

1. はじめに 我が国では既往の被害地震の多くにおいて、墓石など単体の転倒から震度(加速度)分布を推定する試みが行われてきた。これは、各地に普遍的に存在する墓石を簡易地震計とみなす考えによるものである。しかしながら、得られた推定加速度が真に作用したであろう地動加速度と量的に、いかなる関係にあるかについて明らかにした研究は極めて少ない。

本報告は、上記の観点から強震計の加速度記録波を入力して単体の理論応答計算を行い、墓石転倒から推定される加速度(Westの公式による値)と実際に作用したであろう地動加速度(強震計記録による最大加速度)との間の量的関係を求め、Westの公式から最大加速度を推定する際の補正の一方法を示したものである。

2. 方法 理論応答計算は望月・小林¹⁾による単体の動的挙動(転倒)に関する理論を用いて行った。表-1は、入力に用いた強震計の記録の地震名、発生年月日、規模(マグニチュード)、最大加速度などをまとめて示したものである。同表には上下動の最大加速度(\ddot{Y}_{max})も示してあるが、計算ではこれらの記録波もそのまま、水平動の記録波と同時に入力している。すなわち、表-1の加速度レベルを初期値とし、10 gal刻みで水平動最大加速度(\ddot{X}_{max})を増加させ、単体が転倒する臨界転倒加速度を見出す。この時、 \ddot{Y}_{max} は表-1における $\ddot{Y}_{max}/\ddot{X}_{max}$ の値が変化しないように入力している。また、計算に用いた単体の高さは20~60 cmと仮定し、その他の定数は図-1(a)に示した。ここに、 z_0 は鉛直方向力線の衝突中心と重心の間の水平距離、 β_s , $\bar{\beta}_s$ はそれぞれ単体と床の面接触および線接触時の静摩擦係数、また β_d , $\bar{\beta}_d$ は同じく動摩擦係数、 γ , $\bar{\gamma}$ はそれぞれ単体と床の面衝突および線衝突時の反発係数を表す。

3. 結果および考察 図-1(a)~(d)に計算結果の例を示す。各図において、実線がそれぞれの高さの単体の(応答)転倒加速度であり、鎖線が静的手法すなわち、Westの公式による推定加速度である。各図とも実線が鎖線の上側にきており、その差異の程度が各図の右側の尺度により表わされている。これらの図によれば、地震により両者の差異の大きさがかなり異なること、またscale effectつまり単体の大きさが転倒に及ぼす効果が顕著な場合とそうでない場合

表-1 入力に用いた強震記録

地震名	発生年月日	規模	地震波記録地	最大加速度 $\ddot{X}_{max}, \ddot{Y}_{max}$ (gal)
五尾沖	1962.4.23	7.0	剣路港, 剣路市	1. NS. 243.93
				2. EW. 372.75
十勝沖	1968.5.16	8.0	八戸港, 八戸市	3. NS. 225.00
				4. EW. 182.90
宮城県沖	1978.6.12	7.4	東北大学建設系建物下, 仙台市	5. NS. 258.02
				6. EW. 202.66
宮城県沖	1978.6.12	7.4	開北橋付近, 石巻市	7. LG. 192.551
				8. TR. 286.787
宮城県沖	1978.6.12	7.4	塩釜工場, 塩釜市	9. NS. 264.80
				10. EW. 272.80
伊豆半島東沖	1980.6.29	6.7	修善寺, 静岡県	11. NS. 179.248
				12. EW. 178.455
Imperial Valley	1940.5.19	7.1	El Centro, Calif., U.S.A.	13. NS. 341.70
				14. EW. 210.10
Kern County	1952.7.21	7.7	Taft, Calif., U.S.A.	15. EW. 154.715
				LD. 102.90
Parkfield	1966.6.28	6.4	Cholame, Station No. 2, Calif., U.S.A.	16. NS. 498.30
				LD. 301.32
Koyna	1967.12.11	7.0	Koyna Dam, India	17. TR. 463.283
				LD. 307.436
Nicaragua	1972.12.23	6.2	Refineria ESSO, Managua, Nicaragua	18. NS. 333.401
				19. EW. 375.194
Romania	1977.3.4	7.2	Building Research Institute, Bucuresti, Romania	20. NS. 194.927
				21. EW. 163.087

とが明確に読みとれる。すなわち、この寸法範囲の場合、(a)には scale effect はほとんどみられないが、(c)、(d)にはかなり著しく現われている。しかしながら、その様相も(c)と(d)では異なり、(c)のようなタイプの場合、小さい単体文之選べば、かなり実際に近い(あるいは、少なくとも変動の幅の狭い)値が得られることが推察される。そして、程度の差はあるが、scale effectの現れ方のタイプはこの4つに大別される。

図-2は、ここで検討を行った全地震波について、強震計の示す最大

加速度とそれに対する動的臨界転倒加速度の比と B/H (B : 単体の幅, H : 高さ) の関係をプロットしたものである。図では単体の高さは40~60 cmとし、動的臨界転倒加速度はそれらに対して得られた値の平均値を採用している。また、図中のNo.は表-1の最右欄のNo.に対応する。同図の横軸をWestの公式による震度 (B/H) とみなせば、最大加速度が大きくなるほど、この静的手法による値は過小評価となる傾向が顕著に認められる。さらに、計算結果は2つのグループに大別されると思われる。その1つはある程度長周期の成分も少なからず含まれている地震動の場合であり、図-2の上位のグループである。もう1つのタイプは、主として通常構造物の被害に直接影響を及ぼさないような極く短周期の成分のみが卓越する特異な地震動の場合で、同図の下位のグループである。上記の結果から A_{max} (強震計が示す最大加速度) / $(B \cdot g/H)_D$ (動的臨界転倒加速度) と B/H の関係を探めれば、図-2の2本の直線で示されるような実験式 (1), (2) 式) がかなり良好な相関係数 R の下に与えられる。

上位のグループ : $A_{max}/(B \cdot g/H)_D = 1.016 - 0.618 B/H$, $R = 0.84$ ——— (1)

下位のグループ : $A_{max}/(B \cdot g/H)_D = 0.857 - 0.890 B/H$, $R = 0.91$ ——— (2)

なお、図中には鹿島建設技術研究所が行った実験により得られた値もプロットしてあるが、こゝからは上記 (1) 式の直線近傍に位置しており、理論計算と調和的である。また (1) 式は、震央近傍の基石転倒による推定加速度は電気の分野でいうところの実効値的なもので、こゝに1/2倍すれば強震観測結果によく対応する²⁾とした表ほかの報告と裏付けるものであり、かつ養老記録との対応性もあり大きな加速度範囲にわたれば連続的に表現したものと見えよう。したがって以上の結果を要約すれば、図-2からWestの公式により推定される加速度を実際に作用したであろう地震の最大加速度に変換するには、(1), (2) 式によって得られる値ごその推定値を除く必要がある。このとき、両式の右辺の B/H はWestの公式で用いた値を適用することになる。しかしながら、(2) 式は前述したように特殊な地震によるものであるから、本研究結果を実際に使用する際には、(1) 式のみを採用しても一般性を失う恐れは少ないと考える。

【謝辞】 本報告を作成するにあたり御指導、御討議いただいた東京理科大学工学部望月利男博士、国井隆弘博士に深謝する。また、単体の転倒に関する実験結果の資料の一部を使用させていただいた鹿島建設技術研究所太田外氣晴氏、遠藤彰氏はこのオマに感謝の意を表する。

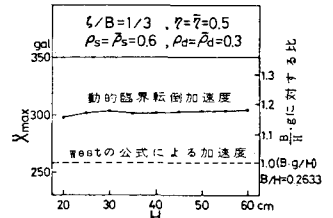


図-1(a) 1978年宮城県沖地震東松島建設系建物1F, NS

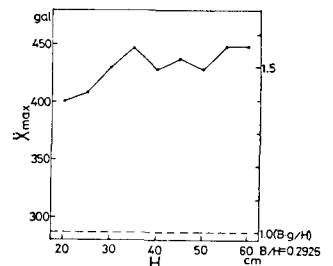


図-1(b) 1978年宮城県沖地震棚田橋付近, TR

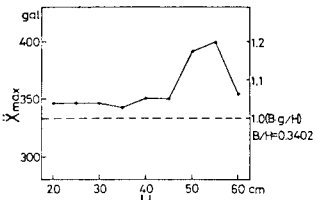


図-1(c) 1972年Nicaragua地震Managua, NS

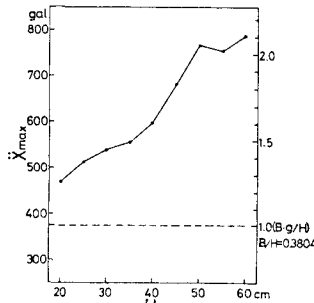


図-1(d) 1962年本庄沖地震金川路港, EW

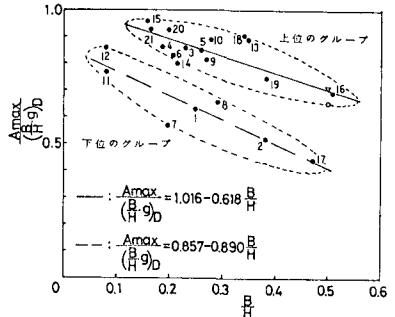


図-2 $A_{max}/(B \cdot g/H)_D$ と B/H の関係

【文献】

- 1) 望月・小林: 日本建築学会論文報告集, 第248号, PP. 63~70, 1976.
- 2) 表・三宅・楳橋: 日本建築学会大会学術講演梗概集, PP. 463~464, 1979.

Δ, \circ 及び \square は $B \times H = 24 \times 48 \text{ cm}$ ($\lambda/\xi = 0$) に対する Δ 伊達 \square (表-1, No.4), \circ El Centro NS (No.13) の実験結果 1/2 倍した $A_{max}/g = 0.5$ とし入力。図中のNo.は表-1の最右欄のNo.に対応。