

北海道大学 正員 角田 与史雄
 “ “ 堀 孝 司
 “ “ 能 町 純 雄

1. まえがき

RC部材の耐荷性状を複雑にしている要因の一つに鉄筋の dowel actionがある。それは、鉄筋がコンクリートのひびわれを跨いでせん断力を伝達する作用で、部材耐力の一部として寄与する反面、鉄筋に沿った縦ひびわれの発生の原因ともなる。従来この問題は、はりのせん断耐力に対する寄与率の推定や、その最大可能値としての dowel 破壊強度などを対象に、いくつかの研究が行われている。しかしこれまでに得られている情報は限定された範囲にとどまるものであり、今後の研究に待たなければならない点が多く残されている。著者らはさきに中央断面に人工ひびわれを入れたはりの逆対称荷重試験を行うことにより鉄筋の dowel action の研究を行った。本研究はこれよりさらに簡素化したモデル供試体を用いることにより、幅広い変数の範囲で dowel 破壊強度を求め、既往の dowel 破壊理論との対比のもとに考察を行ったものである。

2. 既往の dowel 破壊理論の概要

RCはりにはせん断ひびわれが生じて主鉄筋に dowel 力が作用するとき、かぶりコンクリートが剥落する型式の dowel 破壊が生ずる可能性がある。Jonesはこの問題を図-1に示すようにモデル化して考えた。それは、主鉄筋とその下側のかぶりコンクリートとが一種の合成ばりを形成し、これがその上部のコンクリートによってバネ支持されているもので、バネは圧縮鉄筋位置に固定されていると仮定された。このとき、合成ばりの曲げ剛性を $E_c I_x$ 、バネ定数を K とおけば、 $E_c I_x y^{(4)} + Ky = 0$ なる微分方程式を解く問題に帰せられる。また、断面幅 b から主鉄筋の占める長さを差引いた純幅を b_n とするとき、バネ力によってコンクリートに生ずる垂直方向の引張応力が b_n 内に一様分布すると仮定し、バネ定数を $K = b_n E_c / z'$ 、限界バネ力を $b_n \sigma_{ct}$ (σ_{ct} : コンクリート引張強度) とおくことにより、次の dowel 破壊強度式を得ている。

$$D = 0.7 \sigma_{ct} (z' I_x b_n^3)^{1/4} \quad (1)$$

上記の理論は、仮定や近似に多少の変更は加えられているとはいえ、その後の dowel 破壊

強度の研究の基礎理論として利用されている。その際 Knaefeld らは、鉄筋の埋め込み長さの影響を取り入れるため、(1) 式の実験的修正を行っており、また Baumann らは合成ばりとして主鉄筋の占める長さのかぶりコンクリートのみを考える方法を提案している。また Baumann らはこれとは別に、主鉄筋が一段配置の場合の dowel 破壊強度に対して、次の実験式も合わせて提案している。

$$D = 7.6 b_n \phi (\sigma_{cw})^{1/3} \quad (2)$$

ここに σ_{cw} はコンクリート立方体強度を表す。

3. 実験の概要

本研究では図-2に示すような簡単なモデル供試体を用いて dowel 破壊実験を行った。変数としては、コンクリート圧縮強度 $\sigma_{cb} = 200 \sim 400 \text{ kg/cm}^2$ 、鉄筋径 $\phi = 10 \sim 25 \text{ mm}$ 、かぶり厚 $C = 3 \sim 8 \text{ cm}$ 、断面幅 $b = (2 \sim 10)C$ 、鉄筋埋め込み長

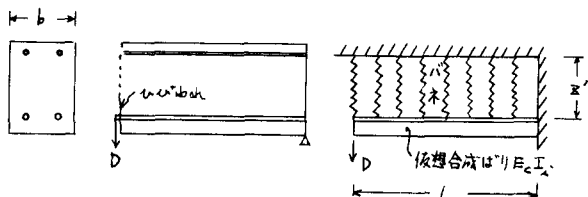


図-1

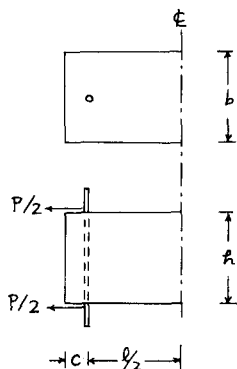


図-2

$\alpha = 5 \sim 25 \text{ cm}$ を選んだ。

なお、鉄筋には異形棒鋼を用いた。

4. 結果および考察

図-4は供試体のコンクリート表面ひずみを測定した例を示したもので、

鉄筋両側の $\alpha 1, \alpha 2$ に大きな引張ひずみが生じ、dowel ひびわれを発生させる原因となることがわかる。また $C 2$ は $C 1, C 3$ に比べてひずみが小さく、コンクリートの支圧能力が埋め込み端に近いほど高い値をもつことを示唆しており、定性的には前述のバネ支持の合成ばりのモデルの性質と合致している。

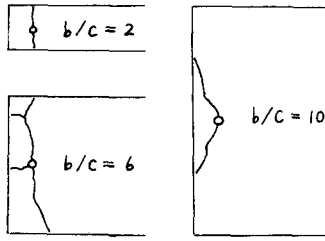


図-3

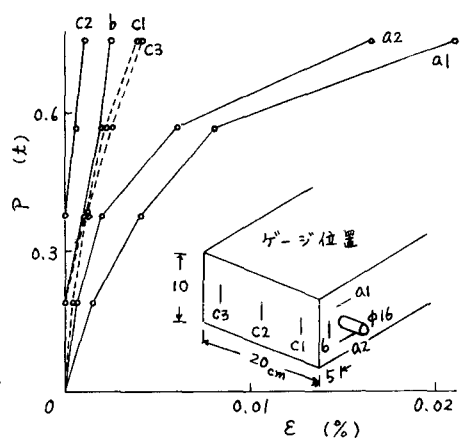


図-4

図-3は dowel 破壊時のひびわれパターンを示したものである。それは b/c の値によって異なり、 b/c が小さいときは dowel ひびわれが断面幅全体を貫くのに対し、 b/c が大きいときはかぶりコンクリートの一部のみが局部的に剥落している。ところで前述の(2)式は D が b_n に比例するとしており、また、(1)式においても I_x の項に b_n が関係しているため、 D は b_n に比例することになる。それは両式ともコンクリートの垂直応力が幅 b_n にわたって一様に分布していると仮定して理論的あるいは実験的に導かれていることによる。しかし図-3の結果は、上記の仮定が必ずしも適切でないことを示すものである。実際、本実験で得られた dowel 破壊荷重を b_n で除いた値とすれば、図-6に見られるように b の増加とともに明らかな減少を示しており、 b_n 全体が有効であるとする仮定は、ある限度された範囲でしか適用することができないことがわかる。

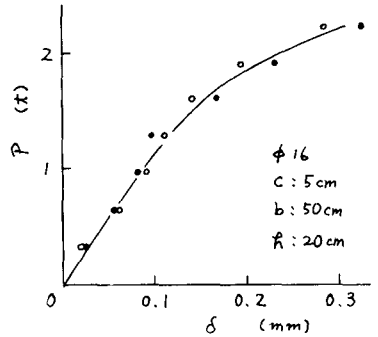


図-5

次に、図-7は dowel 破壊強度に対するかぶり厚の影響についての実験結果を示したもので、かぶり厚 C の明確な影響が見られる。前述の(2)式はこの影響を考慮していないが、(1)式は合成ばりとしてかぶりコンクリート全体をとっているため、 I_x の項の中で C の影響が考慮されている。それは本実験結果を部分的に説明できるが、前述の b_n の有効度に関する矛盾があるため、 C の影響のみから理論の妥当性を評価することはできない。

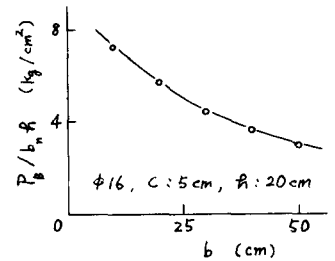


図-6

(1)式の理論のもう一つの矛盾はバネ定数に見られる。Baumann らはいわゆる dowel 変位を測定し、それが(1)式に相当する理論値の10倍にも達することを示している。図-5は本実験において、2本の鉄筋の突出根部の相対変位の測定値からその間のコンクリートの平均伸び $Pd/bR\epsilon_c$ を差引いた値 δ を示したもので、Baumann らの結果を裏づけている。このことは、実際の dowel 変位がコンクリート全体としての変形よりも、局部的な変形に支配されていることを示唆するもので、今後検討の余地が多いであろう。

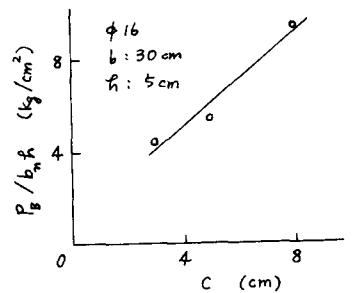


図-7