

活断層による内陸型地震の検討における設計用入力地震動の設定手法の一考察
CONSIDERATIONS OF DESIGN SEISMIC FORCE FOR INLAND EARTHQUAKES OCCURRED BY ACTIVE FAULTS.

増田 達* ・清水 満* ・桑原 清* ・相澤 文也* ・小西 康人**
Toru MASUDA, Mitsuru SHIMIZU, Kiyoshi KUWABARA, Fumiya AIZAWA and Yasuhito KONISHI

The 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, which was assumed to be occurred by the slip of the several active faults around the main island near Kobe city (including Awaji-shima), damaged many elevated and underground structures. It is important for civil engineers to evaluate the seismic acceleration/magnitude for the earthquake-resistant design of structures. Some remarks for the seismic force for the design use in the case of inland earthquakes due to active faults are presented.

Keywords: design seismic force for inland earthquakes, active fault, activity degree, displacement velocity, maximum acceleration at bed rock

1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、神戸市を中心に大災害を引き起こし、鉄道構造物においても高架橋をはじめ、今まで比較的耐震性が高いといわれていた地下構造物にも被害を及ぼした。

兵庫県南部地震は六甲断層系の活断層による内陸型地震であるといわれており、その被害の特徴は局地的であるが、強震記録の中には0.8Gを越える最大級の加速度を記録したものもあり、大都市圏の直下型地震として発生した場合大被害を及ぼすことが実証された。このため各鉄道会社では、運輸省の指導により、「既存の鉄道構造物に係る耐震補強の緊急措置」および「鉄道新設構造物の耐震設計に係る当面の措置」に基づき、兵庫県南部地震クラスの地震に対応した耐震補強や耐震設計を行っているところであり、当社においても警戒対象地域内の構造物について検討を行っているところである。

しかしながら、活断層に起因する内陸型地震の場合、対象地域に存在する活断層の特性に大きく依存すると考えられ、対象となる活断層の位置、規模、活動度、活動周期等の特性が確実に把握され、活断層と地震との相関性が明確であるならば、それぞれの活断層の規模に応じた対応がとることが可能であると考えられる。そこで現在まで発表されている各種文献を参考に、以下に述べる手法により、活断層による設計用地震力の算定方法を考えてみた。

* 正会員 東日本旅客鉄道(株)建設工事部構造技術PT

**正会員 北海道旅客鉄道(株)

2. 活断層による内陸型地震の特徴

我が国の内陸部に存在する断層には、その断層のずれの形態から縦ずれ断層と横ずれ断層に大別されるが、実際の断層運動は縦ずれと横ずれの混合である場合が多い。活断層はこれらの断層のうち第四紀（約170万年以降）に活動した断層であり、将来も活動する可能性のあるものをさしている。

活断層の過去における活動の程度を表すものとして活動度があり、表-1に示すように活断層の平均変位速度により3つに大別されている。ここで活断層の平均変位速度とは、第四紀のある時代以後現在まで（数千年～十数万年間）に断層に沿って土地がくいちがった量（断層変位量：D）を、その時代から現在までの年数（T）で除したものである。すなわち平均変位速度Sは、 $S = D/T$ で表せられ、A級（m/1000年のオーダー）、B級（0.1m/1000年のオーダー）、C級（0.01m/年のオーダー）のように分類される。

表-1 平均変位速度による活断層の活動度の分類（松田，1975）¹⁾

活動層の分類	第四紀の平均変位速度 S (m/千年)		
	A $10 > S \geq 1$	B $1 > S \geq 0.1$	C $0.1 > S \geq 0.01$

表-2 地震断層を伴った主な地震¹⁾

日本における内陸部の活断層の大部分はB級かそれ以下であり、その活動度が低く、活断層による地震により被害が発生するのは数千年～数万年に1回であるといわれており、海洋型の大地震の数十年～数百年に比べその発生間隔が長いことが特徴である。このため、土地利用が高度化した我が国において、活断層が付近に存在するからといってその土地を利用しないということは現実的でないと考えられる。

しかしながら、活断層による地震発生層の厚さが15km程度と薄いことから、この活動により大きな被害が発生することが多く、記録に残っているものでも表-2に示すような例がある。

そこで、活断層に関する現在までの知見を基に、活断層に関する各種情報より地震力の算定を試みた。

年 月 日	地 震	M	地震断層または場所
1847. 5. 8	善光寺地震	7.4	善光寺付近など
1854. 7. 9	伊賀上野地震	7 1/4	伊賀上野付近
1891.10.28	濃尾地震	8.0	根尾谷断層など
1894.10.22	庄内地震	7.0	矢流沢断層
1896. 8.31	陸羽地震	7.2	千屋断層など
1918.11.11	大町地震	6.5	大町西南方
1923. 9. 1	関東地震	7.9	下浦断層など
1925. 5.23	但馬自身	6.8	田結断層
1927. 3. 7	北丹後地震	7.3	郷村断層など
1930.11.26	北伊豆地震	7.3	丹那断層など
1938. 5.29	屈斜路地震	6.1	屈斜路湖南方
1939. 5. 1	男鹿地震	6.8	琴川付近
1943. 9.10	鳥取地震	7.2	鹿野断層など
1945. 1.13	三河地震	6.8	深溝断層など
1948. 6.28	福井地震	7.1	福井市北東方
1964. 6.16	新潟地震	7.5	村上沖海底
1965～1966	松代群発地震	6.4	松代付近
1974. 5. 9	伊豆半島沖地震	6.9	石廊崎断層など
1978. 1.14	伊豆半島近海地震	7.0	根木の田断層など

3. 設計地震入力 の 推定

3. 1 活断層から発生する地震の規模（マグニチュード）の推定

内陸の大地震（普通マグニチュード7前後か、それ以上）時に、活断層に沿って出現する地震断層の長さ l や変位量 d は、地震のマグニチュード M が大きいほど大きいという傾向があり、これらの間には日本の内陸の地震断層の場合、概略以下のような関係があるとされている¹⁾。

$$\log l = 0.6M - 2.9 \quad (l \text{ の単位は } km) \tag{1}$$

$$\log d = 0.6M - 4.0 \quad (d \text{ の単位は } m) \tag{2}$$

(1) 式を用いて、現在確認されている活断層の長さを地震断層とすると、 $L \text{ km}$ の長さの活断層から発生する地震のマグニチュード M_L は、次のようになる。

$$M_L = (\log L + 2.9) / 0.6 \tag{3}$$

3. 2 活断層からの離れによる地震力の推定

地震動の特性を工学的に表す要素としては、加速度・速度・変位振幅、周期特性、継続時間、加速度応答スペクトル等をあげることができるが、ここでは、基盤加速度について算定する。

道路橋示方書（平成2年2月）によると、我が国の地盤上でSMAC型強震計により得られた水平成分強震記録の分析より、下記の水平成分最大地震動の距離減衰式が与えられており、今回の検討はこの式を用いて活断層を震源とした離れによる基盤加速度を推定した。

$$a_{max} = 987.4 \times 10^{0.218M} \times (\Delta + 30)^{-1.218} \quad (I \text{ 種地盤}) \tag{4}$$

3. 3 立川断層を対象とした内陸型地震の検討における設計入力地震動の算定例

東京には古くから多くの被害地震が知られているが、現在確認されている活断層と直接関連のある大地震は不明である。しかし、東京近郊にはいくつかの活断層が確認されていることから、その中で活動度はBであるが確実度の最も高い立川断層を例に検討を行ってみる。立川断層の主な諸元は以下のとおりである。

表－3 立川断層の諸元¹⁾

断層名	確実度	活動度	長さ	走行	断層変位	平均変位速度	推定最終活動時期
立川断層	I	B	21km	NW	NE(3.8m)	0.27m/10 ³ 年	1400～1800年前

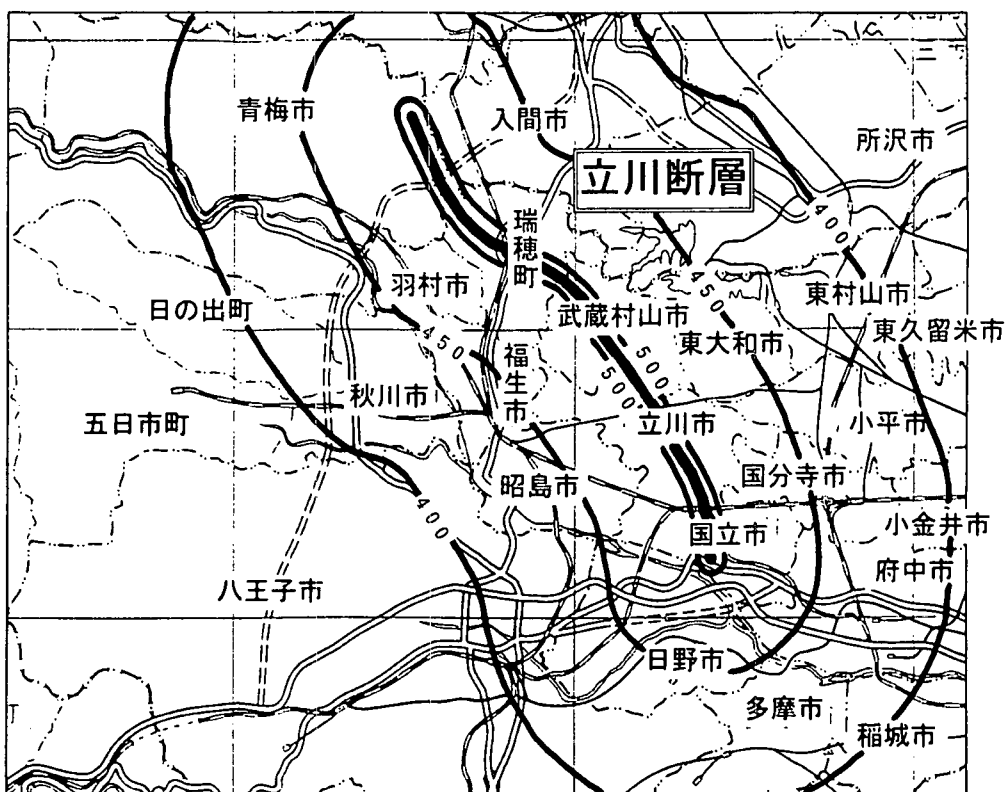
①断層から発生しうる地震の規模

(3) 式より $M_L = (\log 21 + 2.9) / 0.6 = 7$ (マグニチュード)

②活断層からの離れによる基盤の設計地震力

(4) 式より $a_{max} = 987.4 \times 10^{0.218 \times 7} \times (\Delta + 30)^{-1.218}$

上記①、②より算出した結果を基に、立川断層付近で想定される基盤加速度を図－1に示す。ただし、式(1)～(3)は、かなりの不確かさがあることに注意を要す。



図－１ 立川断層からの離れによる基盤加速度の分布図

4. おわりに

兵庫県南部地震においては、約1000年前に動いたとされる野島断層が震源位置と考えられ、その北東方向に続く活断層が動いたと考えられている。しかし、神戸市から西宮市に至る顕著な被害地域は、今まで確認されていた活断層の位置とは一致していないが、これは、被害地域の直下に未確認の活断層が存在しているものと考えられている。

これら兵庫県南部地震と活断層とのメカニズムについては、今後解明されていくと期待しているが、構造物の設計・管理に携わる者にとって現在最も必要なことは、国内に存在する活断層の位置、活動度等の詳細な情報である。しかしながら、それらの活断層に関する情報を最も必要とする多くの大都市では、その表層部が厚い沖積層に覆われているため、活断層を特定することすら困難であるのが実状である。このため、今回考察した方法により検討できる範囲は国土の極一部のみでしか適用できないと思われるが、今後の地震工学関係者の研究と断層探査方法の進展により、活断層に関する詳細なデータが蓄積されていけば、活断層に起因する内陸型地震に効率的に対応していくことが可能であると考えている。

5. 参考文献

- 1) 〔新編〕日本の活断層 分布図と資料，活断層研究会編，東京大学出版会
- 2) 原子力発電所耐震設計技術指針，社団法人日本電気協会
- 3) 道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，社団法人日本道路協会，平成2年2月
- 4) 平成7年兵庫県南部地震被害調査報告書（第一報），同（第二報），鹿島建設