# 構造物の復元力特性に着目した被害推定ノモグラムの適用性に関する一検討

京都大学大学院	学生会員	竹岡将之
京都大学工学研究科	正会員	五十嵐 晃
京都大学工学研究科	フェロー	家村 浩和

## 1.序論

地域防災計画や構造物の耐震対策などを図るための基礎的なデータを得ることを目的として土木構造物の 被害予測を行う際に,単一の地震動特性では精度の高い構造物被害損傷予測が困難であることから,室野ら <sup>1)2)</sup>は被害推定ノモグラムを用いた被害推定法を提案している.被害推定ノモグラムにおける判定基準となる 被害推定曲線に着目し,その構造物特性の適用可能範囲について基礎的な検討を行った.

# 2.被害推定ノモグラムと被害推定曲線

主に鉄道構造物を対象とした被害予測法として,室野ら は大地震直後の即時観測情報の使用を前提に図 1 に示す ような被害推定ノモグラムを用いる方法を提案している. 被害推定ノモグラムは,被害予測を行おうとする構造物の 特性とその地点での強震動の情報が与えられるものとし て,横軸に地震動卓越周期 T の構造物降伏周期 T<sub>s</sub>に対す る比として定義される「正規化卓越周期」T/Ts を,縦軸に 地震動 PGA の構造物降伏加速度 k<sub>hy</sub>g(ここにg:重力加速 度)に対する比である「正規化加速度」PGA / (k<sub>hy</sub>g)を取 り,そこに描かれた区分曲線により分割された,予測され る被害ランク(表1)に対応した領域を図示したものであ る.すなわち,面的な地震動の情報から構造物建設地点毎 の地震動強度のデータを与えて卓越周期 T と最大加速度 PGA を,構造物固有の特性として降伏周期 T<sub>s</sub>と降伏加速



被害ランク	1(無被害)	<b>2(小被害</b> )	3(中被害)	<b>4(大被害</b> )
塑性率	0< µ <1	1< µ <2	2< µ <4	4< µ

度 k<sub>hy g</sub>を与え,正規化卓越周期と正規化加速度に対応する点がノモグラム上において属する領域を判定する ことにより,その領域に対応する被害ランクとして構造物被害を予測するものである.ここで,地震動強度の データとして最大加速度 PGA と最大速度 PGV の情報が与えられるものとして,卓越周期 T の算出には次式を用 いる.

$$T = 2\pi \frac{PGV}{PGA} \tag{1}$$

この被害推定ノモグラムにおいて被害ランク領域の境界線を成す曲線を、ここでは被害推定曲線と呼ぶ.

## 3.検討方法と計算結果

この被害推定ノモグラムをより多種多様なタイプの構造物の被害予測へ適用することを視野に入れると,実際の構造物におけるばらつきや仮定された計算モデルからの乖離の可能性が大きい要素として,特に構造物の 非線形履歴復元力モデルの影響が考えられる.復元力特性としてより幅広い復元力モデルを用いた場合の適用 性を検証するため,室野らが被害推定曲線の決定の基準とした計算で用いた Clough 型モデルと異なる復元力 モデルの代表としてバイリニア型復元力特性を持つ構造物構造物に対する動的起算を行い,その結果の分布と 被害推定曲線の関係を調べることにより,被害推定ノモグラムの適用性に関する検討を行った. 入力地震動や構造物特性を仮定した多数の地震応答解析を行い,各被害ランクに対応する構造物の応答計算 結果の分布と被害推定ノモグラムを比較することで,その適合性の検討を行った.地震応答解析の方法は,室 野らが被害推定曲線の決定に用いた計算の方法となるべく同一の条件としている.

(1) 構造物モデル

橋梁・高架橋等の構造物を1自由度系でモデル化するとともに,

構造系の塑性化を考慮して非線形履歴復元力特性を想定する.履歴 復元力モデルは降伏震度 k<sub>hy</sub> と降伏周期 T<sub>s</sub>の2つのパラメータで指 定される.表2に示される降伏震度 k<sub>hy</sub> と降伏周期 T<sub>s</sub>の全ての組み 合わせにより構造物モデルを設定する.

表	2	構造物モデ	ル特性	パラメ	(ータ
	_		**   9   *		-

パラメータ	値	
降伏周期 Ts	0.2. 0.4. 0.6. 0.8. 1.0. 2.0	
(sec)		
降伏震度 Khy	0.3, 0.4, 0.8	
減衰定数 h	0.04/Ts	

(2) 入力地震動

2003 年十勝沖地震および 2004 年新潟県中越地震の総計38地点での水平 N-S 成分の記録を使用し,各地 震動の最大加速度を 10,50,100,200,300...1000(gal)となるよう加速度波形の振幅を調整したものを用いた.

(3) 計算結果

計算結果の被害ランク別の正規化加速度 - 正規化卓越周期平面上の分布を調べた.被害ランク分布を前項の 被害推定曲線と併せて示した結果を図2に示す.



### 4.考察

特に被害ランク 2 の場合の分布から読み取れるように,被害推定曲線の最低値と解析結果の最小値との間 には無視できない差がある.Clough モデルの仮定に基づく室野らの被害推定曲線と比べると,正規化卓越周 期が1付近で,被害ランクがやや小さくなる傾向を示す.バイリニア型復元力特性はClough 型に比べて履歴 エネルギー吸収が大きく,履歴減衰の効果が大きくなり,構造物応答が減じて被害がやや小さめの結果となる. その結果,被害推定曲線において正規化周期と正規化加速度の組み合わせが同一の値であればバイリニア型復 元力特性の構造物の方が被害ランクが小さくなり,被害推定曲線は全般に縦軸の正規化加速度の正の方向に移 動する傾向にあることが推測される.したがって,被害推定ノモグラムの適用性は降伏荷重や1次剛性の仮定 の他に,履歴復元力による等価減衰の効果に相当する影響を受けることになる.

#### 参考文献

1) 室野剛隆・芦谷公稔:早期被害予測のための鉄道構造物の地震被害ランク推定法の開発,鉄道総研報告第16巻 第8号,pp7-12,2002年.2) 室野剛隆・芦谷公稔・横田崇:ナウキャスト地震情報の活用を想定した早期地震 警報システムの開発(その2)-地震動による構造物の被害ランク推定手法,地震工学研究発表会講演論文集,Vol.26, pp.1293-1296,2001年.3) 土木学会耐震工学委員会・耐震基準小委員会:土木構造物の耐震設計における新 しいレベル1の考え方(案),2003年.