

建設省土木研究所 正員 深田秀実
 建設省土木研究所 “ 常田賢一
 建設省土木研究所 “ 田村敬一

1. はじめに

構造物の耐震計算においては、構造物の直交する水平2軸方向に同一規模の地震力を独立に作用させて検討を行うのが通常である¹⁾。したがって、耐震計算上は、構造物に大きな影響を及ぼすある水平1方向成分のみを考慮すればよいことになる。この根拠は、直交2方向の地震力が同時に最大値をとる可能性は低いことにあるとされている²⁾。しかしながら、地震動のある1方向成分が最大値を示す時刻においても、一般に直交成分は0ではなく、ある値を有している。そこで、本小文では197組（197×2成分）のSMA C型強震計記録をもとに、水平方向のある1方向成分の最大値と同時に直交方向成分との比を求め、地震動の直交成分を考慮することの影響について検討した。また、直交2成分の最大加速度の比、並びに両者がそれぞれ最大値をとる時間差、さらに、水平2成分の強震記録から任意の方向に沿う加速度時刻歴を算出し、時刻歴最大値の水平面内での最大と最小値の比、それらを与える角度の差について検討を行った。

2. 解析に用いた強震記録

解析対象としたのは我が国の67観測地点（いずれも地盤上）において観測された197組の水平加速度強震記録（水平2成分）である³⁾。これらは、昭和38年3月27日の越前岬沖地震（M=6.9）から昭和55年6月29日の伊豆川奈崎沖地震（M=6.7）に至るまでの合計88回のマグニチュード5以上の浅発地震（震源深さ60km以下）に際し、SMA C型強震計により得られたものである。なお、解析記録には数値化精度を考慮して、1/3Hzおよび12Hzを、それぞれ低振動数側および高振動数側の遮断振動数とする計器補正を加えている⁴⁾。

3. 直交する2方向成分の特性

強震計の感振方向にあたる水平2成分の直交座標軸x、yに沿う加速度 $a_x(t)$ 、 $a_y(t)$ を、水平面内で任意の角度 θ だけ回転させ座標変換したとき、変換座標軸X、Yに沿う加速度を $a_x(t, \theta)$ 、 $a_y(t, \theta)$ で表す。 $a_x(t, \theta)$ の最大値およびその時刻をそれぞれ $a_x^{max}(\theta)$ および $T_x(\theta)$ とし、時刻 $T_x(\theta)$ の $a_y(t, \theta)$ の値を $a_y^m(\theta)$ とする。また、 $a_y(t, \theta)$ の最大値およびその時刻をそれぞれ $a_y^{max}(\theta)$ および $T_y(\theta)$ とする。ここで、 $a_x^{max}(\theta)$ と $a_y^m(\theta)$ の比を $\alpha(\theta) = a_y^m(\theta) / a_x^{max}(\theta)$ と定義する。また、直交2成分が各々最大値をとるとき、時間差を $\tau(\theta) = |T_x(\theta) - T_y(\theta)|$ と定義する。さらに、座標変換後の直交2成分の最大加速度比を $\beta(\theta) = a_y^{max}(\theta) / a_x^{max}(\theta)$ と定義する。各強震記録について、 θ を $0^\circ \sim 180^\circ$ まで 5° ごとに変化させ $\alpha(\theta)$ を算出し、 $\alpha(\theta)$ の最大値 α_{MAX} 、最小値 α_{MIN} 、平均値 α_{MEAN} を求めた。 $\tau(\theta)$ および $\beta(\theta)$ についても同様の計算を行った。図1に α_{MEAN} と地震のマグニチュードM、震央距離 Δ との関係を示す。図1からわかるように、 α_{MEAN} とM、 Δ の間には系統的な関係は認められない。また、 $\tau(\theta)$ および $\beta(\theta)$ についても同様の傾向であった。そこで、197組の強震記録について各パラメータの平均値 α_{MEAN} 、 τ_{MEAN} および β_{MEAN} の頻度分布を求めると、図2に示すようになる。 α_{MEAN} 、 τ_{MEAN} および β_{MEAN} の平均値は、それぞれ0.31、1.81秒および0.80である。図2からわかるように α_{MEAN} および β_{MEAN} はそれぞれ0.2~0.4および0.8~0.9という値を

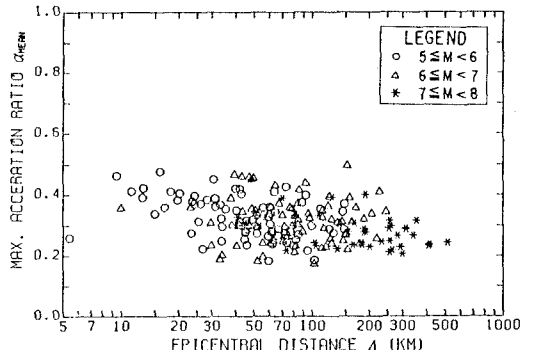


図1 α_{MEAN} とマグニチュードM、震央距離 Δ との関係

とる場合が最も多い。すなわち、水平面内のある1方向成分の最大加速度を1とすれば、直交方向成分との合成を考慮した最大加速度は $\sqrt{1+(0.2\sim 0.4)^2}=1.02\sim 1.08$ ということになる。 τ_{MEAN} は、図2(b)からわかるように0~0.5秒の値が多いが、その中で0.3~0.4秒の値が最も多く、0.1秒以下は全体の4%程度の値になるものである。

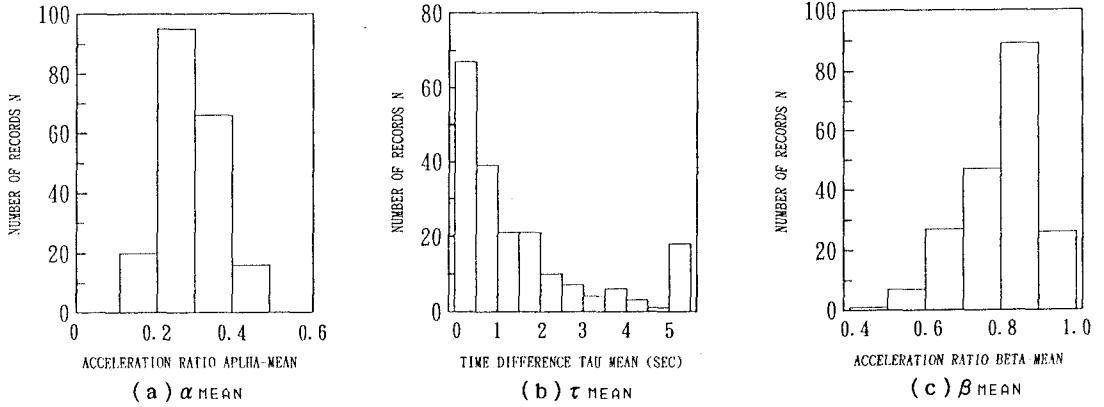


図2 α_{MEAN} 、 τ_{MEAN} および β_{MEAN} の頻度分布

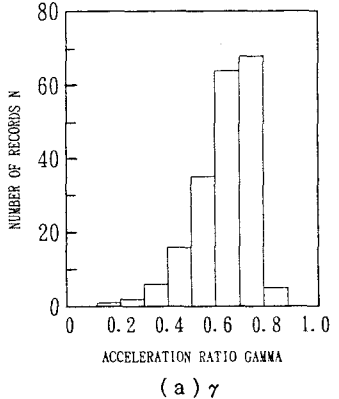
4. 最大加速度の最大および最小値

ある強震記録について、 θ を水平面内で変化させたとき、最大の a_x^{MAX} (θ)を A_x^{MAX} 、その時の θ を θ^{MAX} 、最小の $a_x^{\text{MAX}}(\theta)$ を A_x^{MIN} 、その時の θ を θ^{MIN} とする。ここで、時刻歴最大値の水平面内での最大と最小値の比を $\gamma = A_x^{\text{MIN}} / A_x^{\text{MAX}}$ 、それらを与える角度の差を $\eta = |\theta^{\text{MAX}} - \theta^{\text{MIN}}|$ と定義する。 γ および η についても、M、 Δ とは系統的な関係は認められなかった。 γ および η の頻度分布を図3に示す。197組の強震記録から求めた γ および η の平均値はそれぞれ0.64および79°である。図3(b)からわかるように、 η の分布は裾野が広い点に注意する必要があるが、水平面内で2成分を合成した最大加速度の最大値と最小値は、平均的には互いに90°程度異なる方向で生ずるとみなせる。

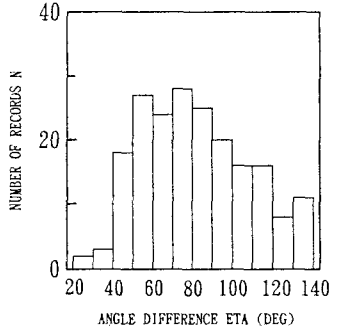
5. まとめ

地震動の方向別成分の特性について、 $\alpha(\theta)$ 、 $\tau(\theta)$ 、 $\beta(\theta)$ 、 γ 、 η の5種類のパラメータを定義し、197組の強震記録を用いて検討した。

その結果、 $\beta(\theta)$ の平均値は0.8程度の値を示すものが多いものの、直交2方向の最大値が出現する時間差 $\tau(\theta)$ は0.3~0.4秒の値が多いことから、直交2方向の地震動の各々の時刻歴最大値が同時刻に発生する頻度は小さいと考えられる。また、 $\alpha(\theta)$ の平均値は0.3程度の値を示すものが多く、直交2方向成分を同時に考慮する場合の両成分の最大加速度の比は0.3程度であればよいとみなせる。なお、各パラメータと震央距離 Δ 、マグニチュードMの間には、明確な関係は認められなかった。



(a) γ



(b) η

図3 γ および η の頻度分布

【参考文献】

- 1)土木学会編：動的解析と耐震設計、第1巻、技報堂出版、平成元年
- 2)例えば、道路橋示方書・耐震設計編、平成2年
- 3)川島他：最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式、土木研究所報告、第166号、昭和60年
- 4)川島他：数値化精度を考慮したSMAC-B₂型強震計記録の計器補正法および変位計算法、土木学会論文報告集、第325号、昭和57年