

軸力の影響を考慮した構造物の地震応答解析

鹿児島大学工学部 学生員 ○大田英司
鹿児島大学工学部 正員 河野健二

1. まえがき 1995年に阪神大震災が起り、多くの建物や土木構造物が破壊し広域にわたる火災の発生があり、5500人を超える犠牲者が出た。これにより、水平振動のみを考慮した現行の設計基準が見直されており、軸力の影響についても検討が加えられている。そこで、本研究では、軸力の影響としてP-Δ効果の影響と鉛直地震動を入力した場合の影響を検討した。

2. 地震応答解析方法 本研究では、水平地震動に第1種地震動(Eqak1)、第2種地震動(Eqak2)、第3種地震動(Eqak3)、Elcentro NSの4種類の加速度記録を最大加速度200galとして、鉛直地震動にElcentro VRの加速度記録を最大加速度100galとして用いた。1自由度構造モデルを想定し、モデル化したものを(図-1)に示す。このモデルの運動方程式を求め、Newmark's β法を用いて地震応答解析を行った。この場合P-Δ効果なしは式の第3項の第1項のみによる場合であり、P-Δ効果ありは式の第3項の第2項までを含む場合であり、鉛直およびP-Δ効果ありは式の第3項を全て含む場合をそれぞれ表している。比較方法としては、それぞれのr.m.s.応答とPeak Factorを計算し、その比較を行う。ここで、構造物の固有周期 T_0 と座屈荷重の関数 mg/Pcr をパラメーターとする。次に、基礎地盤の動的相互作用の影響を考慮した構造物モデルを想定し、モデル化したものを(図-1)に示す。このモデルについても同様の方法で上部構造物、基礎構造物、ロッキングについてそれぞれ方程式を求め、Newmark's β法を用いて地震応答解析を行った。ここで上部構造物、基礎構造物、ロッキングそれぞれの固有周期 T_{s0} 、 T_{b0} 、 T_{r0} と座屈荷重の関数 mg/Pcr と上部構造物と基礎構造物の質量比 m_0/M_0 をパラメーターとする。

$$\ddot{\delta} + 2\zeta_0 \omega_0 \dot{\delta} + \omega_0^2 \left(1 - \frac{mg}{Pcr} - \frac{m\ddot{V}}{Pcr} \right) \delta = -\ddot{U}$$

3. 解析結果 (図-2)は、固有周期を1.0sにとり、 Pcr/mg をパラメーターとしてElcentro NSとElcentro VRを入力したときのr.m.s.応答の比較であるが、鉛直の影響はほとんど見られない。P-Δ効果は Pcr/mg が約0.05以下で小さくなり、それ以上で大きくなる。(図-3)は、固有周期を1.5sにとりEqak1、Eqak2、Eqak3を入力した場合の比較である。Eqak1でP-Δ効果が小さくなり、Eqak2、Eqak3でP-Δ効果が大きくなる。(図-4)は、固有周期を1.0sでElcentro入力した物のP-Δ効果&鉛直入力とP-Δ効果ありの比だが、その比は最大0.4%程度である。(図-5)は、固有周期を1.0s地震波を入力した物のP-Δ効果ありとなしの比である。パラメーターによっては最大50%程度のP-Δ効果が見られる。特にEqak2で効果が見られる。(図-6)、(図-7)は、上部構造物と基礎の質量比をパラメーターにとり、Elcentro地震波を入力した場合の上部構造物、基礎構造物による変位のr.m.s.変化応答を示したものである。これらを見ると、鉛直入力の影響はほとんどなく、P-Δ効果が上部構造物で約19%、基礎構造物で約10%見られる。(図-8)は、 mg/Pcr をパラメーターとしてEqak1、Eqak2、Eqak3を入力した場合を示している。ここでEqak2ではP-Δ効果が約10%、Eqak3では約20%見られるのに対し、Eqak1では最大約50%もP-Δ効果が見られる。

4. あとがき 1自由度モデルにおいても基礎地盤の動的相互作用の影響を考慮したモデルにおいても鉛直入力の影響はほとんど見られない。P-Δ効果については約10~20%の影響が見られるが、パラメーターや入力地震波によって小さくなることもある。

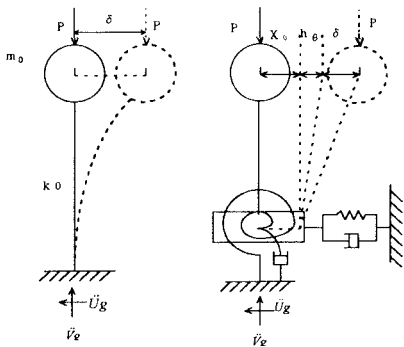


図-1 解析モデル

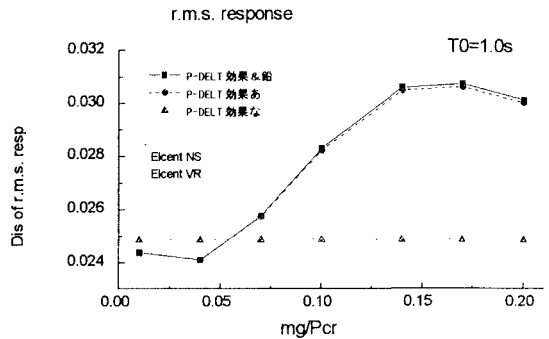


図-2 r.m.s. 応答に及ぼすP-Δ 効果

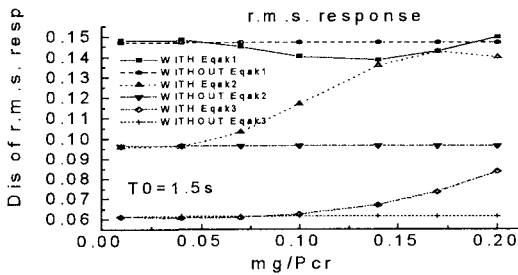


図-3 P-Δ効果と入力地震動の関係

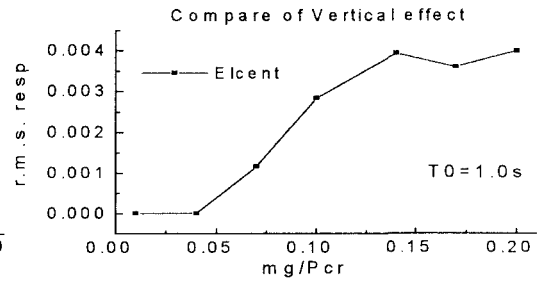


図-4 r.m.s. 応答に及ぼす鉛直地震動成分の影響

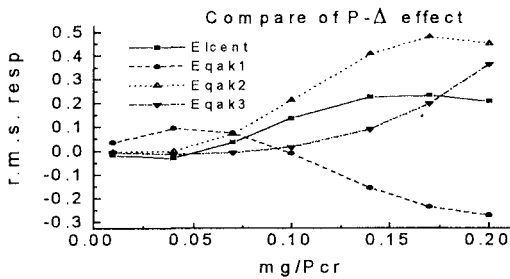


図-5 r.m.s. 応答に及ぼすP-Δ効果

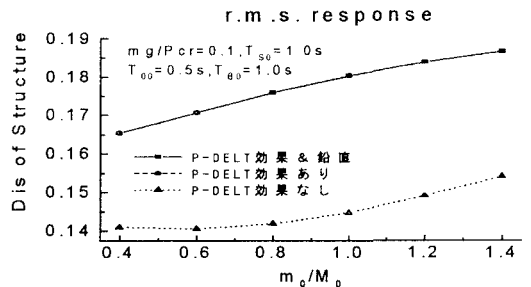


図-6 P-Δ効果に及ぼす動的相互作用の影響

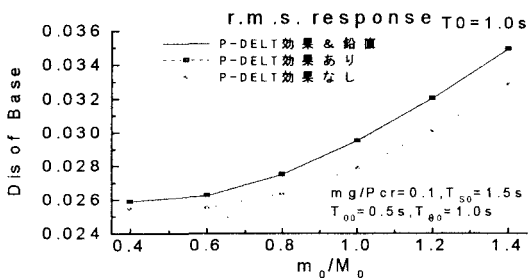


図-7 P-Δ効果に及ぼす動的相互作用の影響

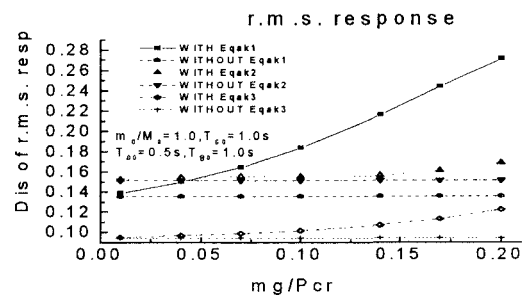


図-8 入力地震動がP-Δ効果に及ぼす影響