

V-317 交番載荷時における鉄筋の 相対すべり算定方法に対する一提案

川内職業訓練短大 正 員 出 口 秀 史

鹿児島大学 正 員 松 本 進

鹿児島大学 前 村 政 博

1. まえがき

RC橋脚の耐震性能には、柱とフーチングの接合部における定着鉄筋の力学的性状が大きな影響を及ぼし、特に耐震設計上重要となる終局時における変形能には、この定着鉄筋のフーチングからの引き抜けが、非常に大きな影響をもっている。著者らはこれまで、フーチング部の簡単なモデル実験から、降伏荷重を越える正負交番荷重下において定着部鉄筋に生じるひずみの分布形状や引き抜け挙動について実験的に明らかにしてきた。本報告は、実験結果より得られたひずみ分布挙動を簡単なモデルで表現するとともに、併せて鉄筋が吸収するひずみエネルギーを計算することにより、交番載荷時における相対すべり量を推定する方法を提案するものである。

2. 交番載荷時のひずみ分布形状について

図-1は、コンクリート躯体中に定着された鉄筋が、降伏荷重を越える軸引張り載荷を受けた時、鉄筋に生じるひずみ分布の一例を示したものである。定着鉄筋の一部が降伏すると、上部の塑性ひずみ領域と下部の弾性ひずみ領域の二つの領域が段差をもって不連続に生じる。さらに、反転して圧縮載荷を受けると、弾性領域・塑性領域ともに、ひずみ分布長そのものは変化せず一定のままで、ひずみの分布勾配のみが変化することを示している。図-2は、さらに大きな軸引張り載荷を受けた場合のひずみ挙動を示したものである。過去に受けた載荷重よりも大きな荷重を受けた時に初めて、塑性ひずみ領域は拡大され、下部へと進展していく。引張り荷重によってのみ塑性領域の拡大が生じるような交番載荷では、このようなひずみ挙動を示す。

3. 相対すべり量の算定方法

図-3は、実測のひずみ分布からひずみ分布形状を直線にモデル化して示したものである。定着鉄筋の引抜け量（相対すべり量）は、鉄筋ひずみを軸方向に積分したものであるから、図中の斜線部の面積が相対すべり量となる。したがって、このひずみ分布形状を、諸要因（コンクリート強度・鉄筋径・載荷荷重・載荷回数等）のもとで一義的に決定づけることにより相対すべり量を推定することが可能となる。本研究では弾性・塑性両領域において、鉄筋が単位体積当りに吸収するひずみエネルギーと、コンクリート強度・鉄筋径・ひずみ分布長との関係を実験的に求めることにより、任意の載荷時におけるひずみの分布形状を確定し、これにより相対すべり量を推定しようとするものである。

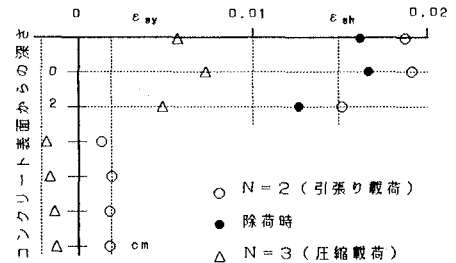


図-1 塑性ひずみ分布の一例

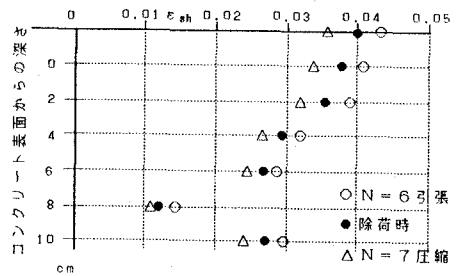


図-2 塑性ひずみ分布の一例

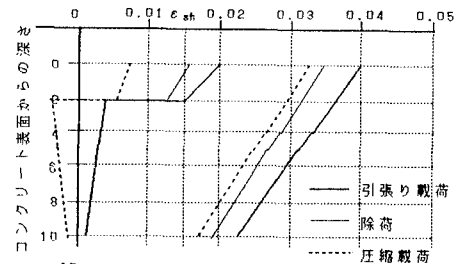


図-3 塑性ひずみ分布挙動モデル

弾性ひずみ・塑性ひずみともに直線分布でモデル化すると
両領域の相対すべり量は、次式となる。

$$\text{弾性域： } \delta e = (\epsilon_{sy} * l_e) / 2$$

$$\text{塑性域： } \delta p = (\epsilon_s + \epsilon_{sh}) * l_p / 2$$

$$\text{総すべり量： } \delta_{all} = \delta e + \delta p$$

したがって、弾性ひずみ分布長 l_e と塑性ひずみ分布長 l_p を決定することにより、上式から相対すべり量を求めることができる。

4. ひずみ分布長の推定方法

図-4は、弾性域の鉄筋が単位体積当りに吸収するひずみエネルギー ($\overline{Ee}$) とコンクリート強度 ($f_{c'}$)、鉄筋径 (D) 弾性ひずみ分布長 (l_e) の関係を、無次元化して実験より求めたものである。弾性域では、4次の関係式となる。

$$\text{弾性域： } (\overline{Ee}/f_{c'}) = 4.40 * 10^{-8} (l_e/D)^4$$

また、図-5は、塑性域における関係を実験より示したものであるが、塑性域では、直線的な関係を示している。

$$\text{塑性域： } (\overline{Ep}/f_{c'}) = 1.11 * 10^{-1} (l_p/D)$$

なお、鉄筋単位体積あたりの吸収エネルギーは次式で示すとおりである。

$$\text{弾性域： } \overline{Ee} = (E_s * \epsilon_{sy}^2) / 6$$

$$\text{塑性域： } \overline{Ep} = \frac{(\epsilon_s - \epsilon_{sy})}{2b} - \frac{a(a+b\epsilon_{sy})}{b^3(\epsilon_s - \epsilon_{sy})} \left[\frac{a+b\epsilon_s}{a+b\epsilon_{sy}} * \left\{ \ln \frac{a+b\epsilon_s}{a+b\epsilon_{sy}} - 1 \right\} + 1 \right]$$

a, b : 応力ひずみ履歴の係数

以上の関係式から、任意の荷重時において鉄筋が単位体積あたりに吸収するひずみエネルギーを計算することにより、計算結果をもとに上記の実験式から、ひずみの分布長 l_e, l_p を確定させることができる。このひずみ分布長を用いて相対すべり量を計算することができる。

5. おわりに

図-6は、実測のすべり量と本提案による推定すべり量とを比較した一例である。鉄筋の降伏が引張り載荷により生じるとともに、塑性ひずみ領域が、引張り載荷により拡大していくような正負交番載荷履歴の場合、本方法による相対すべり量の推定は非常に有効な方法である。

（参考文献）：松本・出口「交番載荷を受ける鉄筋のひずみ分布挙動について」

土木学会第44回年次学術講演会講演概要集，平成元年10月

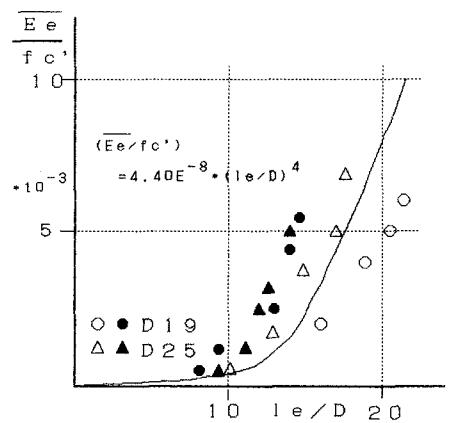


図-4 弾性域の $(\overline{Ee}/f_{c'}) - (l_e/D)$

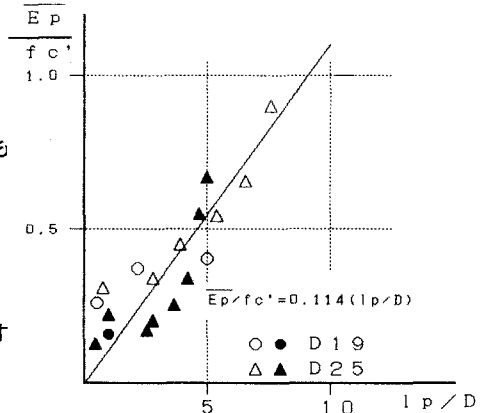


図-5 塑性域の $(\overline{Ep}/f_{c'}) - (l_p/D)$

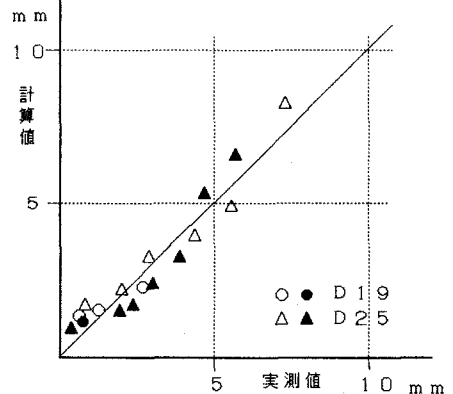


図-6 すべり量の推定比較