

各論 小規模建築物のための液状化の考え方と対策

松下 克也* / 高田 徹**

1. はじめに

小規模建築物においても（地盤を含めた）耐震性能強化が重要な課題であることは、これまでの震災被害例や耐震偽装事件（2005）を顧みれば十分に理解できる。しかし、小規模建築物で耐震対策として地盤の液状化対策を実施することは、経済的制約が大きく関係し十分な調査や対策ができないのも実状である。よって、一般の建物を対象とした液状化判定法や対策をそのまま小規模建築物へあてがうと、安全性は向上されても経済的負担は大きくなり、昨年以上に住宅着工数が急減しかねない。

上記の背景のもと、今回、日本建築学会編「小規模建築物基礎設計指針（以下、本指針とする）」¹⁾では、小規模建築物に対応した簡易な液状化判定法と対策が示された。本書では、本指針で示された液状化判定法と対策を概説するとともに、過去の震災被害における調査データをもとにして液状化に対する考え方と対策、および今後の課題について述べる。

2. 本指針の液状化判定と対策の概要

本指針では地盤の液状化について、「地下水位以深にある飽和砂質地盤においては、地震時における液状化発

生の可能性およびその程度を適切な方法により判定し、基礎の設計の際にその結果を考慮する」ことが示され、①液状化現象のメカニズム、②液状化判定法、および③液状化対策法が解説されている。

①の液状化現象のメカニズムにおいては、液状化しやすい地盤として、地下水位が高くかつ緩く堆積した砂質地盤であることが記されている（図-1）。

②の液状化判定法については、小規模建築物の場合、スウェーデン式サウンディング試験（SWS）が一般的な調査になるため、SWSで判定できる簡易法が示されている。具体的には、微地形からの概略判定（表-1）と、液状化の影響が地表面に及ぶ被害程度を液状化層厚 H_2 と非液状化層厚 H_1 から推定する簡易判定（図-2）の2つを示している。この H_1 と H_2 を用いる手法は有名な簡易判定法の1つであるが²⁾、検討対象とする深度を、中

表-1 微地形から見た液状化可能性¹⁾

地盤表層の液状化可能性の程度	微地形区分
大	自然堤防縁辺部、比高の小さい自然堤防、蛇行州、旧河道、旧池沼、砂泥質の河原、砂丘末端傾斜面、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、埋立地、湧水地点（帯）、盛土地*
中	デルタ型谷底平野、緩扇状地、自然堤防、後背低地、湿地、三角州、砂州、干拓地
小	扇状地方谷底平野、扇状地、砂礫層の河原、砂丘、海浜

*崖・斜面に隣接した盛土地、低湿地、干拓地・谷底平野の上の盛土地を指す。これ以外の盛土地は盛土前の地形の区分と同等に扱う。

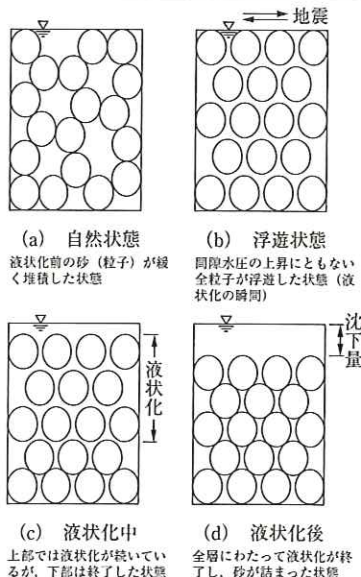


図-1 液状化のメカニズム¹⁾

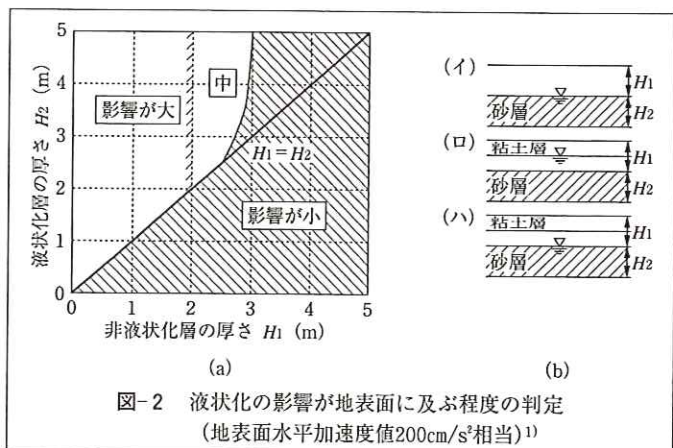


図-2 液状化の影響が地表面に及ぶ程度の判定（地表面水平加速度値 200cm/s^2 相当）¹⁾

* MATSUSHITA Katsuya (株)ミサワホーム総合研究所 構造・振動研究室 室長 東京都杉並区高井戸西1-1-19
 ** TAKATA Tōru (株)設計室ソイル 東京都中央区日本橋3-9-12

表-2 P_L 値による液状化の判定区分²⁾

区分	液状化の影響の程度	P_L 値	
		レベル1地震動	レベル2地震動
a	液状化による影響が小さい	$0 \leq P_L \leq 5$	$0 \leq P_L \leq 5$
b	液状化による影響が大きい	$5 \leq P_L \leq 15$	$5 \leq P_L \leq 20$
c	液状化による影響が非常に大きい	$15 < P_L$	$20 < P_L$

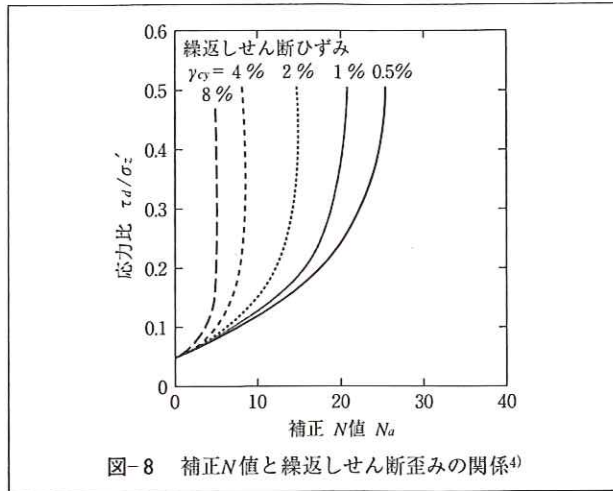


図-8 補正 N 値と繰返しせん断歪みの関係⁴⁾

る。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \cdot (10 - 0.5x) dx \quad (1-F_L \geq 0) \quad \dots\dots(1)$$

x : 深度 (m)

同式で浅い部分に大きな重みを与えるのは、同一の F_L 値でも浅い部分の方が過剰間隙水圧の下方からの浸透によって液状化しやすいこと、また構造物の被害に繋がりがしやすいことへの配慮によるものである。この P_L 値で液状化の影響程度を表-2により評価する。

D_{cy} は、繰返しせん断応力比 (τ_d/σ'_z) と、粒度や拘束圧による補正 N 値から各層のせん断ひずみ (γ_{cy}) を図-8によって推定し、この γ_{cy} が同一方向に発生すると仮定し、これを鉛直方向に積分して求められる⁴⁾。この D_{cy} で、液状化の程度を表-3により評価する。なお、この D_{cy} は γ_{cy} を体積ひずみ ϵ_v と読みかえれば、液状化によって生じる沈下量 S (cm) にも代用できる。

表-4に両調査結果に基づく、 P_L 、 D_{cy} の算出結果を示す。両調査法で用いる D_{cy} は1 cm程度の差はあるものの、液状化の被害程度は両者とも“小”となり、大差なく評価できている。また P_L においても両調査結果から得られる液状化の被害程度はほぼ同様な評価を示す。 P_L と D_{cy} による評価区分は各々3~6段階と異なるが、いずれも損傷限界では各段階の小さい区分に当てはまり、被害程度はほとんど見られないと判断できる。一方、終局限界

表-3 D_{cy} 値と液状化の程度の関係⁴⁾

D_{cy} (cm)	液状化の程度
0	なし
5	軽微
5~10	小
10~20	中
20~40	大
40	甚大

表-4 D_{cy} 、 P_L による液状化の被害程度の判定結果

判断指標	P_L 値		D_{cy} (cm)		
	調査法	SPT	CPT	SPT	CPT
損傷限界	値	0	1.2	0.0	1.0
	評価	被害小	被害小	なし	軽微
終局限界	値	10.0	13.2	8.0	9.2
	評価	被害大	被害大	小	小

においては各区分段階の中程度の被害区分に属し、被害程度はわずかではあるが影響することが示される。

本指針では、損傷限界に対応した液状化判定および対策が推奨されており、これに対応するのであれば、ここで示した P_L 、 D_{cy} の判定においても液状化対策は不要である。また、仮に終局限界まで考慮した設計となれば、今回示した P_L 、 D_{cy} で評価することとなり、今回の結果からすれば液状化対策は必要となる。そして、その被害程度は中程度であることから、液状化を軽減する程度の補強方法が適していると考えられる。

当敷地では、液状化目的ではなく支持力の増加と圧密沈下抑制のために、深層混合処理工法がなされている。結果的には不同沈下量50mmと軽減できていたが、 F_L 値から判定すると、柱状体の直下部で液状化が発生していたこととなる。柱状改良の効果が示されたかは検証すべきであるが、建物計画前にこのような調査から判定を行って、その結果を補強工法設計に反映できれば、小規模建築物の液状化対策へのさらなる高精度化に繋がると考えられる。

■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) 都市基盤整備公団：宅地耐震設計マニュアル(案)，2003。3。
- 3) 浅田秋江：住宅の液状化被害の簡易予測法とその防止法，1983年日本海中部地震15周年記念誌。
- 4) 日本建築学会：建築基礎構造設計基礎指針，2003。
- 5) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004。
- 6) 岩崎他：地震時地盤液状化の程度予測について，土と基礎，Vol. 28, No 4, pp. 23~29, 1980。
- 7) 吉見吉昭，福武毅芳：地盤液状化の物理と評価・対策技術，技報堂出版，2005。