

# 東日本大震災における仙台市の造成宅地被害要因の統計的分析

東北大学 ○川田美邦 正 森友宏 フ 風間基樹

## 1. 研究の背景と目的

東北地方太平洋沖地震で、仙台市に位置する大規模谷埋め盛土造成宅地において、多くの家屋被害が発生した。その中でも、盛土部における家屋の被害発生率が切土部の25倍以上<sup>1)</sup>となり、基盤により大きな差異が生じた。しかし、盛土上での被害については、複数の要因が相互に影響し合って発生しており、それらの関係は明らかになっていない。そこで本研究では、東北地方太平洋沖地震で被害を受けた仙台市宮城野区鶴ヶ谷地区の盛土部を対象とし、地形因子と被害との関係について統計的に分析を行った。

## 2. 対象地域の被害の概要

対象地区の被害状況を図1と表1に示す。被害の詳細は参考文献を参照されたい。表1から切土上に比べて盛土・切盛境界上の家屋の被害数が、全ての被害形態において大きくなっていることがわかる。また、図1は盛土の切盛図に被害を受けた家屋をプロットした図であるが、これを見ると、特に全壊家屋が切盛境界周辺に集中していることが分かる。

表1 鶴ヶ谷地区の被害家屋数

	盛土	切盛境界	切土	計
全壊	24	17	0	41
半壊	29	26	6	61
一部損壊	126	78	46	250
無被害	817	567	921	2305
計	996	688	973	2657

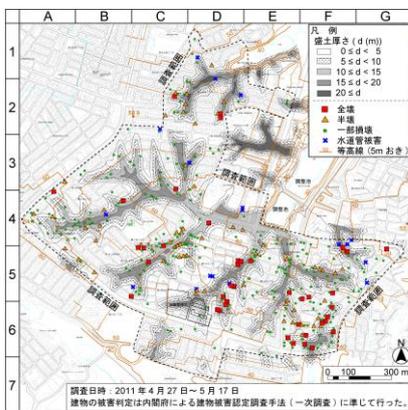


図1 鶴ヶ谷地区の被災状況

## 3. 分析手順

今回検討した影響因子は、地山傾斜角・地表面傾斜角・切盛境界からの距離（以下境界距離）・盛土厚の4つとした。まずこれらを、図1を用いて盛土上の全家屋について数値化した。図1からは、地山傾斜角は10°間隔、地表面傾斜角は1°間隔、境界距離は10m間隔、盛土厚は5m間隔に分類した。それぞれの最大値は地山勾配が20°、地表面傾斜角が3°、境界距離が120m、盛土厚が20m～25mである。次に、4つすべての因子をそろえたときの家屋数を分母とした被災率を、全ての組み合わせについて求め、これを基本データとしてクラスター表を作成した。被災率の分子には、累計被害数を用いた。これをもとに、ある1つの因子が変化したときの被災率の変化をグラフにし、被災率への影響を検討した。このように3つの因子を等しくすることで、ある因子が変化したときの被災率変化が分かる。被害への影響の大きさを定量的に把握するために、このグラフの単位量あたりの変化量をその因子の被災率に対する感度として求めた。

## 4. 分析結果と考察

図2～4に、2つの因子を固定したときの、被災率と2つの因子との関係図の一例を示す。いずれのグラフも縦軸に被災率を取り、横・奥行軸に各因子を取った。

図2は盛土厚が10～15m、地表面傾斜角が1～2°のときの、境界距離と地山勾配、被災率の関係図である。この図を見ると、いずれの地山勾配でも境界距離20～30mと50～60mのところで被災率が高くなっている。また、地山勾配が0～10°の場合が、地山勾配がそれ以上の場合と比べて、被災率が高くなっている。この傾向は、地表面傾斜角2～3°で、盛土厚10m～15m・15～20mの場合でも、同様の傾向が現れた。一方で盛土厚が0～5m、5～10mでは同様の結果が現れなかった。

次に、図3は地表面傾斜角が1～2°・境界距離が20～30mの場合の地山勾配と盛土厚・被災率の関係図である。これを見ると、地山勾配に関わらず、盛土厚が

大きくなると被災率も増加する傾向があった。また、盛土厚 0~10m においては、地山勾配が大きくなるにつれて被災率は増加する傾向があったが、盛土厚が 10m 以上になると、そのような傾向は現れなかった。この傾向は、他の地表面傾斜角と境界距離の組み合わせでも、概ね同様に現れた。

図 4 は、地表面傾斜角が 1~2°で地山勾配が 20°以上の場合の境界距離と盛土厚、被災率の関係図である。この図を見ると、盛土厚が 0~10m の場合では、特に境界距離が 0~30m の被災率が高くなっている。一方で盛土厚が 10~20m の場合では、盛土厚が 0~10m である場合と比べて、50~60m のときの被災率が高くなっている。これは、等しい境界距離でも、盛土厚によって被災率が変化することを示している。

また、地表面傾斜角と被災率の関係では、地表面傾斜角が 0~1°のとき他の因子に関わらず、被災率がすべて 0 となった。しかし、地表面傾斜角が 1°以上になった場合では、被災率との関係は明確でなかった。そこで、地表面傾斜角の被災率への影響を把握するために、地山勾配の感度を条件別に比較した表を示す(表 2)。これを見ると、地表面傾斜角が大きいほうが感度の絶対値が大きいたことが分かる。これは、地表面傾斜角が大きくなると、地山勾配によって被災率がより大きく変化することを示している。

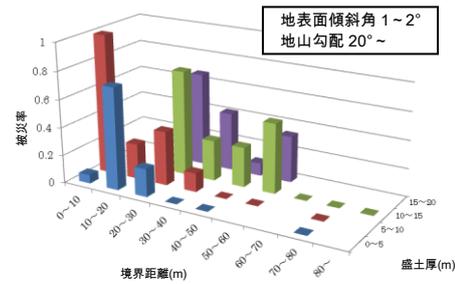


図 4 境界距離と盛土厚の被災率との関係

表 2 地山勾配感度の一例

盛土厚 (m)	境界距離 (m)	地表面傾斜角 (°)	ある幅における地山勾配の感度(1/°)	
			0~10-10~20	10~20-20~
10~15	20~30	0~1	0.000	-
		1~2	0.008	0.037
		2~3	-0.050	0.057
10~15	30~40	0~1	0.000	0.000
		1~2	-0.011	0.010
		2~3	-0.040	0.007
10~15	40~50	0~1	0.000	-
		1~2	0.014	0.014
		2~3	-0.011	0.029
.	.	.	.	.

以上のように、被災率は一つの要因による単調増加・減少などで表されるものではなく、様々な要因(例えば、盛土厚、境界距離、地山勾配、地表面傾斜角)の影響を複雑に受けていることが分かった。また、表 2 から分かるように、一つの感度だけを見ても、その大きさは条件によって異なり、複雑である。しかし、実際の被害調査結果で明らかのように、被害はある傾向を持って現れているので、今後、ある造成宅地の持つ因子から被害率を算定するための関係式の構築を試みたい。

## 5. 結論

以上の結果から以下の知見を得る。

(1) ある因子による被災率への影響は、他の因子とも関係があり、一意に決まらない。

(2) 盛土厚が大きくなると被災率が大きくなることは全体で言える。

(3) 盛土厚が小さいと地山勾配の影響を受けやすく、その大きさは地表面傾斜角の影響を受ける。特に地山勾配が 20°以上になると、切盛境界近くでの被害が卓越する。

参考文献

1) 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会報告書 DVD-ROM, 第 3 部門(地盤工学) 3.3.2 仙台市(宅地保全審議会), 2013.

2) 森友宏, 風間基樹, 佐藤真吾: 東日本大震災における仙台市の大規模造成宅地の地震被害調査—5 つの造成地における全域踏査—地盤工学ジャーナル vol.9, No.2, pp.233-253, 2014

3) 森友宏, 風間基樹: 2011 年東北地方太平洋沖地震における仙台市泉区の谷埋め盛土造成地の被害調査 地盤工学ジャーナル vol.7, No.1, pp.163-173 ,2012

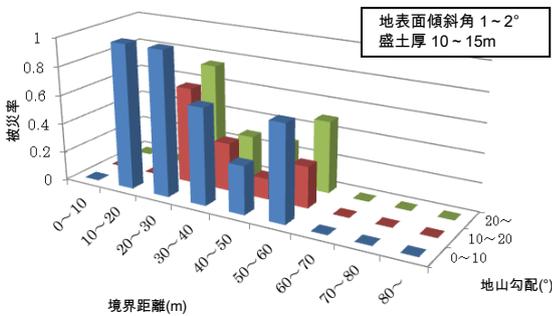


図 2 境界距離と地山勾配の被災率との関係

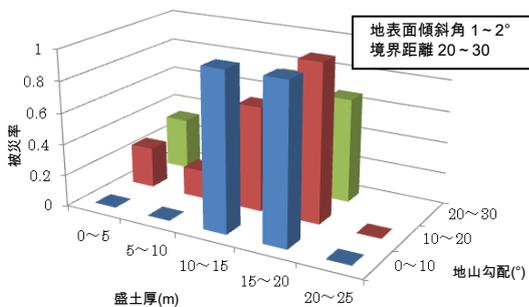


図 3 盛土厚と地山勾配の被災率との関係