

法政大学工学部 正 ○ 山下 清明
法政大学工学部 正 大地 羊三

1. まえがき

中径間を渡る橋梁の構造型式の一つとして連続トラスがあげられるが、その下部構造、地盤条件や路線緑形の制約などより、平面形状が支床部で折れ曲げられた折れ線トラス構造となる場合がある (fig. 1)。

このような構造では中員方向に対称な荷重によってもねじれやずれ変形を招くので、トラス構造の立体的な挙動を考慮した解析による検討が必要となるであろう。ここでは、上路部に道路、下路部に鉄道が敷設されるダブルデッキ併用橋として概略設計された三径間連続折れ線トラス橋について変形法により計算をおこない、単純な荷重条件のもとでの折れ角および支持条件の違いによる橋の挙動の変化について報告する。

2. 計算モデル

3 × 80 m の直線連続トラス併用橋 (主構間隔 23.4 m, 主構高さ 17.5 m) として概略設計された構造を対象とした。計画された折れ角 θ は鉄道の線形条件が定められた $3^\circ 31' 33.2''$ であるが、折れ角が増加した時の変化をみるため 20° までの変化をさせてみた。この場合、橋横断面を構成する横フレームは直線橋として設計されたものを使用した (fig. 2(a))。このシリーズの支持条件は fig. 3 の SUP. 1 である。

つぎに支持条件の違いによる変化をみるために fig. 3 に示す 4 つの支持方式について比較してみる。

SUP. 1, 2 は下横構の橋軸方向のそり変位拘束位置の違い、SUP. 3 はローラ支床、移動方向をヒンジ支床から放射方向に設定した場合、SUP. 4 は SUP. 2 の下横構面をそり変位拘束を解放したものである。このシリーズの計算においては、橋横断面の横フレームを、断面のずれ変形に対して等価な剛性となるように 2 本の対角材で置換してある (fig. 2(b))。

以上の計算モデルに対する荷重として fig. 4 に示す 4 つの種類を考えた。各荷重は弦材に沿って各節点に 1 t/m の節点荷重を全長用にわたって作用させる。4 つの種類はそれぞれ橋軸方向に分布した鉛直曲げ (VB)、ねじれ (VT)、水平曲げ (HB)、ねじれずり (HT) 荷重となる。

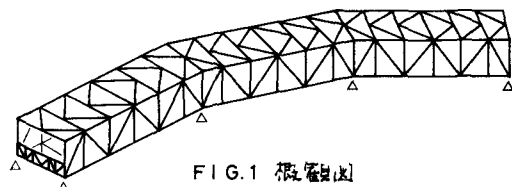


FIG. 1 概略図

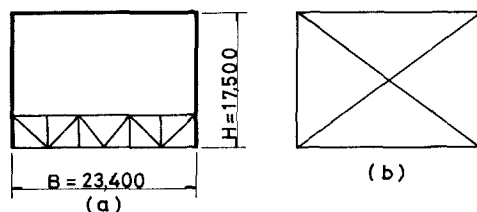


FIG. 2 横フレーム (対角橋)

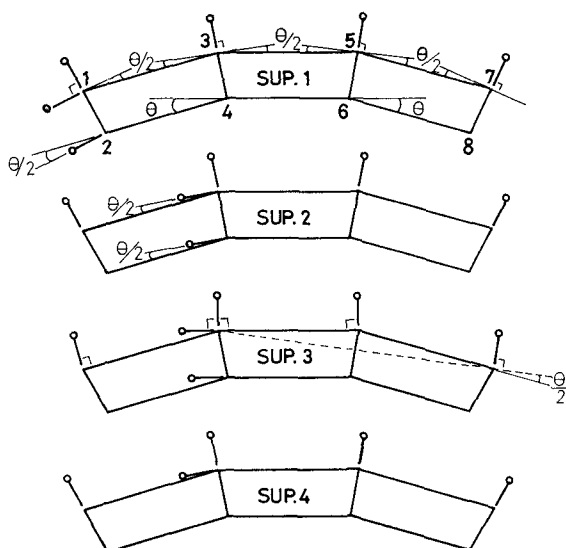


FIG. 3 支持条件
(下横構面)

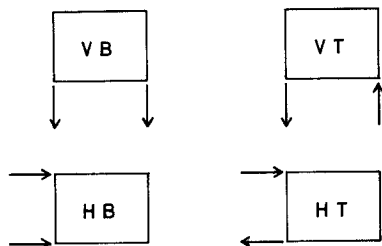


FIG. 4 荷重

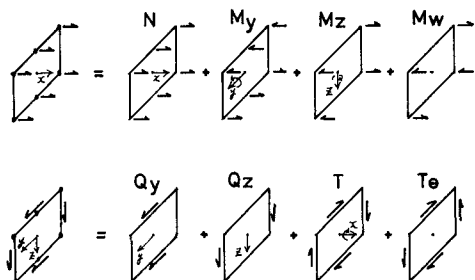


FIG. 5 相等断面力

3. 解析方法

空間に構成されたトラス骨組構造の立体的な挙動を考慮し、その全体的な特性を把握するためには、トラス骨組をせん断場に置換して薄肉梁理論を適用するなどの方法があるが、折れ角を有する構造や、支持条件が複雑な場合には、その扱い方が単純ではなくなるので、ここでは変形法(直接剛性マトリックス法)によることにした。

この方法によれば「節点毎の部材の変位等も直接考慮」できる。反面、構造が巨大になると電子計算機の容量や処理速度が制約条件となってくるが、トラス橋のような細長い場合には、それに即した処理方法が選択できるのでそれほど問題にはならなかった。

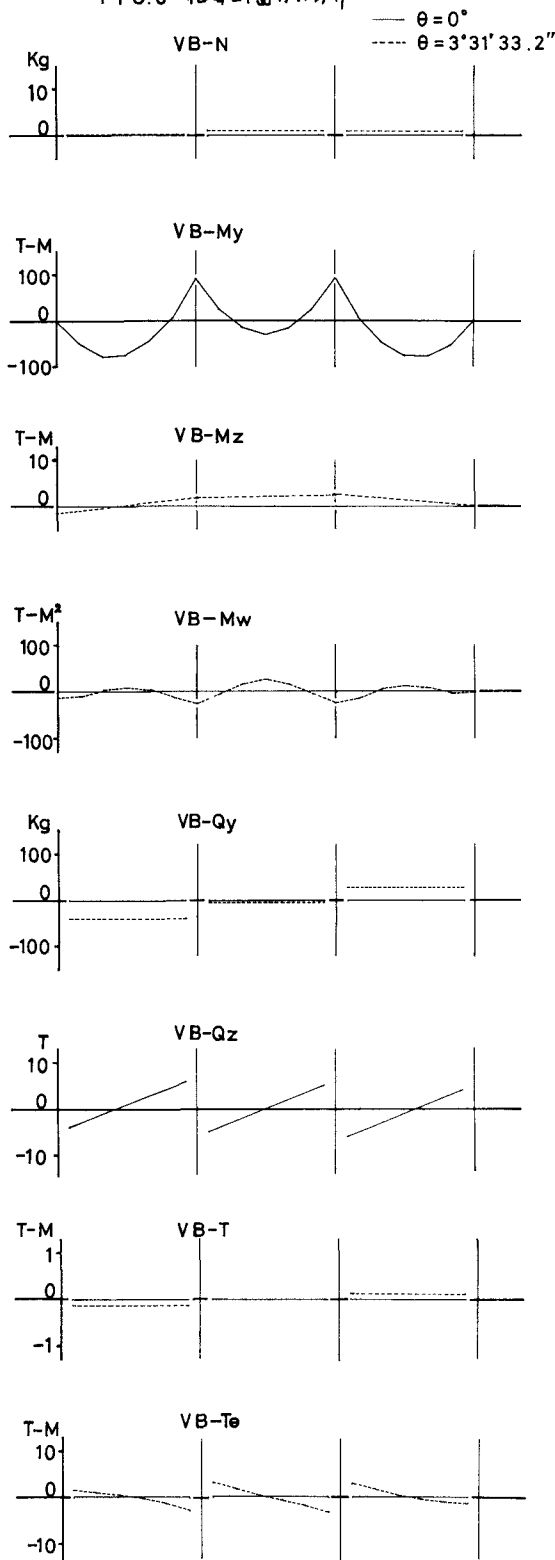
折れ線構造に対する座標系の設定方法は種々考えられるが、ここでは、直線区間はそれぞれ固有の座標系を構成し、支点を全断面内での各断面固有の座標系に接近するようにした。このようにすると入力データの作製や計算結果の整理が容易となる。

4. 解析結果

計算結果として得られる部材力は、橋の全体的特性を理解しやすくするため、次に示す仮定のもとに薄肉梁理論より導かれる断面力と相等する値に変換する。

- (1) 断面は部材断面も含めて2軸対称断面とする。
- (2) M_y, M_z は断面中心に原点をのせたY軸、Z軸

FIG. 6 相等断面力の分布



まわりの合モーメント、 N は橋軸方向合力の総和、 M_w による力は弦枚位置と絶対値等しく $M_w/2H$ の力を生ずる。

(3) Q_y, Q_z はそれぞれ Y 軸、 Z 軸方向合力の総和、 T (双じりモーメント)、 T_θ (すれモーメント) は主構面で $\pm T/2b, \pm T_\theta/2b$, 横構面で $\pm T/2H, \pm T_\theta/2H$ のせん断力を生ずる。

(Fig. 7 参照)

変位は橋横断面の変形性状を知るため、計算結果よりずれ角を算出して示すことにする。

A. 折れ角の影響

$\theta = 0^\circ$ と $3^\circ 31' 33.2''$ の時の相等断面力の橋軸方向分布を、鉛直荷重 VB の場合について Fig. 6 に示す。

N, Q_y, Q_z, T, T_θ は格間一定値となるが、これを格間中央にファクトし、その考えをあらわすため線と結んである。

直橋の場合には M_y, Q_z のみが生じるが、折れ角がある場合には、破線ですすような各種の相等断面力が生じてくる。

M_z, M_w が左端支桌上で 0 にならないのは下横構のそり変位拘束によるものである。 M_w は中端支桌上および支間中央付近で大きくなる正負に交互する分布となる。 T_θ は中端支表付近で最大値をとる。

鉛直荷重 VB のもとでの主要な相等断面力である M_y の分布は連続梁と同じであるが、折れ角がある場合、わずらではあるがグラフ全体が下側に移動する。これは橋が支桌上で折れ曲がると、中端支桌上での水平軸 (Y 軸) まわりの円転変形に対する抵抗が減少するためと考えられる。この結果中端支桌上でのモーメントが減少し、支間中央付近のモーメントが増加し、各支脚が単純支持された状態に近づく傾向を示す。

M_y に対応するせん断力 Q_z の分布性状には大きな変化はみられなかった。図には表示しなかったが、上弦枚の軸力を直橋における値と比較してみると中端支表をはさむ格間の折れ線外側部枚で約 6% 減少し、内側部枚で約 3% 増加する。また隣接格間の折れ線外側部枚で 7% の増加がみられた。

折れ角が増大した時の相等断面力の変化を Fig. 7 に示す。折れ角の増大に伴って M_y は中端支桌上で減少し、支間部で増大する (a)。 M_y の変化は θ の増加に従って急激になるが、 M_w の増加率は多少低下する。 T, T_θ についても同様の傾向がみとめられた。

各荷重ケースに対応するずれ角、橋軸方向分布を、直橋の場合に $\theta = 3^\circ 31' 33.2''$ の場合について Fig. 8 に示す。

VT については差異がみとめられないが、折れ角がある場合の VB によるずれ角は VT の時の値の 50% 程度に達する。 HB, HT によるずれ角は折れ線になるとめずか減少する。

B. 支持条件の違いによる影響

$\theta = 3^\circ 31' 33.2''$ の折れ線トラス橋について 4.3 に示した 4 の支持形式について変化をみる。顕著な変化は、

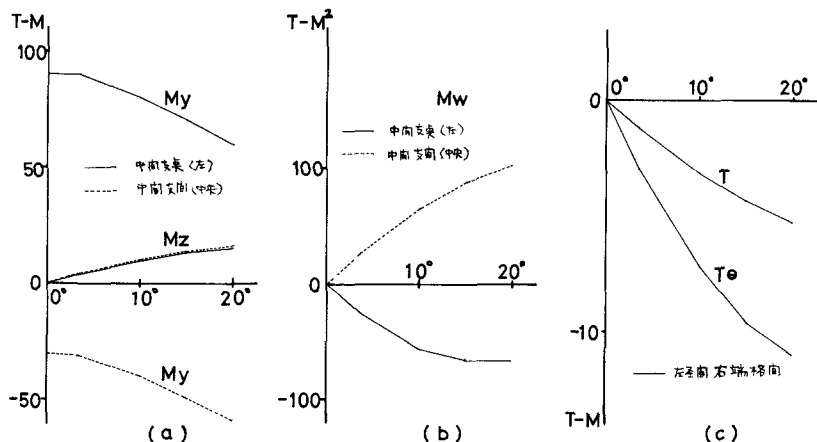


FIG. 7 折れ角と相等断面力の関係

$\times 10^{-6} \text{ rad.}$

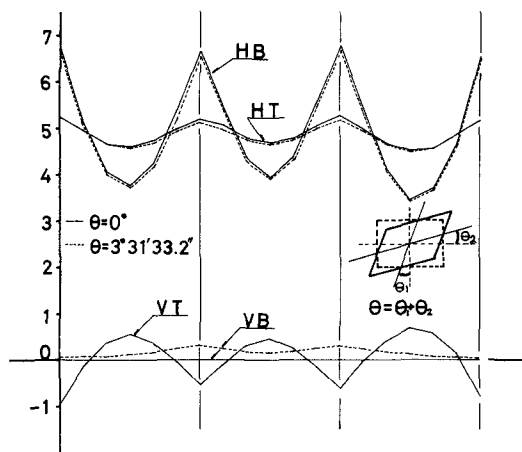


FIG. 8 ずれ角分布

M_z, Q_r, M_w の分布にあられる。荷重 VT のもとにおける M_z, M_w の変化を $fig. 9$ に示す。SUP. 2, 3 では左端支桌で O となり下橋構面のそり変位拘束の影響が中周支桌に移動する。拘束による M_z の変化は SUP. 1 の時の約 $1/3$ 程度となる。SUP. 4 ではとり拘束はない。右至間ではいずれの支持条件の時もあまり変化がない。 M_w の変化はほぼ左至間の H に限られる。SUP. 2, 3 の場合左支桌における値は O となるが、支桌中央では値が増加する。そり拘束をおこなっている左中周支桌で M_w の不連続が生ずるが、SUP. 1 の場合の拘束モーメントより小さくなる。

VT のもとでの各支桌の各方向反力の値を表-1. に示す。 X, Y 方向は支桌における拘束方向に応じて設定した座標軸方向と一致している。 X 軸はほぼ橋軸方向となり、 Y 軸は橋軸直角方向となる。表の空欄は変位拘束をおこなわなかった部分である。 X 方向反力によるモーメントは、SUP. 2, 3 で SUP. 1 の約 $1/3$ となっている。これは $fig. 9$ に示される拘束モーメントに対応している。SUP. 1 の場合、他の支持条件に比して、左端支桌に鉛直方向反力が集中する傾向がみられる。

SUP. 2 と放射方向に可動にした SUP. 3 との間には差異がほとんどみられなかった。そり拘束を解除した SUP. 4 でも鉛直方向反力の分布はほとんど差異がない。

5. あとがき

非常に限定した荷重のもとで折れ線連続トラス橋の全体的な挙動を直線橋と比較して示した。部材力に関しては薄肉梁

理論との対応を考慮してまとめみたが、本来トラス構造は骨組であるので、最終的には各個の部材に關した検討が必要となる。ここには示さなかったが、各個の部材力の影響線は、立体構造解析と平面構造解析とは著しく異なるので設計荷重を作用させる場合十分注意する必要がある。上下橋構が、本橋の中周支桌支桌付近のように軸方向力に抵抗するような形式であると、鉛直面が荷重によっても横断面に相等量の力が導入されることになり、支持方式の違いによっても相等断面力が変化するので注意しなくてはならない。

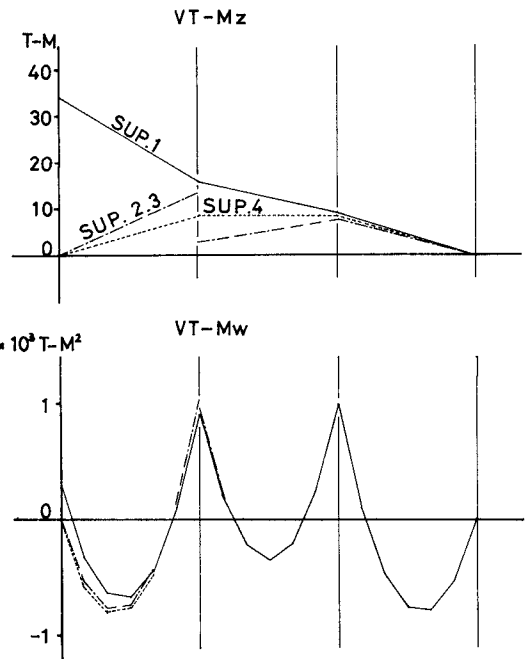


FIG. 9 相等断面力

表-1. VT における反力

SUP. NO.	1	2	3	4	5	6	7	8
TYPE	X	1.45	-1.48					
SUP. 1	Y	0.22		-0.13		0.04		-0.12
	Z	-2.11	2.15	-5.38	5.35	-5.54	5.50	-1.94
								1.98
SUP. 2	X			-0.45	0.46			
	Y	-0.17		0.11		0.16		-0.10
	Z	-1.93	1.97	-5.53	5.49	-5.57	5.53	-1.95
SUP. 3	X			-0.45	0.46			
	Y	-0.17		0.11		0.16		-0.10
	Z	-1.93	1.97	-5.53	5.49	-5.57	5.53	-1.95
SUP. 4	X			0				
	Y	-0.11		0.11		0.11		-0.11
	Z	-1.95	1.99	-5.54	5.50	-5.54	5.50	-1.95

(T)