

## ガイドライン型設計による鋼連続桁断面変化位置の決定方法

(株)ニュージェック 正会員 ○保田 敬一  
 金沢大学 正会員 近田 康夫  
 (株)東海サンユーテクノス 正会員 坂本 純男

### 1. はじめに

ガイドライン型設計<sup>1)</sup>では(鋼重+工数) ミニマムを目指しているが、支間割りや格間長などのスケルトンと輸送可能部材長との関係から、必ずしも最小ブロック数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工場製作費を複数のブロック数で比較することで(鋼重+工数) ミニマ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)を決定し、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および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(a)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)、(b)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間にはこだわらない)に分かれる。国土交通省タイプは文献2)で報告しており、本研究では旧道路公団タイプを対象とした。

条件として、支間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<sup>3)</sup>

#### (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・小型部材重量や材片数などの工数算定要素はほとんど変化しないため、鋼重が少ない程、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】

$$f = \sum_{i=1}^n (L_i \times M_i) \rightarrow \min \quad (1)$$

【制約条件】

$$0 < L_i \leq L_{\max}, \quad \sum L_i = BL, \quad BW_i \leq BW_{\max}$$

ここで、 $L_i$ : ブロック長、 $M_i$ : ブロックの最大抵抗曲

げモーメント、 $n$ : ブロック数、 $L_{\max}$ : 輸送可能部材長、 $BL$ : 桁長、 $BW_i$ : ブロック重量、 $BW_{\max}$ : 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	80
世代数	50
突然変異確率	10%
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60%の中から任意に選択
終了条件	世代数=世代交代数

#### 4. 鋼重と製作工費算出

改訂鋼道路橋数量集計マニュアル(案)<sup>4)</sup>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。小型材片重量は一律大型部材重量の15%などとはせず、別途計算した数量を計上した。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。

#### 5. 適用例

旧道路公団タイプとして、実際の設計例である3径間連続非合成鉄桁(2主桁)を対象とした。支間割りは、33.60m+46.50m+32.80mで桁長は112.90mである。全幅員は10.200m、主桁本数は2本、床版支間長は5.550mである。輸送可能部材長は13.00m、ブロック数は輸送可能部材長と桁長の関係(112.90m÷13.00m=8.685)から、9~12で検討した。

#### (1) 検討ケース

旧道路公団タイプの場合、垂直補剛材間隔が広く、継手位置は垂直補剛材の間にはこだわらないため、解の自由度が高い。図-1の設計例での継手位置はうまく垂直補剛材の中間に置けているが、これでも(鋼重+工数)ミニマムになるかというところではない。垂直補剛材の中間に継手をセットする方法と、そうでない方法との比較が必要になると考え、表-2に示すケースを検討した。

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

case-1 と case-2 は垂直補剛材の中間はこだわらずに継手をセットする方法で、case-3 と case-4 は垂直補剛材の中間に継手をセットする方法である。case-2 は継手位置が決まった後で、格点位置を再度セットする方法である。いずれのケースも GA により目的関数が最小となる解を求めた。なお、支点到隣接するパネルに継手が来る場合は、目的関数にペナルティを加えている。

表-2 検討ケース

case-1	格間割(3@)はそのままで、格間の中間ならどこでも継手をセットしてもよい。すなわち、格点および支付近以外(左右 50cm)ならどこでも継手をセット可能。継手位置は 5cm ピッチ。
case-2	格間割は無視して、支付近以外(支点から左右 50cm)ならどこでも継手をセットしてもよい。継手位置は 5cm ピッチ。
case-3	垂直補剛材の中間に継手をセットする。ただし、格間数を 3@~7@に変化させる。後で、継手がない格間は 3@に修正する。
case-4	垂直補剛材の中間に継手をセットする。ただし、1つの格間のみ格間数を 3@から 4@にする。

## (2) 鋼重+工数による工費比較

GA で求めたブロック長より工場製作費(表-3 参照)を算出した。なお、表-3 中、case-4 の 1-2 とは、1 径間目の第 2 格間を 4@にして、それ以外の格間は 3@であることを表す。実際の設計では、case-4 のように、中間支点上ブロックなどを左右対称にするためや、ブロック数を減らすために 1 つの格間のみ割り数を変えることはよく行われている。

表-3 で、設計例より工費が小さくなるケースをハッチングで示す。同じケース内でみると、ブロック数が 12 の場合  $\Sigma ML$  が最も小さくなるが、工費では最も高くなっている。ブロック数が 11 で、case-3 の 3@は設計例と同じ条件であるが、工費が小さくなる継手位置を GA は検索している。

表-3 工場製作費(単位:千円)

	ブロック数			
	9	10	11	12
設計例(図-1)	—	—	46,542 (1,328,732)	—
case-1	45,047 (1,350,649)	45,842 (1,337,122)	46,095 (1,300,653)	46,744 (1,274,332)
case-2	45,048 (1,350,703)	45,865 (1,336,960)	46,150 (1,304,635)	46,790 (1,279,628)
case-3	3@	—	46,201	46,799
	4@	—	46,510	47,239
	5@	—	47,261	47,651
	6@	—	46,948	47,414
case-4 (3@)	1-2	—	46,239	46,837
	1-3	—	46,223	46,821
	1-4	—	46,216	46,814
	2-1	—	46,347	46,954
	2-2	—	46,300	46,894
	2-3	—	46,277	46,864
	2-4	—	46,300	46,865
	2-5	—	46,341	46,917
	3-1	—	46,267	46,865
	3-2	—	46,245	46,844
3-3	—	46,239	46,837	

※支点到隣接するパネルに継手がくる。—:対象外(解なし)  
( ) 内は  $\Sigma ML$  を表す

case-1 と case-2 は垂直補剛材の中間に継手をセットする必要はなく、垂直補剛材間あるいは格点間で 5cm ピッチに任意に選定できるため、同じブロック数での case-3 の工費と比べると全てのブロック数において case-1,2 の方が安くなっている。また、case-4 は設計の過程でよく

用いられる方法であるが、ブロック数 11 および 12 において、case-3 の 3@に比べて全てのケースで工費が高くなっており、このスケルトンではメリットがなかったといえる。case-3 で、格間割数が多くなれば工費も高くなるという傾向は補剛材の材片数や重量の増加が影響していると考えられる。

ガイドライン型設計ではブロック数を極力減らす方が経済的としているが、表-3 の同じケース内でみてもこの傾向はあてはまる。図-1 に設計例の断面力図と工費が最も小さくなるブロック数 9 で case-1 のブロック位置を併記する。設計例での  $\Sigma ML$  は 1,328,732 で、case-1 の n=9 での  $\Sigma ML=1,350,649$  よりも小さいが、工費では逆転している。case-1 の n=9 の垂直補剛材位置と継手位置とは 600 mm 以上離れており、補強の必要もない。case-1 の n=9 では第 1 径間と第 3 径間で正曲げのピーク位置に継手がきている。これはガイドライン型設計でも許容しており、(鋼重+工数) ミニマムになるのであれば、case-1 の n=9 は比較案として検討すべきである。また、他の case-1,2 のブロック数 9,10,11 も比較案として考慮すべきである。もちろん、部材長のバランスなども考慮しなければならない。

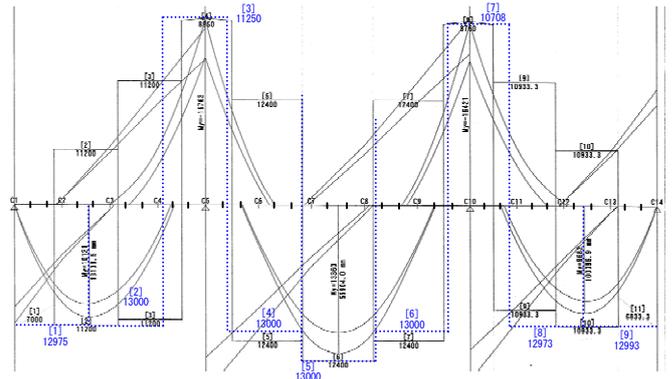


図-1 設計例の断面力図(実線)と case-1 で n=9 の断面力図(点線)

## 6. おわりに

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、旧道路公団タイプの鋼連続桁の断面変化位置を決定する方法を示した。垂直補剛材の中間に継手がこない場合、解空間が広がるため、GA による探索の有効性を示すことができたこと、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(改訂版), 2003.3.
- 2) 保田敬一, 近田康夫, 坂本純男: 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, 土木学会第 62 回年次学術講演会, CD-ROM, I-207, pp.413-414, 2007.9.
- 3) 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, pp.172-180, 2007.3.
- 4) 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.