

強震動継続時間をパラメータとした構造物の損傷指標に関する基礎的考察

岐阜大学大学院 ○三好 将斗
 岐阜大学工学部 小森 紀彦
 岐阜大学 流域圏科学研究センター 正会員 杉戸 真太
 名古屋工業大学 岩本 政巳
 岐阜大学工学部 正会員 古本 吉倫

1. はじめに

近い将来に発生が危惧されている東海地震や東南海地震、さらにそれらの連動地震では、断層規模が非常に大きいため最大振幅に近い大きな波が1分以上もつづくこと、非常に広域的な被害により復旧活動が大幅に遅れること、長周期地震動により超高層ビルや大型タンクなど特定の構造物が危険であることなど多くのことが予想されている。これら巨大地震の発生自体は避けようがないが、事前に想定される特徴的な被害形態について精度よく予測し適切な準備をとることが可能ならば、地震被害は大きく軽減されるものと考えられる。

現在、想定東海地震などについての被害想定は、主に気象庁計測震度¹⁾を基に行われている。この計測震度は地震記録により瞬時に、かつ客観的に求めることができるという点では非常に優れた指標といえる。しかし、計測震度は、波形の最大振幅に大きく依存する実効加速度により算出されており、実効加速度付近あるいはそれより少し低いレベルで繰り返し続く地震動継続時間の影響をそれほど受けない指標となっている。したがって、計測震度が同じであっても、地震動継続時間が長い場合には、構造物の損傷や液状化による被害が増大することも十分に考えられ、実際の被害が想定結果を上回る危険性が懸念される。

本研究では、海溝型巨大地震の大きな特徴のひとつである地震動の長い継続時間の影響を、地震動の破壊力を構造物の応答履歴から算定されるエネルギーで検討し、震度や最大加速度の地震動強度による被害推定に地震動継続時間の影響を取り入れるための基本資料とした。

2. 地震動継続時間を考慮した破壊力評価法

2.1 地震動強度指標

一般に地震動の破壊力を表す指標として、最大加速度、最大速度、*SI* 値や計測震度などが用いら

れているが、これらの指標は、地震動入力そのものを評価するもので、いずれも地震動継続時間には依存しない地震動の最大値で決まる指標である。

それに対し履歴エネルギーは、地震動の破壊力を構造物の繰り返し応答で表す指標で、地震動の最大値だけで決まる値ではなく、地震動継続時間の影響を含んだ指標である。

2.2 地震動応答解析

本研究では破壊力指標として履歴エネルギーを用いて評価する。ここで履歴エネルギーは構造物に地震動を入力した際の部材の履歴応答（曲げモーメント-曲率関係）より算出され、強震動継続時間を考慮した指標になっている。算出法は各部材の曲率の増分 $\delta\phi$ と曲げモーメント M 、さらに部材長 L を掛け合わせ、部材の合計をとったものとし、次に算出式を示す。

$$E = \sum M \cdot \delta\phi \cdot L \quad (1)$$

E : 履歴エネルギー

M : 曲げモーメント

ϕ : 曲率

L : 部材長

解析対象にする構造物に関しては、RC構造では繰り返し揺らされる影響を検討した研究が多々行われている²⁾。そこで、強震動継続時間の影響を定量的に示すことを目的として、RC構造物を対象に簡単な復元力を持つモデルの作成を行った。解析手順として、構造物を骨組みモデルに等価なものとして置換え、固有値解析を行う。次に固有値解析結果と地震波データを用いて、応答解析を行い、式(1)より履歴エネルギーを算出する。

また、復元力モデルに関しては鉄道構造物設計

基準・耐震設計編³⁾を参考に作成した(図-1)。

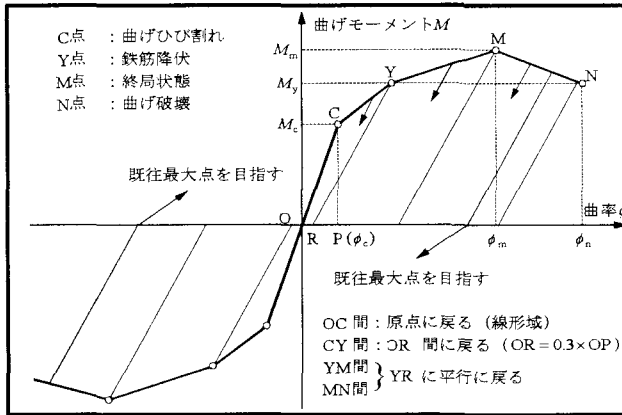


図-1 復元力モデル

3. 解析に用いた地震動データと履歴エネルギーの

累積結果

東海地域に発生が危惧されている東南海・東海連動型地震と関ヶ原・養老断層系地震による名古屋市厚生年金会館地点での推定地震動(図-2)を用いて解析を行った。この二つの波形は計測震度がほぼ同じ(計測震度値5.1)であるが東南海・東海連動型地震発生時の記録の方が地震動継続時間が非常に長い波形となっている。

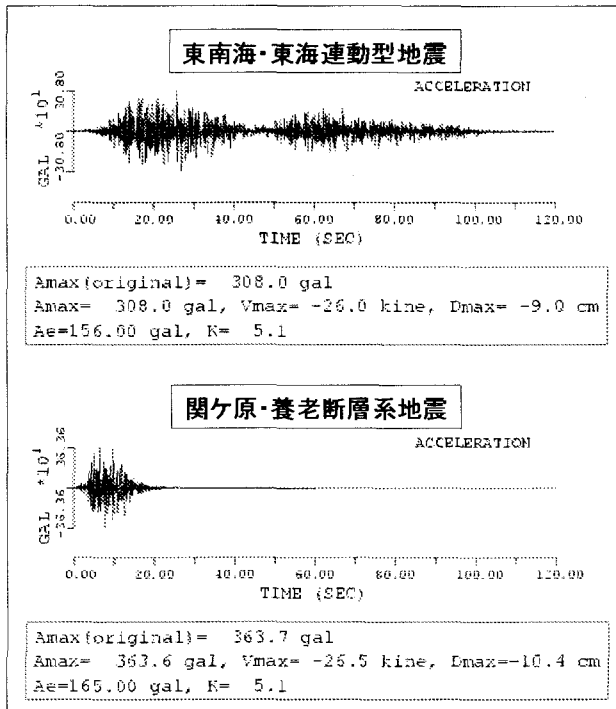


図-2 東南海・東海連動型地震と関ヶ原・養老断層系地震による名古屋市厚生年金会館地点での推定地震動

試算的に基本的なRCのラーメン構造を対象として、地震応答解析を行った結果を示す。

図-3には、履歴エネルギーの累積結果を示す。

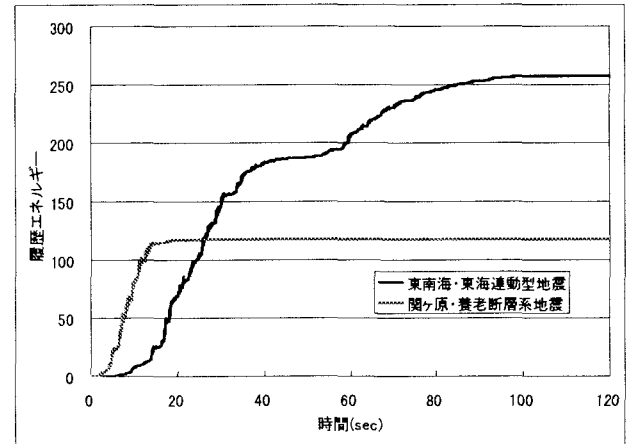


図-3 履歴エネルギーの累積結果

同図に見られるように、東南海・東海連動型地震の場合は関ヶ原・養老断層系地震に対して約2倍の履歴エネルギーが蓄積される形となった。

つまり、計測震度が同じであっても、地震動継続時間が長い場合には、構造物の損傷や実被害が増大することが十分に予想されることが分かった。

4. おわりに

本研究は、気象庁の計測震度には反映されない地震動継続時間の構造物への影響を、構造物に蓄積する履歴エネルギーを指標として、継続時間が長い地震動の危険性について検討した。結果、地震動継続時間の影響を考慮する必要性があることを確認した。

今後、様々な地震動における履歴エネルギーを算出し、さらに崩壊または大破に相当する等価な損傷エネルギーを定義し、計測震度に継続時間の影響を取り入れた、等価震度に対する被害関数の構築を目指す。被害関数構築後、地震被害想定につなげることを最終目標とする。

参考文献

- 1) 気象庁監修 ギョウセイ：震度を知る-基礎知識とその活用-、ギョウセイ、1996.9
- 2) 土木学会コンクリート委員会：阪神淡路大震災の被害分析に基づくコンクリート構造物の耐震性能照査方法の検証-解析手法の適用と比較-、2002.12
- 3) 運輸省鉄道局監修：鉄道構造物設計基準・耐震設計標準・同解説 耐震設計、1999.10