

北海道大学 正員 堺 孝 司

北海道大学 正員 角田与史雄

北海道大学 正員 能町 純雄

1. まえがき 許容応力度設計法から限界状態設計法に移行することに伴い、たわみやひびわれ幅などの使用限界状態に関する検討が設計上重要な位置を占めるものとなってきた。著者らは、昨年度年講において、曲げ剛性評価に関するBransonの方法を、曲げと軸力の組み合わせ作用を受ける場合にも適用しうよう拡張できることを示した。しかし、そこで示した方法は曲率の算定のみで、鉄筋の平均ひずみを得ることのできないものであった。本報告では、上述したBransonの方法の拡張を基礎として、変形挙動を予測するための共通因子の一つと考えることのできる鉄筋の平均ひずみの一算定方法を示す。

2. 鉄筋の平均ひずみの算定 著者らは、先に、RC部材が曲げと軸力の組み合わせ作用を受ける場合すなわち、横断面の中立軸位置が重心位置と異なる場合、一般的なモーメント・曲率関係式 $\phi = M/EI$ を成立させるためには断面重心位置に関する曲げモーメントおよび断面二次モーメントを用いる必要があることを明確にすると共に、具体的な曲率計算に必要な断面諸元に関しては、有効断面二次モーメント I_{eff} はBransonの式を基礎に重心位置に関する諸元を用い、かつモーメント比を鉄筋軸力比に置き換えることによって一般化し、更に有効断面の重心位置 α_{effd} (d : 鉄筋の有効高さ)が I_{eff} と同じ形式で表わすことのできることを示した:

$$I_{eff} = \left(\frac{T_{s,cr}}{T_s}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{T_{s,cr}}{T_s}\right)^3\right] I_{cr} \quad (1)$$

$$\alpha_{eff} = \left(\frac{T_{s,cr}}{T_s}\right)^3 \alpha_g + \left[1 - \left(\frac{T_{s,cr}}{T_s}\right)^3\right] \alpha_{cr} \quad (2)$$

ここで、 α_{gd} および α_{crd} ならびに I_g および I_{cr} は、それぞれ、全断面およびひびわれ換算断面における重心位置、ならびにその重心位置に関する断面二次モーメントを表わす。また、 $T_{s,cr}$ および T_s は、それぞれ、ひびわれ時および任意の荷重レベルのひびわれ断面における引張鉄筋軸力を表わす。

式(1) および (2) を考慮することによって、曲げと軸力の組み合わせ作用を受ける場合の任意の荷重レベルにおける曲率の計算が可能となったが、しかし、これら二式だけでは鉄筋の平均ひずみを得ることはできない。過渡状態における鉄筋の平均ひずみを得るためには、式(1) および (2) に加えて、中立軸位置あるいは有効断面積に関する過渡曲線が必要となる。ここでは、中立軸位置に関する過渡曲線を求めることとし、著者らは、RC部材断面引張領域におけるコンクリートの応力分布を、ひびわれ発生前のコンクリート引張応力分布から徐々に減少変化させることによって得られる断面の重心位置と中立軸位置との間の関係を調べた。その際、鉄筋比や偏心軸力を受ける場合の偏心距離を種々に変えて比較的広範囲に検討した。その結果、断面の中立軸位置と重心位置とは、ほぼ直線関係で表わすことのできるものが明らかになった。従って、過渡状態における中立軸位置 k_{effd} を次式で表わすこととした:

$$k_{eff} = [(k_g - k_{cr})\alpha_{eff} + (k_{cr}\alpha_g - k_g\alpha_{cr})] / (\alpha_g - \alpha_{cr}) \quad (3)$$

ここで、 k_{gd} および k_{crd} はそれぞれ全断面およびひびわれ換算断面における中立軸位置を表わす。

このように、式(1)～(3)を用いることによって、一般に曲げと軸力を受けるモーメント・曲率関係および平面保持の仮定から鉄筋の平均ひずみを算定することができる。従って、例えば平均ひびわれ間隔に関する情報が与えられれば、平均ひびわれ幅の計算も可能となる。なお、曲げのみを受ける場合は、断面の重心位置と中立軸位置とが一致するので、 $k_{eff} = \alpha_{eff}$ となり、結局この場合、式(2)が中立軸位置の過渡状態を表わすことになる。

3. 数値計算例および実験結果との比較

図.1は、偏心軸力を受ける場合および曲げのみを受ける

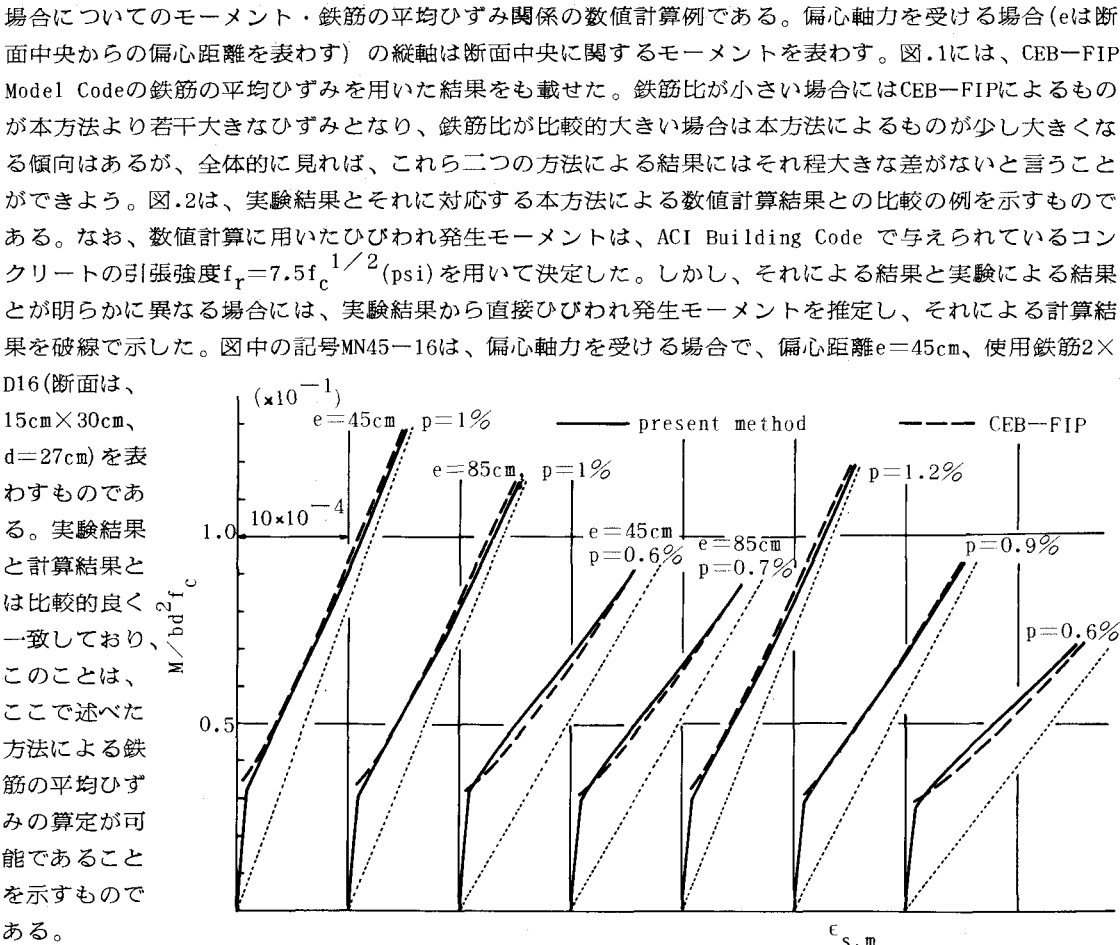


図.1 モーメント・鉄筋の平均ひずみ関係(数値計算例)

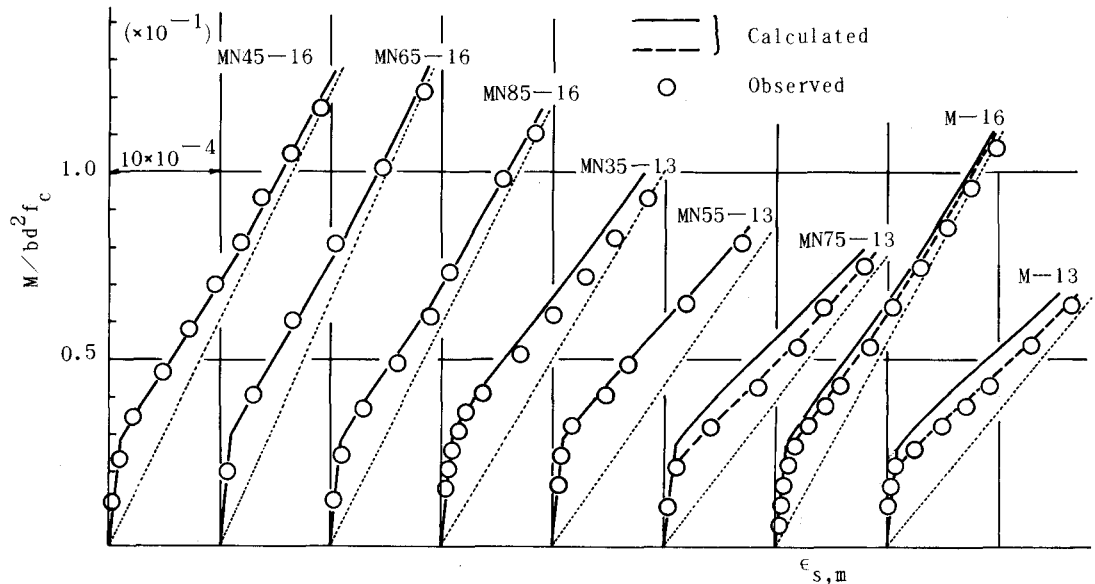


図.2 モーメント・鉄筋の平均ひずみ関係(実験結果およびそれに対応する数値計算結果)