

V-296

曲げを受ける鉄筋コンクリート部材の剛性効果の評価方法について

北海道大学工学部 正員 志村 和紀
 北海道大学工学部 正員 佐伯 昇
 北海道大学工学部 正員 藤田 嘉夫

1. まえがき

鉄筋コンクリート部材が曲げを受けひびわれが生じた場合、ひびわれ間のコンクリートが鉄筋との付着応力により引張力の一部を負担することによって引張剛性が高まり（剛性効果）、耐力および変形に影響をおよぼすが、その性状については未解明な点が多い。本報告は曲げを受ける鉄筋コンクリート桁の変形挙動におよぼす剛性効果の影響について実験的に検討を行なったものである。

2. 実験方法

実験に使用したコンクリートは目標圧縮強度を 300kgf/cm^2 とし、鉄筋はSD35異形棒鋼を用いた。実験は単純桁を対象とした2点載荷と1点載荷のものについて行い、断面諸元は表-1に示した。2点載荷試験については図-1(a)に示すように、載荷点下のコンクリート下縁に切欠きを設け引張鉄筋を露出させ、そのひずみを測定した。また、等モーメント区間の上部と下部のコンクリート表面における軸方向ひずみを測定し、平均ひずみおよび曲率を算出した。載荷点下には変位計を設け、たわみを測定した。

1点載荷試験については 図-1(b)に示すように支間を4種に変化させ、コンクリート上部と下部の軸方向ひずみより曲率を算出した。

3. 実験結果および考察

本報告では、鉄筋の応力-ひずみ関係を修正することによって剛性効果を評価することとした。図-2にその方法を示す。すなわち、2点載荷実験において切欠き部では全引張力を鉄筋が負担し、ひずみ ϵ_s を生じる。一方、等モーメント区間の引張鉄筋位置ではコンクリートによる引張力の分担があるため ϵ_s より小さな平均ひずみ $\bar{\epsilon}_s$ を生じる。そこで、鉄筋単体の引張試験より得られた $\sigma_s - \epsilon_s$ 関係より $\sigma_s - \bar{\epsilon}_s$ 関係を求め、これを実際の桁の鉄筋の応力-ひずみ関係として用い、解析を行なうことにより剛性効果を考慮することができる。

これによれば、鉄筋単体の応力-ひずみ関係に比べ、降伏前の剛性は増大し、降伏後は降伏躍り場が短くひずみ硬化が早期に生じ、さらに見かけ上、降伏のような性状を示した。そこで、降伏点Y1 ($\bar{\epsilon}_{sy1}$, σ_{sy1})とひずみ硬化域における見かけ上の降伏点Y2 ($\bar{\epsilon}_{sy2}$, σ_{sy2})について検討を行なった。

図-3に鉄筋の降伏前のY1点における $\Delta \bar{\epsilon}_{sy1} / \epsilon_{sy1}$ と $Ace^{1/2} \cdot As^{-1}$ の関係を示し、図-4にひずみ硬化域におけるY2点の $\Delta \sigma_{sy2} / \sigma_{sy1}$ と $Ace \cdot As^{-1}$ の関係を示した。 Ace はコンクリートの引張有効断

表-1 試験桁の断面諸元

試験桁	鉄筋比		桁高 h cm
	P	P'	
D10-1 D10-2 D10-3	0.0042		20 5 25
D13-1 D13-2 D13-3	0.0075	0.0037	20 22 25
D16-1 D16-2 D16-3	0.0117		20 22 25
L-60 L-80 L-120 L-200	0.0084	0.0084	20

※D桁：2点載荷、L桁：1点載荷
 断面幅 $b=10\text{cm}$ 、有効高さ $d=17\text{cm}$

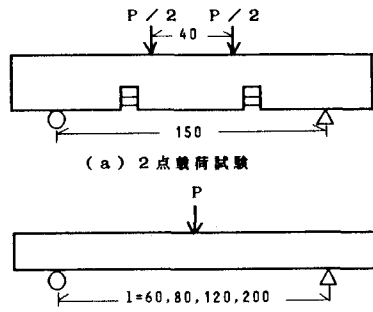
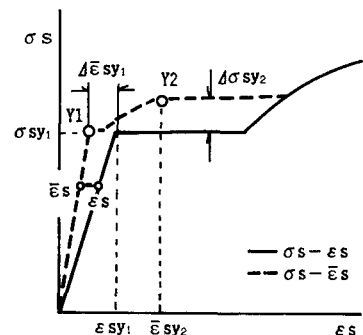


図-1 実験方法
 単位：cm

図-2 鉄筋の $\sigma_s - \bar{\epsilon}_s$ 関係

面積で $2b(h-d)$ とした。これらによれば Y 2 点における剛性効果による応力の増分 $\Delta\sigma_{sy2}$ は $Ace \cdot As^{-1}$ と比例関係にあるが、Y 1 点におけるひずみ減少量 $\Delta\bar{\epsilon}_{sy1}$ は Y 2 点に比べ Ace の影響が小さいことが認められた。

図-3, 4 より得られた回帰式を示せば、

$$\Delta\bar{\epsilon}_{sy1} / \bar{\epsilon}_{sy1} = 0.0459 \cdot Ace^{1/2} \cdot As^{-1} \dots (1)$$

$$\Delta\sigma_{sy2} / \sigma_{sy1} = 0.00132 \cdot Ace \cdot As^{-1} \dots (2)$$

なお、 $\bar{\epsilon}_{sy2}$ については明確な傾向が認められなかったため、平均値をとり $\bar{\epsilon}_{sy2} = 0.013$ とした。

式 (1) および (2) より得られた Y 1, Y 2 点を用い、[原点-Y 1 点-Y 2 点-鉄筋単体の $\sigma_s - \epsilon_s$ 関係のひずみ硬化域] を結んだものを鉄筋の応力-ひずみ関係として、変形解析を行なった。

2 点載荷の場合について、計算例を実験値とともに図-5 および図-6 に示した。これらによれば、鉄筋単体の応力-ひずみ関係を用いた場合に比べ、コンクリート中の鉄筋の応力-平均ひずみ関係を用いることにより計算値は実験値に近づき、剛性効果を含む変形挙動を把握できることが示された。

図-7 に 1 点載荷の場合の曲げモーメント-曲率関係について (1), (2) 式を用いて解析を行なった結果を示す。これによれば、鉄筋の降伏前は計算値は実験値と比較的良好一致しているが、降伏後は剛性効果を過小に評価する傾向があり、荷重条件、支間等の影響についても検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

曲げを受ける鉄筋コンクリート部材の変形解析を行なう際に引張鉄筋の応力-ひずみ関係修正して用いることによって剛性効果を評価できことが示された。また、さらにデータの蓄積が必要と考えられるが、本実験の範囲内で得られた性質を示す。

(1) 剛性効果は有効引張鉄筋比と密接な関係にあるが、鉄筋の降伏前はコンクリートの引張有効断面積の影響はいくぶん小さいことが示された。

(2) 剛性効果は荷重条件、支間等に影響されることが考えられる。

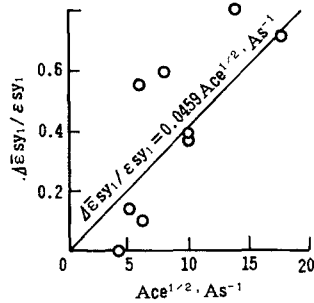


図-3 $\Delta\bar{\epsilon}_{sy1} / \bar{\epsilon}_{sy1}$ と $Ace^{1/2} \cdot As^{-1}$ の関係

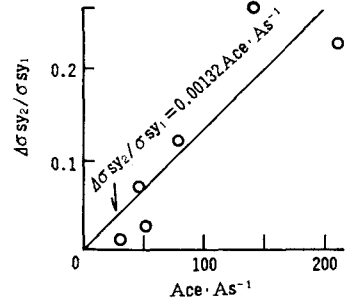


図-4 $\Delta\sigma_{sy2} / \sigma_{sy1}$ と $Ace \cdot As^{-1}$ の関係

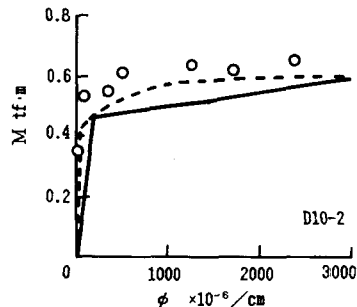


図-5 2点載荷試験の曲げモーメントと曲率の関係

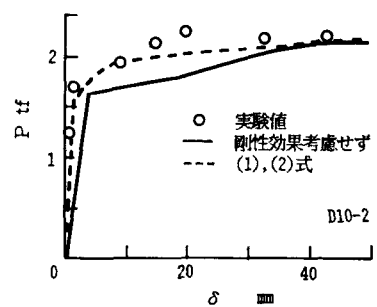


図-6 2点載荷試験の荷重と載荷点たわみの関係

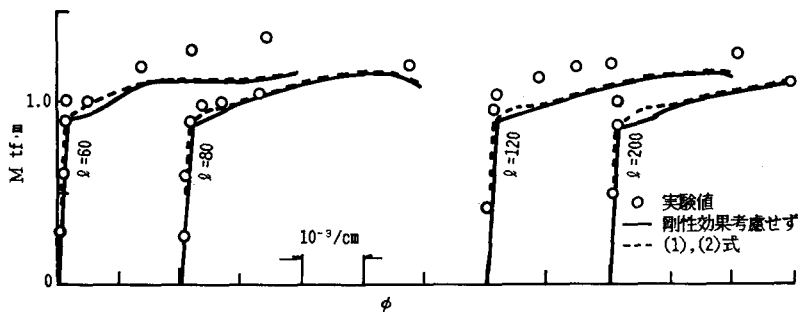


図-7 1点載荷試験の曲げモーメントと曲率の関係