

箱桁構造解析におけるFinite Element MethodとFinite Strip Methodについて

名古屋大学 学生員 ○栗本 公夫

〃 正員 梶田 建夫

〃 正員 成岡 昌夫

1. まえがき

箱桁構造物は、折板構造物の中の1つである。折板構造解析は、これまでに、多くの人々によって、解析方法が開発され、解析されてきている。それらの中の1つに、有限要素法(FEM)がある。この方法は、折板構造物の解析に際して、いかなる荷重状態・境界条件、その他、材料特性の局所的変化などを考慮することができ、非常に有効な方法である。しかしながら、この方法における解析には、大容量の計算機が必要とされ、解析に要する計算時間も多くなり、その費用もばかにならない。FEMにおいては、縦方向と横方向に分割することにより、エレメントがつけられるが、これに対して、一方向のみ分割し、他の方向は、両端の境界条件を満足する関数を用いることによって、未知数の低減を促したのが、Finite Strip Method(FSM)である。このため、FSMによる解析には、小型の計算機で、充分解析でき、計算時間、および、その費用についても、FEMによるものより、減少させることができる。そこで、ここでは、この2つの解析方法、すなわち、FEMとFSMを用いて、箱桁構造物を解析し、それら2つの方法による解析結果の比較、そして、2つの方法の箱桁構造物への適用性について検討した。

2. FEMとFSMの箱桁構造解析における概要

FEMによる箱桁構造解析においては、面内変位と面外変位とを考慮したシェル要素が用いられる。この場合、長方形板曲げ要素と長方形平面応力要素を組合せて、シェル要素がつけられるが、面内の回転に関する剛性が、これには含まれない。このような剛性を考慮するには、2, 3の手法があるが、ここでは、これを考慮せず、座標変換のためにだけ、面内の回転変位が加えられる。このため、1節点についての変位は、6つとなっている。これに対して、FSMでは、FEMと同様に、板曲げと平面応力を考慮した帯要素(Strip)が用いられるが、FEMの節点に対応する1つの節線(Nodal Line)について、変位は、面内変位が2つ、面外変位が2つで、計4つである。

3. 解析結果

3-1. 解析モデル

解析は、Fig-1に示した断面形状の中空梁、2室箱桁の2種類のモデルについて、行った。そして、モデルの両端の境界は、面内剛性が無限大で、面外については、完全に可撓性のDiaphragmによって支えられていると仮定している。この仮定は、面端の境界で単純支持されていることを意味している。また、FSMの値は、すべて、第7項まで計算し、それぞれを加え合せたものである。

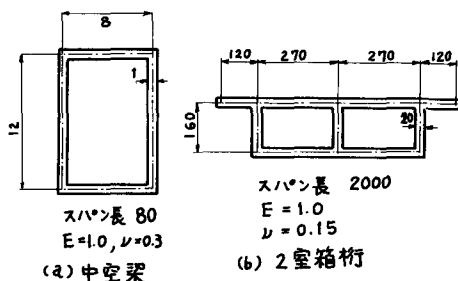


Fig 1

3-2. 中空梁モデル

スパン中央に、鉛直集中荷重 $P=1.0$ が作用した場合と想定し、解析には、断面の半分を考え、Fig-2のように断面を分割し、No.3とNo.7の位置に、 $P=0.25$ を作用させた。FEMの、スパンと直角方向の分割は、スパンの半分を5等分割している。表-1は、解析過程における諸量と比較したものである。表-2は、半スパンの5等分点についての、FSMとFEMによる最大たわみの値が示しており、あわせて、梁理論によるたわみの値を示した。FSMとFEMの値は、それぞれ、梁理論による値に近い値を示している。

表-1 FSMとFEMの比較(中空梁)

	要素数	分割	未知数	計算時間
FSM	8	9	36	38 秒
FEM	40	9×6	324	296 秒

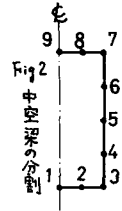


表-2 半スパン5等分点における最大たわみの比較(中空梁)

距離	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
FSM	0.0	4.067	7.882	11.021	13.402	14.414
FEM	0.0	3.855	7.430	10.499	12.608	13.771
B.T.	0.0	3.624	6.953	9.695	11.556	12.241

(B.T. ... Beam Theory)

3-3. 2室箱桁モデル

断面は、Fig-3(a)のように分割した。FEMの、スパンと直角方向の分割は、前と同様である。FSMについては、Fig-3(b)の分割での解析も行った。荷重は、鉛直集中荷重 $P=1.0$ を、スパン中央の、左端ウェブ上に作用させた。表-3は、前と同様の比較であり、表-4は、箱桁上面のたわみを比較したものである。FSMは、この表より、13分割で、ほぼ、収束していると考えられる。

表-3 FSMとFEMの比較(2室箱桁)

	要素数	分割	未知数	計算時間
FSM(1)	14	13	52	56 秒
FSM(2)	20	19	76	90 秒
FEM	70	13×6	468	690 秒

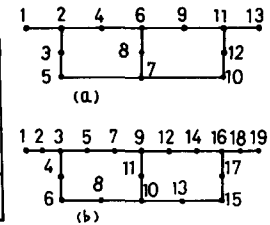


Fig-3 2室箱桁の分割

表-4 2室箱桁のスパン中央におけるたわみの比較

NO.	1	2	4	6	9	11	13
FSM(1)	1.640	1.525	1.214	0.889	0.754	0.664	0.672
FSM(2)	1.620	1.542	1.229	0.911	0.769	0.675	0.682
FEM	1.540	1.469	1.148	0.829	0.687	0.599	0.605

4. 考察

以上の結果より、ここで用いられた分割の状態において、FEMとFSMの2つの方法による値は、良く一致している。また、FSMの未知数は、FEMと比べて、かなり少なく、計算時間についても、同様のことがいえる。したがって、FSMは、両端の境界が単純支持で、スパン方向に、材料の特性が変化しない構造物の解析には、非常に、便利で有効な方法であると思われる。

参考文献

- 1) Cheung, Y.K., "Folded Plate Structure by Finite Strip Method", Proc. ASCE, 1969, ST 12.
- 2) Cheung, M.S., and Cheung, Y.K., "Analysis of Curved Box Girder Bridges by Finite Strip Method", Publications, International Association of Bridges and Structural Engineering, Vol. 31-I, 1971.