

大阪大学 大学院工学研究科 学生会員 ○駒井尚子
 大阪大学 大学院工学研究科 正 会 員 秦 吉弥
 大阪大学 大学院工学研究科 フェロー会員 常田賢一

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動の作用による造成宅地の地盤災害が顕在化している。これまで宅地造成斜面の耐震検討は、すべり安全率による崩壊の有無に関する検討や Newmark 法などを用いた滑動変形量の評価に主眼が置かれており、斜面崩壊の範囲については十分な検討がなされていないのが現状¹⁾である。そこで本稿では、既往の大規模地震により斜面崩壊が発生した宅地造成斜面を取り上げ、大規模地震による斜面崩壊範囲の評価に関する基礎的な検討を行った結果について報告する。さらに、ケーススタディ²⁾により得られた知見を踏まえたパラメトリックスタディを行うことで、現行の建築禁止距離の規制式に関する問題点を明らかにするとともに、建築禁止距離の規制式に関する新たな提案を行った結果についても報告する。

2. がけ条例による建築禁止距離

宅地造成斜面の周辺に住家などを建設する際には、建築基準法の施行条例(以後、がけ条例³⁾と呼ぶ)が関わってくる。しかしながら、後述するケーススタディでは、がけ条例の適用範囲内の斜面だけでなく適用範囲外の斜面においても住家の基礎部分にまで斜面崩壊が進行しており、建築禁止距離 L (図-1 参照)に関する新提案の必要性が示唆される。がけ条例による建築禁止距離 L は、7つのタイプに分類することができ、斜面高さ H の2倍とする規制が約7割を占める(図-1内の円グラフ参照)。

3. ケーススタディに基づく斜面崩壊範囲の評価

表-1 は、斜面崩壊範囲に関するケーススタディにより得られた結果²⁾を取り纏めたものであり、本稿では、福島市伏拝あさひ台団地⁴⁾での事例(Case_1)を紹介する。

対象斜面は、緩勾配であったため、福島県のがけ条例の適用外であったものの、2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動の作用により、斜面崩壊の範囲が住家の基礎部分にまで及ぶ深刻な被災が確認された(図-2 内の被災写真参照)。図-2 に対象斜面における崩壊範囲の推定結果を示す。斜面安定解析には修正フェレニウス法に基づく円弧すべり解析を実施し、臨界すべり円の抽出⁵⁾を行った。具体的には、二次すべり⁶⁾を考慮した斜面安定解析を連続的に実施した結果、一次すべりならびに二次すべりに基づく崩壊範囲の推定距離は 85.6m となり、崩壊実績である 85.9m とほぼ一致する結果⁵⁾が得られた。

表-1 には、上記と同様の解析を他の宅地造成斜面に適用した7つのケーススタディの結果を取り纏めており、崩壊実績に対して一次すべりと二次すべりを同時に考慮することで、概ね1割程度の誤差で斜面崩壊範囲を評価できているのが読み取れる。このことは、大規模地震時

における斜面崩壊範囲の評価では、一次すべりだけでなく二次すべり(一次すべりによる不安定化した土塊のすべり)についても考慮する必要性を示唆している。

4. 建築禁止距離の新提案

上述した7つのケーススタディの検討結果から得られた知見をもとに、斜面崩壊範囲に影響を及ぼすことが予想されるパラメータとして、計11種類のパラメータをそれぞれ選定し(斜面形状に関しては図-3参照)、パラメトリックスタディを実施した。解析ケースの内訳については、①崩壊範囲に大きな影響を及ぼすことが予想されるパラメータを抽出するための感度分析による48ケース、および②感度分析の結果を踏まえ斜面高さ H と法勾配 $1:s$ の組合せを考慮した462ケース($s_1=s_2$, $k_1=k_2$: 206ケース, $s_1 \neq s_2$, $k_1 \neq k_2$: 256ケース)の2種類である。斜面崩壊範囲の推定方法は、上述した7つのケーススタディと同様であり一次すべりと二次すべりによる影響を考慮した。

図-4にパラメトリックスタディの結果を示す。図-4(a)～図-4(g)の7つの図面は、がけ条例による建築禁止距離(TYPE-1～TYPE-7: 横軸)に対して、パラメトリックスタディ(計510ケース)による斜面崩壊範囲の推定値(縦軸)をプロットしたものである。図-4の図中には、45°の角度を有する基準直線(以後、45度線と呼ぶ)も同時に示しており、45度線よりも下側にプロットされているケースでは、斜面崩壊範囲の推定値が建築禁止距離を下回っている安全側、一方で、45度線よりも上側にプロットされているケースでは、斜面崩壊範囲の推定値が建築禁止距離を上回っている危険側であることを意味している。なお、法勾配を変化させた206ケースについては、 s_1 と s_2 の平均値を法面勾配 $1:s$ の値としている。図-4(a)～図-4(g)を比較すると、規制式において法面勾配の影響を考慮することで、斜面崩壊範囲の推定精度が向上することが読み取れるが、現行のがけ条例による建築禁止距離の規制式(TYPE-1～TYPE-7)の利用では、斜面崩壊範囲を十分な精度でかつ安全側に評価することができていない。

そこで本研究では、建築禁止距離の規制式に関する新たな提案を行った。具体的には、510ケースによる斜面崩壊範囲の推定値を包絡し、なおかつ推定値との差異が最小になるように定式化を行った結果(図-4(h)参照)、建築禁止距離の規制に関する新提案式は次式で表される。

$$L = 0.6H + 0.9H \times s + 9.1 \text{ (m)} \quad (H \geq 3, s: \text{法面平均勾配})$$

5. まとめ

本稿では建築禁止距離の規制式に関する新提案を行った結果を紹介した。斜面の諸元が既知である場合、提案式よりも一次すべりと二次すべりの影響を考慮した斜面崩壊範囲の直接評価に優位性があることを付記しておく。

参考文献

- 1) 駒井尚子, 秦吉弥, 常田賢一, 魚谷真基: 大規模地震時による宅地造成斜面の崩壊範囲の評価に関する基礎的検討, 第33回地盤工学研究発表会講演論文集, 土木学会, Paper No.2-455, 2013.
- 2) 駒井尚子, 秦吉弥, 常田賢一: ケーススタディに基づく大規模地震による宅地造成斜面の崩壊範囲の評価に関する基礎的検討, 土木学会論文集 A1, Vol.70, No.4, 2014 (掲載決定).
- 3) 平出務, 田村昌仁: 建築物の敷地に関する技術基準類の現状—その2 かけ条例—, 第41回地盤工学研究発表会, No.5, pp.9-10, 2006.
- 4) 秦吉弥, 中村晋, 野津厚: 地盤非線形応答時のサイト増幅特性の評価—2011年東北地方太平洋沖地震による福島市の造成盛土崩壊地点での地震動の推定—, 地盤工学ジャーナル, Vol.7, No.1, pp.139-149, 2012.

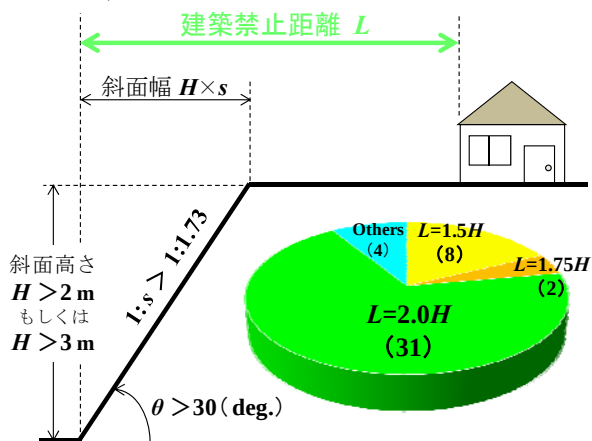


図-1 かけ条例による建築禁止距離規制³⁾に関する現状

- 5) 駒井尚子, 秦吉弥, 常田賢一: 2011年東北地方太平洋沖地震における福島市伏拝あさひ台団地での斜面崩壊範囲の評価, 第10回地盤工学学会関東支部発表会(Geo-Kanto2013), Paper No.A0004, 2013.
- 6) 常田賢一, 須山翔太, 寺西弘一: 道路盛土の二次すべりを考慮した耐震安定性の評価法に関する考察, 第55回地盤工学シンポジウム平成22年度論文集, 地盤工学学会, pp.161-166, 2010.

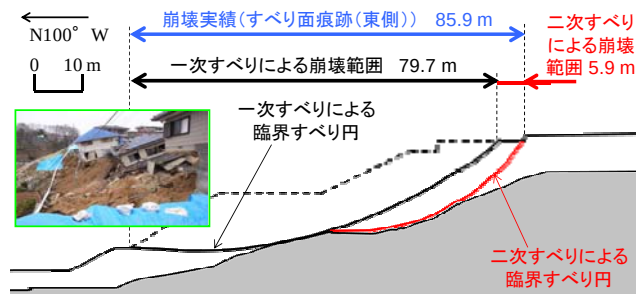


図-2 対象斜面(Case_1)⁴⁾における斜面崩壊範囲の評価⁵⁾

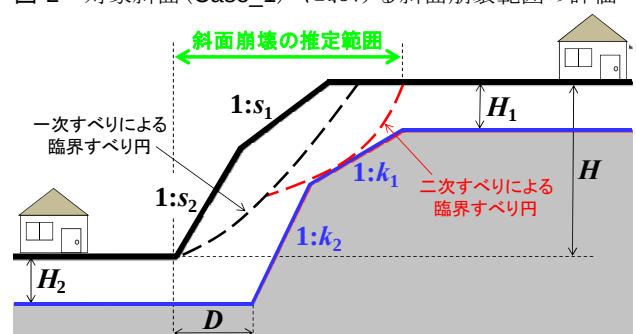


図-3 パラメトリックスタディにおいて考慮した斜面形状

表-1 ケーススタディによる斜面崩壊範囲の評価結果一覧 (文献2)より一部抜粋)

検討ケース	Case_1	Case_2	Case_3	Case_4	Case_5	Case_6	Case_7
被災地震名	2011年東北地方太平洋沖地震	2011年東北地方太平洋沖地震	2011年東北地方太平洋沖地震	2011年東北地方太平洋沖地震	2004年新潟県中越地震	2001年芸予地震	1993年釧路沖地震
被災地点	福島市伏拝あさひ台団地	仙台市西花苑	山元町 太陽ニュータウン	一関市 館ニュータウン	長岡市 高町団地	呉市両城	釧路市 緑ヶ岡団地
崩壊範囲R (m)	85.9	7.3	8.8	7.7	26.7	5.2	9.8
推定範囲(二次)E ₂ (m)	85.6	7.1	8.8	8.0	29.8	5.7	9.8
推定精度(二次)E ₂ /R	1.00	0.97	1.00	1.04	1.12	1.10	1.00

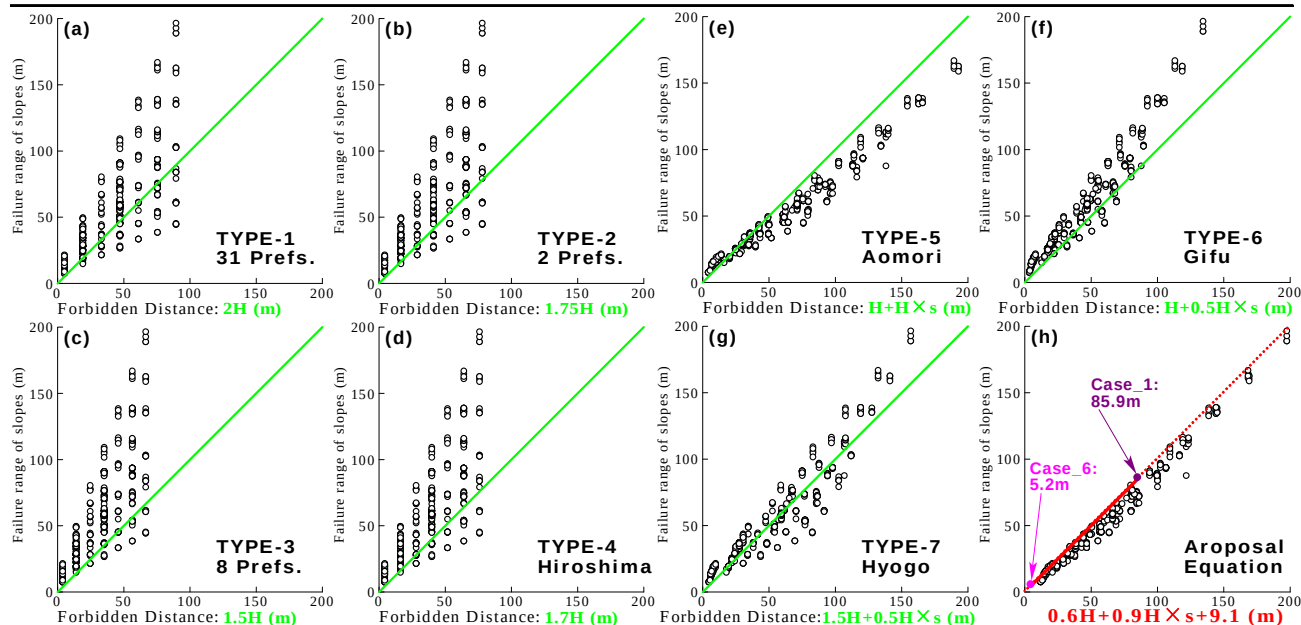


図-4 現行のかけ条例による建築禁止距離³⁾の問題点(同図(a)~(g))と, 本研究における規制に関する新提案式(同図(h))