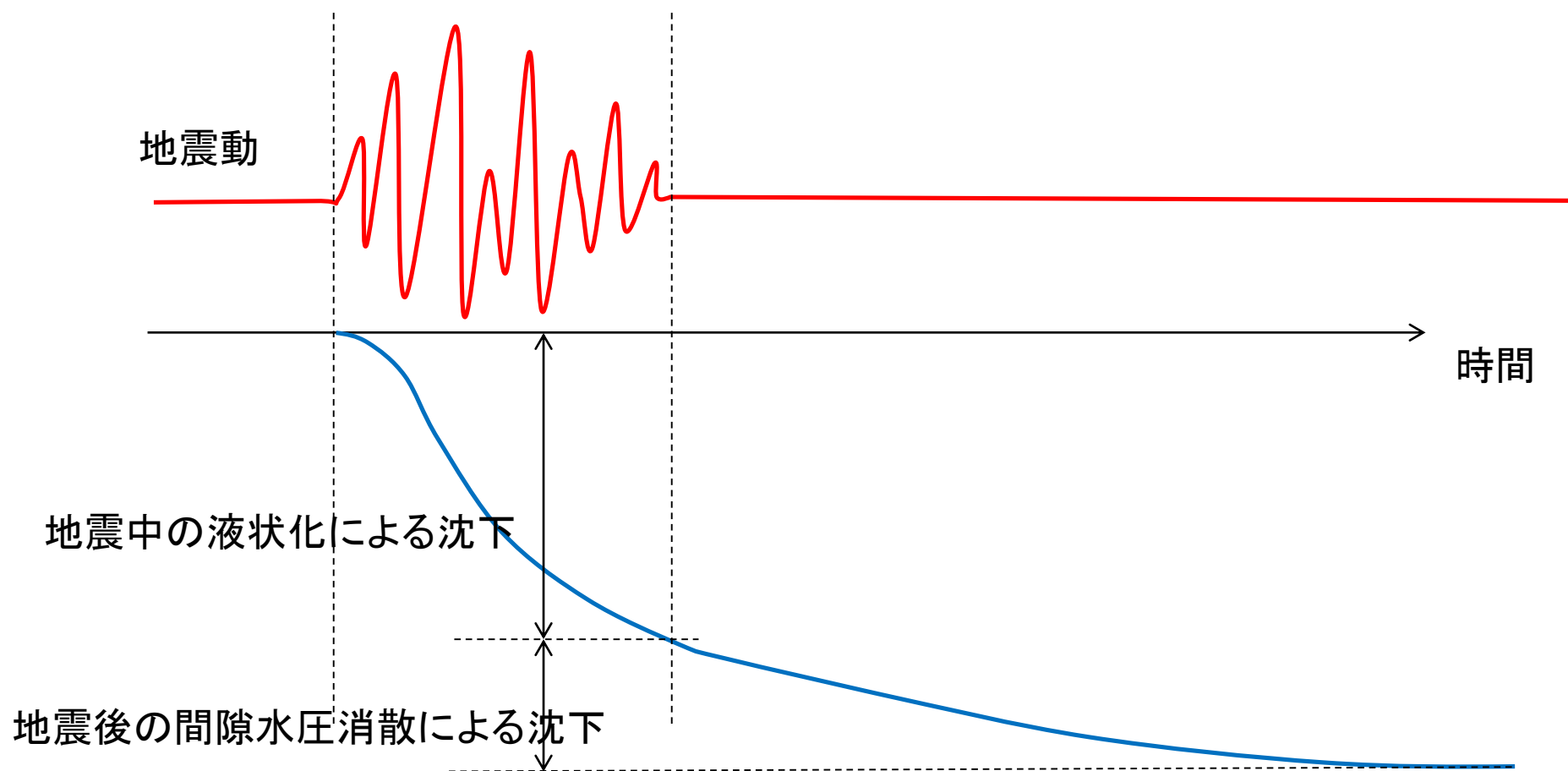
地震による液状化により砂層は建物を支えられなくなります。
液状化した瞬間の建物沈下が生じます。
これが液状化時建物沈下です。



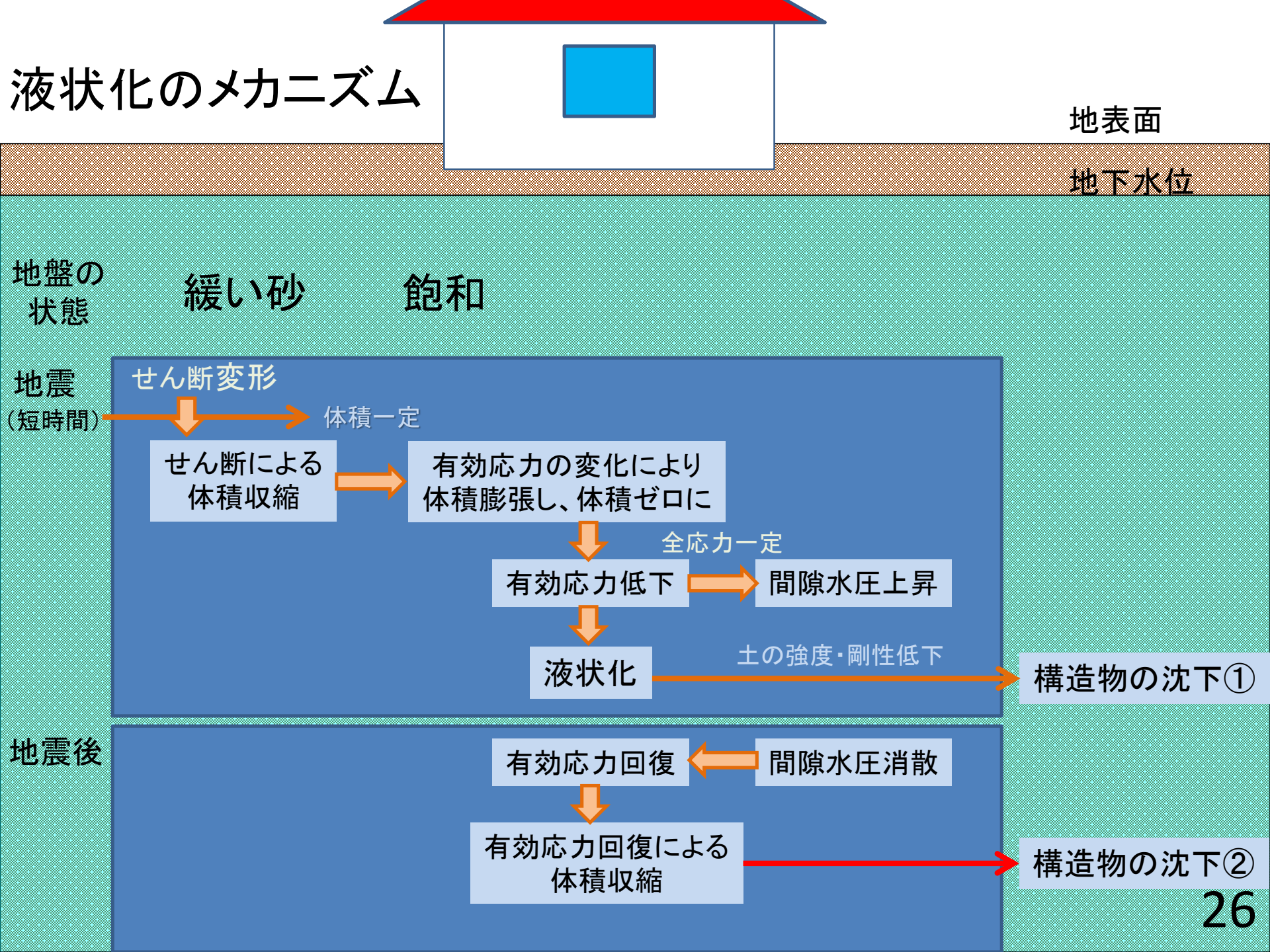
液状化により発生した水圧は消散します。この時にも沈下が起こります。
沈下は建物直下だけでなく液状化した砂層の広範囲に及びます。
これが液状化後沈下です。



地震による建物沈下は、
地震中の液状化による沈下と地震後の間隙水圧消散による沈下の2つに分けられます。



液状化のメカニズム





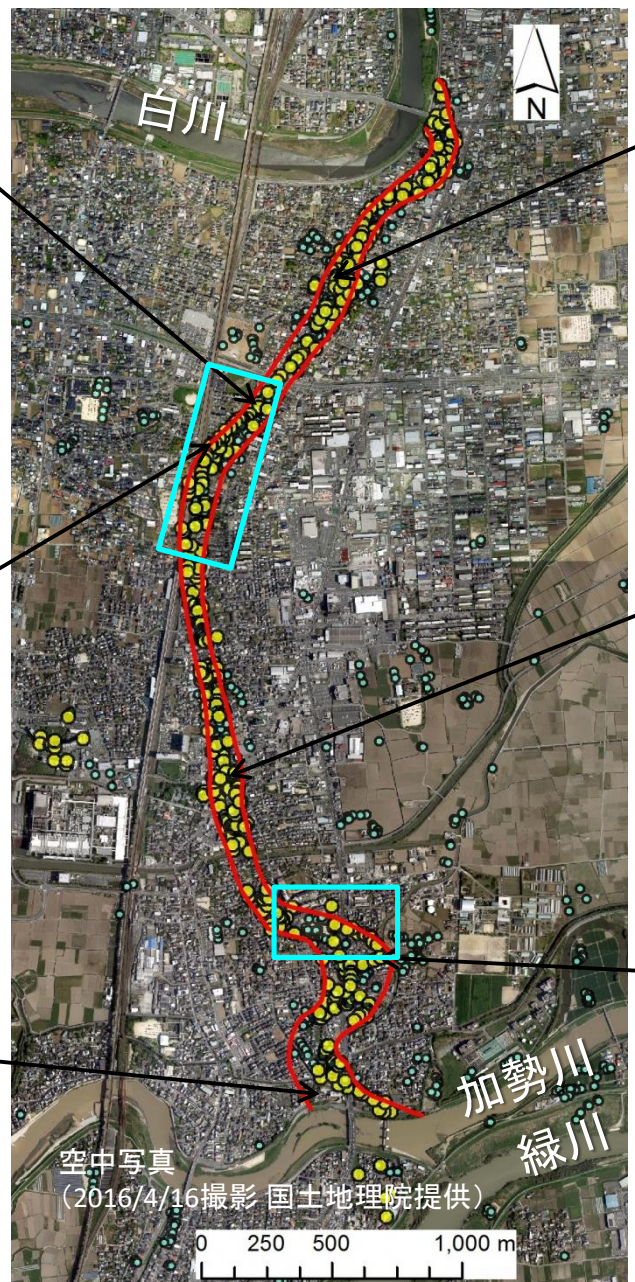
建物周りの沈下



建物の傾斜・不等沈下



用水路底部の破損



- 現地調査による被害確認地点
- 空中写真判読による噴砂確認地点



建物の傾斜・不等沈下

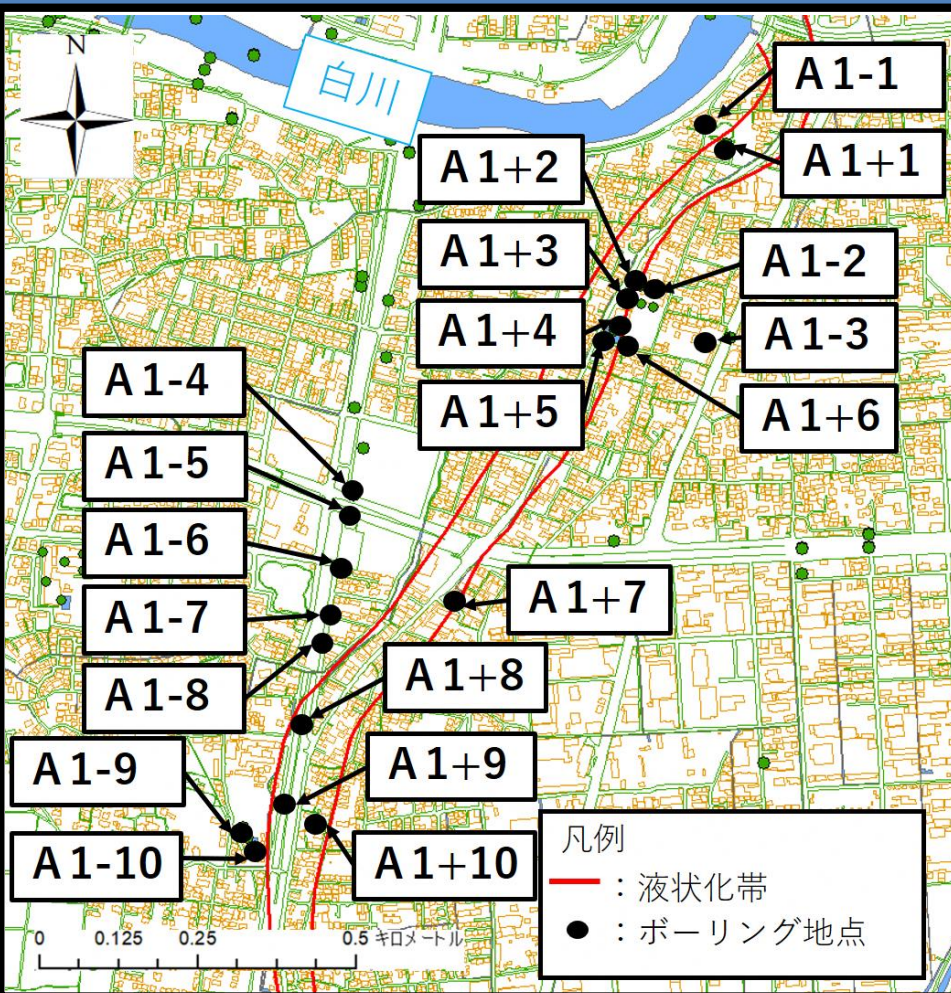


暗渠の浮き上がり



地盤の段差・不等沈下

液状化帯内の地盤と液状化層

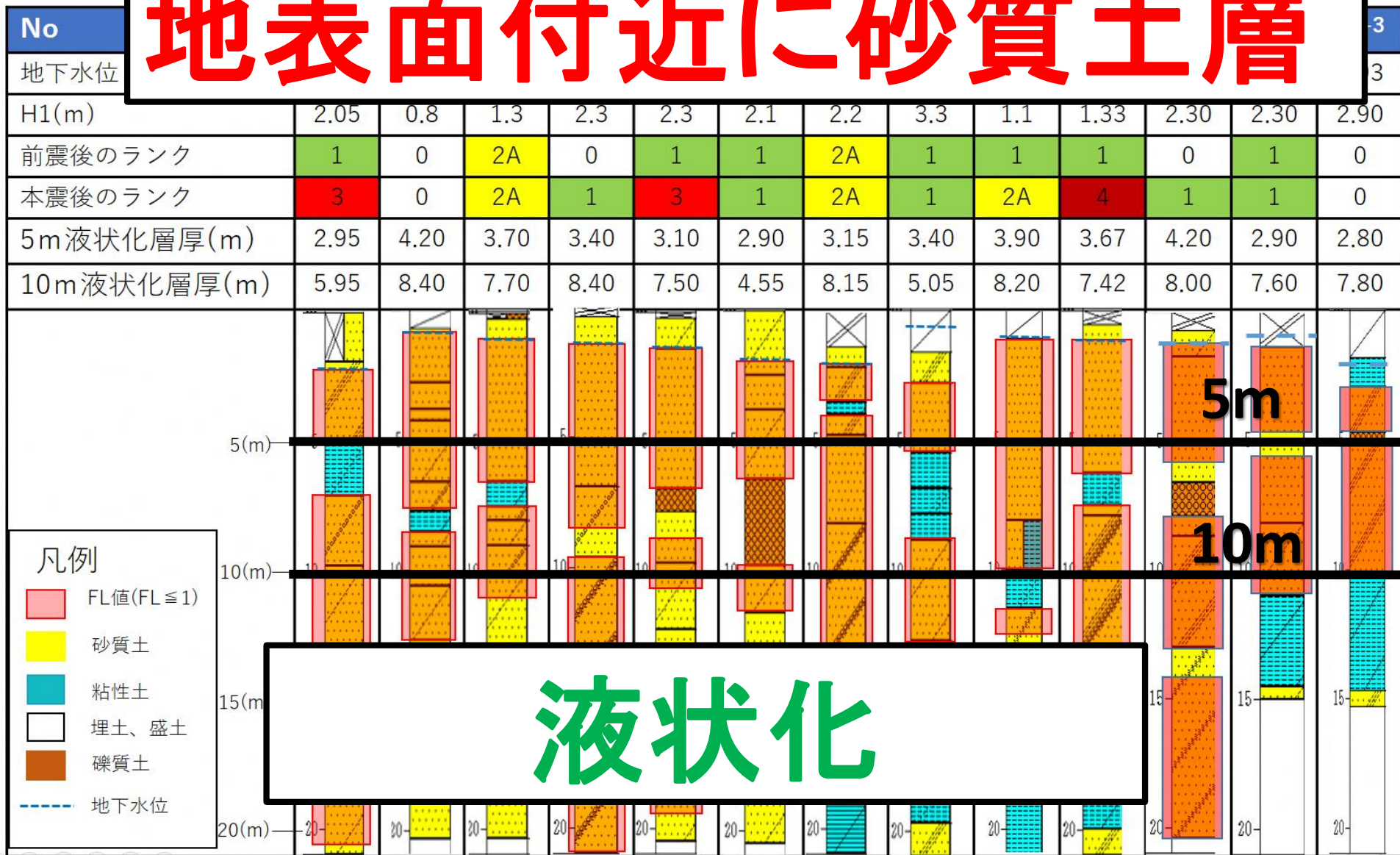


近見地区の調査地点

川尻地区の調査地点



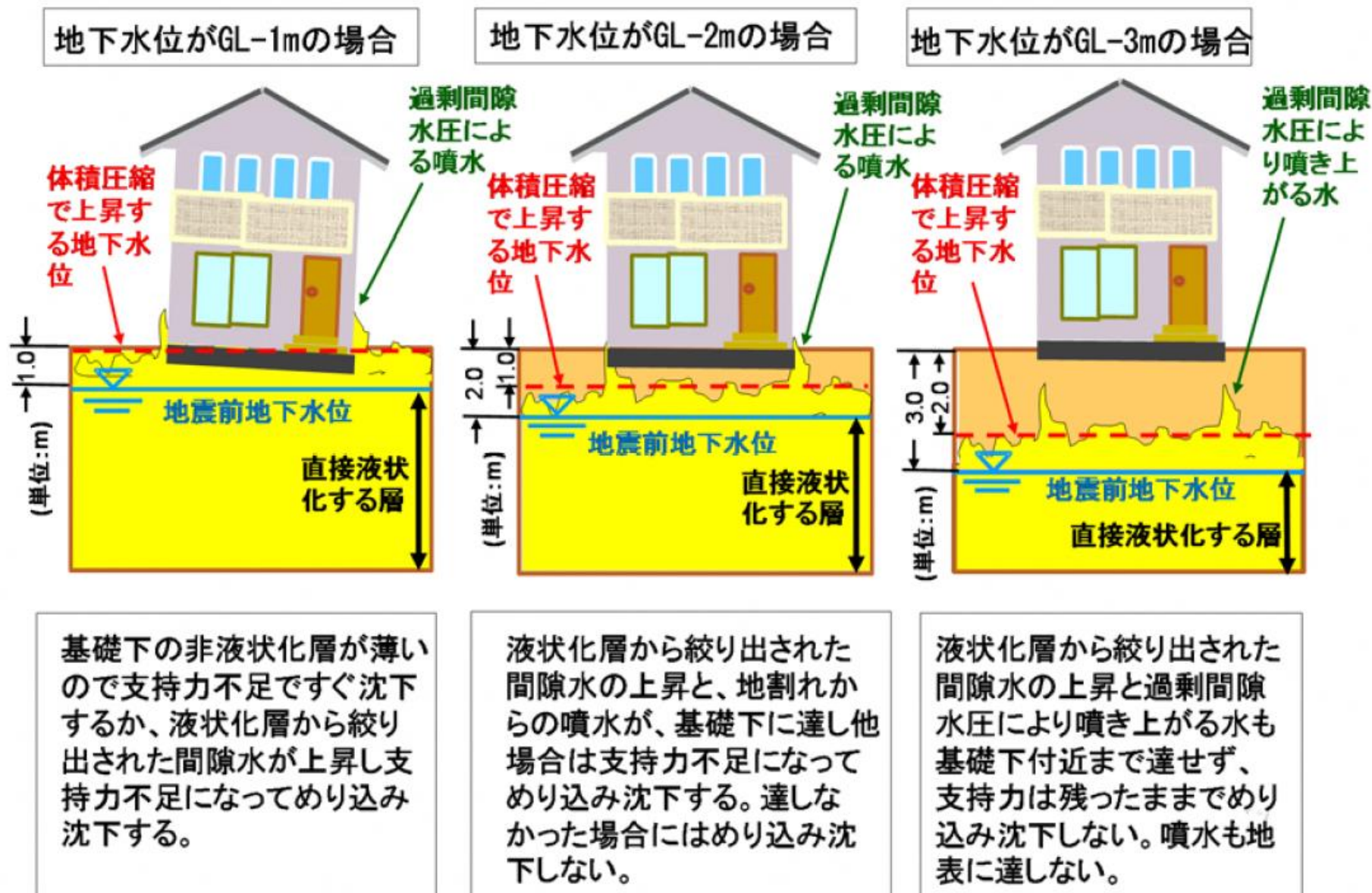
地表面付近に砂質土層



地表面付近に粘性土層

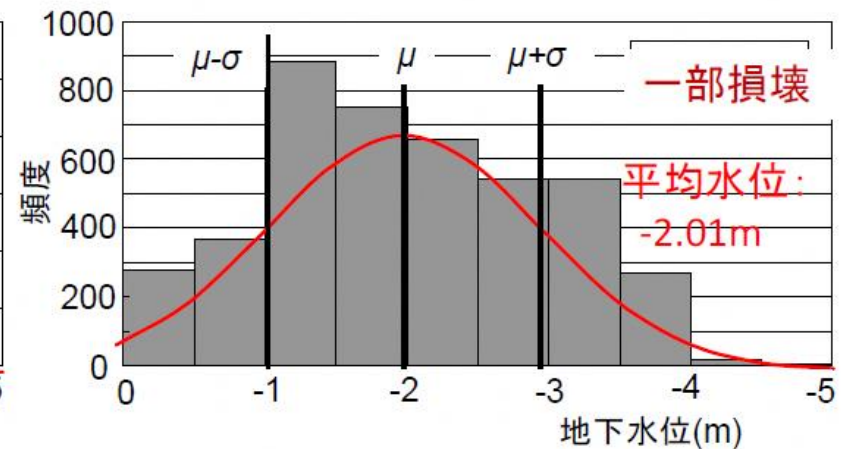
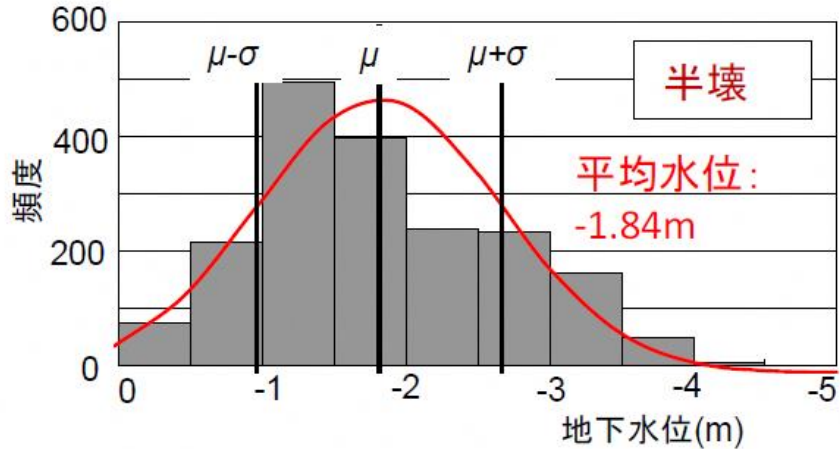
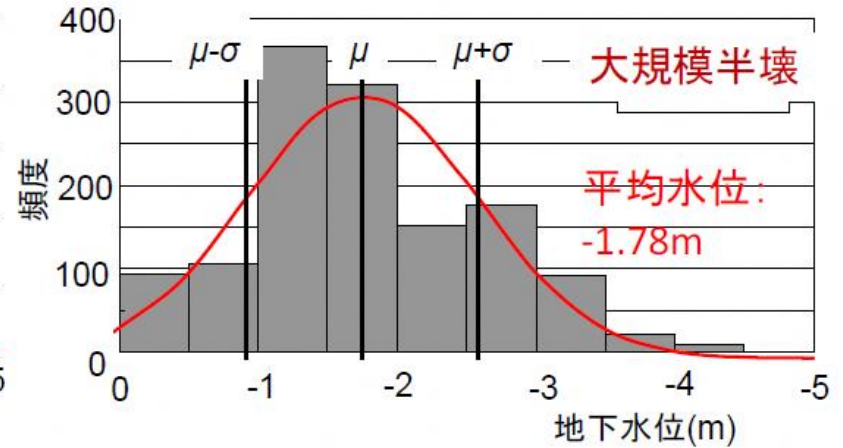
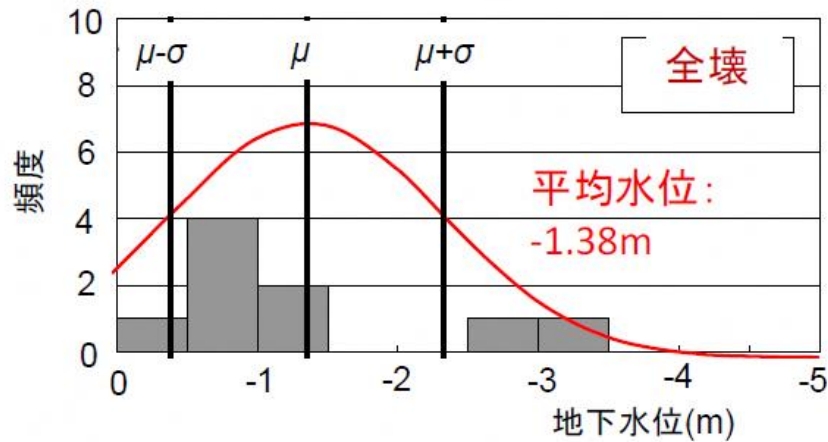


液状化による水位上昇量と家屋被害に与える初期地下水位の影響の概念図



安田進・石川敬祐(2015):地下水位低下が戸建て住宅の液状化対策に与える効果、日本地震工学論文集、15(7)より引用、

浦安市の被災程度と地下水位



安田進・石川敬祐(2015): 地下水位低下が戸建て住宅の液状化対策に与える効果、日本地震工学論文集、15(7)より引用、

問題

- 液状化のメカニズムを踏まえて、液状化しない地盤にするためには、
 - 地盤をどうすればよいか？
 - どのような工夫を施せばよいか？
- ヒント：液状化に至るプロセスを断ち切れればよい。

液状化のメカニズム

