

統計分析に基づく地震断層変位量の予測

法政大学大学院 学生会員 ○諸井亮磨 正会員 酒井久和
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 正会員 片岡正次郎
 産業技術総合研究所 正会員 吉見雅行

1.はじめに

2016年熊本地震では、地表地震断層(以下地震断層)による橋梁の損傷が多数発生した。道路橋示方書(平成29年度版)には、断層変位に対して影響を受けないよう架橋位置又は橋の形式の選定を行うことが新たに定められた。そのため、地震断層の発生位置や地震断層変位量の把握が非常に重要となってきた。マグニチュードと地震断層の最大変位量の関係式は松田¹⁾、片岡²⁾によって提案されているが、熊本地震などの最新の知見を考慮した改定が必要である。

本研究では、近年発生した地震データを追加し、片岡らの提案式を更新する。また、地震断層の断層変位量は推定活断層位置から離れほど小さくなると想定されることから、既往地震における推定活断層から地震断層までの距離と地震断層変位量の関係を統計分析し、任意地点の断層変位量の推定式も検討する。

2.研究方法

地震断層が出現した地震に関する論文、調査報告書³⁾、活断層詳細デジタルマップなどから最大変位量、マグニチュード、活動度などのデータを収集する。これらのデータをもとに、地震断層の最大変位量 D_{max} —モーメントマグニチュード M_w の回帰式を作成する。また、推定活断層から地震断層までの距離 R —地震断層変位量 D の散布図をもとに設計を睨んだ断層変位の上限値の推定も行う。

3.最大変位量の推定

3.1 モーメントマグニチュード

国内地震を対象として、断層のタイプごとの M_w と D_{max} の関係を図-1、縦ずれ断層型、横ずれ断層型地震の回帰式を式(1)、(2)に示す。

$$\log_{10} D_{max} = 0.92M_w - 5.9 \quad (1)$$

$$\log_{10} D_{max} = 1.2M_w - 7.8 \quad (2)$$

ここに、 D_{max} は地震断層の最大変位量(m)、 M_w はモーメントマグニチュードである。

式(1)、(2)の相関係数は0.87、0.93と非常に相関が高い。

次に国内外地震を対象として、断層のタイプごとに分析を行った結果、 M_w と D_{max} の関係を図-2、縦ずれ断層型地震、横ずれ断層型地震の回帰式を式(3)、(4)にそれぞれ示す。

$$\log_{10} D_{max} = 0.63M_w - 4.1 \quad (3)$$

$$\log_{10} D_{max} = 0.95M_w - 6.4 \quad (4)$$

式(3)、(4)の相関係数は0.67、0.91であり、縦ずれ断層と横ずれ断層では、相関係数には大きな差が生じた。縦ずれ断層においてデータの相関が低いことから、ボリンジャーバンドを用いて外れ値を抽出、除外して再度分析を行った(図-2 下部に表記)。図-1、図-2より、国内地震は、国内外地震と同じ規模の M_w であれば、 D_{max} は大きい傾向であることがわかる。

キーワード：地表地震断層、統計分析

住所：東京都新宿区市谷田町 2-33 電話番号：03-5228-1406

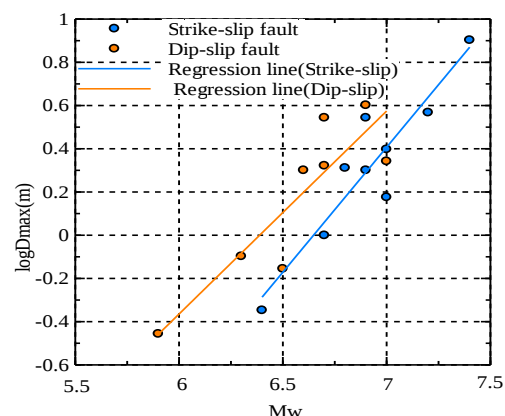


図-1 最大変位量-モーメントマグニチュードの関係 (国内地震)

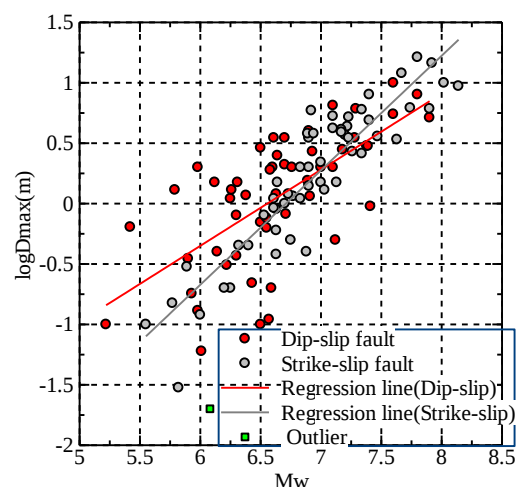


図-2 最大変位量-モーメントマグニチュードの関係 (国内外地震)

国内外地震を対象として、横ずれ断層、縦ずれ断層変位の 100%非超過曲線を図-3、図-4 に、100%非超過推定式を式(5)、式(6)にそれぞれ示す。

$$\log_{10} D_{\max_Mw_100_H} = 2.7 \log_{10}(M_w - 5.0) \quad (5)$$

$$\log_{10} D_{\max_Mw_100_V} = 2.1 \log_{10}(M_w - 4.5) \quad (6)$$

ここに、 $D_{\max_Mw_100_H}$ 、 $D_{\max_Mw_100_V}$ は横ずれ断層、縦ずれ断層変位の 100%非超過推定式から算出される地震断層の最大変位量(m)。

3.2 推定活断層からの距離

横ずれ断層、縦ずれ断層の推定活断層から既往の国内地震で実際に発生した地震断層までの距離 R (km)と地震断層変位量 D (m)を図-5、図-6 にプロットする。ただし、地震断層変位量 D (m)は、各モーメントマグニチュード M_w の地震断層変位量を推定式(5)、(6)より算出した推定値で除して正規化している。また、横ずれ断層変位、縦ずれ断層変位の 100%非超過上限式を式(7)、(8)に各々示す。

$$\left. \begin{aligned} D_{des100_H} &= 0.94 \times D_{\max_Mw_100_H} & (0 \leq R \leq 0.5) \\ D_{des100_H} &= 0.43L^{-1.1} \times D_{\max_Mw_100_H} & (0.5 < R \leq 5.0) \end{aligned} \right\} (7)$$

$$\left. \begin{aligned} D_{des100_V} &= 0.75 \times D_{\max_Mw_100_V} & (0 \leq R \leq 3.0) \\ D_{des100_V} &= 81L^{-4.3} \times D_{\max_Mw_100_V} & (3.0 < R \leq 5.0) \\ D_{des100_V} &= 0.090 \times D_{\max_Mw_100_V} & (5.0 \leq R \leq 14.0) \end{aligned} \right\} (8)$$

ここに、 D_{des100_H} 、 D_{des100_V} は横ずれ断層、縦ずれ断層の正規化された 100%非超過地震断層変位量(m)。また、式(8)では 5km ルール⁴⁾より、推定活断層から 5km 以上離れた地震断層のデータを想定外の断層とし、5km 未満のデータと区別した。

4.まとめ

本研究では、国内地震を対象とした片岡らの横ずれ断層のモーメントマグニチュード M_w と最大地震断層変位量 $D_{\max}$ の関係式を更新し、縦ずれ断層の M_w と $D_{\max}$ の関係式を新たに提案した。また、国内外地震の縦ずれ断層、横ずれ断層のデータに基づいて M_w と $D_{\max}$ の回帰式を作成した。さらに、推定活断層と異なる地点で地震断層が発生した場合に、推定活断層から地震断層までの距離に応じて、最大地震断層変位量が前述の回帰式から低減される割合を推定する手法も提示した。

本研究は、地震工学委員会耐震基準小委員会活動の一環として実施した。

参考文献

- 1) 松田時彦：活断層から発生する地震の規模と周期について，日本地震学会編地震，第2輯，第28巻，pp.269-283，1975。
- 2) 片岡次次郎，日下部毅明：内陸地震の規模・タイプと地表地震断層の特性，土木学会論文集，No.801/I-73，pp.21-32，2005。
- 3) 栗田泰夫ほか：平成 28 年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査，活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測，pp.5-54，2017。
- 4) 松田時彦：最大地震規模による日本列島の地震分帯図，東京大学地震研究所彙報，65，pp.289-283，1990。

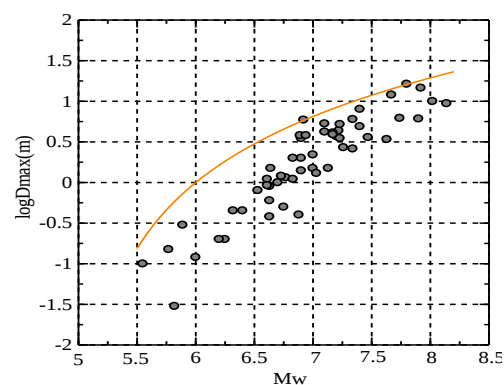


図-3 モーメントマグニチュード-最大変位量の関係 100%非超過曲線（横ずれ断層）

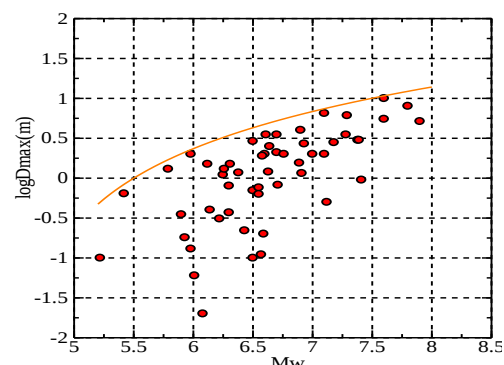


図-4 モーメントマグニチュード-最大変位量の関係 100%非超過曲線（縦ずれ断層）

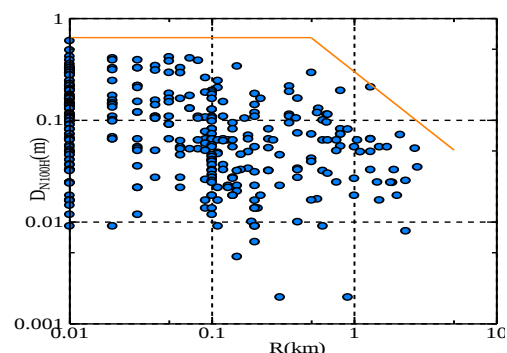


図-5 推定活断層から地震断層までの距離-断層変位量上限値の関係（横ずれ断層）

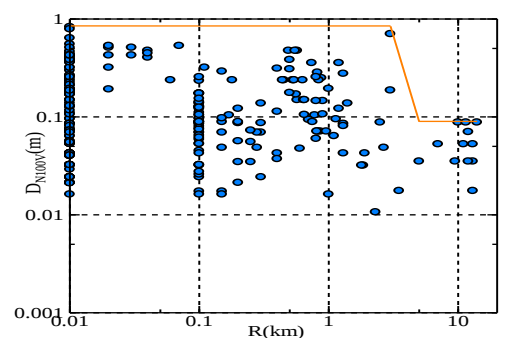


図-6 推定活断層から地震断層までの距離-断層変位量上限値の関係（縦ずれ断層）