

I - B190 GA（遺伝的アルゴリズム）を用いた落橋防止システムの選定に関する一考察

九州大学 学生員 大西陽子

九州大学 正会員 園田佳巨

九州大学 正会員 彦坂 熙

中央コンサルタンツ 正会員 楠 辰雄

1. 目的

1995 年の兵庫県南部地震により改訂された道路橋示方書では、支承、変位制限装置および落橋防止構造等を併用したシステムとしての落橋防止対策が推奨され、橋梁全体系としての応答を考慮した対策を行う必要性が指摘された。しかし、落橋防止システムの機能に関する評価基準は必ずしも明確でなく、現時点ではシステムを構成する各種装置の設計手法も確立されていない。したがって、今後何らかの具体的な評価基準を設け、より優れた落橋防止システムの構築法について規定していく必要がある。そこで、本研究では FEM による動的解析で得られる橋梁の応答量で目的関数を表すことにより、橋梁全体系の応答性状を改善することを目的とした理想的な落橋防止システムの検討を GA を用いた数値解析により試みた。

2. 内容

2.1 解析手法の概要

(1) 解析モデル

本研究では、曲げと軸力を伝達する骨組部材で表した集中質量モデルを用いた。図-1 は、解析モデルの構造寸法を示したもので、各部材の断面諸元は表-1 に示す値を用いた。落橋防止システムを構成する装置として、ここでは支承および変位制限構造を検討対象とした。支承は反力分散ゴム支承等を想定した線形バネ要素とした。一方、変位制限構造には、初期剛性が大きな従来型連結板装置や、後続剛性の方が大きなゴム材を使用した装置等の種々のものが考えられる。そこで、ここでは各種装置を包括した図-2 に示すようなバイリニア型の非線形バネ要素でモデル化することにより、様々な非線形剛性のパターンをもつ装置を候補として与えた。すなわち、GA を用いて決定する遺伝子データとして各支承の剛性 k_i 、変位制限装置の遊間 δ_1 、初期剛性 k_1 、後続剛性 k_2 、剛性変化点変位 L_1 の5種類を選定した。なお、今回の解析では地盤の変形特性に関するモデル化は行っていない。

(2) 落橋防止システムの評価基準

理想的な落橋防止システムは、桁かかり長を基本とし、支承および変位制限構造が相互に補完しながら地震動による慣性力へ抵抗する組み合わせを考えた。その具体的な評価基準として、（a）桁水平変位を最小にする、（b）2つの橋脚基部の最大応答曲げモーメントを最小にする等の複数の案が考えられるが、本解析では2つの橋脚基部の最大応答曲げモーメントを最小にする（b）案を採用し、以下の式を目的関数とした。

$$Z = \frac{|M_1|}{|M_{u1}|} + \frac{|M_2|}{|M_{u2}|} \quad (1)$$

ただし、 M_1 、 M_2 ：橋脚 P1、P2 の最大応答曲げモーメント

M_{u1} 、 M_{u2} ：橋脚 P1、P2 の設計時終局曲げモーメント

キーワード：遺伝的アルゴリズム、落橋防止システム

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院建設システム工学専攻 TEL&FAX 092-642-3260

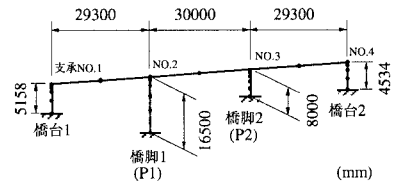


図-1 解析モデルの構造寸法

表-1 橋梁の断面諸元

	A (m^2)	E (tf/m)	I (m^4)
桁	5.743	2.980×10	1.153
橋台1	40.000	2.350×10	53.333
橋台2	32.200	2.350×10	32.871
橋脚1	7.560	2.350×10	4.593
橋脚2	5.600	2.350×10	1.867

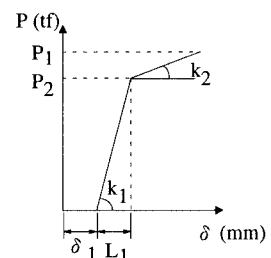


図-2 落橋防止装置の剛性

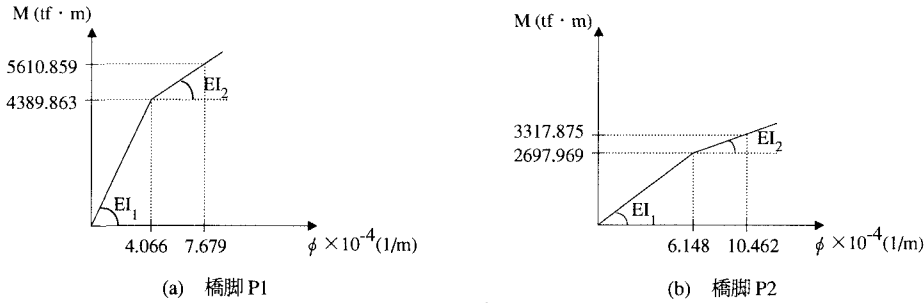


図-3 曲率-曲げモーメント図

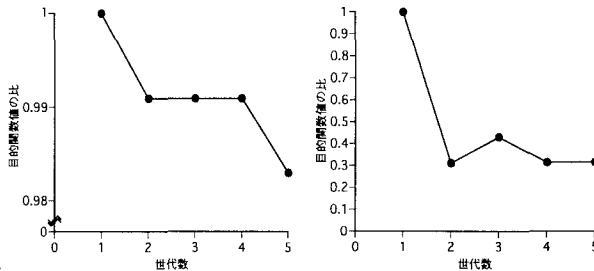


図-4(a) 目的関数の最小値

図-4(b) 目的関数の平均値

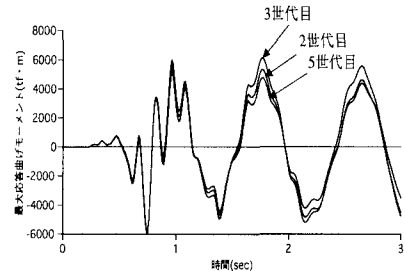


図-5 橋脚 P1 基部の曲げモーメント応答

2.2 数値計算例および考察

応答解析に用いる入力地震動は保有水平耐力法レベルの入力地震動(Ⅱ種地盤)とし、GA 解析の基本パラメータとして人口 16、世代数 5 を用いた。解析に用いた遺伝子データは、4 箇所の支承のパネ剛性と両端に設置する変位制限装置の力学特性を表す 4 つのパラメータの計 12 個である。また、橋脚 P1、P2 の曲率と曲げモーメントの関係は、それぞれ図-3(a)と図-3(b)に示すような、バイリニア型の弾塑性モデルとした。

各世代毎の目的関数の最小値の推移と目的関数の平均値の推移を、1 世代目の値を 1 とした比を用いて図-4(a)と図-4(b)に示した。図-4(a)より、ごくわずかではあるが世代が進むにつれて最適解の応答性状が改善されていることがわかる。図-5 には 2 世代目、3 世代目および 5 世代目の目的関数の平均値が示す橋脚 P1 基部曲げモーメント初期応答状況を示した。今回の試算では、人口数が 16 と極端に小さいことから早期に解の収束（一様化）が起り、わずかな改善しか達成されていないが、世代全体の質は確実に向上していくことが認められた。

表-2 は世代毎の最適解の推移を示したもので、この表より支承 No.1 から No.3 は No.4 より剛性を小さくかつ均等にとり、連結装置 No.1 は後続剛性の方が大きいゴム材等を使用した装置が望ましい解として選択される傾向にあることが認められる。

3. 結論

今回の試算では、橋梁全体系の応答を改善できるような落橋防止システムの理想的な組合せを検討したが、主部材断面の変更を想定していないことから、必ずしも目的関数値の大きな改善は見られなかった。しかし、人口や世代数を十分大きな値とし、より適切な目的関数を検討することにより、理想的な落橋防止システムの組合せを評価することは可能であると思われる。

参考文献

- 1) 古田 均・杉本 博之：遺伝的アルゴリズムの構造工学への応用、森北出版株式会社、1997

表-2 最適解の推移

	1世代目	...	5世代目
支承No.1剛性(tf/m)	3000.0	...	300.0
支承No.2剛性(tf/m)	0.0	...	300.0
支承No.3剛性(tf/m)	1200.0	...	300.0
支承No.4剛性(tf/m)	7000.0	...	1200.0
連結装置No.1遊間(m)	0.02	...	0.04
No.1剛性変化点変位(m)	0.06	...	0.04
No.1初期剛性(tf/m)	30000.0	...	2000.0
No.1後続剛性(tf/m)	30000.0	...	26000.0
連結装置No.2遊間(m)	0.06	...	0.08
No.2剛性変化点変位(m)	0.02	...	0.04
No.2初期剛性(tf/m)	4000.0	...	24000.0
No.2後続剛性(tf/m)	28000.0	...	24000.0