

鋼箱型断面のラーメン構造物の最適設計震度

東京電機大学 理工学部 学生員 ○井出 周治
 東電設計(株) 正 員 松島 学
 東京電機大学 理工学部 正 員 松井 邦人

1. はじめに

地震時に構造物の非線形性を考慮した設計は、構造物の変形性能に期待するものであり、一般に損傷の指標として塑性率が利用されている。本研究では、鋼箱型断面のラーメン構造物を一質点系のモデルで表し、応答解析を行い、構造物の設計震度について考察したものである。解析モデルの復元力特性としては、降伏後の局部座屈等を考慮するため、劣化型 Bi-linear モデルを採用した。

2. 解析方法

対象とする構造物は、図1に示す鋼箱型断面のラーメン構造物とした。この構造物に水平力 P と、自重による軸力 N が加わったときの水平耐力 P_u および弾性剛性 K は、式(1)で表される。

$$P_u = \frac{4 \cdot M_u}{l} \quad , \quad K_e = \frac{24 \cdot E_s \cdot I}{l^3} \quad (1)$$

ここで、 E_s は鋼材のヤング率、 I は柱の断面二次モーメントであり、 $I \approx 2/3 B^4 / \eta$ ($\eta = B/t$) で表される。この様に簡略解で断面二次モーメントを求めても、 $\eta=45$ の場合ただか 1% の誤差ですむ。断面の曲げ耐力 M_u は、断面の全塑性性を考慮すると式(2)で表される。

$$M_u = \left\{ \frac{1}{\eta} B^2 \left(X_o - \frac{1}{2} \frac{1}{\eta} B \right) + \frac{1}{\eta} B \left(X_o - \frac{1}{\eta} B \right)^2 + \frac{1}{\eta} B \left(B - X_o - \frac{1}{\eta} B \right)^2 \right\} \sigma_y - \frac{N}{2} \left(X_o - \frac{B}{2} \right), \quad X_o = \frac{N \eta + 4 B^2 \sigma_y}{8 B \sigma_y} \quad (2)$$

ここで、 η は幅厚比 ($=B/t$)、 σ_y は鋼材の降伏強度であり、 X_o は断面端から中立軸までの距離である。対象とする構造物は、図2に示す劣化型 Bi-linear の復元力特性を持つモデルとした。ただし、2次剛性は、弾性剛性 K_e の -0.05 倍とした。構造物の特性を示す各パラメータは、実構造物を想定して、①高さ $l = 8m, 12m, 15m$, ②部材幅 $B = 50 \sim 200 \text{ cm}$ とした。ここで、幅厚比 η の値はパラメータにしなかった。その理由として、できるだけ経済性をねらった場合 η が大きい方が有利であり、制限値の最大値である $\eta=45$ とした。解析した構造物の設定方法としては、設計震度 α_y を $0.05 \sim 0.40$ にして、これらのパラメータを用いて許容応力度設計法で重量と耐力の関係が降伏震度になるように断面設計を行い、その断面をもとに構造物の復

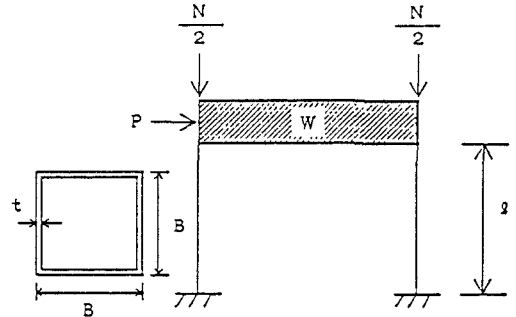


図1 解析モデル

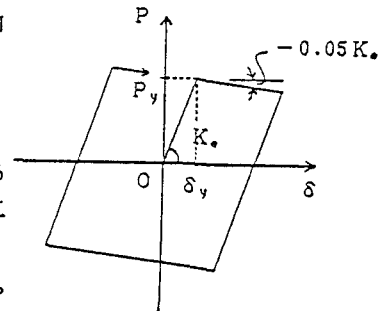


図2 復元力特性

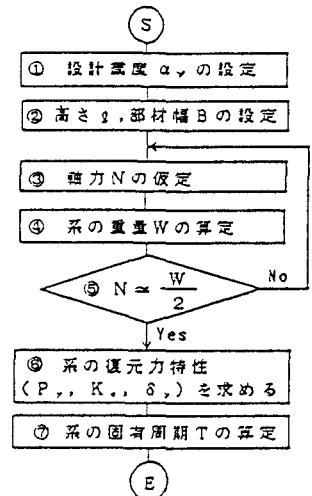


図3 解析モデルの設定フロー

元力特性を求めた。そのため、解析した構造物は実用的な範囲を設定したことになり、計算上設定できたとしても、設計上存在しない構造物は、はぶいたことになる。図3に、解析パラメータの設定フローを示す。このようにして求められた構造物の固有周期 T は、 $T = 0.29 \sim 2.36 \text{ sec}$ の範囲にある。

入力地震動は、El-Centro 1940 NS Imperial Valley Earthquake を使い、最大加速度を 300 gal となるよう調整した。また、数値計算法として、Nigam Jennings 法を用いた。

3. 解析結果および考察

柱の高さ l および幅 B は、式(1)に表されるように系の固有周期 T に関係づけられる。そのため、系の固有周期が与えられれば、 l 、 B のパラメータは無視してもさしつかえのないパラメータと思われる。よって、構造物の系のパラメータとしては、降伏震度 α_y と固有周期 T となる。図4に、計算された塑性率を固有周期 T を横軸に降伏震度 α_y をパラメータに示す。図に見られるように、降伏震度 α_y および固有周期 T が小さくなるほど塑性率は大きくなる傾向を示す。

次に、最適設計震度 α_{yopt} を求める。求めた最適設計震度は、今回設定したものの中で、比較的短周期である $T = 0.8 \text{ sec}$ および長周期である $T = 1.2 \text{ sec}$ を選んだ。図5に、各塑性率の値とその時の降伏震度 α_y との関係を固有周期 $T = 0.8 \text{ sec}$ および 1.2 sec について示す。設計震度 α_y が大きくなるにつれて塑性率は小さくなる傾向にあるが、ある設計震度以上になると塑性率はある程度安定した値になることが見受けられる。

設計震度はできるだけ経済的に、つまり断面を小さくするということと、できるだけ安全性を持たせる、つまり断面を大きくするということの相反する命題での意志決定と考えられる。図5から最適設計震度を選ぶ方法としては、ある一定以上の降伏震度になれば塑性率は安定している。つまり、安全性がほぼ等しいのであるからこれ以上断面を大きくしても意味がないので、その内で最も経済的なものを選択する。この考え方をもとに最適設計震度は、人為的なばらつきも若干含むが、 $T = 0.8 \text{ sec}$ のときは $\alpha_{yopt} = 0.25$ 、 $T = 1.2 \text{ sec}$ のときは $\alpha_{yopt} = 0.2$ を選択した。

〔謝 辞〕 本研究を遂行するに当たり、東京電機大学卒論生の鎌田勝士氏には、計算および論文作成に協力をいただいたことに対し深く感謝致します。

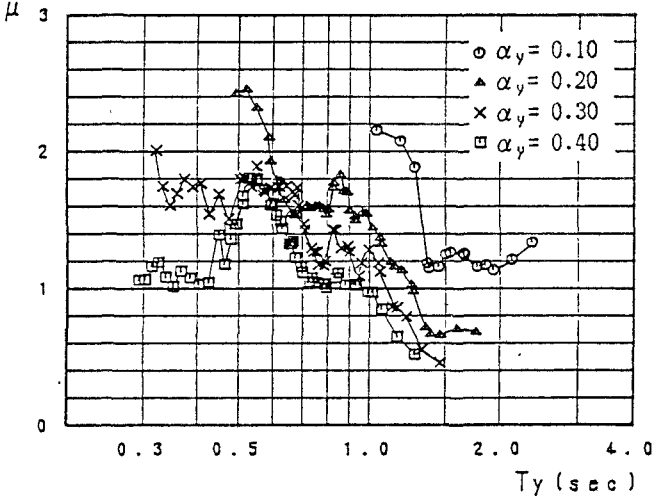


図4 固有周期 T と塑性率 μ の関係

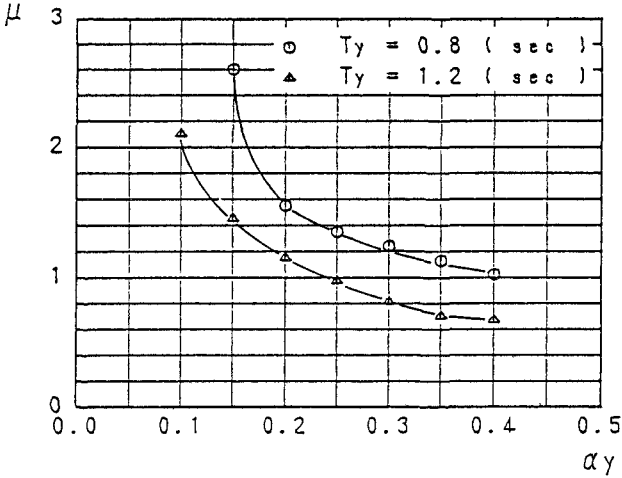


図5 設計震度 α_y と塑性率 μ の関係