

地表に出現した断層データを用いた最大断層変位量推定に関する検討

株式会社栗本鐵工所 正会員 ○森本 皓一

積水化学工業株式会社 正会員 西川 源太郎

金沢大学 正会員 宮島 昌克

株式会社クボタ 正会員 小田 圭太

JFEエンジニアリング株式会社 正会員 長谷川 延広

鳥取大学 正会員 小野 祐輔

1. はじめに

近年発生した内陸型地震により、地表に断層が出現する事例が多く見られる。そのため、断層横断部に管路を布設する場合には、管路の耐震設計がますます重要となってきた。配管設計時に重要な情報の一つとして、最大断層変位量が挙げられる。1980年に松田ら¹⁾によって、地表に断層が出現した距離と最大断層変位量との間に関係性があることが示された。また、断層出現距離は活断層デジタルマップ等から引用できることから、これらの情報を基に最大断層変位量を求めることが可能である。ただし、近年地表に出現した断層事例については、断層出現距離と最大断層変位量との関係性は明らかにされていない。また、断層は正断層、逆断層、横ずれ断層に分類されるが、断層のタイプ別に両者の関係性を比較検討した事例は少ない。

そこで本報では、土木学会 地震工学委員会「断層変位を受ける地中管路の設計手法に関する研究小委員会」活動の一環として、断層横断部における合理的な耐震設計の提案を目的に、日本および海外の事例を断層のタイプ別に分類した上で、断層出現距離から最大断層変位量を推定するための方法を検討した。

2. 日本の事例を対象とした最大断層変位量の推定精度確認

最初に、日本の14事例を対象に断層出現距離と最大断層変位量との関係を確認した。表1に対象とした事例の一覧を示し、図1に両者の関係性を示す。表1では、松田らの検討で使用された事例、および本報で検討に加えた事例を、それぞれ黒文字、赤文字で示した。断層出現距離と最大断層変位量との相関係数 r は0.96となり、両者の間に高い相関がある結果となった。ここで、最小二乗法により定数項を含まない一次式の形式で、断層出現距離 L (単位 m)より最大断層変位量 D_{MAX} (単位 m)を推定する式を求めた。本報で提案する推定式、および松田らにより提案された推定式を表2に示す。本報で提案した推定式の決定係数 R^2 は0.89と高く、また推定式の傾きは松田らの提案式の傾きよりもわずかに大きい結果となった。これより、日本の事例を用いて求めた推定式は、過去の事例で計測された最大断層変位量を精度良く再現できていることが確認できる。

次に、日本の14事例、および海外の96事例、合計110の事例²⁾を対象に、事例を正断層、逆断層、横ずれ断層に分類した上で、断層出現距離と最大断層変位量との関係を確認した。図2に、両者の関係を相関係数と併せて示す。

3. 断層タイプ別の断層出現距離と最大断層変位量との関係

次に、日本の14事例、および海外の96事例、合計110の事例²⁾を対象に、事例を正断層、逆断層、横ずれ断層に分類した上で、断層出現距離と最大断層変位量との関係を確認した。図2に、両者の関係を相関係数と併せて示す。

キーワード 地表地震断層, 最大断層変位量, 断層出現距離, 非超過確率

連絡先 〒559-0023 大阪市住之江区泉 2-1-64 株式会社栗本鐵工所 鉄管事業部 TEL 06-6686-6513

表1 日本の事例一覧

発生年	地震	断層のタイプ	断層	断層出現距離 L (m)	最大断層変位量 D_{MAX} (m)
1891	濃尾地震	横ずれ	根尾谷断層	80,000	8
1894	庄内地震	逆	矢流沢断層	10,000	1
1896	陸羽地震	逆	横手盆地東縁断層帯	40,000	4.4
1927	北丹後地震	横ずれ	郷村断層	12,400	3.0
1930	北伊豆地震	横ずれ	丹那断層	35,000	3.8
		逆			
1943	鳥取地震	横ずれ	鹿野断層	6,200	1.6
1943	鳥取地震	横ずれ	吉岡断層	5,400	1.0
1948	福井地震	横ずれ	福井平野東縁断層帯	25,000	2.3
1974	伊豆半島沖地震	横ずれ	石廊崎断層	4,000	0.4
2011	福島県浜通り地震	正	湯ノ岳断層	14,600	0.9
		正	井戸沢断層	13,600	2.2
2014	長野県北部地震	逆	神城断層	9,200	0.8
2016	熊本地震	横ずれ	布田川断層	26,500	2.2
		横ずれ	日奈久断層	4,900	0.8

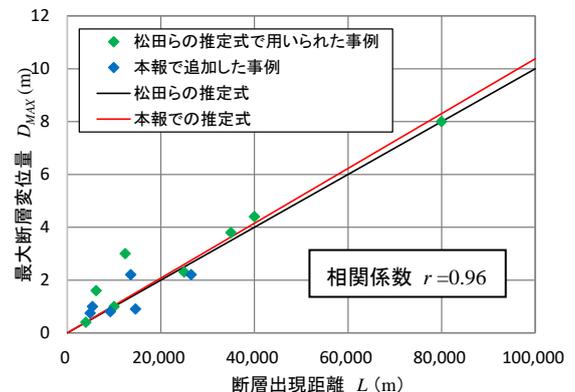


図1 日本の事例を対象とした断層出現距離と最大断層変位量との関係

表2 最大断層変位量推定式

本報での推定式	$D_{MAX} = 1.04 \times 10^{-4} L$
松田らの推定式 ¹⁾	$D_{MAX} = 1.0 \times 10^{-4} L$

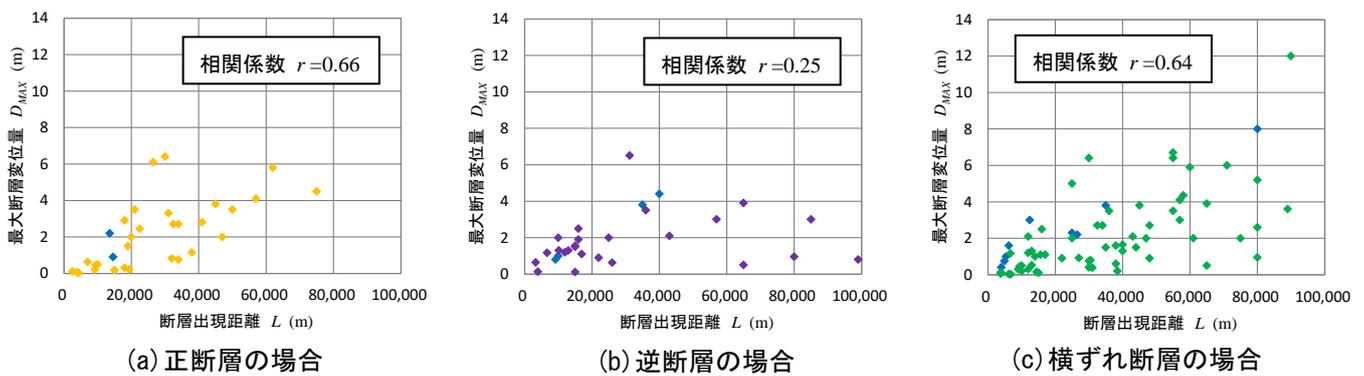


図2 断層タイプ別の断層出現距離と最大断層変位量との関係

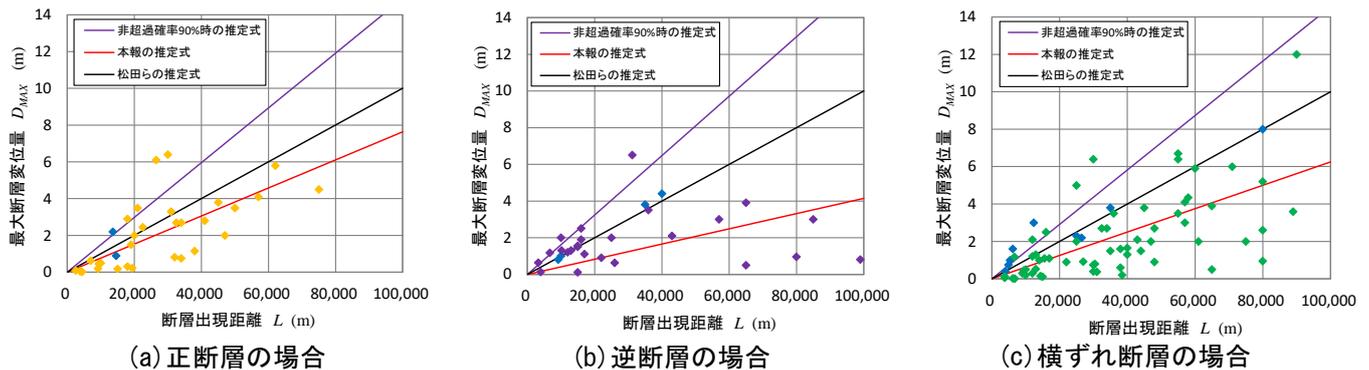


図3 非超過確率90%での最大断層変位量推定式

表3 断層タイプ別の最大断層変位量推定式

本報での推定式	正断層	$D_{MAX} = 7.63 \times 10^{-5} L$
	逆断層	$D_{MAX} = 4.14 \times 10^{-5} L$
	横ずれ断層	$D_{MAX} = 6.25 \times 10^{-5} L$
非超過確率90%時の推定式	正断層	$D_{MAX} = 1.49 \times 10^{-4} L$
	逆断層	$D_{MAX} = 1.62 \times 10^{-4} L$
	横ずれ断層	$D_{MAX} = 1.46 \times 10^{-4} L$

す。図中に青色で示した事例は、日本の事例である。ここで、断層タイプ別に最小二乗法により定数項を含まない一次式で最大断層変位量を推定する式を求めた。求めた推定式を、表3に示す。

4. 非超過確率を用いた最大断層変位量の推定

表3に示した断層タイプ別に最大断層変位量を推定する式を用いた場合、松田らの推定式を用いる場合と比較して最大断層変位量は2~6割程度小さくなり、計測された多くの事例に対応できなくなることから、危険側の設計となる恐れがある。特に逆断層を対象とした場合、その傾向は顕著である。そこで、計測された最大断層変位量を考慮することでより安全な配管設計を提案するために、地震動推定で用いられる非超過確率により、最大断層変位量を推定する方法を検討した。まず断層タイプ別に事例ごとに傾き $S (=D_{MAX}/L)$ を求め、傾きの標本集団が正規分布に従うものとして累積分布関数を作成した。次に本報では、作成した累積分布関数から一例として非超過確率90%時の傾きを求めた。図3、表3に、非超過確率90%時の推定式を示す。図3には本報で提案した推定式、松田らの推定式を併せて示す。結果より、断層出現距離が既知の場合、非超過確率90%時の推定式を用いれば松田らの推定式を用いる場合と比較して最大断層変位量は1.4~1.6倍程度大きくなり、また一部を除き多くの計測された事例に対応可能となるため、より安全な配管設計を提案可能といえる。

5. まとめ

本報では、複数の事例を断層のタイプ別に分類した上で、断層出現距離より最大断層変位量を推定する方法を検討した。松田らの推定式と比較して、本報で提案した非超過確率を考慮した推定式であればより安全な配管設計を提案することが可能であるが、断層出現距離が大きければ推定値は過大となる可能性がある。そのため、最大断層変位量の上限值を設定した上で、推定式を使用する必要があると考えられる。

参考文献

1)松田ら他3名：1896年陸羽地震の地震断層，地震研究所彙報，Vol.55，pp.795-855，1980。2)例えば，Donald L. wells, et al: New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.4, pp.974-1002, 1994