

構造物の地震時弾塑性最大応答と降伏力との関係についての検討

広島工業大学 正会員 浅野 照雄

1. まえがき

構造物の地震時弾塑性最大応答において、短周期構造物に対してはエネルギー一定則、長周期構造物に対しては変位一定則が経験則として成立つことが言われているが¹⁾、その適用性については検討を要することを指摘した²⁾。本文は、地震時の構造物の降伏力と塑性率との関係において、従来考慮されていない地震の震央距離をとりあげ、前述の経験則に代わる新たな簡易式を試みにたてて、検討を行ったものである。

2. 地震応答解析

図-1 に示した復元力特性を有する一質点・バネ・ダッシュポット系の地震応答をニューマークβ法($\beta = 1/6$)を用いて求めた。時間間隔は0.005sec、減衰定数5%、初期剛性1t/cmとした。また、地震記録は最大加速度50gal以上の80成分余りのものを用いた³⁾。なお、地震規模を表すパラメータとしてスペクトル強度(S.I)を採用し、S.I=100cmとなるように修正した。更に、構造物の固有周期 $T=0.2\text{sec}\sim 1.0\text{sec}$ (0.1sec間隔)として、降伏力は0.03, 0.05, 0.07t, 0.1~2.5tは0.1t間隔、2.5t以上は0.5t間隔で計算を行った。

3. 降伏力と塑性率の関係

降伏力 Q_y と塑性率 μ との関係は経験則によれば次の通りである。

$$(1) \text{ エネルギー一定則 } \quad Q_y = K \cdot \delta L / 2 \mu^{-1} \quad (\text{短周期}) \quad (1)$$

K: 剛性 δL : 弾性系最大応答変位

$$(2) \text{ 変位一定則 } \quad Q_y = K \cdot \delta L / \mu \quad (\text{長周期}) \quad (2)$$

一例として、応答解析と(1)式による結果を図-2に示す。この例では変位を経験則が過大評価をしていることがわかる。そこで、降伏力 Q_y と塑性率 μ との関係を両対数グラフ上で直線であると仮定する。即ち、

$$\text{Log } Q_y = a + b \text{ Log } \mu \quad (a, b; \text{定数}) \quad (3)$$

応答解析によって求められた降伏力と塑性率を(3)式で最小自乗法を用いて近似して、定数 a, b を求め、一例を図-3に示す。なお、近似式の表現力として

$$r^2 = (1 - \text{誤差平方和} / \text{偏差平方和}) \times 100 \quad (\%)$$

を用い、 $r^2 = 95\%$ 以上のものを採用した。その結果、80余りの記録のうち各固有周期に対して4~8割(平均6割程度)が該当し(3)式の関係が妥当であることがわかる。一例を図-3に示す。次に、この定数 a, b が各周期について、震央距離とどんな関係があるか、 a, b 間の関係などについて検討する。

(1) 震央距離

(3)式で近似したときの b の値と震央距離との関係を、各周期(0.2~1.0sec)ごとに図-4に示した(図-4の最後の図は最小自乗法による)。各周期ともバラツキが大きい、 b の値は震央距離が大きくなると減少する傾向がある。(変位一定則によれば b の値は1であるが、長い周期に対して1より小さいものが多いようである。)また、周期が大きい方が、 b の値は大きくなる傾向がある。

(2) 定数 a と b の関係

各周期毎に a と b の値をプロットしたのが図-5である。この図より、 $T=0.2\sim 0.6\text{sec}$ に対しては比較的直線関係に近いが、これより長い周期ではそれが不鮮明になる(直線近似にしたときが最後の図である。)

4. あとがき

地震時の構造物の弾塑性応答において、降伏力と塑性率の関係は両対数図上では直線関係に近似できるが震央距離との関係はバラツキが大きい。また、マグニチュードとの関係を考慮にいたした場合について考察する必要があると思われる。

参考文献: 1)柴田 明德:最新耐震構造解析, 森北出版 2)関・西川:弾塑性応答計算に用いる地震動の強さの評価に関する検討, 第7回日本地震工学シンポジウム講演集, 1986年 3)浅野:強震動を受けた一自由度系弾塑性最大応答について, 土木学会第44回年次学術講演会講演概要集1, 平成元 4)土木研究所彙報 港湾技研資料

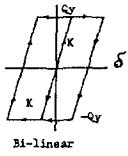


図-1 復元力特性

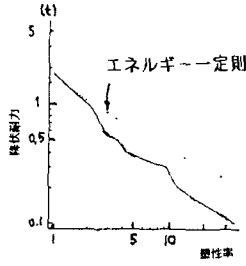


図-2 降伏力と塑性率

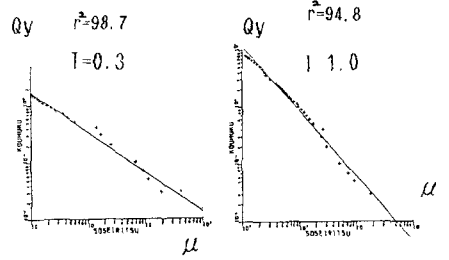


図-3 直線回帰の例

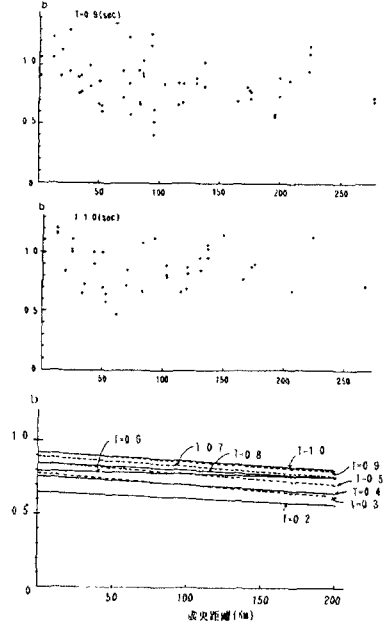
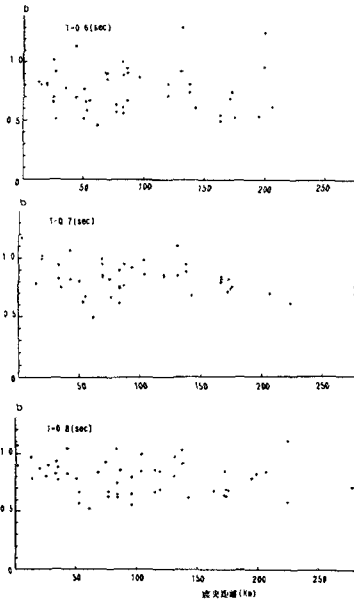
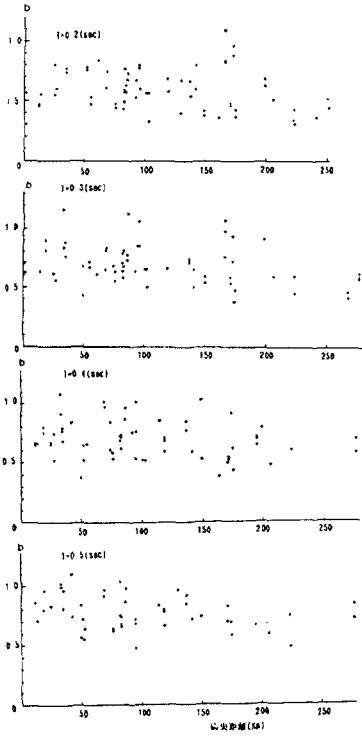


図-4 震央距離と定数b

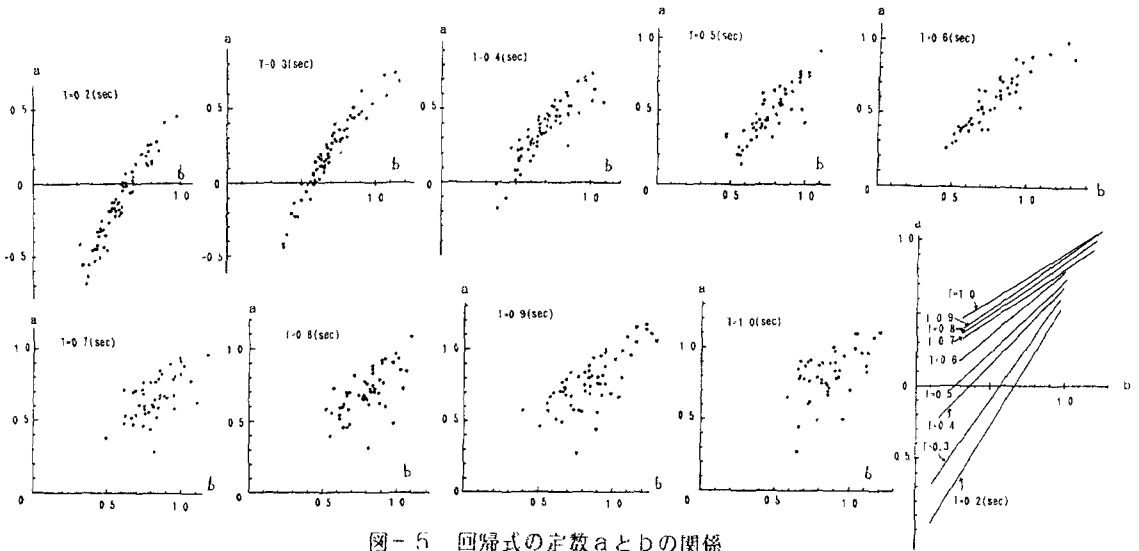


図-5 回帰式の定数aとbの関係