

VI-100 ボックスセグメントの開発(その1)

戸田建設(株)	正会員	請川 誠
戸田建設(株)	正会員	多田 幸司
戸田建設(株)	正会員	館川 裕次
石川島建材工業(株)	正会員	大関 宗孝

1. はじめに

従来のボックス型セグメントを矩形ラーメンとして解析し、断面力の算定を行うと、軸力が卓越する円形に比べて、四角形は曲げモーメントが卓越し明かに不利である。それゆえ、ボックス型セグメントは円形セグメントに比べ、セグメント厚及び応力材量ともに増し高価なセグメントとなる。従来の矩形ラーメンの隅角部は、一般にハンチを設け大きな負の曲げモーメントやせん断力に対抗しているが、隅角部を円弧で結びコーナーをラウンドさせた形状にすると、隅角部に発生していた大きな負の曲げモーメントやせん断力が大幅に低減し、スパン中央の正の曲げモーメントも低減する。そこで基本的にボックスの形状を失わない程度に隅角部を円弧状にし、円弧部を曲がり梁と考え、その応力分布の特性を考慮しても断面力の低減により、従来のボックス型セグメントより経済的なセグメントになる。本文は、このような理由から隅角部を円弧で結び、コーナーをラウンドさせた新型ボックスセグメント(CR型ボックスセグメント)の有効性を示したものである。

2. 断面力の低減

3.2m×3.2mのボックス型に対して、土被り6m程度を想定した図-1の様な荷重条件においてコーナーの半径CRを変化させた場合の最大正・負曲げモーメントと軸力をプロットしたのが図-2である。図-2からわかる様に、コーナーの半径CRを大きくしていくとコーナー部に発生している負の最大曲げモーメント(-Mmax)、スパン中央に発生している正の最大曲げモーメント(+Mmax)とも低減してくる。特に-Mmaxの低減は顕著であり、CR=500mmで+Mmaxとほぼ同じ値をとり、CR=700mmでは+Mmaxよりも小さい値をとる様になる。

この様にCRを大きくしていくと、+Mmax、-Mmaxとも低減し、設計曲げモーメントは低減するが、CRが大きすぎると内空が侵される弊害や、ひいてはボックス形の形状を著しくくずすという基本原則を侵すことになる。この設計条件においては、後述する曲がり梁の特性や、内空の確保などを考慮して、CR=500mm~600mm程度にするのが最適かとおもわれる。CR=500mmとすると、効果的に設計モーメントを低減でき、従来型(CR=0mm)に比べて、-Mmaxの低減率は、約43%と非常に大きなものとなっており、コーナラウンドの有効性が示されている。

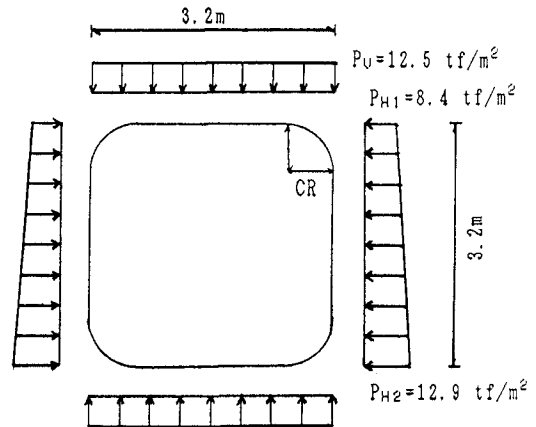


図-1 断面力算定モデル

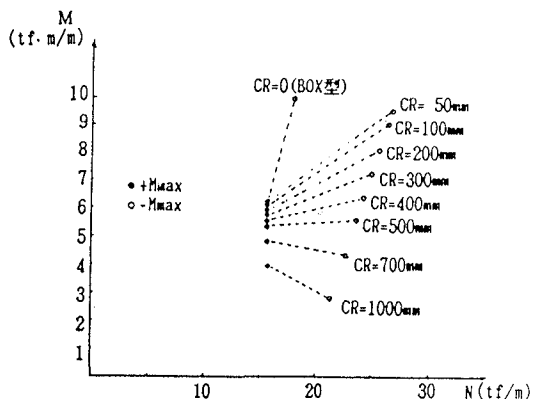


図-2 最大曲げモーメントと軸力

3. 曲がり梁の応力度

従来型(CR=0mm)の隅角部において、曲げモーメントの方向は隅角部で直角に変化し、これに伴いせん断力の方向も変化する。このため、隅角部では局部的に応力度の集中をまねき応力状態は複雑なものになる。隅角部に対する研究は、鋼構造物やRC構造物に対しては、土木の分野においても数多く行われ、応力状態の解明や設計法の確立に成果があり、設計上隅角部は特別な部分として取り扱われる事が多い。これに対して、CR型ボックスセグメントにおいて、隅角部を円弧で結びコーナーをラウンドさせた円弧部は梁部材の一部として曲がり梁と考える。フックの法則と平面保持の仮定が成立するならば、図-3において曲がり梁に軸力 N と曲げモーメント M が作用した時、軸方向の応力は次式⁽¹⁾にて表される。

$$\sigma = N/A + M \cdot (r_0/r - 1)/eA \quad \dots (1)$$

ただし A : 断面積

$$r_0 = A / \int (1/r) dA$$

$$r_g = 1/A \cdot \int r dA$$

$$e = r_g - r_0$$

(1) 式からもわかる様に応力分布は双曲線分布となり、直梁のそれと異なる。とくに断面が矩形(幅 b , 厚み h)の場合、 $A=b \cdot h$, $r_0=h \cdot (\ln(r_2) - \ln(r_1))$, $r_g=r_1+h/2$ となる。断面が矩形とし、曲げモーメントのみが作用した場合、横軸に r_1/h をとり、内側縁応力度 σ_1 と外側縁応力度 σ_2 を直梁のそれと比較したのが図-4である。この図からもわかる様に、内側縁応力度 σ_1 は部材の厚み h に対して小さい半径 r_1 をとるにつれ、急激に増加し、外側縁応力度 σ_2 は減少する。逆に、半径 r_1 を大きくしていくと曲がり梁は直梁にちかづくため当然の事ながら、 σ_1, σ_2 は1.0にちかづく。この様に曲がり梁は、半径 r_1 と部材厚 h の比によって、縁応力度がかなり異なる。 r_1/h を2.0~3.0程度にとつてやれば、直梁に比べて、応力度の割増しは σ_1 で15~20%程度であるので、隅角部をコーナーラウンドすることによる断面力の低減により、従来より経済的なセグメントが設計可能となる。ちなみに、部材がRC平板セグメントの場合でも、スチールセグメントの場合でも、図-4と同様のグラフが得られる。

4. おわりに

この様にCR型ボックスセグメントは、従来のボックスセグメントより経済的なものとなり、工費の低減につながるが、このコーナーラウンドの有

効性と円弧部を曲がり梁として取り扱う妥当性を証明するために、実物大のCRセグメントによるリング載荷試験を実施したので、それについては「ボックスセグメントの開発(その2)」を参照していただきたい

参考文献 (1) 小松定夫: 構造解析学I, 丸善, 1982

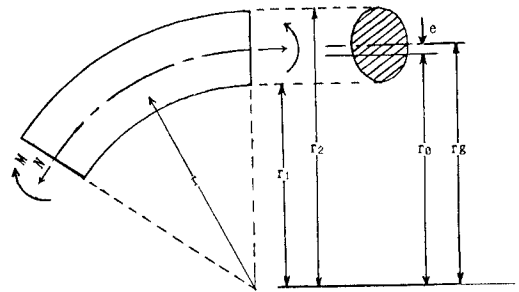


図-3 曲がり梁

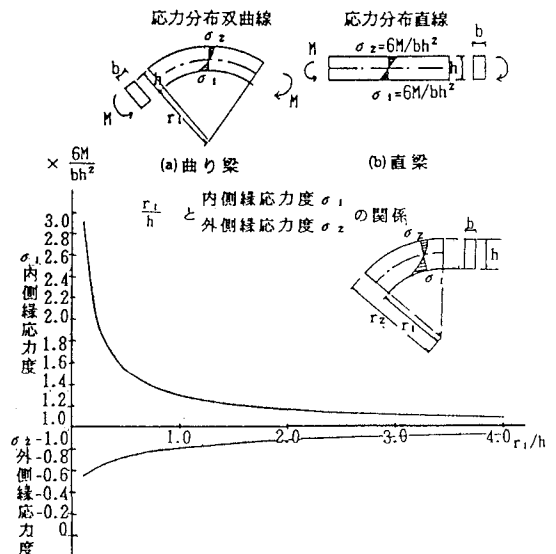


図-4 r_1/h と σ_1, σ_2 の関係