

(1-3) ずり荷重を受ける鋼製多室断面箱桁の断面変形挙動に関する一考察

早稲田大学大学院 学生員 斎藤 公生
 早稲田大学理工学部 学生員 秋元 吉郎
 早稲田大学理工学部 正 員 平嶋 政治
 早稲田大学理工学部 正 員 依田 照彦

1. まえがき

鋼橋が長大化、軽量化するにつれて、多室箱桁が斜張橋などに使用され始めた。多室箱桁の扱いは、曲げ荷重を受け曲げ変形のみが生じる場合には、一室の箱桁の理論と本質的に異なる所はない。しかしながら、ずり荷重を受ける場合には、ねじりのみならず断面変形が生じるため、一室の箱桁と異なる挙動が予想される。従来的一次元はり理論に基づく解析では、ねじりに対しては一室箱桁も多室箱桁も同様の取扱いをし、整合性を保っていた。しかし、断面変形挙動を扱う際には、多室箱桁の断面変形挙動が必ずしも明確でなかったため、一室箱桁とみなして断面変形挙動を扱う場合や、等価な格子桁に置き換えて断面変形挙動を扱う場合など、断面変形挙動の扱いを設計者の裁量に委ねていた。このため、設計者が断面変形の考慮の仕方に迷うことも少なからずあった。

本報告では、多室箱桁の断面変形挙動を一次元はり理論で解析する際のモデル化について検討することを目的としている。すなわち、一室箱桁と多室箱桁の差異を、一次元はり理論と有限要素解析との比較により明確にし、断面変形挙動の解析にあたっての妥当な構造モデルを作成することを目的としている。

2. ずり荷重を受ける箱桁の断面変形挙動

ずり荷重を受ける箱桁の断面変形モードは図2のようになることが、有限要素解析の結果により判明した。一室断面ではフランジ部で両端ウェブ間に一つの三次曲線のなモードが生ずるのに対し、多室断面では各ウェブ間で、三次曲線を描いていることがわかる。このことから、断面変形によって生じる箱桁の横方向の板曲げモーメントは図3のように分布すると考えられる。 $dz = 1$ の帯板を取り出し、単位断面変形角 $\chi = 1$ を生じさせた状態を考えると、一室及び多室断面の隅角部や接合部に働く曲げモーメントは、次のようになる。

一室箱桁の場合：

$$M = 12E / \left(\frac{d_1}{J_1} + \frac{d_2}{J_2} \right)$$

多室箱桁の場合：

$$M = 36E \left(3 \frac{d_1}{J_3} + \frac{d_2}{J_2} \right) / \left(9 \frac{d_1 d_1}{J_1 J_3} + 2 \frac{d_1 d_2}{J_1 J_2} + 5 \frac{d_2 d_1}{J_2 J_3} \right)$$

$$M' = 36E \left(3 \frac{d_1}{J_1} + 2 \frac{d_2}{J_2} \right) / \left(9 \frac{d_1 d_1}{J_1 J_3} + 2 \frac{d_1 d_2}{J_1 J_2} + 5 \frac{d_2 d_1}{J_2 J_3} \right)$$

ここに、E:ヤング率、 $J_1 = t_1^3/12$ 、 $J_2 = t_2^3/12$ 、 $J_3 = t_3^3/12$ である。

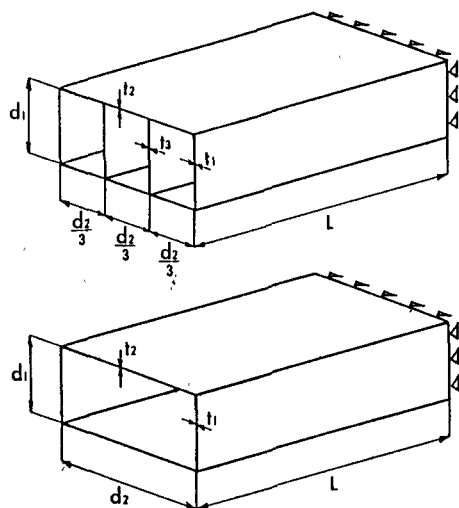


図1 解析モデル

表1 解析モデル諸元寸法 (cm)

	d1	d2	t1	t2	t3	L
多室箱桁	72	300	0.77	0.77	0.77	1260
一室箱桁	72	300	0.77	0.77	—	1260

したがって、図2のような断面変形モードと図3に示す横方向曲げモーメントの分布図を用いれば、Vlasovのはり理論に従って釣り合い式が求められる。

3. 多室箱桁と一室箱桁の解析結果の比較

図1に示した一室及び多室断面箱桁(断面寸法は表1)の自由端にずり荷重 $1.728 \times 10^6 [\text{kg} \cdot \text{cm}]$ をかけた場合について一次元はり理論と有限要素法を用いて解析を行った。その結果を、図4、5、6に示す。これらの図は、それぞれ断面変形角、横方向バイモーメント、縦方向バイモーメントの長手方向の変化を示している。

1) 断面変形角(図4)について

一次元はり理論による解析結果と有限要素法による解析結果は同様の傾向を示しているといえる。これは一室の場合も多室の場合にも同様である。しかしながら、断面変形量では、一室箱桁は多室箱桁のほぼ2倍の値となっている。

2) 横方向バイモーメント(図5)について

一室断面と多室断面では、その傾向が多少異なる。一室断面では、断面力はあまり減少せず、ほぼ一定値に収束しているのに対し、多室断面では、断面力が大きく減少して一定値に収束している。一次元はり理論による解はこの傾向を顕著に現している。

3) 縦方向バイモーメント(図6)について

一室断面と多室断面では、傾向に大きな違いが見られる。一室断面における断面力は、ほぼ単調増加の傾向にある。これに対して多室断面では、断面力の増加率が減少していく傾向にある。一次元はり理論による解析結果も同様の傾向を示している。

以上の結果は、多室箱桁の断面変形挙動を一次元はり理論により解析することの妥当性を示していると同時に、多室箱桁と一室箱桁の断面変形挙動の相違を明示している。

4. あとがき

多室箱桁の断面変形挙動は一室箱桁の場合と異なるので、断面変形の制御と直接結びつくダイヤフラムを含めた全体解析においては一次元はり理論に基づく多室箱桁として解析するか、ダイヤフラムを有する多室箱桁と等価な格子桁に置き換えて解析するか、いずれかの解析方法を採用することが望ましいと考えられる。

<参考文献>

- 1) Vlasov, V. Z 著(奥村他外訳): 薄肉弾性梁の理論, 技報堂, 1967.
- 2) 西野・長谷川・名取: 断面変形とせん断変形を考慮した長方形薄肉梁の理論, 土木学会論文報告集, No. 248, 1976. 4.

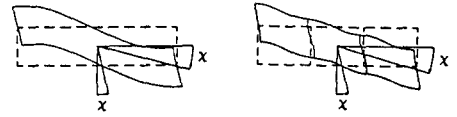


図2 断面変形モード

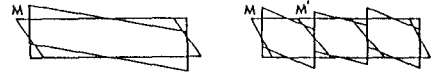


図3 横方向曲げモーメント

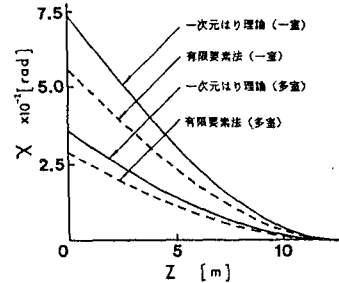


図4 断面変形角

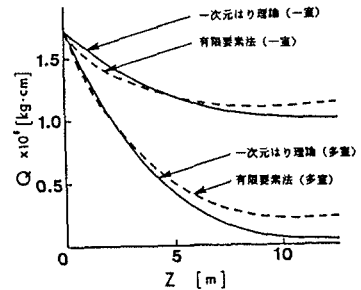


図5 横方向バイモーメント

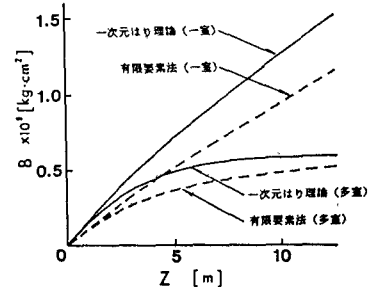


図6 縦方向バイモーメント