

1995年兵庫県南部地震における建物被害と地盤の液状化しやすさの関係

東京大学 正会員 ○若松加寿江
 飛鳥建設 正会員 沼田 淳紀

はじめに レベル2地震動における中密な地盤の液状化挙動はゆるい地盤とは異なることが予想される。本研究では、液状化に関する地盤条件の違いが構造物被害に及ぼす影響を明らかにするために、1995年兵庫県南部地震における建物被害と、地盤の液状化しやすさや地震動強さとの関係について統計的分析を行った。

地表における液状化程度の評価のための指標 分析に用いた建物は神戸市、芦屋市、西宮市に位置しており、基礎構造の被害調査の対象となった事例¹⁾²⁾のうち正確な所在地が突き止められたもの約160棟である。したがって全数調査によるものではなく、ほとんどが基礎から上部構造に何らかの被害を生じた建物である。筆者らは、これらの建物の敷地地盤における地表での噴砂の発生など液状化の程度と、液状化抵抗に関係すると考えられる地盤物性の関係について検討を行った結果、液状化の程度は液状化指数 P_L 値と相関が高く、レベル1地震動で求めた P_L 値が5以上の地盤を「液状化しやすい地盤(ゆるい地盤)」, レベル2地震動で求めた P_L 値が15以下の地盤を「液状化しにくい地盤(密な地盤)」, それ以外のものを「中位に液状化しやすい地盤(中密な地盤)」と定義すると、兵庫県南部地震における地表での液状化の程度をよく評価できることを明らかにした³⁾。そこで本報でも、実際の液状化程度と相関の高い P_L 値に基づく地盤の「液状化のしやすさ」を用いて分析を行う。

液状化のしやすさと建物被害の関係 図1は、地盤の液状化しやすさと上部構造の被害レベルの関係を、推定基盤地震動⁴⁾のレベルごとに整理したものである。液状化しやすい地盤では、基盤での地震動レベルに関わらず上部構造が大破した建物はないが、液状化しにくい地盤では、今回検討を行った範囲の地震動レベルにおいては基盤での地震動レベルに関わらず大破がある程度の割合を占めている。中位に液状化しやすい地盤でも大破が認められるものの、その割合は液状化しにくい地盤に比べてかなり少なくなっている。

図2に地盤の液状化しやすさと気象庁震度階級⁵⁾の関係を基盤地震動のレベル別に示す。液状化しやすい地盤では、基盤地震動 600cm/s^2 の高い地震動レベルでも震度6であるのに対して、液状化しにくい地盤では、基盤地震動レベルが高いほど地表で震度7の占める割合が多くなっている。中位に液状化しやすい地盤でも震度7の地点がある程度の割合を占めているが、データ数が3地点と少ない基盤地震動 $400\text{-}500\text{cm/s}^2$ を除き液状化しにくい地盤に比べてかなり少なくなっている。以上の傾向は、液状化しやすい地盤では液状化の発生によって表層地盤が非線形挙動を示し地表での地震動の増幅が抑えられ、その結果上部構造の被害が抑えられたが、液状化しにくい地盤では基盤地震動のレベルに応じた地震動の強さが地表で観測され、これにより上部構造が大破したことを示唆しており、「液状化地盤の免震効果」によるものと考えられる。

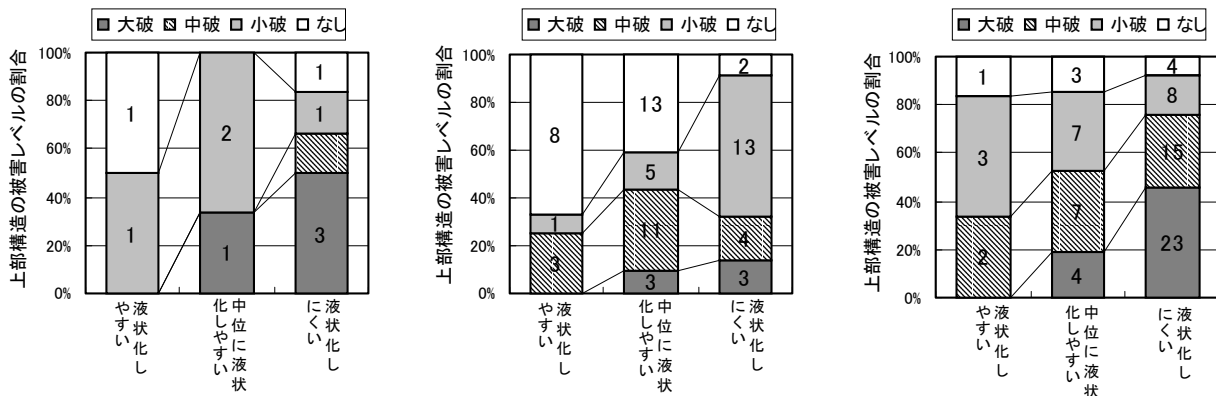


図1 基盤地震動のレベル別にみた地盤の液状化しやすさと上部構造の被害レベルの関係

キーワード 液状化, 兵庫県南部地震, レベル2地震動, 建物被害, 基礎被害

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所第五部 TEL: 03-5452-6388

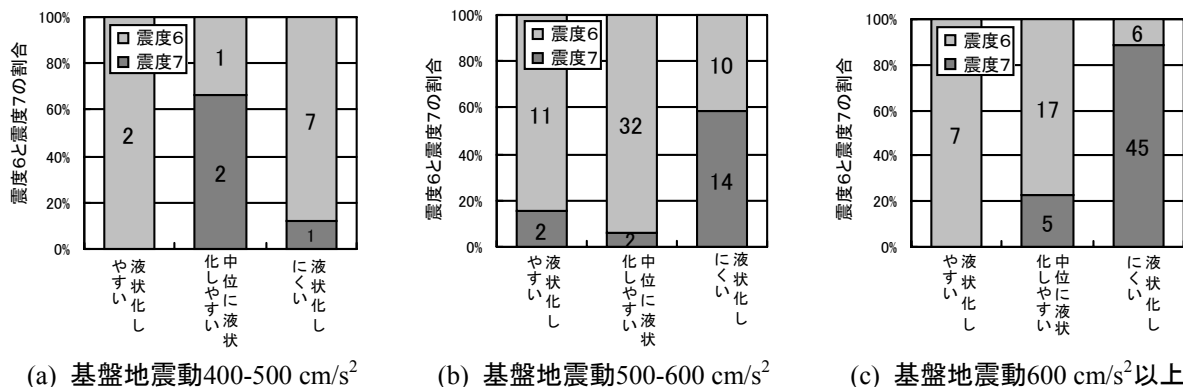


図2 基盤地震動のレベル別に見た地盤の液状化しやすさと気象庁震度の関係

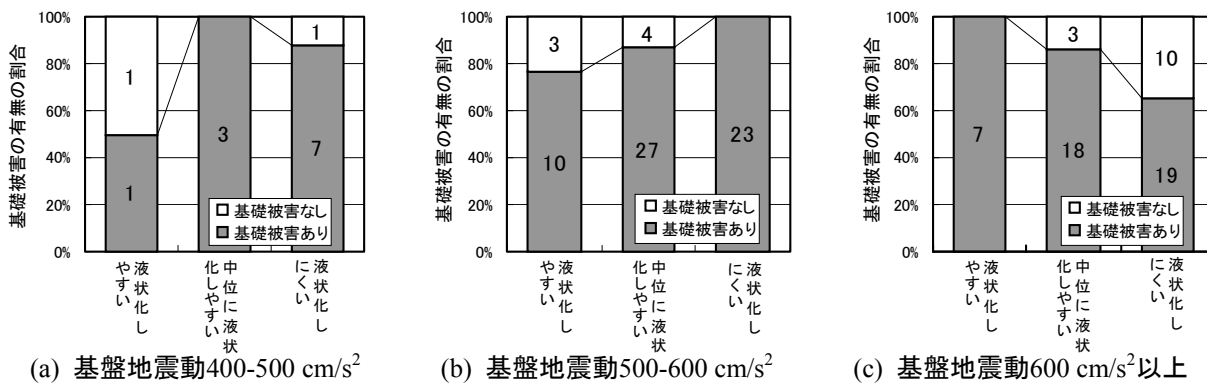


図3 基盤地震動のレベル別に見た地盤の液状化しやすさと基礎被害の有無の関係

図3に地盤の液状化しやすさと基礎被害(杭基礎+直接基礎)の有無の関係を基盤地震動のレベル別に示す. 図(a)~(c)中, 液状化しやすい地盤では, 基盤地震動レベルが高いほど基礎に被害を受けた建物の割合が多くなっている.これに対して, 液状化しにくい地盤では, 基盤地震動レベルが高いほど基礎に被害を受けた建物の割合が少なくなっている. また同じ基盤地震動レベルの範囲内で比較すると, 図(c)の600cm/s²以上では液状化しやすい地盤ほど基礎に被害を受けた建物の割合が多いのに対して, 図(a)(b)の600cm/s²以下では液状化しにくい地盤の方が基礎に被害を受けた建物の割合が多くなっている. そこで基盤地震動が600cm/s²以上と高い地域における液状化しにくい地盤の事例のみ取りあげ, 基礎の被害の有無と上部構造の被害レベルの関係を検討した. その結果を図4に示す. データ数が十分ではないが, 液状化しにくい地盤のうちで基礎に被害がなかった建物は, 70%が上部構造が大破しており, 中破も含めると80%になる. 一方, 基礎被害のあった建物の上部構造は, 50%が小破以下であった. 以上のことから, 基盤地震動が大きかった地域における液状化しにくい地盤では, 上部構造の破壊により上部構造からの慣性力が低下し, このために基礎の負担が軽減し基礎の被害が少なくなったものと考えられる.

まとめ 兵庫県南部地震による建物被害と液状化の関係の統計的分析から, ゆるい地盤においては液状化地盤の免震効果, 密な地盤においては上部構造の破壊による基礎への慣性力の軽減が確認された. 中密な地盤については, 今回の検討ではゆるい地盤と比較して, 被害が極端に減少・増加するような傾向は見られなかった.

謝辞 本研究は, 土木学会レベル2地震動による液状化研究小委員会のワーキングの一環として実施した. 貴重なご助言を賜った國生委員長および委員各位に深謝の意を表す.

参考文献 1) 日本建築学会近畿支部基礎構造部会兵庫県南部地震建築基礎被害調査委員会: 兵庫県南部地震による建築基礎の被害調査事例報告書, 1996. 2) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会: 阪神・淡路大震災調査報告 建築編-4, 建築基礎構造, 日本建築学会, 1998. 3) 若松加寿江, 沼田淳紀: 1995年兵庫県南部地震における地盤物性と液状化発生状況の関係, 第38回地盤工学研究発表会(投稿中), 2003. 4) 杉戸真太: 非正常地震動シミュレーション手法 (EMP-IIB) による直下地震動の推定, 第1回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.99-102, 1996.

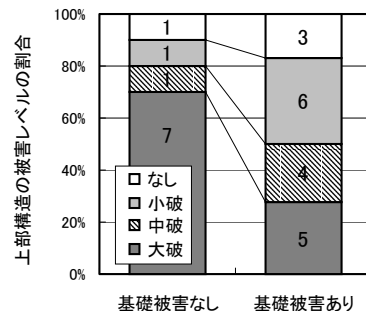


図4 液状化しにくい地盤における基礎被害の有無と上部構造の被害レベルの関係 (基盤地震動 600cm/s²以上)