

被災宅地および無被災宅地における非線形モデルに基づく地震応答解析

神戸大学都市安全研究センター 正 鳥居宣之
 神戸大学都市安全研究センター 正 沖村 孝
 関西電力(株) 村上岳彦

1. はじめに

兵庫県南部地震により発生した宅地地盤の変状被害の発生原因を明らかにするため、本報では地震により変状被害の発生した宅地とその宅地に隣接する変状被害の発生しなかった宅地において、有効応力を考慮に入れた非線形モデルに基づく地震応答解析を行い、地震時に発生する間隙水圧の上昇および累積的なひずみを考慮に入れた残留変位量をもとに宅地における変状被害の発生原因の考察を行った。

2. 解析対象地の概要

本報では図 - 1 に示す宅地を解析対象地とした。この宅地ではこの図に示すように宅地地盤の沈下や石積み擁壁のはらみ出し、クラックが多数発生している。また、この宅地では地震後にボーリングが実施されている。図 - 1 にその位置を示す。本研究では解析対象地に2本の測線を設定した。測線 A1 - B1 は被災宅地に設定し、測線 A3 - B3 は無被災宅地に設定した測線である。

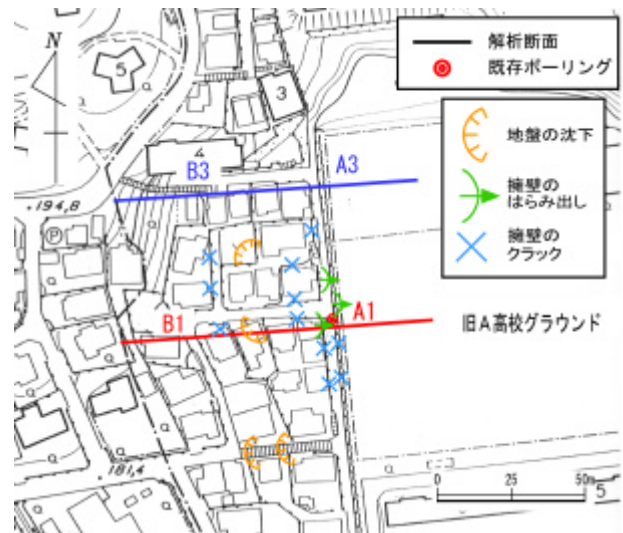


図 - 1 解析対象地（測線および被害分布）

3. 地震応答解析モデル

測線 A1 - B1 および測線 A3 - B3 に対して、運輸省港湾技術研究所により開発された解析コード「FLIP」を用いて非線形モデルによる地震応答解析を行った。FEM メッシュは、それぞれの測線において実施した反射法弾性波探査および水準測量の結果をもとに作成している。また、入力物性値は表 - 1 に示す値を設定した。地震応答解析モデルに入力する地震動は、神戸大学工学部で記録された E W 方向および U D 方向の地震動記録を用いた。

表 - 1 入力物性値

	N値	単位体積重量質量 (kPa)	初期せん断弾性係数 G_{m0} (kPa)	初期体積弾性係数 K_{m0} (kPa)	ポアソン比	せん断波速度 V_s (m/s)	縦波速度 V_p (m/s)	内部摩擦角 (deg)	粘着力 c' (kPa)	減衰定数 η_{max}	間隙率 n	変相角 ρ (deg)
盛土	7	19.6	46838.5	197289.5	0.39	153	360	40	10.00	0.25	0.45	-
崖錐堆積物	粘性土	4	15.7	40317.1	490524.7	0.46	159	583	15	0.00	0.15	0.45
	砂	2.3	17.6	20072.5	52346.0	0.33	106	210	30	0.00	0.25	0.45
	有機シルト	4	13.7	35277.5	429209.1	0.46	159	583	10	0.00	0.15	0.45
基盤	60	22.9	229518.7	306025.0	0.20	500	511	45	400.00	0.02	0.05	-

4. 地震応答解析の結果

非線形モデルによる解析の結果、得られた測線 A1 - B1 および測線 A3 - B3 の変位量のベクトル図を図 - 2, 3 に示す。なお、ここに示す変位量は入力地震動最終時刻における残留変位量である。また、図 - 2 中に示した被害分布は、図 - 1 に示した被害のうち、測線上に現れた被害の位置を示したものである。

図 - 2 より、宅地斜面における変位は、実際に地盤の沈下が発生した場所から宅地斜面最下部の擁壁のはらみ出しが生じた場所および旧 A 高校グラウンドにかけての範囲で現れている。また、変位の方向は、宅地斜面内においては表層と基盤の境界面と平行であり、旧 A 高校グラウンドでは斜め上向きの変位が見られる。さらに、各節点における変位量の大部分は、有機シルト層上面および砂層内で現れている。このことから、有機シルト層および砂層内においてすべり面

が発生したと考えられる。

一方、図 - 3 に示した測線 A3 - B3 では、宅地斜面下部でのみ変位量が現れているが、測線 A1 - B1 での結果に比してきわめて狭い範囲で変位量が現れており、その値も測線 A1 - B1 で得られた値に比してきわめて小さい。

図 - 4 に断面の地下水面下の各土層における間隙水圧の時刻歴を示す。これより、粘土層を除く各土層において入力地震動が大きくなる 30 から 40(sec)の間で間隙水圧が大きく上昇しているのが分かる。また、入力地震動が小さくなる 60(sec)以降では、ほぼ一定の値を示している。また、35(sec)付近に見られる間隙水圧が瞬間的に大きくなっている部分でも初期有効拘束圧には達しておらず、このことから断面では、入力地震動がピークを示す時間帯には砂層で瞬間的に間隙水圧は上昇するが、完全に液状化しなかったものと考えられる。つぎに測線 A3 - B3 の断面における地下水面以下の各層における間隙水圧の時刻歴を図 - 5 に示す。砂層および有機シルト層では、入力地震動がピークを示す時間帯においても間隙水圧の上昇はほとんど見られず、50(sec)以降はほぼ 0 (kPa)を示している。このことから、測線 A3 - B3 では全く液状化には至らず、間隙水圧の低下に伴う剛性の低下は無かったと判断できる。

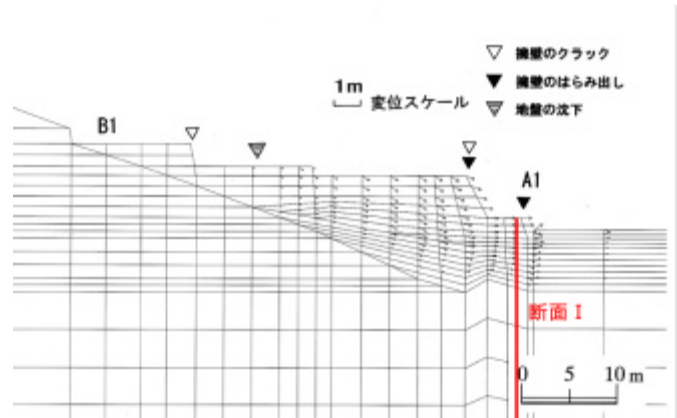


図 - 2 測線 A1 - B1 変位量ベクトル図

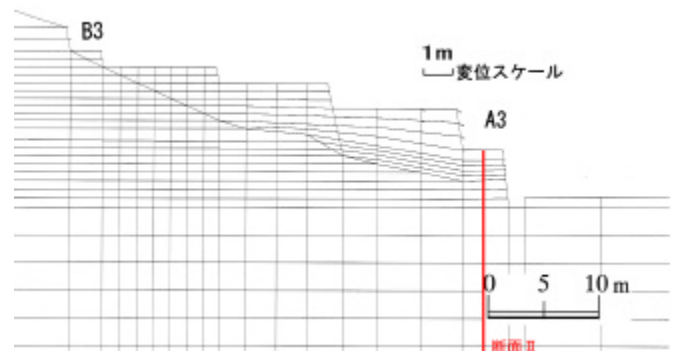


図 - 3 測線 A3 - B3 変位量ベクトル図

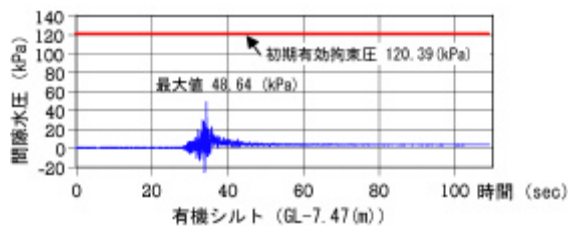
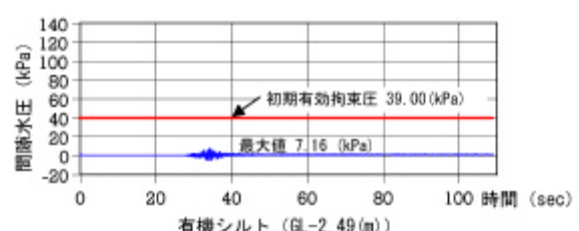
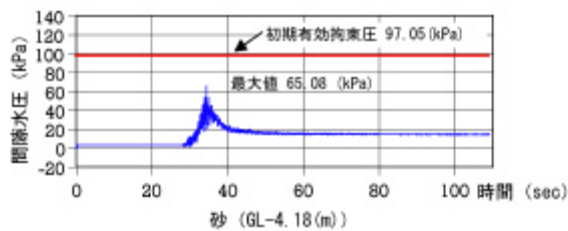
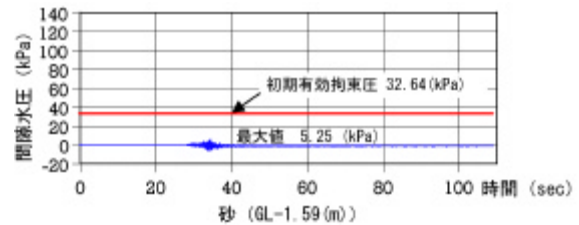
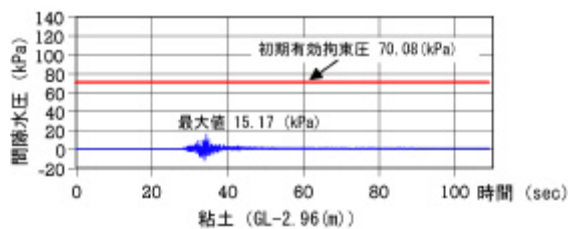


図 - 5 間隙水圧の時刻歴 (断面)

図 - 4 間隙水圧の時刻歴 (断面)