

戸建て住宅の液状化被害を表せるハザードマップの指標に関して

東京電機大学 名誉会員 ○安田 進

1. はじめに

我が国において液状化に対するハザードマップが作成され始めた約 50 年前当初は、マップを公表すると地価に影響すると心配された。ところがあまり問題なかったようで、最近では多くの都市で作成されるに至っている。ただし、マップが作成されただけで、それをもとに住民の方々が対策をとろうとの雰囲気になっていない。その原因の一つにハザードマップと被害の関係が明確に関連付けられていないことが挙げられる。住民の方々にとって一番の関心事は液状化による戸建て住宅の被害の有無であろう。ところが現在のハザードマップでは被害の有無や程度までは読み取れない。以下には液状化のハザードマップで広く用いられている液状化指数 P_L の課題について述べてみる。

2. 液状化指数が導き出された過程と一般的な課題

我が国で液状化に対する安全率（抵抗率） F_L で液状化発生を判定するようになってきたのは昭和 50 年頃からであり、その値だけではその地点の液状化の激しさや構造物の被害が表せないのも、液状化指数 P_L で表そうと提案されたのは 1978 年である¹⁾。そこでは液状化による構造物の被害の程度（激しさ）を表すために、① F_L が 1 を下回る値 $(1-F_L)$ が大きいほど被害が大きい、②液状化が浅部で発生した方が被害が大きい、③液状化する層厚が厚いほど被害が大きいと考え、液状化層の $(1-F_L)$ に深さ方向の重み係数 $W(z)=10-0.5z$ を乗じた値を、20m の深さまで積分して液状化指数 P_L を求めるようにしてある。そして、被害事例に対し試算を行って、 $P_L \leq 5$ では液状化による被害の可能性が低く、 $P_L \geq 15$ では被害の可能性が高いとしてある。この時点では対象構造物を特定はしていなく、また、閾値も大まかなものであった。

構造物の被害に影響を与える液状化深度や P_L の閾値は本来構造物ごとに違うはずであり、被災事例などをもとに設定されることが望ましい。例えば木曽三川堤防で 1944 年東南海地震により生じた沈下量と P_L の関係を調べてプロットしたのが図 1 である。ばらつきは大きいものの、この関係を用いると同様の規模の堤防の沈下量を推定できると言える。ところが、このような具体的な検討はあまり行われず、各地の液状化のハザードマップで 1978 年に出されたままの P_L の設定方法と閾値が漠然と広く利用され、今日に至っている。

3. 東日本大震災における戸建て住宅被害の経験をもとにした提案

2011 年東日本大震災で数多くの戸建て住宅が液状化により被災したことを受け、国土交通省では戸建て住宅の液状化による被害を、表層の非液状化層厚 H_1 と P_L 、または地表変位量 D_{cy} で推定する方法が提案された³⁾。これによるマップもさいたま市で作成された。ただし、この方法でも住宅の具体的な被害の程度（半壊や全壊など）が判定されるまでには至っていない。被害の程度は沈下量や傾斜角で定量的に判断されるようになってきたため、何等かの指標で沈下量や傾斜角が表せることが望ましい。そこで、東日本大震災などの調査で明らかになってきた戸建て住宅の被害と地下水位や液状化下端深度の関係の特徴を挙げてみると以下ようになる。

1) 被害の程度は地下水位 Z_w によって大きく影響を受ける。例えば浦安市で筆者達が 40 箇所の宅地の庭で測定した結果によると、東日本大震災で大規模半壊、半壊、一部損壊、無被害であった住宅の地下水位の平均値は、それぞれ GL-1.08m、-1.18m、-1.31m、-1.66m であった⁴⁾。

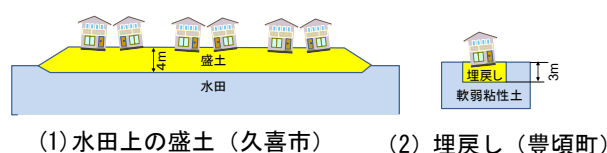
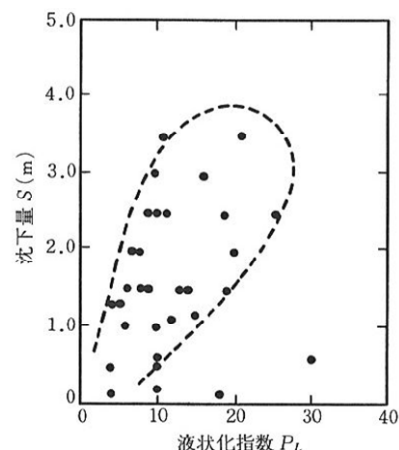


図 2 液状化下端が浅くても被害を受けた事例

図 1 木曽三川堤防の東南海地震における沈下量と P_L の関係²⁾

キーワード 液状化, ハザードマップ, 戸建て住宅

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学 TEL 049-296-0362

2) 図2に示すように、液状化下端深度がGL-3や-4mと浅くても甚大な被害が発生する。したがって、20mといった深くまでの液状化は被害にあまり影響を与えないと考えられる。特に水田上に盛土した場合

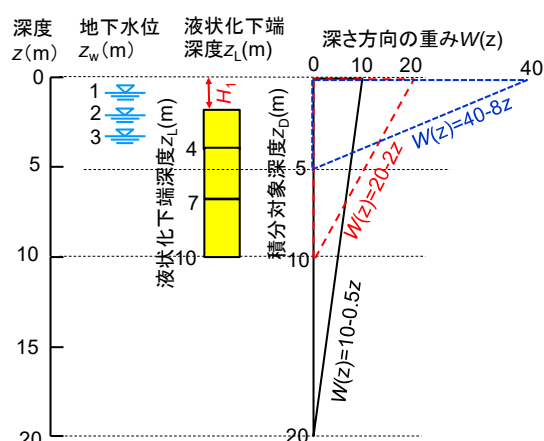


図3 深さ方向の重み係数などの定義

などでは液状化する深度はこの程度と浅いことが多い。

そこで、これらの戸建て住宅の場合の被害のし易さの特徴を表すためには、従来の20mの深度までを対象にした深さ方向の重み $W(z)$ を、浅いところだけの重みに変えた方がよいのではないかと考えられた。このため、とりあえず重みの形状(三角形分布)は変えずに、積分対象深度 Z_D を図3に示すように10mと5mにした場合を想定してみた。そして、図3に示すように、 Z_W をGL-1m、-2m、-3mと変え、液状化下端深度 Z_L をGL-4m、-7m、-10m、液状化層の F_L をレベル1地震動を想定して0.5~0.9と変えた場合について P_L を試算してみた。ただし、従来の P_L と同様に積分対象深度まで全部 $F_L=0$ となる極端な液状化の場合に $P_L=100$ となるように、対象深度が10mの場合は $W(z)=20-2z$ 、5mの場合は $W(z)=40-8z$ としてみた。また、従来の P_L と区別するため戸建て住宅用液状化指数 MP_L と表すこととした。

図4に代表的な F_L として0.8の場合における地下水位 Z_W と MP_L の関係を示す。ただし、地下水位上の層は液状化しないとみなし、非液状化層 H_1 で表した方が一般的になるので、横軸は H_1 で表現している。 H_1 に対しての Z_D 、 Z_L でも右下がりになるが、その傾向を明瞭にするために、 $H_1=1m(Z_W=GL-1m)$ での MP_L に対する各

H_1 での MP_L の比を縦軸にとって整理すると図5になった。これによると、 Z_D を20mから10m、5mと小さくしていった方が H_1 による MP_L の違いが明瞭になって良いと言えよう。次に、液状化下端深度 Z_L と MP_L 関係を図6に示す。この図にみられるように、 Z_D が20mの場合は Z_L が小さくなるにつれ P_L は小さくなる。そして図2に示した $Z_L=GL-3\sim-4m$ と浅い場合には P_L が5程度以下になって被害が生じない結果となる。これに対し、 Z_D が5mだと Z_L がGL-3~4mと小さくなくても MP_L は大きいままであり、上記の2)の特徴を表せる結果となった。

4. あとがき

ハザードマップで戸建て住宅の被害を定量的に表せる方法を考えてみた。重みを三角形以外の方法で表した方が良いかもしれないので、それを含めて今後被害との対応を行いながら検討を進めたいと考えている。

参考文献：1) 岩崎敏男・龍岡文雄・常田賢一・安田進：砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例，第5回日本地震工学シンポジウム，pp.120-126，1978。2) 中村義秋・村上由高：木曽三川下流部における地震時の堤防機能検討について，第34回建設省技術研究会報告，pp.96-104，1989。3) 国土交通省都市局：市街地液状化対策推進ガイドライン，2014。4) 安田進・石川敬祐：地下水位低下が戸建て住宅の液状化対策に与える効果，日本地震工学学会論文集，第15巻，第7号(特集号)，pp.205-219，2015。

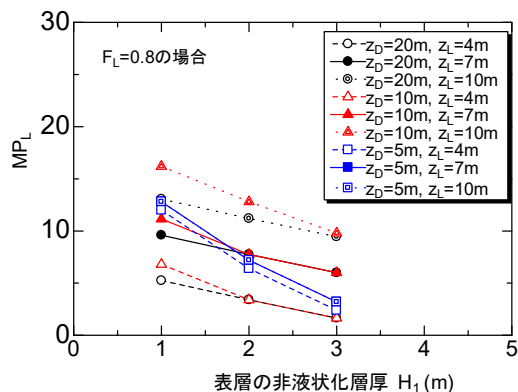


図4 H_1 による MP_L の変化

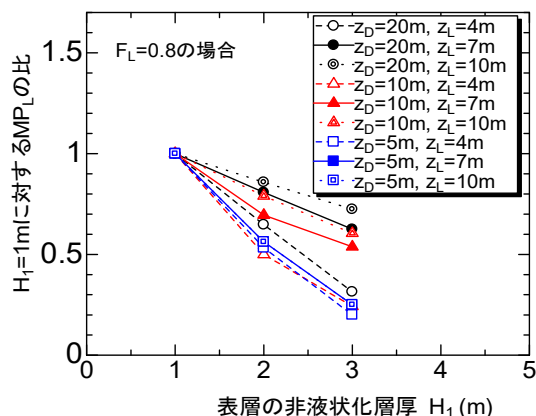


図5 H_1 による MP_L の比の変化

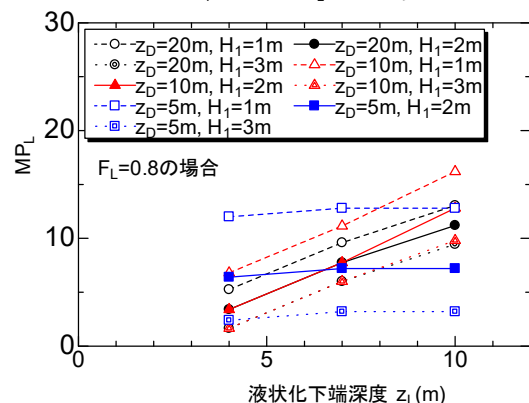


図6 液状化下端深度と MP_L の関係