

リブ付面トラス構造の構造特性とコア部材の効果

日本大学 学生会員 ○李 英然
日本大学 正会員 関 文夫

1. はじめに

近年、構造のデザイン表現の中で、面トラス構造を利用した橋梁や建築構造物が普及している。三次元の面部材では、シェル構造のように軸力と梁構造のような曲げモーメントが作用する挙動となる。中でも、ローラン・ネイが設計した Esch 歩道橋には、三次元曲面を有する面トラスに、いわゆるリブを付けたリブ付き面トラスという構造形式が採用されている。ここでは、このリブ付きの面トラス部材の挙動に着目し、その構造の基本特性と、面部材に補剛されたリブ材がコア部材として、どのような効果があるのかを解析により分析したものである。

2. リブ付き面トラス構造

ルクセンブルク公園に建設された Esch 歩道橋は、Esch-sur-Alzette 駅とその背面の住宅地を繋ぐ歩道橋で、橋長 101m の L 字型の橋梁である(写真-1)。その構造形式は、開口を有するラーメン構造あるいは、リブ付き面トラス構造と言われている(写真-2)。



写真-1 Esch 歩道橋 写真-2 Esch 歩道橋内部景

3. 解析方法

(1) 骨組み解析

骨組み解析は、Ezy-Frame を用いた。解析モデルは、図-1 のようなワーレントラス構造で、各点は剛結合、支点条件は、ピン支点とローラー支点とした。材料は鋼材、荷重は、トラスの中心に単位荷重として 1kN を上載した。なお、a~g は部材番号とする。

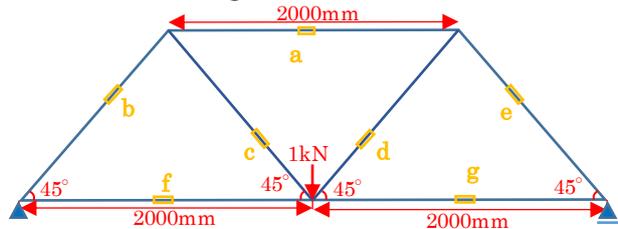


図-1 骨組み図

(2) 有限要素法解析

有限要素法解析は、(T-DAPIII) を使用し、各要素は、8 節点 6 面体要素を用いた。有限要素解析では、コア部材の特性と挙動を明らかにするため、部材断

面は図-2 の 5 種類とし、材料定数は、表-1 に示す。

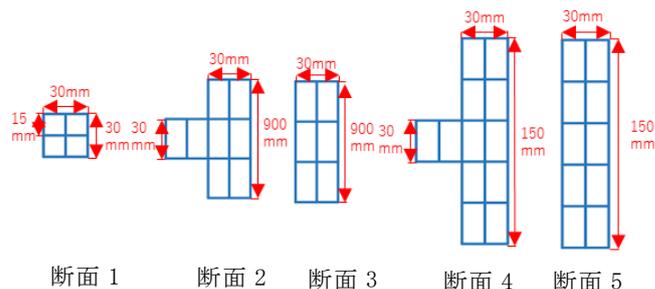


図-2 断面図

表-1 材料定数

有限要素法解析の材料定数					
ヤング率 (N/mm ²)	せん断弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比			
2.05*10 ⁵	7.9*10 ⁴	0.3			
骨組解析の材料定数					
弾性係数 (N/mm ²)	断面1の断面二次 モーメント(mm ⁴)	断面2の断面二次 モーメント(mm ⁴)	断面3の断面二次 モーメント(mm ⁴)	断面4の断面二次 モーメント(mm ⁴)	断面5の断面二次 モーメント(mm ⁴)
7.9*10 ⁴	6.75*10 ⁴	1.89*10 ⁶	1.82*10 ⁶	8.51*10 ⁶	8.44*10 ⁶

4. 解析結果

(1) 軸力の変化

有限要素法解析のデータと骨組み解析データを比較すると、僅差が生じるが、全体的に見ると、軸力の分布がほぼ同じである。断面形状の違いによる軸力の差は、最も大きな断面力が生じる a 部材で、骨組解析の場合、断面 1 の軸力と断面 5 の軸力の差は、1.6%、有限要素法解析の場合、断面 1 の軸力と断面 5 の軸力の差は、2.1%生じている。この差の要因は、剛結合による不静定力の差と考えられ、面部材の占める割合が大きいほど軸力が低下することが明らかである。

表-2 骨組解析軸力

骨組解析の軸力(N)							
	a	b	c	d	e	f	g
断面1	1009.5	709.3	710.6	710.6	709.3	503.9	503.9
断面2	1003.4	707.2	705.9	705.9	707.2	502.6	502.6
断面3	1001.7	706.6	704.6	704.6	706.6	502.2	502.2
断面4	991.3	702.9	696.6	696.7	702.9	500.0	500.0
断面5	987.8	701.7	694.0	694.0	701.7	499.3	499.3

表-3 有限要素法解析の軸力

有限要素法解析の軸力(N)							
	a	b	c	d	e	f	g
断面1	1021.3	669.7	653.4	653.6	669.9	523.1	523.1
断面2	1017.8	668.6	650.9	650.9	668.7	522.2	522.2
断面3	1016.6	668.2	650.0	649.9	668.2	522.0	522.0
断面4	1007.1	667.0	641.7	641.7	667.1	522.5	522.5
断面5	1004.9	666.3	640.0	640.0	666.4	522.2	522.2

キーワード リブ、面トラス、コア部材、有限要素法

連絡先 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1丁目構造・デザイン研究室 TEL 03-3259-0666

(2) 曲げモーメント力の変化

部材の応力分布は基本的に一致しているため、f部材に着目してヒストグラムを示す(図-3)、縁応力は断面1, 3, 2, 5, 4の順に小さくなる。

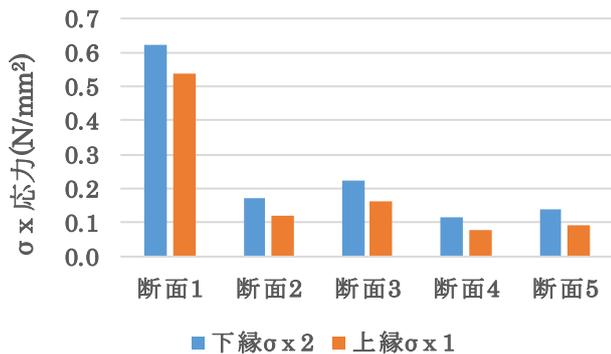


図-3 f部材の各断面形状の違いによる上下縁応力

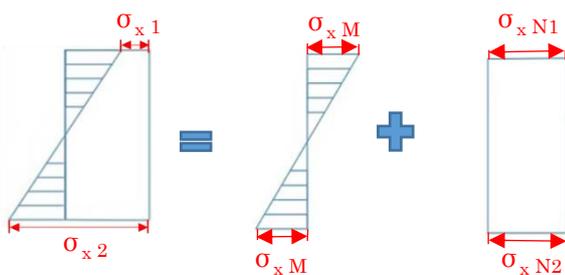


図-4 計算イメージ図

縁応力から、各断面の算定式は次式のとおりである。

$$\sigma_{xM} = (\sigma_{x1} - \sigma_{x2})/2 \quad (1)$$

$$\sigma_{xN1} = \sigma_{x1} + \sigma_{xM} \quad (2)$$

$$\sigma_{xN2} = \sigma_{x2} - \sigma_{xM} \quad (3)$$

ここで、 σ_{x1} :上縁応力、 σ_{x2} :下縁応力、 σ_{xM} :曲げモーメントによる応力、 σ_{xN1} :軸力に対応する上縁応力、 σ_{xN2} :軸力による下縁応力とする。

一般的には、応力は軸力に対応する応力と曲げモーメントに対応する応力の和に等しい(図-4)。したがって、上下部の応力差の2分の1は曲げモーメントに対応する応力であり(式1)、応力から曲げモーメントに対応する応力を加算または減算するものは軸力に対応する応力(式2, 式3)である。得られた上下縁応力に基づいて変換して軸力と曲げモーメントの比率を計算した。計算結果(図-5)より、断面二次モーメントの大きさに比例して曲げモーメントは、断

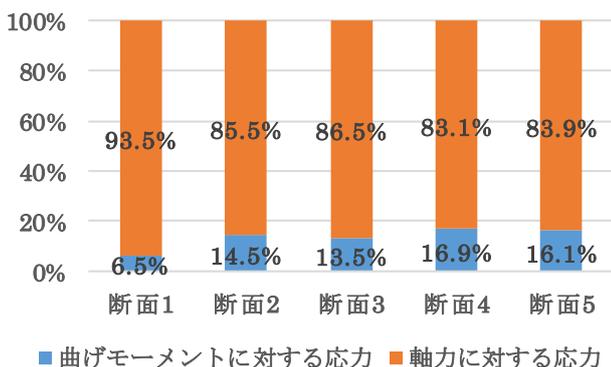


図-5 各断面軸力と曲げモーメントの比率

面1, 3, 2, 5, 4の順に増加する傾向がある。

(3) リブと面のコア部材の比率の特徴

各断面間の断面二次モーメントと曲げモーメントの関係(図-6)を考察してみると、断面2の断面二次モーメントに対する曲げモーメントによる応力は断面1に比べて、1.6%増加したが、断面4の断面二次モーメントに対する曲げモーメントによる応力は断面1に比べて、2.1%しか増加していないことが明らかになった。この結果によって、断面4は断面2より多く追加する部分の面部材の役割がよく果たしていないことが考えられる。

また、断面2にリブ材を取り除くと、曲げモーメントは約23%増加した。それに対して、断面4にリブ材を取り除くと、曲げモーメントは14%しか増加しない。この差はリブ材の効果と考えられる。このデータによって、断面2の場合リブ材の効果が高いことが得られる。

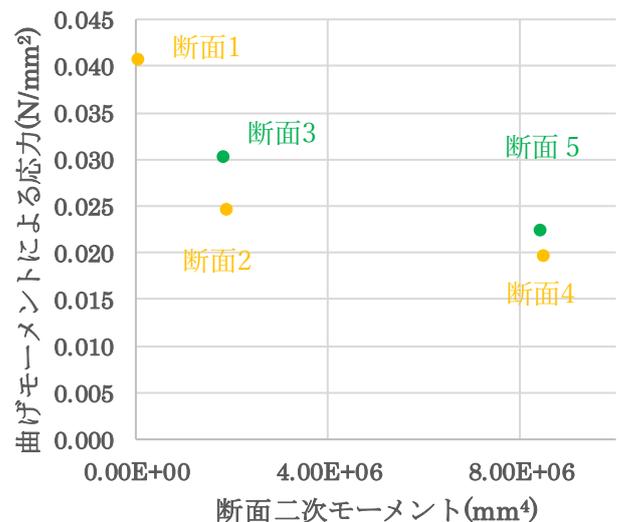


図-6 曲げモーメントと断面二次モーメントの関係

5. まとめ

断面形状、軸力と曲げモーメントを考察して、面部材の占める割合が大きいほど軸力が低下すると断面二次モーメントが大きいほど、曲げモーメントの依存度が高くなることがわかる。

つまり、リブ材を付けると、曲げモーメントが増加する、リブ材につながっている部分をコア部材として、軸力がここに集中している。そして、コア部材は断面図心の周りなので、曲げモーメントの影響がとっても小さい、これによって、曲げモーメントは面部材の部分を抵抗していることが考えられる。

したがって、今回の研究では、リブ材の高さと面部材の高さの比率は1:3程度軸力伝達の効率が高いことが示された。今後の研究については、三次元モデルの解析が必要と思われる。

参考文献

- ・2010, Ney & Partners, the authors, the photographers and A+Editions, CIAUD - ICASD, Brussels www.a-plus.be