

V-18

鉄筋のダウエル作用に対するスターラップの定量モデル

北海道大学 正員 ○ 古内 仁
 榊大林組 徳永 篤
 北海道大学 正員 角田与史雄

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物のせん断挙動は複雑であり、その破壊性状はぜい性的なものである。構造物の安全性の観点からも、その性質については解明しなければならない。一般に、RC部材は、斜引張型、せん断圧縮型および両者の混合型の形式でせん断破壊が生じる。その過程において、せん断ひびわれが生じると作用せん断力はコンクリート圧縮部、せん断ひびわれ面の骨材のかみあわせおよびひびわれを跨ぐ軸方向鉄筋のダウエル作用によって伝達される。

本研究では、その1つであるダウエル作用に着目し、その性状を明らかにすることを目的として研究を進めている。現在、補強鉄筋（スターラップ）の無い鉄筋のダウエル作用については、その変形を表す力学モデル¹⁾が作成されているが、今回はダウエル作用に対するスターラップの性質に重点を置いて、その定量的なモデルを得ようというものである。

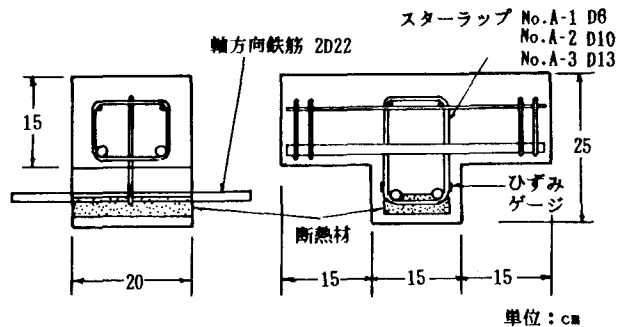


図-1 供試体 (実験A)

2. 実験概要

本研究では、A、B、2種類の実験を行った。実験Aは、軸方向鉄筋の変形によって生じるスターラップの変形を調べることを目的としている。供試体は、図-1に示すように断面をT字型にし、軸方向の中央にスターラップを配置した。軸方向鉄筋は2本とし、両端に突き出し部をつけた。実験装置は、図-2に示すように、供試体を逆さにし、鉄筋両端に力が加わるようにコンクリートの張出し部に載荷を行った。実験に際しては、スターラップのひずみおよび供試体の鉛直変位を測定した。一方、実験Bはスターラップを有するダウエル作用の変形を調べることを目的としている。この実験では、図-3に示すように先の報告¹⁾で用いた供試体と同様のものにスターラップを配して供試体を作製した。断面は、かぶり厚 5cm、幅は No.1~3 が 15cm、

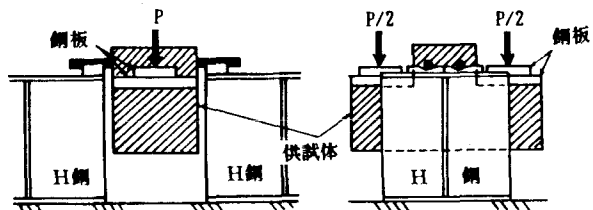


図-2 載荷方法 (実験A)

表-1 鉄筋径 (実験B)

No.	軸方向鉄筋	スターラップ
B-1	16	6
B-2	16	10
B-3	16	13
B-4	22	6
B-5	22	10
B-6	22	13

単位: mm

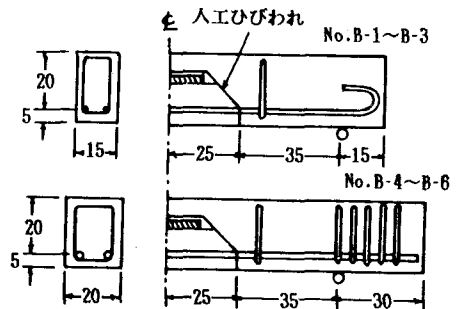


図-3 供試体 (実験B)

厚 5cm、幅は No.1~3 が 15cm、

No.4~6 が 20cm とした。スターラップは、人工ひびわれ面から支点方向に 4cm の位置に配置した。鉄筋径は、表-1 に示すとおりである。実験に際しては、軸方向鉄筋の数カ所の上下面のひずみとスターラップのひずみを測定した。また、本報告で扱うダウエル力Dは鉄筋2本当りのものとする。

使用した鉄筋は、横フシ型異形棒鋼 SD35 である。コンクリートは、早強ポルトランドセメントおよび天然骨材を用い、水セメント比は 53%、目標強度は 300kgf/cm^2 である。供試体は、打設後1日で脱型し湿布養生を行い、材令7日で実験を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 ダウエル作用の力学モデル

本研究では、軸方向鉄筋のダウエル作用の変形に対して、鉄筋を弾塑性バネに支持された仮想ばりにモデル化している。力学モデルの詳細は、先の報告を参照されたい。この力学モデルに対して、スターラップの影響を取り入れるため、次のような仮定を行った。図-4 に示すように、スターラップの位置においてモデル中に1本のバネを仮定する。この仮想バネは、スターラップの力と変形の関係を表しているが、その性質については事項で、実験結果をもとに考察する。

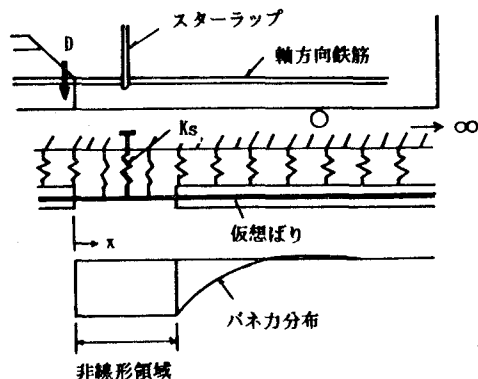


図-4 ダウエル作用の力学モデル

3.2 実験結果の検討

実験Aから得られた実験結果をもとにスターラップの特性を調べた。図-5 は、各々鉄筋径 6, 10, 13 mm のスターラップの変位 (抜け出し量) と力の関係を示したものである。3つのケースはいずれも、ある荷重までは抜け出し量が負あるいは0附近の値を示している。これは、荷重値が軸方向鉄筋に作用した力であり、コンクリートとの付着力を含むため (図-6 参照)、純粋なスターラップに作用する力でないこと、また、測定値から軸方向鉄筋単体の曲げ変位を差し引いて変位を処理したことによると思われる。上記のことを考慮し、スターラップの抜け出しは、スターラップが非線形性を示すまでは、ほとんど直線的な関係を示していると見なすことにした。ここでは、スターラップの仮想バネを弾性バネと仮定し、割線によりバネ定数 K_s を求めることにした。

得られたバネ定数は、表-2 に示すとおりである。各々のスターラップのバネ定数は、図-7 に示すよう

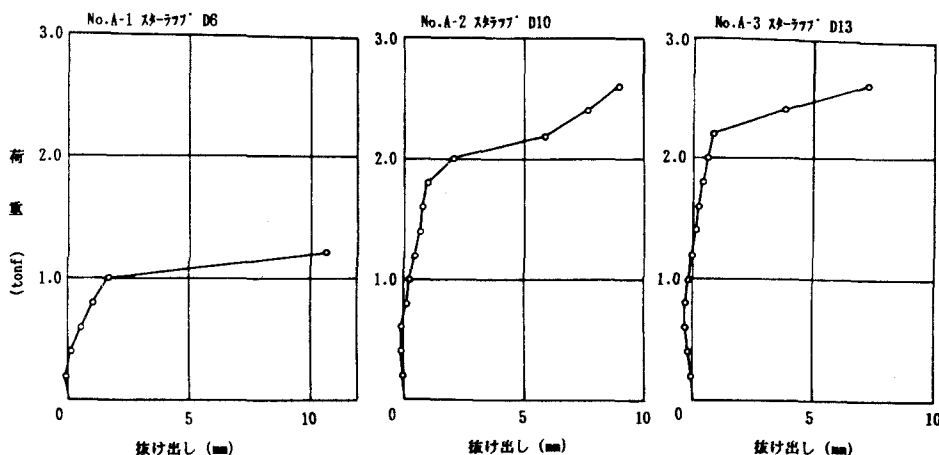


図-5 スターラップの力と変位 (抜け出し)

に、スターラップの断面積とほぼ比例関係にあることが示されており、直線回帰によって次式を求めた。なお、 K_s の単位は kgf/cm である。

$$K_s = 10920 \cdot A_v \quad \dots\dots (1)$$

A_v : スターラップの断面積 (cm^2)

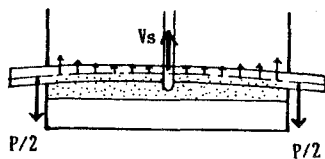


図-6

表-2 スターラップのバネ定数

No.	K_s (kgf/cm)	スターラップ断面積 (cm^2)
A-1	5368	0.63
A-2	18274	1.43
A-3	26538	2.53

上式によって得られた K_s を、力学モデルに引用して、本実験Bの測定結果と比較を行った。図-8は、鉄筋の曲率を示したもので、丸印が実測されたひずみより求めたものである。実線がモデルによる計算値、点線が参考のためにスターラップを考慮しないときのモデルの計算値 ($K_s=0$ としたとき) を示している。いずれの供試体においても、ダウエル力 D が小さいときは、スターラップは軸方向鉄筋の変形に対してそれ程影響を与えてはいない。ダウエル力が大きくなると、軸方向鉄筋はスターラップによってかなり変形が拘束されると見ることができる。これを現象面からとらえると、スターラップはダウエル力によって生じたひびわれ(鉄筋に沿

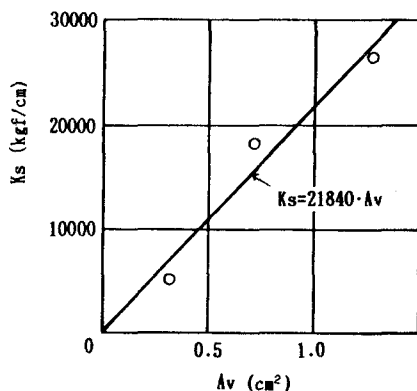


図-7 スターラップのバネ定数

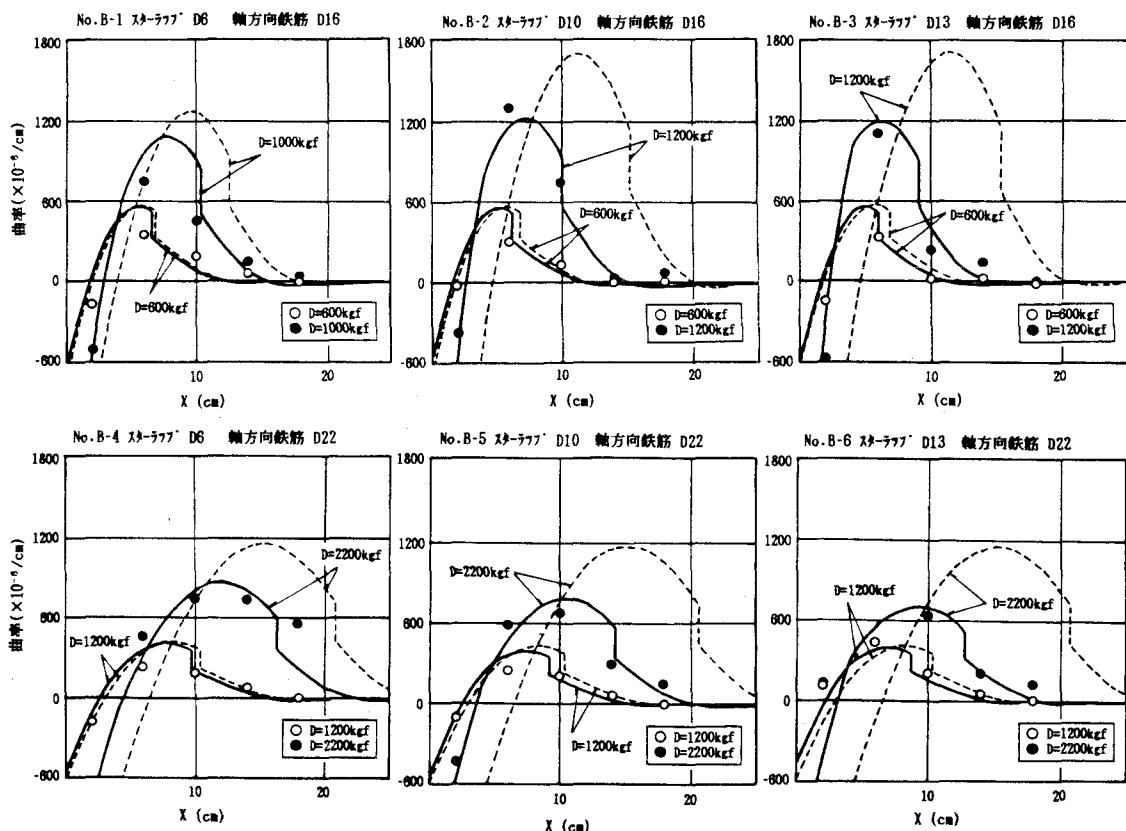


図-8 鉄筋の曲率

って進む)が、スターラップの位置を横切ってから作用する力が相対的に大きくなってくると予想される。また、これらの図から計算に用いられた K_s の値は比較的妥当な値を示していると思われる。

図-9は、モデルによって計算されたスターラップの作用力と実験で得られたスターラップのひずみをもとに算出された作用力を比較したものの一例である。図の実線がモデルによる計算値、○印が実測値である。計算値に比べて、実測値が大きく上回っているが、作用力が作用する開始点や増加の傾向が類似していることが認められる。両者の値に差が生じたのは、実測されたひずみがスターラップ外側側面の値を用いているため、実際の応力より過大に見積っていることにあると思われる。スターラップは、隅角部に配している軸方向鉄筋によって、応力が作用するわけであるから曲げ変形によって、スターラップの鉛直方向には内側側面より外側側面に大きな引張応力が作用していると想像される。この点を補正すれば、両者の値はある程度一致することが期待できる。これらの比較の結果から、軸方向鉄筋のダウエル作用に対するスターラップの影響は、弾性バネと仮定し力学モデルに組み込むことによってその変形をとらえることができる。

3.3 破壊荷重の検討

本実験Bの供試体の破壊形式は、すべての供試体においてコンクリート圧縮部の圧壊によって破壊に至った。破壊荷重の実測値と、力学モデルによるダウエル耐力(スターラップの無い場合)の計算値および軸方向鉄筋、スターラップの降伏荷重を表-3に示す。ただし、荷重の値はジャッキ1本の値である。破壊荷重は、いずれもダウエル耐力の3倍前後で、ダウエル耐力をはるかに上回っている。ダウエル力が耐力を上回るとスターラップの応力が増加し、スターラップ附近の軸方向鉄筋の曲げ降伏あるいはスターラップ自身の降伏によってはりの変形が大きくなり、圧縮部コンクリートの圧壊に至った(図-10参照)。

謝辞：本研究は、北海道大学工学部の木村 勉技官、学生の浅倉秀雄氏、豊岡裕康氏の多大な助力を得た。ここにあわせて深く謝意を表する。

参考文献

- (1) 古内 仁、葛野尚文、角田与史雄：鉄筋のダウエル作用による破壊強度と変形について、土木学会北海道支部論文報告集第44号、1988、PP.533-536

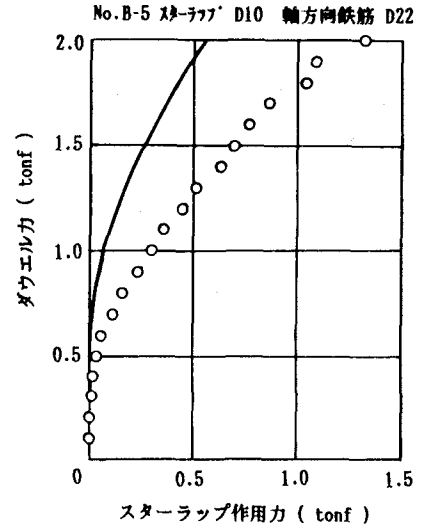


図-9 ダウエル力とスターラップの作用力

表-3 破壊荷重およびダウエル耐力

No.	破壊荷重	ダウエル耐力	軸方向鉄筋 降伏荷重	スターラップ 降伏荷重
B-1	1700	593	1200	—
B-2	1625	593	1100	1400
B-3	1600	593	1000	—
B-4	2900	886	2100	—
B-5	3200	886	1800	1900
B-6	2725	886	1700	—

単位：kgf

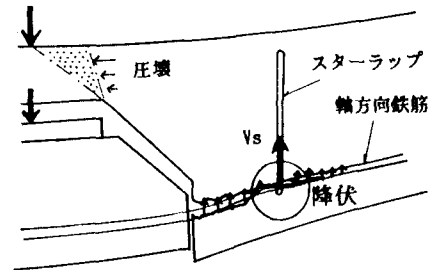


図-10 破壊時の状況