

[210] 自由縁を有する RC スラブのせん断耐力特性に関する研究

正会員 ○高橋 義裕 (北海学園大学)
 正会員 角田 与史雄 (北海道大学)

1. まえがき

鉄筋コンクリート (RC) スラブ、フラットスラブ、フーチングなど、スラブ系部材には種々のものがあるが、これらの集中荷重を受ける場合の設計においては、曲げ破壊およびせん断破壊とともに押抜きせん断に対する安全性を確保する必要があり、各国の示方書にはその設計方法が規定されている。その際、ACI¹⁾やCEB-FIP²⁾では、荷重がスラブ自由縁近傍に作用するときは、その押抜きせん断破壊面が自由縁に直結するため、有効に抵抗できる面積が減少すると考え、臨界面長を低減する方法をとっている。一方、著者ら³⁾は、自由縁をもつスラブにおいて、荷重が自由縁付近に作用するときの不完全な押抜きせん断破壊について実験を行い、従来一般に考えられている押抜きせん断耐力から予測される値よりもかなり低いことを明らかにしている。従って自由縁の影響は、かなり複雑なものと考えられる。本論文では、自由縁を有するRCスラブに荷重が集中的に作用した場合の断面力(主として曲げモーメント)伝播に注目し、そのせん断耐力特性を実験的に検討したものである。

2. 実験供試体および実験概要

実験供試体は、図-1に示す相対する2辺が支持、他の2辺が自由の長方形スラブでスパン長 $l=100\text{cm}$ 、幅 $B=140\text{cm}$ 、である。実験は、有効スラブ厚、載荷板の載荷面積、主鉄筋比及び配力鉄筋比の組み合わせにより、表-1に示す4つの供試体について行なった。各供試体とも自由縁から載荷板中心までの距離 e を変数とし、 e は70, 55, 40, 25, 10cmの各値とした。尚、主鉄筋端部はフック定着とし、配力鉄筋は最も外側にある鉄筋に引っかけて定着した。コンクリートは、単位セメント量 338kg/m^3 、水セメント比48%、早強ポルトランドセメントおよび天然骨材を使用した。実験日材令は7日で、そのときのコンクリート強度の平均は 330kgf/cm^2 であった。荷重載荷位置は、スパン中央線上とした。スラブの支承は、銅丸棒を使用し、スラブ隅角部の浮き上がりは自由とした。測定項目は、破壊荷重と各荷重段階での主鉄筋及び配力鉄筋のひずみ度である。

3. 実験結果及び考察

3.1 破壊荷重について

各供試体での破壊荷重 P_b と荷重載荷位置 e との関係が図-2に示されている。同図より破壊荷重は明らかに自由縁に近づくにつれ減少している。供試体IIは、供試体Iに対しその載荷面積で4倍であるが、自

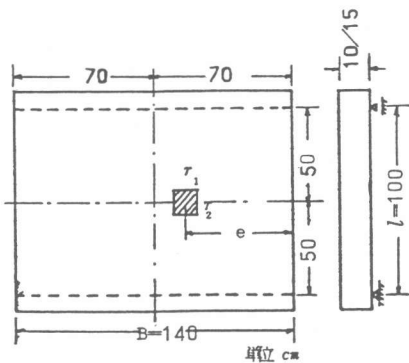


図-1 実験供試体

表-1 実験計画一覧

供試体	有効スラブ厚 cm	主鉄筋比 p_1 / 配力鉄筋比 p_2	載荷板面積 $r_1 \times r_2 \text{ cm}^2$
I	7.5	1.783/1.949	7.5×7.5
II	7.5	1.783/1.949	15.0×15.0
III	12.5	1.097/1.137	10.0×10.0
IV	12.28	1.927/1.007	10.0×10.0

由縁近傍荷重では両者の破壊荷重には、それほど大きな差は見られないが、自由縁から離れるに従って差は若干見られる。供試体ⅢとⅣは主鉄筋比／配力鉄筋比の割合を変えた場合であるが、その破壊荷重に関し、両者の間にはほとんど差異は見られない。

いま各供試体の臨界面長に注目し、自由縁の影響がない場合の臨界面長に対する自由縁に直結する場合の臨界面長の比を求めると、供試体Ⅰでは、0.87、Ⅱでは0.74、ⅢとⅣはほぼ等しく0.75となる。しかし、実験値における破壊荷重の比を求めると、供試体Ⅰでは0.50、Ⅱでは0.69、ⅢとⅣとはほぼ等しく0.47である。従ってせん断耐力に対する自由縁の影響を臨界面長の減少という形で考慮するだけでは、不十分であることが分かる。その他、要因としては、作用せん断力分布の不均一性及び臨界面における単位長さ当たりのせん断耐力の低下などが考えられる。後者は、主として荷重荷位置相違による曲げモーメント分布特性に関係するものと思われる。すなわち、はりのせん断耐力では、せん断スパン比すなわち曲げモーメント／せん断力の値が大きな影響をもつことが知られており、スラブにおいても同様の挙動が考えられる。

3. 2 鉄筋のひずみ度

検長5mmのワイヤーストレインゲージを図-3に示す

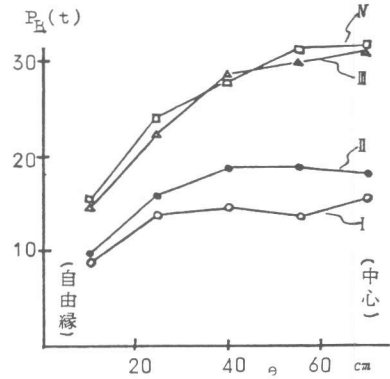


図-2 各供試体毎の破壊荷重と荷重位置との関係

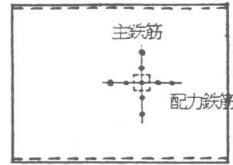


図-3 ゲージ貼付配置状況

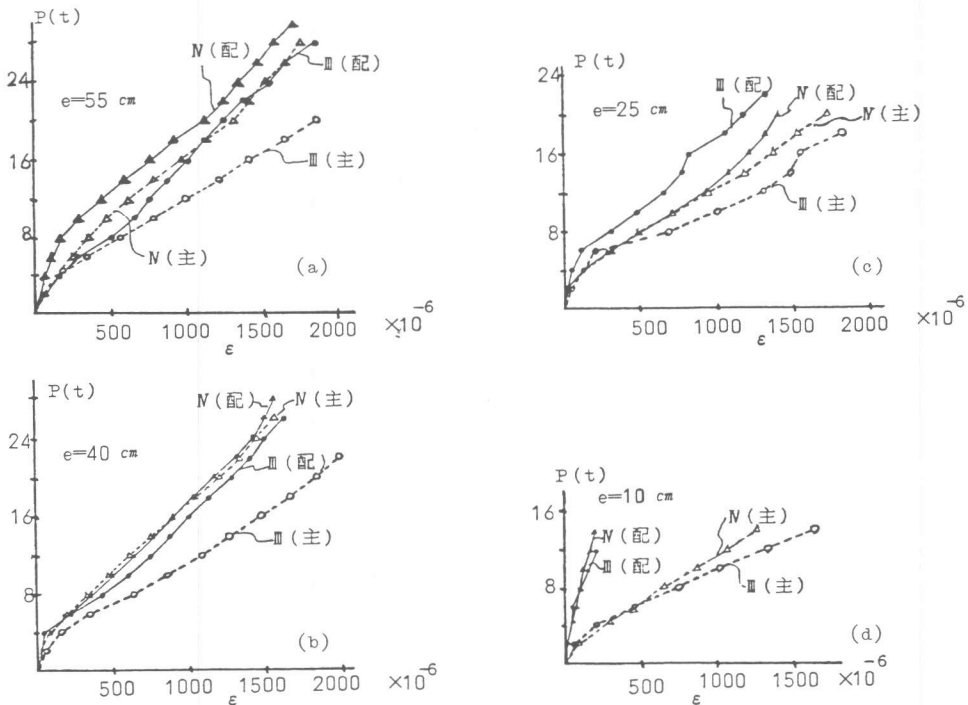


図-4 荷重と鉄筋ひずみ度との関係

位置の主鉄筋及び配力鉄筋に貼付し、各荷重段階毎に歪度を測定した。図-4 (a) - (d) は、荷重直下の主鉄筋及び配力鉄筋のひずみ度と荷重との関係を供試体ⅢとⅣとに關し示したものである。同図より荷重が自由縁に近付くにつれて配力鉄筋に生ずるひずみ度は減少し、主鉄筋に生ずるひずみ度はかなり増加していることが分かる。このことは、荷重が自由縁に近付くにつれ、荷重の伝播範囲が制限されるため配力鉄筋に伝播されるべき分担荷重をも主鉄筋側で分担していることを示している。

図-5 は、載荷点直下での主鉄筋のひずみ度 ϵ_1 と配力鉄筋のひずみ度 ϵ_2 との比 ϵ_1 / ϵ_2 を各荷重段階毎に求め、その平均値 $Ave(\epsilon_1 / \epsilon_2)$ を縦軸にとり、 e を横軸にとり供試体ⅢとⅣとに關し示したものである。供試体ⅢとⅣは、主鉄筋比 p_1 と配力鉄筋比 p_2 の値がそれぞれ $p_1 / p_2 = 1.097 / 1.137$ 、 $1.920 / 1.007$ であり、他の条件は両供試体ともほぼ同じである。同図より荷重が自由縁に近付くと主鉄筋のひずみ度は配力鉄筋のひずみ度の6-7倍の値を示している。供試体Ⅳに關し $e=25$ cm くらいまでは両者のひずみ度はほぼ等が、供試体Ⅲにおいては、主鉄筋のひずみ度は配力鉄筋のひずみ度の1.3-2 倍程度の値を与えている。このことは p_1 を p_2 の約2倍とすることによりそれぞれの鉄筋に生ずるひずみ度が均等化したことを示している。

3.3 曲げモーメント分布について

図-6 と図-7 は図-3 に示す主鉄筋及び配力鉄筋位置で測定されたひずみ度を用い、単位幅当たりの曲げモーメント分布として $M = p d E_s \epsilon_s d / 8$ (p : 主鉄筋比又は配力鉄筋比、 d : 有効スラブ厚、 E_s : 鉄筋のヤング係数 $= 1982 \text{ t/cm}^2$ 、 ϵ_s : 鉄筋のひずみ度) を仮定し、各供試体毎に計算し示したものである。荷重の大きさは、すべて7 ton である。図-6 (a) - (d) は、主鉄筋

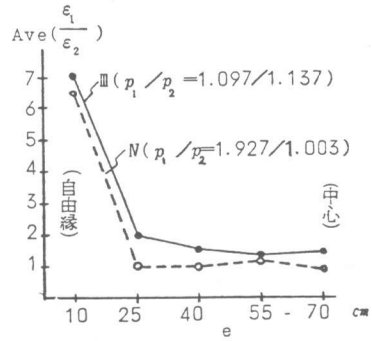


図-5 平均ひずみ比と載荷位置との関係

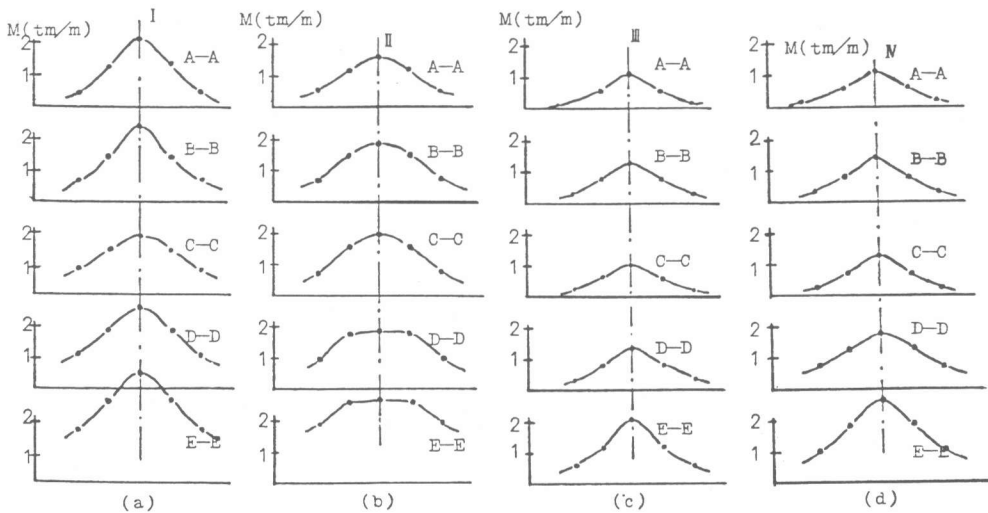
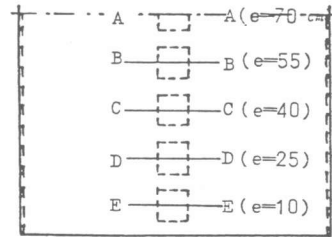


図-6 主鉄筋方向曲げモーメント分布

のひずみ度を用いて求めた主鉄筋方向に関する曲げモーメント分布、図-7 (a), (b) は配力鉄筋のひずみ度を用いての配力鉄筋方向に関する曲げモーメント分布である。図-6より載荷面積がある程度広く、荷重が自由縁近傍に作用するときの曲げモーメント分布は、値そのものも大きくなると同時に偏平になっている。一方、載荷面積がそれほど広くない場合には、荷重が自由縁近傍に近づくに従ってモーメント分布の勾配が急になるとともにそのピーク値もかなり大きくなっている。

図-7 (a) と (b) は配力鉄筋に関しての曲げモーメント分布を供試体 II と IV について示したものである。同図より荷重が自由縁に近づくにつれ値は減少し偏平となっている。このことは、配力鉄筋に作用する張力が減少することを意味する。一方、この張力はコンクリートに作用する圧縮力と鈎合関係にあることから、配力鉄筋の張力減少に伴いコンクリートの圧縮力も減少し、この圧縮力減少によりせん断耐力もかなり低下しているものと思われる。

図-8 は、図-6 で示されたモーメント分布のピーク値を各供試体毎にプロットしたものである。同図より自由縁の影響のない場合の値に対する自由縁近傍での値の増加割合を臨界面長の減少をも考慮し、曲げモーメント/せん断力の比を求めると平均で約 1.5 となり、せん断スパン比が約 5 割程度増加したことに対応しており、このこともせん断耐力の減少の要因の一つと考えられる。

4. まとめ

本論文は、自由縁を有する RC スラブに荷重が集中的に作用する場合の破壊荷重、主鉄筋及び配力鉄筋のひずみ度、さらにこのひずみ度を用いて仮定した単位幅当たりの曲げモーメント式でモーメント分布を求め、せん断耐力の減少の要因について検討したものである。今後さらに解明すべき点が多く残されてはいるが、得られた結果を示せば次のようになる。

- 1) スラブの自由縁近傍に荷重が作用するとき、その破壊荷重はスラブ中心付近載荷の破壊荷重の半分程度であり、臨界面長の減少だけの考慮では不十分である。
- 2) 主鉄筋に関する曲げモーメント分布より、荷重が自由縁に近づくにつれて載荷点直下の曲げモーメントは増加し、この増加がせん断耐力の減少の要因の一つと考えられる。

参考文献：

- 1) ACI 318-77 Building Code Requirements for Reinforced Concrete.
- 2) CEB-FIP Model Code Concrete Structures, 1978.
- 3) 高橋、角田、能町；相対する 2 辺が自由な RC スラブのせん断耐力に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集、昭和 58 年度、第 40 号

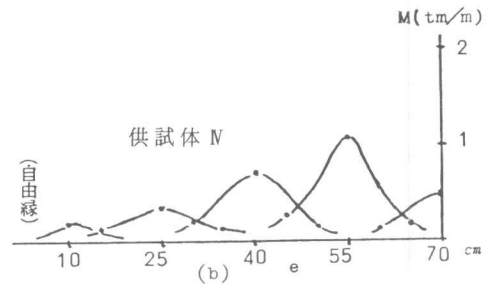
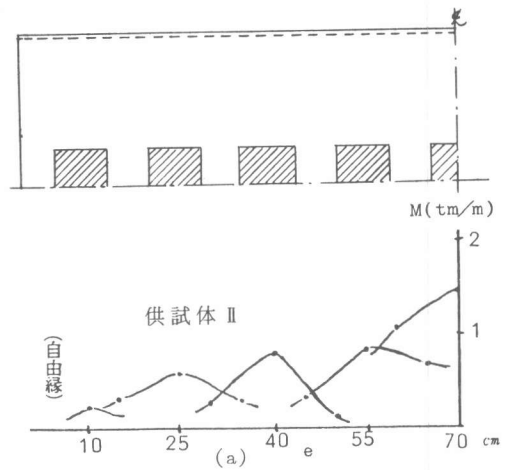


図-7 配力鉄筋方向曲げモーメント分布

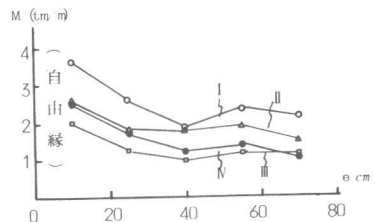


図-8 主鉄筋方向曲げモーメントピーク値と載荷位置との関係