

ガイドライン型設計による鋼連続桁の断面変化位置決定問題への GA の適用

(株)ニュージェック
金沢大学
東海サンユーテクノス

正会員
正会員
正会員

○保田 敬一
近田 康夫
坂本 純男

1. はじめに

ガイドライン型設計¹⁾では鋼重+工数ミナムを目指しているが、輸送可能部材長と支間割りなどのスケルトンの関係から、必ずしも最小ブロック長がコスト最小になるとは限らない。本研究では、任意のブロック数における鋼重最小となる継手位置をGAで算出し、製作工数と鋼重から製作工費を複数のブロック数で比較することで(鋼重+工数)ミナムとなる継手位置を決定する方法を示す。

2. 断面変化位置の決定方法

断面変化位置の決定方法は、まずスケルトン(支間長、横桁位置、補剛材位置)決定の次に、輸送可能部材長から最小ブロック数を求め、何通りかのブロック数で鋼重+工数による工費が最小となるブロック数、継手位置が採用される。スケルトンは継手位置が変化しても設定し直すことはしない。

横桁位置は 国土交通省タイプ(横桁間隔 6m 以下、下横構あり、垂直補剛材間隔 4@、継手位置は垂直補剛材の中間)、旧道路公団タイプ(横桁間隔 10m 以下、下横構なし、垂直補剛材間隔 2@あるいは 3@、継手位置は垂直補剛材の中間にはこだわらない)に分かれる。本研究では国土交通省タイプを対象とした。

支点に隣接する補剛材の間には継手を設けない。また、ガイドライン型設計の主旨である鋼重+工数によるコスト最小を目指すもので、支点上のブロックは左右非対称でもやむを得ないとする。

3. GA によるモデル化²⁾

(1) 最適化指標

最適化の指標は経済性(単目的)とし、鋼重の最小化を目指した。具体的には、ブロック長×抵抗曲げモーメントの総和が最小となる継手位置を検索した。同じブロック数の場合、継手位置を変化させても大型部材重量や大型部材材片数、小型部材重量や小型部材材片数などの工数算定要素はほとんど変化しないため、鋼重が少ない方が工費が安くなるためである。目的関数を式(1)に、制約条件は以下に示すとおりである。

【目的関数】

$$f = \sum_{i=1}^n (Li \times Mi) \rightarrow \min \tag{1}$$

【制約条件】

0 < Li Lmax
Σ Li = BL
BWi BWmax
ここで、Li：ブロック長
Mi：部材の最大抵抗曲げモーメント
n：ブロック数
Lmax：輸送可能部材長
BL：桁長
BWi：ブロック重量
BWmax：輸送可能ブロック重量

(2) GA パラメータ

用いた GA のパラメータを表-1 に示す。

表-1 GA のパラメータ

項目	パラメータの値、手法
個体数	100
世代数	60
突然変異確率	20%
選択手法	エリート保存方式(適合度上位20%)
交叉手法	1点交叉
交叉率	適合度の上位 6.0 %の中から任意に選択
終了条件	世代数 = 世代交代数

4. 鋼重と工数算出

改訂鋼道路橋数量集計マニュアル(案)³⁾により鋼重、大型材片数、小型材片数、製作工数、加工組立工数、溶接工数などを算出する。対象としたのは、材料費、本体の加工組立工数、本体の溶接工数で、570 材相品による割増、仮組立、対傾構・横構・付属物などはブロック数を変えても同じであるとして計上していない。

鋼重は、GA により継手位置とブロックごとの最大断面力が出力されるので、桁高と腹板厚、鋼材の許容応力度などを仮定して、発生最大断面力からフランジ断面積を算出した。大型材片数は主桁、横桁まで計上した。これは、大型 1 部材あたり影響係数が関係するためである。小型材片数材片重量は一律大型部材の 15%などとはせず、数量を計上した。添接板はブロック数が増えるとその重量が増加するが、主桁断面積に継手部材長を乗じて算出した。

キーワード 鋼連続桁, GA, 断面変化位置,
ガイドライン型設計
連絡先 〒135-0007 東京都江東区新大橋 1-12-13
TEL.03-5625-1796, FAX.03-5625-1870

5. 適用例

国土交通省タイプの継手位置が垂直補剛材の中間にくるケースとして、文献 8)に記載の 3 径間連続非合成鈑桁を対象とした。支間割りりは、37.000m+55.000m+37.000m で桁長は 129.000m である。全幅員は 9.925m、主桁本数は 4 本、床版支間長は 2.650m である。輸送可能部材長は 13.00m、ブロック数は 11 である。

(1) GA による検索結果

GA による探索は、ブロック数 11、12、13 で行った。ガイドライン型設計のサンプルと GA による探索結果の比較を表-2 に示す。図-1 に両者の断面力比較を示す。

表-2 抵抗曲げモーメント×部材長の合計比較

Block 番号	ガイドライン型設計のサンプル			GA による最適解		
	ブロック長	最大断面力	M × L	ブロック長	最大断面力	M × L
1	8,825	5,061	44,667	12,275	5,871	72,066
2	12,650	6,047	76,495	12,650	6,047	76,495
3	12,075	-10,127	122,286	9,392	-10,687	100,368
4	12,388	-12,730	157,693	12,996	-12,730	165,437
5	12,375	8,751	108,294	12,375	9,138	113,087
6	12,375	9,731	120,421	12,375	9,731	120,421
7	12,375	8,751	108,294	12,375	8,267	102,309
8	12,388	-12,730	157,693	12,738	-12,730	162,148
9	12,075	-10,127	122,286	6,900	-8,907	61,459
10	12,650	6,047	76,495	12,650	6,047	76,495
11	8,825	5,061	44,667	12,275	5,871	72,066
Σ	129,000		1,139,290	129,000		1,122,350

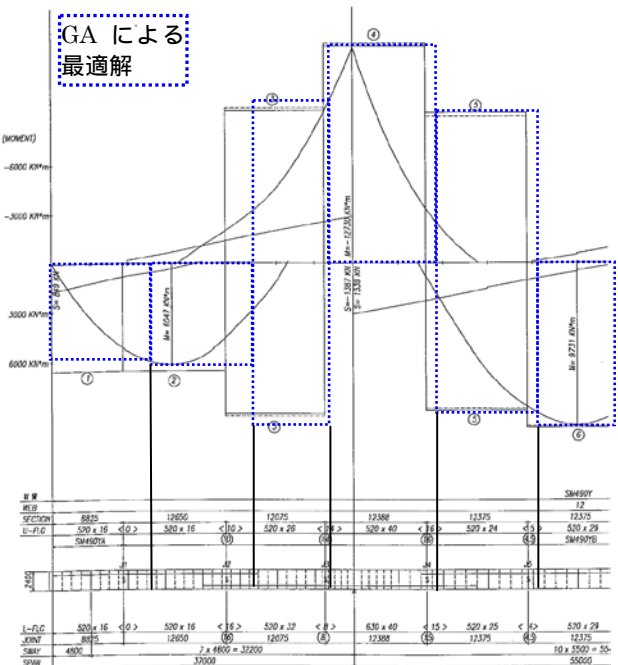


図-1 ブロック数 11 での断面力比較

GA による最適解の方が適用度が小さくなっている。この理由は、交番部のブロック番号 3 の断面力の大小が大きい。また、GA による最適解は左右非対称になっていることも特

徴である。

(2) 鋼重 + 工数による工費

工場製作費を比較したのが表-3 である。

表-3 工場製作費(単位: 千円)

ブロック数	サンプル G A				
	11	11	11(左右 対称)	12	13
(A)直接工事費 (1+2+3)	59,233	58,923	58,990	58,683	59,122
1.材料費	34,026	33,780	33,818	33,265	33,321
2.製作費	25,207	25,143	25,172	25,418	25,801
3.工場塗装費	-	-	-	-	-
(B)間接工事費 (4+5)	19,597	19,547	19,570	19,761	20,059
4.間接労務費	9,579	9,554	9,565	9,659	9,804
5.工場管理費	10,018	9,993	10,004	10,102	10,254
(C)一般管理費	8,900	8,859	8,869	8,856	8,932
合計(A+B+C)	87,730	87,329	87,429	87,300	88,113
工費比率	1.000	0.995	0.997	0.995	1.004

GA によりブロック数を 11、12、13 と増加させていった場合、鋼重は減少するが、製作工数が増加するので、製作費としては増加する結果となる。鋼重の減少分より製作費の上昇分の方が影響が大きいということである。これはガイドライン型設計の主旨とも合致する。

ガイドライン型設計の主旨からすると、(鋼重 + 工数) による工費ミニマムを目指すのであるから、この適用例のように何でもブロック数ミニマムがよいというわけではない。あくまで、支間割りりと輸送可能部材長との関係でブロック割りりが決まるわけなので、本適用例のようにブロック数を 1 だけ増加させた場合が工費が安くなるケースも十分に考えられる。したがって、ブロック数を変えたケースで比較しないと(鋼重 + 工数) ミニマムは実現できない。

6. 結論

本研究では、ガイドライン型設計の主旨である鋼重 + 工数による工費ミニマムを目指すべく、鋼連続桁の断面変化位置を決定する方法を示した。GA による探索の有効性、一概にブロック数ミニマムが工費最小とはならないケースが存在することや、左右対称のスケルトンでも左右非対称の解の方が工費が安くなる場合があるため、複数のブロック数で(鋼重 + 工数) による工費を算出し、比較する方法が必要であることがわかった。

参考文献

- 1) (社)日本橋梁建設協会: ガイドライン型設計適用上の考え方と標準図集, 2000.2.
- 2) 保田敬一, 近田康夫: 鋼連続桁の断面変化位置決定問題への GA の適用, 構造工学論文集, Vol.53A, 2007.3.
- 3) 国土交通省 道路局 国道防災課: 改訂 鋼道路橋数量集計マニュアル(案), 建設物価調査会, 1996.10.