

東日本大震災により被災した仙台市の丘陵造成宅地に対するリスク評価

○大場 千裕（学） 東北学院大学工学部環境建設工学科
吉田 光輝 東北学院大学工学部環境建設工学科
飛田 善雄（正） 東北学院大学工学部環境建設工学科

1. はじめに

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震で、仙台市の造成宅地では甚大な被害が発生した¹⁾。この地震による宅地被災は、仙台市の報告によれば被災宅地は4000を超え、被害を受けた家屋は7000を超えている。被災した造成宅地は仙台中心部から半径5kmに多く存在し、造成年代は早く、その多くは宅地造成等規正法の適用は受けていない。

本報告は、宅地被災へのリスク解析の適用を試みた試行的結果を述べるものである。解析の様々なステップで今後詳細に検討すべき課題はあるものの、リスク解析を利用して、宅地耐震化の意義と利便性を議論できる可能性を示すことができた。

2. 地震時の宅地災害の素因と誘因

地震時の宅地災害に影響を及ぼす素因（地盤の状況を示す情報）を本研究では9種類挙げ、それぞれ分類し、暫定的な評価値を与えた（表2.1参照）。

宅地の各素因に対して、詳細なデータがない場合の標準モデルをまず考察した。標準モデルの設定のため、素因に重みを与える。重みは標準を1.0とし、それぞれの造成宅地を踏査して、宅地被害の際に重要と思われる素因は1.0よりも高く設定することとした。

表2.1は、宅地における素因の種類と状態の分類及び評価値、標準モデルの各素因の重みを示している。

宅地災害の誘因は、地震動である。

本研究では、同じ宅地内でも地震動の揺れの程度が異なることに着目した。図2.1には、宅地内の家屋の位置を示す。宅地の中心部であるCブロックは地震動の増幅は小さいものとできる。一方、角のAブロックやのり面近傍のBブロックは、地震動が増幅され、揺れも大きくなる。

そのため、増幅が大きい宅地の場合、素因で得られた安全指数を最後に1.1で割るものとした。

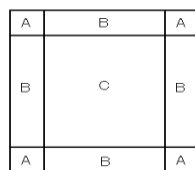


図2.1 家屋の立地場所

表 2.1 宅地の素因

素因の種類	状態の分類	重み
地盤種別	切盛境界 (0.4) 盛土 (0.8)	2.0
平均斜度	4 度以下 (1.0) 5 度以上 9 度以下 (0.8) 10 度以上 (0.6)	2.0
盛土材料① (盛土の N 値)	3 以下 (0.8) 4 以上 5 以下 (1.0) 6 以上 (1.2)	2.0
盛土材料② (盛土の細粒分)	30%以上 (0.8) 20%以下 (1.0)	2.0
液状化の可能性の有無	有 (0.6) 無 (1.0)	2.0
地下水の高さ	盛土の 1/2 より 高い (0.6) 低い (1.2)	2.0
全体を支える土留め設備が十分に機能しているか (平均斜度が 4 度以下の場合のみ)	機能している (1.2) 機能していない (0.8)	4.0
土留め壁あるいは地すべり防止杭が十分に機能しているか (平均斜度が 5 度以上の場合のみ)	機能している (1.2) 機能していない (0.8)	4.0
施工年数	1980 年以後 (1.2) 1978 年以後 1989 年以前 (1.0) 1981 年以後 1977 年以前 (0.8) 1980 年以前 (0.6)	2.0
地表面排水設備 (側溝の機能状態)	良好 (1.0) 不良 (0.8)	1.0

3. 宅地に対策工法を行ったときの安全性の改善

表 2.1 を使用し、各宅地に対して、式 (1) により、相乗平均を算出する。(a は素因の評価値)

$$(a_1^{\text{重み}} \times a_2^{\text{重み}} \cdots \times a_9^{\text{重み}})^{(1/9)} \quad (1)$$

得られた値に 100 を掛けて、標準モデルでの宅地の安全指数とする。

今回、我々が調査した団地について、表 3.1 に標準モデルでの安全指数の変化を示す。団地名を、A, B, C, D 団地と表現する。対策工は、(1) が抑止杭等の工法で、(2) は、(1) の工法と盛土内排水等を施したものである。

表 3.1 標準モデルでの宅地の安全指数

団地名	現時点での安全指数	対策後の安全指数 (1)	対策後の安全指数 (2)
A 団地	5.9	6.9	8.3
B 団地	5.8	6.9	8.3
C 団地	5.7	6.4	7.8
D 団地	6.6	7.9	8.1

次に、調査が実施された場合には、団地毎に各素因の影響は異なるので、調査結果に基づき、宅地別に重みを設定し、個別モデルを作成する。設定方法は、その宅地において大きな被害を発生させた要因となる

素因の種類の重みを標準モデルよりも高くした。

ここで、具体的にB団地のみ設定方法の説明をする。B団地は、地下水位が高く、盛土内排水が適切に行われていなかったことが主な被害要因と考えられるので、地下水の高さの重みを標準の2.0から3.0に、地表面排水設備の重みを標準の1.0から2.0に引き上げて、安全指数を算出している。

表3.2には、B団地の個別モデルの重みを用いた安全指数の変化を示す。

表3.2 個別モデルでのB団地の安全指数

団地名	現時点での安全指数	対策後の安全指数 (1)	対策後の安全指数 (2)
B団地	53	64	84

表3.1と3.2を比較すると、個別モデルは素因の弱点が強調されるため、標準モデルよりも4-6点程度低く算出される。

4. 宅地被災のリスク解析

リスクとは、単に被害の大きさを表わすものではなく、被害の大きさとその発生確率をかけたものをリスクと呼んでいる²⁾。リスク解析は、工学や環境の分野ばかりでなく、政治、経済などにも利用され、政策決定などにも利用されている普遍的な解析手法である。ここでは、宅地被災について、リスク解析の適用を考察してみる。

本研究では、地震時の宅地被災の確率 (p) と、被害が生じたときの戸当たりの損失金額 (Cd) を想定し、地震時の戸当たり一年間の損失金額の算定を行う。

$$p \times C_d \quad (\text{単位: 円/年} \cdot \text{戸}) \quad (2)$$

地震時の宅地被災の確率 (p) は、式 (3) に表わす。

$$p = p_1 \times p_2 \quad (3)$$

ここに p₁ は、地震の発生確率で過去のデータより、(1/30) とする。p₂ は、地震が発生したときの宅地被災確率で図4.1に示す式で、宅地の安全指数の関数として与える。

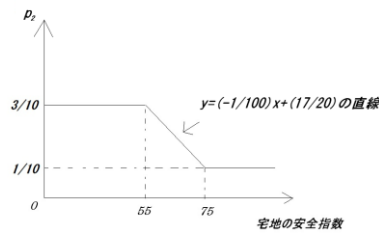
C_d は被害が生じた

ときの戸当たりの損失金額で

図4.2に示す式で、

宅地の安全指数の関数として与える。

図4.1 p₂算定のためのグラフ



ここでは、B団地の地震時における宅地被災のリスク解析を行う。B団地の戸数は60戸、個別モデルでの安全指数は53点である。対策工として宅地内の排水

工で概算工事費は3億円とすると、一戸当たりの負担額は500万円である。対策後の安全指数は67点に改善される。

無対策の場合、一戸当たりの一年間の損失金額(期待値)は、式(2)より20万円/年・戸となり、対策後は、8,400円/年・戸に改善される。団地全体で考慮すると損失金額の差は2億880万円と試算された。

最後に宅地耐震化事業の有用性の評価を行う。有用性の評価は、次式で算出する。

$$\frac{(\text{無対策の場合の損失金額} - \text{対策後の損失金額})}{(\text{宅地耐震化事業のコスト})}$$

(宅地耐震化事業のコスト)

この値が1.0を超えその値が大きいほど、宅地耐震化事業は有用であるといえる。

B団地について試算してみると、宅地耐震化事業のコスト3億円が全額住民負担の場合0.70、半額補助(住民負担が1億5千万円)の場合1.40となる。

5. 考察

宅地耐震化事業の有用性の試算より、今回の設定条件では、個人で全額負担した場合、有用性はないが、国から半額補助が出された場合、国側にも住民側にも有用性がうまれるという結果が得られた。どのように各ステップでの詳細かつ精度の高い設定を行うかについては、今後の検討が必要であるものの、リスク解析を宅地被災に適用することの可能性とその意義は示すことができたものと考えられる。

6. 参考文献

1) 沖村孝, 岡田肇, 鍋島康之, 野並賢: 東北地方太平洋沖地震による仙台市内及び周辺の宅地被災調査報告 2011
2) 遠藤靖典 コロナ社: リスク工学の基礎 pp. 41-49, 2008

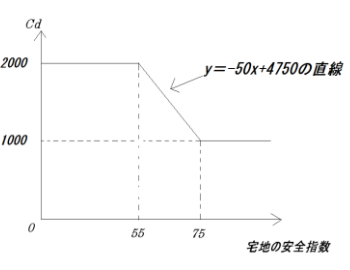


図4.2 Cd算定のためのグラフ