

# 強震動継続時間の影響を考慮した構造物の被害関数に関する基礎的検討

岐阜大学大学院 ○小野 貴英  
 岐阜大学 川出 真嗣  
 岐阜大学 正会員 杉戸 真太  
 名古屋工業大学 正会員 岩本 政巳  
 岐阜大学 正会員 古本 吉倫

## 1. 背景と目的

近年、発生が危惧されている東海地震、東南海地震およびそれらが連動する地震は、断層規模が非常に大きい。そのため、地震発生時には地震動継続時間がかつて体験したことのない非常に長いものになると予想されている。

現在、これらの地震についての被害想定は、強震動シミュレーションにより算出した各地点での地震動波形から各地点での計測震度<sup>1)</sup>を求め、各種の被害関数を用いて推定されている。しかし、計測震度は地震動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、最大加速度よりは少し低い繰り返し続く強い地震動の影響があまり考慮され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、構造物の直接的な損傷や地盤の液状化による被害が増大することが十分に考えられ、実際の被害が予想を上回ることが懸念される。

以上のことから、海溝型巨大地震の大きな特徴である長い地震動継続時間が構造物に与える影響について検討を行い、地域地震被害想定によく用いられる構造物の被害関数に地震動継続時間の影響を取り入れることを検討した。ここでは、RC ラーメン高架橋をとり挙げ対象構造物とした。

## 2. 研究方法

### 2.1 解析手法および対象構造物

本研究では、対象とした構造物を骨組みモデルに置き換えて地震動応答解析を行う。解析対象とする RC 構造物は、1995 年に兵庫県南部地震で被災した山陽新幹線 (JR 西日本) 高架橋の下食満高架橋 R5 (二層ラーメン構造) および 2003 年に三陸南地震で被災した第 5 猪鼻高架橋 R15 (一層ラーメン構造) である。この両構造物は、土木学会コンクリート委員会において詳細な被害分析が行われており<sup>2) 3)</sup>、様々なデータと比較することが可能であるため対象とした。

構造物の復元力モデルは、鉄道橋構造物設計・耐震設計編<sup>4)</sup>を参考に作成した (図-1)。ただし、本研究では簡略化のため材料の軟化を考慮しないモデル ( $M_m=M_n$ ) を用いた。さらに M 点を最大耐力とし、N 点に至った場合を曲げ破壊とする。

### 2.2 解析に用いた地震動波形および継続時間パラメータ

解析に用いた地震動波形は、国内の観測記録 86 成分およびシミュレーション波形 33 成分の合計 119 成分である<sup>5)</sup>。

観測記録は気象庁、旧運輸省港湾技術研究所、旧建設省土木研究所および防災科学技術研究所 K-NET 等の計測震度 4.5 以上の波形を用い、これらのうち、スペクトル特性が特定の周期のみ極端に卓越したもの、波形包絡形状に対して継続時間が異常に長い波形等の妥当でないものは除外した。シミュレーション波形は、地震動予測モデル EMPR と周波数依存型等価線形化法 FDEL により作成された想定東海地震、東南海地震および複合型地震を対象とした波形である。図-2 に 119 成分の内訳を示す。これらの加速度記録を基に振幅調整を行い、計測震度 5.0~7.0 (0.1 刻み) の各震度レベルに相当する地震動波形を作成した。

時間パラメータは  $T_{90}$  (地震動パワーが 5%~95% となる区間の継続時間) および  $T_d$  (地震動パワーを最大加速度の 2 乗で除し、係数を乗した値) を指標とした。

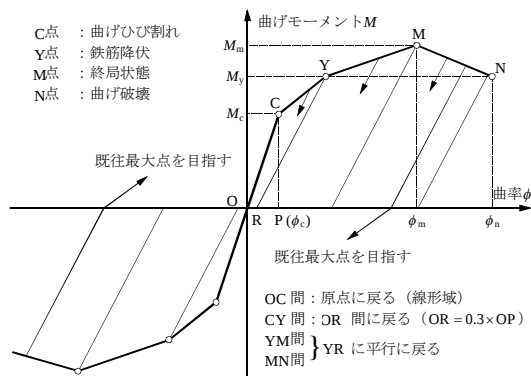


図-1 復元力モデル

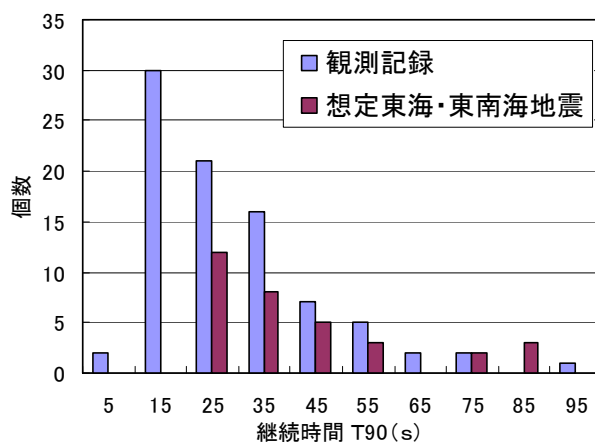


図-2 119 成分の内訳

## 3. 解析結果

解析結果より、震度レベルごとに構造物基部付近の曲率

が曲げ破壊に至った割合の一例を図-3 に示す。割合の算出方法を以下に示す。

$$\text{曲げ破壊に至った割合} = \frac{\text{曲げ破壊に至った波形総数}}{\text{入力波形総数}} \quad (1)$$

図-3 には、式 (1) により算出した割合を計測震度ごとにプロットした。継続時間の長い波形 (赤) が入力となる場合、短い波形 (青) と比べ曲げ破壊に至る割合が高くなる傾向にあることが分かる。一方、曲げ破壊が起こりはじめる震度は、両者ともほぼ一致し (計測震度 6.0)、継続時間の影響がほとんどない。曲げ破壊によりほぼ全ての構造物が破壊する震度 (計測震度 7.0) でもほぼ同様の傾向が見られる。(継続時間の長短の判別基準には、全波形の継続時間の平均値を用いている。概ね、長い地震では震源域が大きな海溝型巨大地震、短い地震では直下型地震が対応していると考えてよい。)

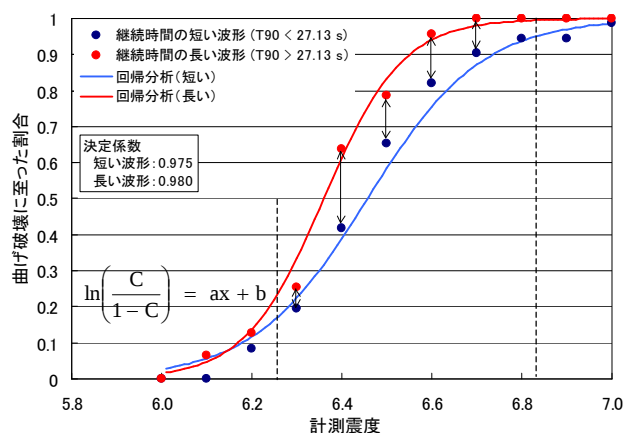


図-3 曲げ破壊に至った割合 (二層ラーメン)

#### 4. 破壊パターンの分類

##### 4.1 分類方法

図-3 より継続時間の長さの違いが曲げ破壊に至る割合に及ぼす影響について確認した。ここでは、図-3 の解析結果を破壊パターンごとに分類し、継続時間の長さが破壊の割合に影響した原因の検討を行った。分類は最大加速度付近で曲げ破壊に至るケース (A パターン)、後続のイベントで曲げ破壊に至るケース (B パターン)、曲げ破壊に至らなかったケース (C パターン) の 3 ケースとした。分割の一例を図-4 に示す。

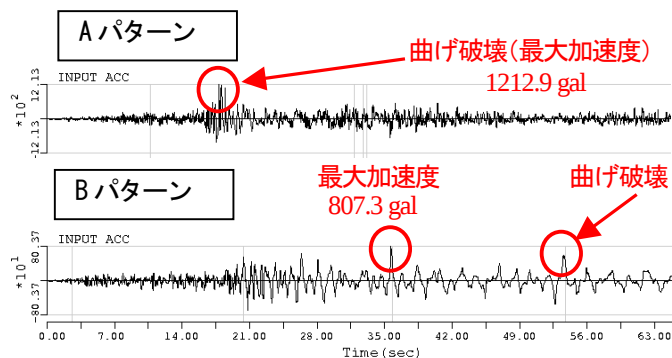


図-4 破壊パターンの分類 (計測震度 6.4)

##### 4.2 分類結果

分類結果の一例を図-5 に示す。分類結果より A パターンは継続時間の長短による違いはあまりみられないが、B パターンの場合、継続時間の長い波形グループの割合が高い事がわかる。以上より、B パターン (繰り返しによる破壊) の増加により継続時間の長い波形グループの曲げ破壊に至る割合が高くなったと考えられる。

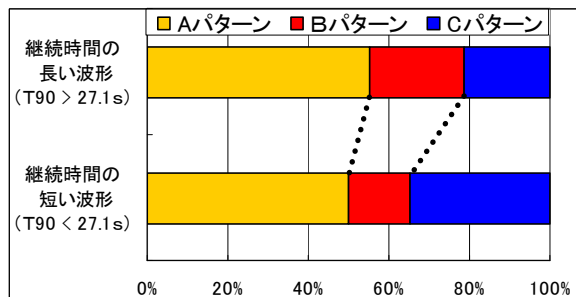


図-5 破壊パターンの分類結果 (計測震度 6.5)

##### 5. おわりに

強震動継続時間が構造物損傷に及ぼす影響についての検討をさらに構造物の履歴エネルギー等の指標についても実施し、地震動継続時間の影響を考慮した計測震度を従来の被害関数に適用する方法について提案する。図-5 は、継続時間を考慮した等価計測震度のイメージ図である。強震動継続時間に対応する等価計測震度を、例えば式 (2) のような形で用いることにより、被害推定の精度を高めることが可能と考えられる。

$$\text{等価計測震度 } \tilde{I} \text{ の算定: } \tilde{I} = \alpha(Te) \cdot I \quad (2)$$

ここに、 $\alpha$  : 継続時間  $Te$  による補正係数,  $I$  : 計測震度

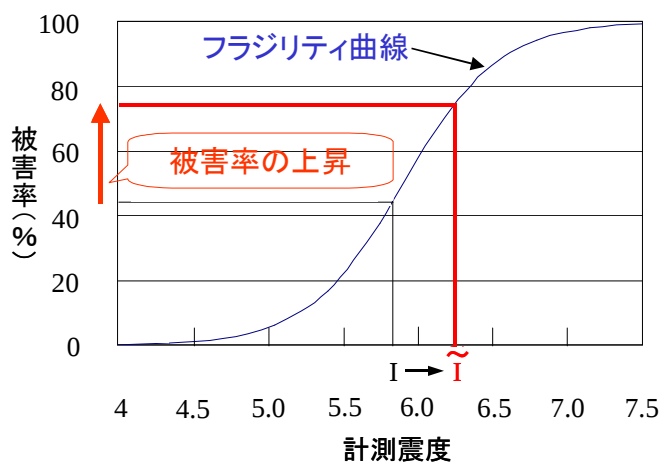


図-5 地震動継続時間を考慮した等価計測震度による被害率推定 (イメージ図)

##### 参考文献

- 1) 気象庁監修: 震度を知る-基礎知識とその活用- ぎょうせい, 1996.9
- 2) 2003 年に発生した地震によるコンクリート構造物の被害分析 土木学会, 2004
- 3) 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照査方法の検証-解析手法の適用と比較: 土木学会, 2002
- 4) 運輸省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説, 丸善株式会社, 1999.10
- 5) 前田具彦: 地震動継続時間に着目した地震荷重評価について 岐阜大学修士論文, 2005