

I - B124 橋梁構造システムの耐震診断に関する基礎的研究

山口大学大学院 学生員 中島 募 (株) 鴻池組 正会員 金好 昭彦
 山口大学大学院 学生員 安元 隆 山口大学工学部 正会員 宮本 文穂
 山口大学工学部 正会員 中村 秀明

1. はじめに

近年のノースリッジ地震, 兵庫県南部地震などの都市直下もしくは付近で発生した地震の被災状況において, 道路高架橋を中心とする橋梁構造が落橋, 倒壊に至り交通システムとしての機能が麻痺する事例が数多く発生している。これを教訓として, 制震, 免震, 連結構造などの導入によって耐震性を向上する試みが行われているが, これらの導入による耐震性の向上についての評価は橋梁構造の各部ごとの照査にとどまっているのが現状である。本研究では橋梁各部の状態確率の遷移を用いて地震時の破壊メカニズムを表現する橋梁構造モデルに各種耐震対策を適用し, その効果, すなわち橋梁構造全体系としての耐震性の向上を評価することでそれらの有効性についての検討を行う。

2. 橋梁構造の地震時破壊メカニズムのモデル化¹⁾

今回モデル化をおこなった橋梁構造を図1に示す。ここで構成する部位, 部材の状態の遷移は直接的, もしくは間接的に他の部位, 部材の状態に影響を及ぼすため, これら部位, 部材間の関連性を図2のように仮定し, 状態遷移の際に考慮する。なお実線部は損傷の進行の加速, 破線は損傷の進行の遅延を表している。

3. モデル化の手法²⁾

地震時における橋梁構造の損傷過程は次式による各部材の状態遷移によって表すものとする。

$$S_i(t) = \{p_1(t), p_2(t), p_3(t), \dots, p_i(t), \dots, p_n(t)\} \quad (1)$$

$$P_i = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{i1} & p_{i2} & \dots & p_{in} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$S_i(t + dt)^T = P_i \times S_i(t)^T \quad (3)$$

ここで, $S_i(t)$: 時刻 t における部材の状態

P_i : 遷移確率行列

$S_i(t + dt)$: 単位時間 dt 後の部材の状態

4. モデル化の結果 上述の方法で図1のような橋梁構造の破壊

メカニズムをモデル化し, 計算を行った結果を表1および図3に示す。なお今回は損傷状態をA, B, C, Dの4段階に分け, 順により軽微な状態とした。

4.1 各部位ごとの損傷状態 表1および図1に示した計算結果から推測される橋梁構造の損傷状態を以下にまとめる。

(1) 支承部: ピン部分については確率が一番高い状態はDであるが, 状態Aである確率も20%を越えていることからピンの損傷の度合いはかなり高いといえる。セットボルトについても同様の傾向がみられる。アンカーボルトについては前述の2部材に比べ損傷はかなり軽微な状態にとどまっている。

(2) 橋脚: 橋脚についてみると状態Bである確率が37%, Cである確率が36%とかなりの割合を占

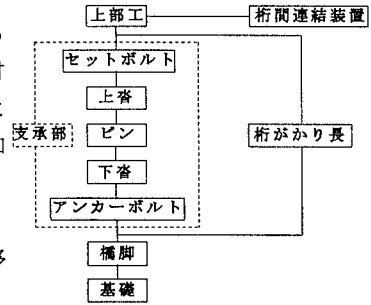


図1 モデル化した橋梁構造

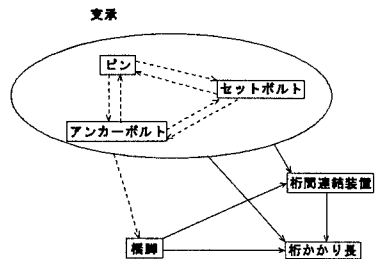


図2 各部位の関連性

キーワード: 橋梁構造モデル, 状態遷移, 地震時破壊メカニズム, 耐震対策
 〒755 山口県宇部市常盤台 2557 TEL 0836-35-9951 FAX 0836-35-9951

めていることから、実現象でいえばこの橋脚は耐荷力の低下、大きな残留変形等の損傷を受けた状態にあるといえる。

(3)：桁間連結装置および桁かかり長：これらの部位については状態CおよびDである確率がほとんどの割合を占めている。このことから桁が落下しているという状態の確率は低いといえる。

4.2 橋梁構造全体系でみた場合の損傷状態 橋梁構造全体系でみた場合、表1および図3の結果から推測できることは、桁かかり長が十分あることから落橋という事態が起こる確率は低いものの、橋脚が中程度～重度な損傷状態である確率が高いため、倒壊する可能性は小さいが橋梁の機能を短時間で回復できない事態となる可能性がある、ということである。これは橋梁構造が受けた地震エネルギーのかなりの割合を橋脚が負担していることを意味しており、このままでは全体系から見た場合の耐震性に問題があるものと思われる。

表1 橋梁構造モデルの計算結果の一例

		状態A	状態B	状態C	状態D
ピン支承	セットボルト	0.163254	0.004987	0.059291	0.772467
	ピン	0.222717	0.015550	0.004263	0.757471
	アンカーボルト	0.005533	0.000117	0.016604	0.977746
桁間連結装置		0.049595	0.151623	0.367304	0.431479
桁かかり長		0.049910	0.165982	0.417931	0.497432
RC橋脚		0.126434	0.368455	0.358466	0.146645

5. 耐震対策の適用 以上のようにして作成したモデルに、耐震対策として一般的に行われているRC橋脚補強、免震支承の設置、落橋防止装置の設置の案を単独もしくは複数組み合わせの適用を行う。ここではRC橋脚補強を単独で適用した場合の結果を表2および図4に示す。

適用前の結果、表1と適用後の結果、表2を比較してみた場合、橋脚については最も損傷が軽微な状態である確率が大幅に上昇し

ていることから、橋梁構造が交通路としての機能を失い、短時間では回復できない事態となる可能性は大幅に低くなったと言える。また支承各部、桁間連結装置、桁かかり長については損傷の著しい状態の確率が多少上昇していることから、RC橋脚が吸収していた地震エネルギーを各部が分担することになったことがうかがえる。

このようにRC橋脚補強を適用することによって橋梁全体系としての耐震性が向上していることから、この案は橋梁構造の耐震対策として有効であるといえる。

表2 耐震対策適用後の計算結果の一例

		状態A	状態B	状態C	状態D
ピン支承	セットボルト	0.232565	0.004793	0.050150	0.712492
	ピン	0.365417	0.012257	0.003483	0.618843
	アンカーボルト	0.054425	0.000746	0.042651	0.902177
桁間連結装置		0.057291	0.210652	0.372947	0.359111
桁かかり長		0.156789	0.264609	0.400267	0.291950
RC橋脚		0.033553	0.181525	0.463743	0.321178

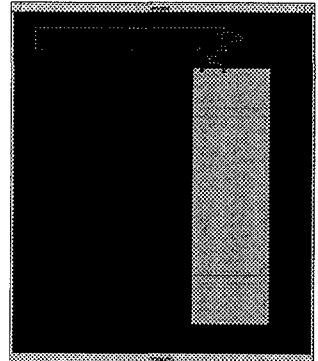


図3 50回遷移時の状態(最終状態)

(A: ■ B: ■ C: ■ D: ■)

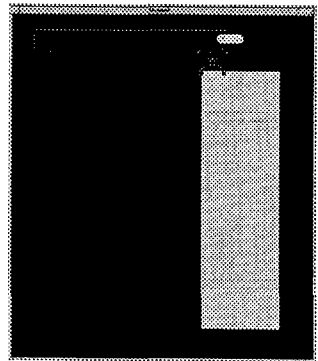


図4 耐震対策適用後の50回遷移時の状態(最終状態)

(A: ■ B: ■ C: ■ D: ■)

6. まとめ

本研究で得られた成果および今後の課題についてを以下にまとめる。

- ①状態遷移確率によって地震時の破壊メカニズムを表現する橋梁構造モデルを示した。
- ②橋梁構造全体系としての耐震対策の有効性を評価する手法についてを示した。
- ③さらに精度の高い結果を得るため地震エネルギーおよび損傷度の妥当性からの検証を行う必要がある。

参考文献

- 1) 中島昇, 宮本文徳, 金好昭彦: 橋梁構造の地震時被災メカニズムのモデル化とフェールセーフ化手法に関する基礎的研究, 安全工学シンポジウム講演予稿集, pp.207-210, 1996.10
- 2) 高橋利恵, 濱本卓司: マルコフ過程を用いた構造物の確率論的損傷予測モデル, JCOSSAR'91 論文集, pp.37-41, 1991.8