

I-B 258

運動エネルギーとその吸収能力による耐震設計法の提案

関東学院大学工学部 フェロー 倉西 茂

1. まえがき

従来の耐震設計法は地震により構造物に励起される加速度にその質量を乗じて慣性力を求め、その慣性力に構造物が抵抗できるかどうかと云うことによっていた。もちろん、その加速度の分布等の取り扱いについては幾つかの方法があるが、一般に、構造物の強度設計は静的荷重に対する抵抗能力の評価によって行われているので、この設計法は一般の技術者にとっては極めて分かり易いものである。しかし、この震度法と呼ばれる設計法では構造物の耐震性に対して重要な”ねばり”と云った要素を反映させることは困難である。

これに対し、地震により励起される運動エネルギーを対象としている構造物がそのエネルギーを吸収できるかどうかと云うことを基準とした設計法は上記の欠点を克服できることが期待できる。ここで提案する設計法は、ある速度で動き出した構造物が崩壊した状態までに止まりうるかどうかをを照査することにより安全性を評価しようとするものである。動的状態を扱いながら、評価の過程では振動という現象は考慮しなくてもよくなる。さらに、その運動エネルギー吸収能力の計算において、構造物の終局限界状態を基とした設計法と密接に結びつけることができる。そのため、最新の構造物の終局強度に関する研究成果を耐震設計に反映させることができる。そこで、こう云った設計法は全世界の構造物の研究者には分かり易いものとなることが期待できる。

2. 耐震終局限界設計法の提案

ここで提案する設計法はレベルⅡの地震動に対する鋼構造物の耐震性を照査に適用する。脆性的挙動をすると考えられる構造物の耐震性の照査には適用しない。今行われている限界状態設計法のフォーマットを参照すると地震による構造物の終局状態の照査に対するものは次のような形式で書かれる。

2.1 終局強度照査式

$$\gamma_1 \times \gamma_E \times E_E = E_S / \gamma_s \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで

E_E は地震動により励起される構造物の最大運動エネルギー。検討すべき最大エネルギーは構造全体ばかりでなく、必要に応じ構造の一部について求める。

E_S は構造全体あるいは構造の一部が崩壊に至るまでに構造物が吸収するエネルギー

γ_E は地震応答速度及び最大速度に達した状態以降に入力される地震力の評価する係数

γ_s は吸収エネルギーを評価する係数

γ_1 は構造物の求められる終局状態あるいは重要度に関する係数

2.2 最大運動エネルギーの算出

構造物が持つ運動エネルギーは何回かの応答振動の後得た最大応答速度を対象とする。

(1) 運動エネルギー算出の元となる最大応答速度は我が国で記録された地震動による応答速度スペクトルの最大値を基本とし構造物の置かれている地位点の特性および重要度を考慮して定めることになる。

(2) 最大運動エネルギーの算出の元となる弾性応答計算により得られる振動モードはその構造物全体あるいは一部の崩壊と最も関連のあるものを使用することになる。

(3) 応答計算に使用する減衰係数は最大に至るまでの構造物のヒステリー減衰を考慮して定める。その評価をせずに使用する場合は減衰常数は10%*（暫定値）以下の値を使用することが考えられる。

2.3 エネルギー吸収能力の算出

エネルギー吸収能力の算出はその構造物の特性に応じて次に掲げる各種レベルのものを適切に使用することができる。算出に当たっては自重等の変形によるポテンシャルエネルギーの変化を考慮する。また、その他構造物の終局状態に至るまでにエネルギーを吸収する機構がある場合はその能力を考慮してもよいと思われる。さらに、その算出方法には幾つかのものが考えられるが、列記すると以下のものとなる。

（1）弾性変形と塑性変形を分けずに算出する場合

- a) 応答加速度を初期値として弾塑性非線形時刻歴応答により吸収エネルギーを求める
- b) 考慮しているモードによる速度分布をそのまま用い、その振動周期により加速度に変換し、得られる慣性力を加重増分法により載荷して終局状態に至る吸収エネルギーを算出する。

（2）弾性変形と塑性変形を分けて算出する場合

- a) 考慮している応答変位モードのまま振幅が増大するとして塑性変形も考慮して吸収エネルギーを算出する
- b) 考慮している応答変位モードのまま振幅が増大するとして弾性限応答を求め、それ以後の変形は塑性ヒンジを仮定して吸収エネルギーを算出する
- c) 塑性ヒンジを仮定して塑性変形吸収エネルギーを算出する

ここで、各吸収エネルギーおよび算出誤差を評価する係数は次のように取る

$$E_s = \gamma_e E_e + \gamma_y E_y + \gamma_o E_o - \gamma_p E_p \quad \dots \dots \dots (2)$$

上式で E_e は弾性変形吸収エネルギー

E_y は塑性変形吸収エネルギー

E_o はその他のエネルギー吸収機構による吸収エネルギー

E_p は自重の失うポテンシャルエネルギー

γ_e は弾性変形吸収エネルギーの算出誤差を評価する係数

γ_p は塑性変形吸収エネルギーの算出誤差を評価する係数

γ_o はその他の機構による吸収エネルギーの算出誤差を評価する係数

γ_p は自重等の失うポテンシャルエネルギーの算出誤差を評価する係数

である。

3. 要求される研究

- a. ひずみ速度に対する材料特性、及び衝撃的破壊に対するエネルギー吸収能力の把握
- b. 板および断面の構成とそのエネルギー吸収能力の評価
- c. 継手のエネルギー吸収能力の評価法と、それを考慮した継手構造：例えば、高力摩擦接合継手に生じる内力がその滑り耐力を越える場合は、摩擦によるエネルギー吸収を考慮する等。
- d. 細部構造：十分な強度と変形能力が期待できる細部構造の開発。すなわち、支承、端補剛材、端対傾構横構、ラーメン隅各部のエネルギー吸収能力を考慮した設計。
- e. 上下部構の連成効果：橋脚と一体化されている基礎構造は全構造の一部と見なしてそのエネルギー吸収を考慮する方法等
- e. ダンパーの効果、その他構造の一部崩壊による運動エネルギー吸収能力の評価法等

4. 結び

提案する耐震設計法は耐震設計法をより合理的なものとするものであり、その採用により、この方面の研究を活発化することが期待できる。なお本提案は鋼構造委員会終局強度研究小委員会に設けられた耐震終局状態設計法分科会で議論されているものである。