

地震時における上下動の強さについて

金沢大学工学部 正会員○池本敏和, 正会員 北浦 勝

1. まえがき

上下地震動による構造物などの応答に関する研究には、物部による剛体の転倒に関する研究¹⁾を始めとし、同じく剛体の転倒を取り扱っている遠藤らの実験的研究²⁾、および加藤らの FEM法を用いた立体ラーメンの振動解析³⁾などが挙げられる。ところで現行の設計では⁴⁾水平動に関する耐震性の検討は勢力的に行なわれているものの、上下動については十分な検討がなされていないのが現状であろう。これは一般に上下動の加速度が水平動のそれに比べ大きくないこと、構造物は上下方向に比較的強い強度を有していること、などのためであると考えられてきた。しかしながら1974年伊豆半島沖地震や1984年長野県西部地震では上下動が大きく、全壊家屋は少なかったものの、家屋をもとどおりに復旧するには被害の程度に関係なく新しい建物を建て直すのと同じ位の金額が必要な地域があったと言われている。本研究では図1に示すように、最終的に上下動を考慮した耐震設計基準案の構築を目指している。特にここでは同一地点における2つの地震動記録に注目し、地震動中に含まれる上下動成分の統計的性質について検討・考察を加える。

2. 地震記録と解析方法

運輸省港湾技研資料の地震記録⁵⁾に基づき解析を行なった。用いた地震記録は表1に示す合計8個である。ただし本震と余震との結果の比較を容易にするために、比較する地震どうしの番号を同じくし、記号A,Bによって両者を区別した。例えばNo.1Aと比較する地震をNo.1Bというふうに表示。表中No.2AとNo.2Bにおいて発生日が他の地震に比べ大きくずれているが、震源深さが同じであることなどから、地震果の概念により同果に従属しているとみなし本解析の対象地震とした。また備考欄の近・遠距離は震源が陸より遠いか、あるいは近いかを表しており、近いということはここではいわゆる直下型地震を意味している。解析は図2のように行なう。すなわち同図(a),(b)に示される加速度記録の時刻歴を一定時間刻み Δt (地震動の卓越周期の約半分)ごとに読み取り、各時間刻みごとの上下動/水平動の加速度の絶対値を同図(c)のように整理する。つぎにその絶対値の頻度分布を描くとともに、平均値と標準偏差を求める。この操作に基づき各地震に対する上下動/水平動の値として上下動の強さを評価する。

表1 地震記録の諸元

地震番号	観測地	発生日月日 時間	M	深さ	震央	備考
No. 1A	清水	1978.1.14 12:24	7.0	0	139.2E 34.8N	宮城県沖
No. 1B		1978.1.15 7:31	5.8	20	138.9E 34.8N	近距離
No. 2A	育古	1978.2.20 13:37	6.7	50	142.2E 38.8N	遠距離
No. 2B		1979.10.2 8:38	—	—	142.1E 33.9N	
No. 3A	南館	1983.5.26 12:00	7.7	14	139.1E 40.4N	日本海中部
No. 3B		1983.6.21 15:25	7.1	6	139.0E 41.3N	遠距離
No. 4A	小名浜	1983.6.2 7:04	5.8	54	141.2E 36.9N	近距離
No. 4B		1983.9.2 12:05	5.2	49	141.0E 36.7N	

M: マグニチュード

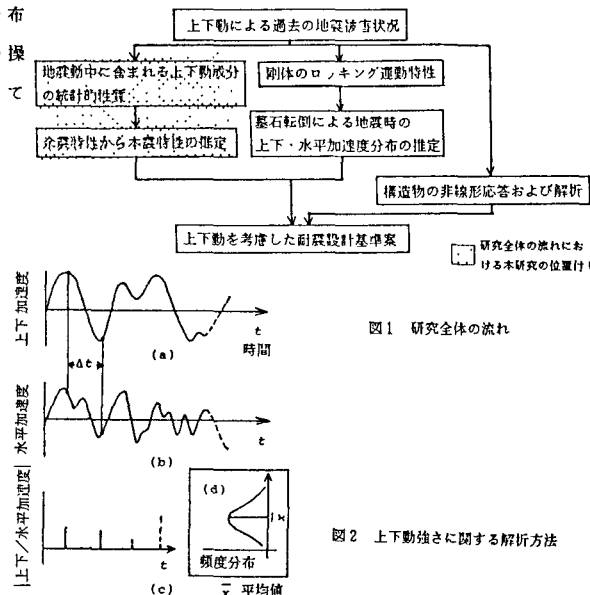


図1 研究全体の流れ

図2 上下動強さに関する解析方法

3. 結果および考察

図3～6にすべての地震の結果を示す。図3～6では U-D/N-S 成分の結果についてのみ考察を行なっている。U-D/E-W 成分についても同様な検討を行なっているが、紙面の都合上掲載していない。図中 $\bar{x}$ は $\bar{x} = U-D/N-S$ の平均値を、 σ_x は標準偏差を、また $U-D_{max}/N-S_{max}$ は、各地震の最大上下加速度に対する最大水平加速度の比（最大加速度が生じる時間には一般にずれがある）を表す。図3～6によれば、地震No.1A～4Aの頻度分布はNo.1B～4Bのそれにそれぞれ似た傾向を示している。このことは同じ震源域の地震はマグニチュードの大小にかかわらず、上下動の水平動に対する割合がほぼ等しいことを表しており、また余震記録を分析することから本震の上下動強さをある程度予測できる可能性のあることを示唆しているものと考えられる。つぎに図3,4と5,6の結果を比較する。図3,4の U-D/N-S 値においては、1.3～1.5の範囲での頻度が幾分高く、特にNo.4Bではそのために平均値 $\bar{x}$ が上がっていること、また全体的にばらつきが大きいことに気付く。一方図5,6では、平均値付近に U-D/N-S 値が分布していることがわかる。ところで一般に上下動と水平動の最大値どうしの比較がよく行なわれる。しかしながら加速度の最大値どうしの比では当然のことながら最大値を示す時間にずれが生じているため、実際に構造物に作用する上下動の強さを的確に表現しているとはいえない。本解析の対象とした地震記録の $U-D_{max}/N-S_{max}$ と上下動の強さをより的確に表現していると思われる $\bar{x}$ とを比較してみると図7のようになる。この図は各地震に対し $\bar{x}$ の方がより0.4-0.6付近に集中していることを示しているとともに、遠距離地震は近距離地震に比べ、 $\bar{x}$ と $U-D_{max}/N-S_{max}$ との間に相関性の小さいことを示している。

以上みてきたように、地震時刻歴における時間刻みごとの水平加速度に対する上下加速度を上下動の強さと定義し、統計的に整理してみた。その結果、余震の観測記録から本震における上下動の強さを予測できる可能性のあること、近距離地震には上下動の強さに大きなばらつきがあること、逆に遠距離地震には上下動の強さにばらつきが少ないこと、近距離地震の方が遠距離地震より $\bar{x}$ と $U-D_{max}/N-S_{max}$ との間に相関性の高いこと、などが明らかとなった。しかし統計データの絶対的不足から、さらに詳しく言及することができず、従って今後はより多くの統計データを交え検討していく必要があろう。また実際の地震後の整石転倒の調査結果から上下動の強さを推定することが工学的にも重要であり、機会があればこのことについても検討を行なう予定でいる。

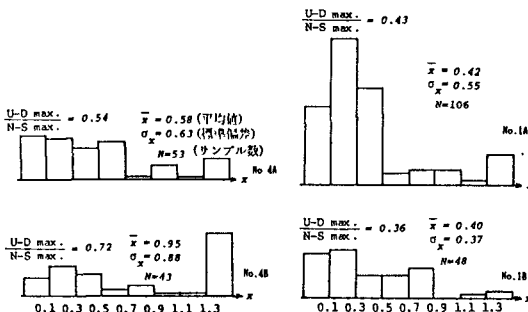


図3 上下動強さの頻度分布
(地震No.4A, No.4B, 近距離)

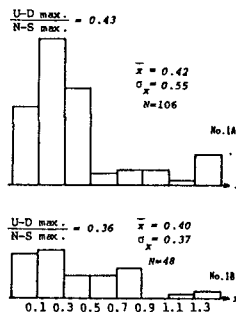


図4 上下動強さの頻度分布
(地震No.1A, No.1B, 近距離)

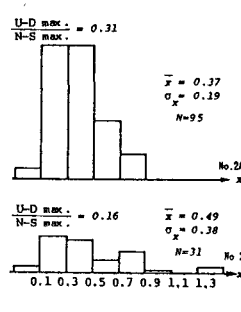


図5 上下動強さの頻度分布
(地震No.2A, No.2B, 遠距離)

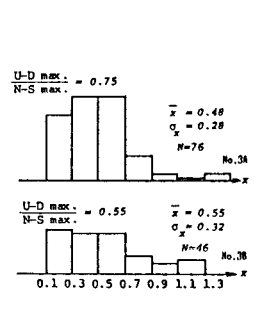


図6 上下動強さの頻度分布
(地震No.3A, No.3B, 遠距離)

参考文献

- 1) 物部：地震上下動に関する考察ならびに振動雑論、土木学会誌、第10巻5号、pp1063-1095、1924。
- 2) 遠原他：RC単体の転倒実験とその解析（その2）、建築学会関東支部研究報告集、pp.53-56、1980。
- 3) Kato S. et al.: Materiality Nonlinear Dynamic Stability of Trussed Beams of Long Span due to Vertical Earthquake Motions, 4th Int'l Conf. Applied Numerical Modeling, pp.215-219, 1984。
- 4) 日本道路協会：道路橋設計示方書・同解説V 耐震設計編、p.55、丸善、1980。
- 5) 例えば、倉田他：昭和58年日本海中部地震の港湾地域における強度観測、港湾技研資料、No.458、1980。

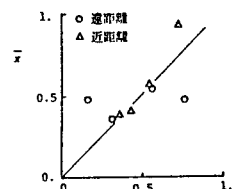


図7 $\bar{x}$ と $U-D_{max}/N-S_{max}$ との関係