

東北大学 学主員○宮本 幹
東北大学 正員 尾坂 芳夫
東北大学 正員 鈴木 基行

1. まえがき

現在、主としてRC橋脚や擁壁において、経済性の観点から計算上曲げに対して不要となつた引張主鉄筋を曲げ上げせず、引張部に途中定着(カットオフ)している。しかし、カットオフを施された構造物の挙動は明らかにされておらず、現行の示方書でカットオフについての細かな規定もない。実際、1978年宮城県沖地震や、1982年浦河沖地震では、RC橋脚のカットオフ点付近より生じたひびわれが斜めひびわれへと発達し、大きな被害を受けた。このようなことから、カットオフされたRC部材の挙動を調べ、設計に反映させることは急務であると考えられる。そこで、本研究では、その第1段階としてRC梁を用いた静的載荷実験を行い、カットオフのせん断耐力に及ぼす影響を実験的に調べることを目的とした。

2. 実験の概要

1959年のFergusonの実験¹⁾での断面寸法・使用鉄筋・変動要因等の問題点を考慮して、本実験では、図-1のような試験側・補強側をもつ供試体を25体製作した。その諸元は、幅B50cm、有効高さd40cm、引張主鉄筋D19×6^本、鉄筋比 ρ 0.86%とし、これらを一定として、試験側で引張主鉄筋の $\frac{1}{2}$ (3^本)をカットオフするものとした。補強側のスターラップ量は0.15%とした。変動要因は、シェアスパン比 a/a 、支元からカットオフ点までの距離 L_{cut} 、試験側スターラップ比 ρ_w の3つを選び、表-1で表わされる点で実験を行った。載荷は変位新增の一方向静的載荷を行い、又、2供試体については一方向繰り返し載荷も行、た。規定項目は、載荷点のためみ、75cm間隔で貼付したひずみゲージによる引張主鉄筋ひずみ、載荷点のコンクリート圧縮緑ひずみ、ひびわれ状況の4点である。

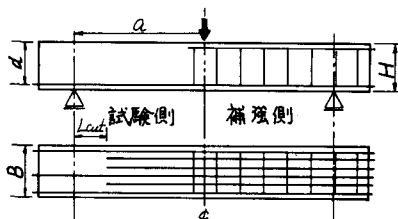


図-1 供試体

表-1 i) $a/a = 2.5$

L_{cut} ρ_w	0	10	15	25	35	50
0	I	I	—	I	I	IIa
0.06	—	—	—	I	—	—
0.15	—	—	IIa	IIa	IIa	—

単位
 L_{cut} (cm)
 ρ_w (%)
*EP
繰返し載荷
も行う。

ii) $a/a = 3.5$

L_{cut} ρ_w	0	25	35	46.5	50	60	70	80
0	IIb	IIb	I*	I	—	I	IIa	IIa
0.06	—	—	IIb	—	—	—	—	—
0.15	—	—	III	III*	IIa	IIa	IIa	—

(表中記号は実験結果)

3. 挙動の分類

載荷の結果、荷重-変位曲線(P- δ)図は、図-2のように4通りに分類できることがわかった。それに基づいて、表-1のようにカテゴリー分けができ、各カテゴリーについて以下のような特徴がある。(図-3, 4参照)
〈I類〉 カットオフ点からひびわれが発生し、すぐに斜めひびわれに発達し、突然耐力を失い破壊に至る。最大耐力時の主鉄筋ひずみは、どの点でも降伏ひずみ(2200 μ)に達していない。脆性破壊するが、スターラップを配筋していない供試体で占められ現行設計法では出現しないタイプ。

〈IIa類〉 カットオフ点から発生したひびわれは曲げひびわれとして発達し、耐力がほぼ一定で変位のみが増加し、斜めひびわれになつてもまもなく破壊に至る。主鉄筋ひずみはカットオフ点で部材降伏時に降伏ひずみに達している。カットオフ特有の挙動を示し、延性破壊とすることがあとに述べるIII類の曲げ耐力には至らず、設計では避けるべきタイプ。

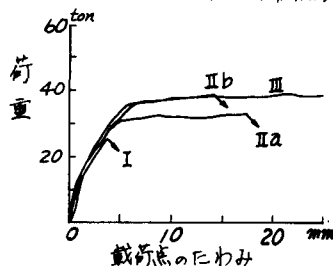


図-2 荷重-変位曲線

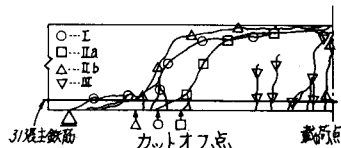


図-3 ひびわれ状況図

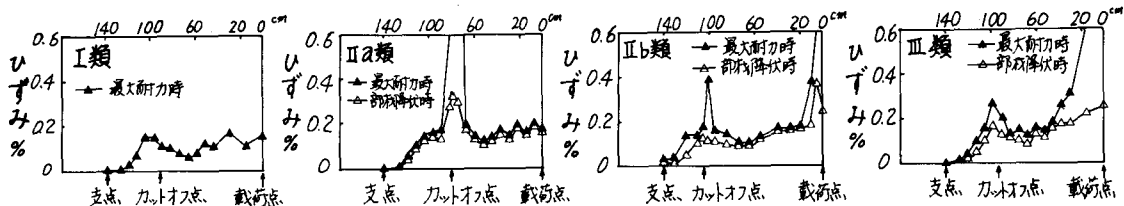


図-4 引張主鉄筋ひずみ図

〈IIb類〉 IIa類同様、カットオフ点から発生した曲げひびわれが発達し、やがて斜めひびわれになり、破壊に至るが、載荷点の曲げひびわれがIIa類に比べ大きい。又、部材降伏時荷重が 36.2 ton ($\%a=3.5$) と一定値となり、IIa類より大きい。部材降伏時の主鉄筋ひずみは、載荷点で降伏ひずみとなっている。スターラップ量によって靱性が変じ、曲げ降伏後せん断破壊を起している。

〈III類〉 曲げひびわれが、載荷点から支点に向かって小さくなり、斜めひびわれは発生しない。最大耐力時のコンクリート圧縮縁ひずみは、5000 μ 以上を示している。部材降伏は、IIb類同様、主鉄筋が載荷点で降伏することによってひき起こされ、塑性変形能に富んでいる。

4. 耐力評価

1) スターラップの補強効果

L_{cut} が小さい時には、スターラップ量を増やると、I類→IIb類→III類に変化するが、 L_{cut} が大きいと、I類→IIa類に変化する。この限界 L_{cut} (= L_{cut0}) までのカットオフでは、 $\rho_w=0.15\%$ を配筋すればカットオフの悪影響は現れない。今回の実験で、 L_{cut0} は、 $\%a=2.5$ で 15 cm 、 $\%a=3.5$ で 50 cm であると考えられる。

2) 耐力算定

各試体の最大耐力時せん断力を、横軸に L_{cut}/a をとりプロットすると図-5が得られる。これにより、まずI類については $\%a$ にかわらない

$$V_{uI} = 24.1 - 27.0 \times L_{cut}/a \quad \text{相関係数 } C_c = 99.2\%$$

という耐力算定式(実験式)を得る(直線 $l-l'$)。同様に、IIa類は

$$V_{uIIa} = 32.9 - 36.5 \times L_{cut}/a \quad C_c = 94.9\%$$

で算定し得る(直線 $m-m'$)。このように、IIa類は L_{cut} に比例して耐力が低下し、主鉄筋がカットオフ点で降伏することによって、部材降伏が起ることから、スターラップ量を多くしても耐力の上昇があまり望めないと考えられる。

3) 一方向繰り返し載荷

載荷は荷重制御とし、I類とIIa類の試体の1本ずつ(表-1 ※印)について、一方向単調載荷の結果に基づき、カットオフ点での曲げひびわれ発生荷重と最大耐力の7割8割9割で、各5回ずつ繰り返すものとした。両タイプとも単調載荷時の挙動と同一であり、耐力が、I類では約2割、IIa類では約1割低下した。

5. あとがき

本実験により、カットオフの悪影響として、引張主鉄筋がカットオフ点で降伏し部材降伏することがわかった。そして、その耐力は支点からカットオフ点までの距離に比例して低下し、精度のよい耐力算定式を得ることができた。又、カットオフの悪影響が現れない範囲を明確にとらえることもできた。しかし、一方向、繰り返し載荷で耐力が低下することが明らかになったので、今後は、交替繰り返し載荷、動的載荷を行う必要があることがわかった。試体種類を変え、より一般的耐力算定式を得るとともに、コンクリートと鉄筋の応力伝達機構(付着)を正確にとらえて、カットオフによる悪影響を説明してゆかなければならないと思われる。

〔参考文献〕 ① PHIL M. FERGUSON and FARID N. MATLOOB; "Effect of Bar Cutoff on Bond and Shear Strength of Reinforced Concrete Beams", Jour. of ACI No.56-4 July, 1959

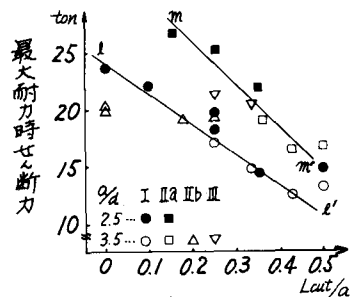


図-5 耐力図