

I-545 地震時損傷度指標のR C橋への適用性

鹿島建設㈱技術研究所 正員○一宮 利通

同 上 正員 竹田 哲夫

同 上 正員 山野辺慎一

I. はじめに

一般に、RC構造物の損傷度を示す指標は部材の損傷度を示す指標（部材損傷度指標）と構造物としての損傷度を示す指標（構造物損傷度指標）に大別できる。部材損傷度指標としては、吸収エネルギーや最大変形などから求める方法^{1) 2)}などが提案されており、構造物損傷度指標としては、部材損傷度指標をそれぞれの吸収エネルギーを重みとして平均する方法^{1) 2)}、構造物の固有周期の変化から求める方法^{3) 4)}などが提案されている。それぞれの損傷度指標と損傷状況の関係はRC造の建物などでは実験や地震被害の損傷状況と比較することによってキャリブレーションされている。

本研究では、構造物損傷度指標として、実測から得ることのできる固有周期の変化から求められる最大軟化率 (Maximum Softening) を例にとり、そのRC橋に対する適用性について検討した。ただし、最大軟化率と被害レベルの関係は構造型式によって異なると思われるので、その都度、対応関係を調べる必要がある。しかし、近年設計されたRC橋では大きな被害を受けた例がほとんどない。そこで、構造物損傷度指標と被害レベルの関係は宮城県沖地震で被害を受けたRC高架橋をモデルに選んで、入力地震動の大きさをパラメータにした弾塑性地震応答解析を行って調べた。

II. 弾塑性地震応答解析と部材損傷度指標

2次元フレーム弾塑性地震応答解析プログラムを用いて、宮城県沖地震（1978年6月）で被害を受けた東北新幹線高架橋（3径間および4径間RC2層ラーメン橋）についてシミュレーション解析を行った。主に橋軸直角方向の地震力に対する被害が大きかったため、ここでは橋軸直角方向のモデルについて解析を行った。入力地震動は同地震時に基盤上で記録された地震波（開北橋）から重複反射理論 (SHAKE) に基づき推定した。

図-1に示すように実被害はほとんどが中層梁における軽微な曲げおよびせん断ひび割れのみであり、ひび割れ幅は0.2mm以下であった。Meyerらが提案した部材損傷度指標¹⁾は中層梁で約0.1であり、他の部材では0であった。この損傷度指標は部材の持つエネルギー吸収能力に対する実際に吸収したエネルギーの割合で定義され、0.1は微小なひび割れ発生、0は無被害に対応している。したがって、実被害と解析結果は損傷位置および損傷程度ともによく一致しており、被害レベルの小さい範囲ではあるが、Meyerらの部材損傷度指標がRC高架橋にも適用できることが分かった。

III. 構造物損傷度指標と被害レベル

構造物損傷度指標として、Cakmakにより提案された最大軟化率 (Maximum Softening) ³⁾ を適用した。これは構造物が被害を受けて剛性が低下すると構造物の固有周期が増大することに着目したものであり、次式で表わされる。

$$\delta_M = 1 - \frac{T_{0(\text{initial})}}{T_{0(\text{max})}}$$

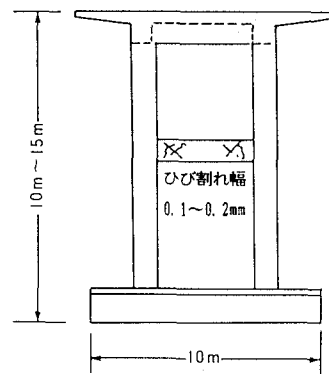


図-1 高架橋の損傷状況

δ_M : 最大軟化率

T_o (initial) : 損傷していない
構造物の固有周期

T_o (max) : 地震時における構造物
の最大固有周期

構造物の被害レベルを定義するために、まず、図-1の高架橋に地震時慣性力を静的に加えたときのP- δ 曲線（加速度と天端変位の関係）を求めた（図-2）。次に、この曲線を弾性域と塑性域に分け、塑性域は吸収エネルギーに着目して、さらに4つの領域に分割した。それぞれの領域を δ の小さいほうから順にレベル0～4と定めた。

構造物が崩壊に至るまでの挙動を調べるために、推定した入力地震動を数段階に増幅したものを入力して、6つの高架橋の弾塑性解析を行った。ただし、地盤は線形バネとしてモデル化した。それぞれの解析から得られた最大軟化率と被害レベルの関係を、構造物ごとに異なる記号で、図-3に示す。被害レベルは、各部材端における Meyerらの部材損傷度指標から構造物の持つエネルギー吸収能力に対する吸収エネルギーの割合から推定した。図-3より、最大軟化率と構造物全体としての被害レベルとの間には、ほぼ対応関係があることが分かる。したがって、最大軟化率がRC橋の構造物損傷度指標として適用できるものと思われる。

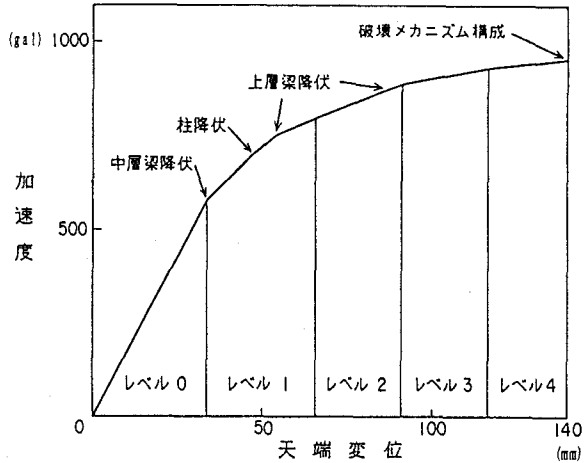


図-2 P- δ 曲線と被害レベル

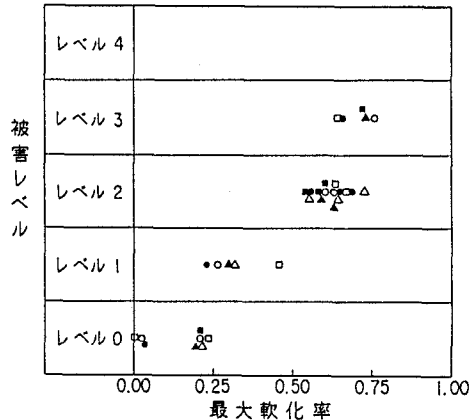


図-3 最大軟化率と被害レベルの関係

IV. おわりに

今後、最大軟化率を実用化するには、被害レベルの小さい範囲においての感度特性や地盤の塑性化の影響までを考慮した特性を調べる必要があると思われる。

本研究は鹿島建設と米国プリンストン大学の共同研究のうち、Cakmak教授と行った研究の成果である。

最後に、資料を提供していただいた東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Chung, Y. S., Meyer, C. and Shinozuka, M. 'Automatic Seismic Design of Reinforced Concrete Building Frames', ACI Structural Journal, May 1990
- 2) Park, k Y.-J. and Ang, A. H.-S. 'Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete', Journal of Structural Engineering, ASCE, Apr. 1985
- 3) DiPasquale, E. and Cakmak, A. S. 'On the Relation between Local and Global Damage Indices', NCEER-89-0034, 1989
- 4) 西村昭彦、「ラーメン高架橋の健全度評価法の研究」、鉄道総研報告、1990年 9月