

V—20 相対する二辺支持のRCスラブの押抜きせん断耐力について

北海道大学 正 員 角 田 与史雄
北海道大学 学生員 島 村 昭 志

1. まえがき

RCスラブやフーチングの設計においては、押抜きせん断に対する安全性を確保する必要があり、各国の示方書ではそれに対応する設計方法が与えられている。先頃改正されたコンクリート標準示方書では、図-1(a)の様に荷重周囲の閉じた線に臨界面面をとって耐力を算定し、荷重が自由縁に近づいた時は図-1(a)~(c)の臨界面面周長の最短のもので、ACI¹⁾では図-2(a),(b)の様な2つの臨界面面をとり臨界面面周長の短い方で耐力を算定する方法をとっている。いずれの場合も荷重がスラブの自由縁近傍に近づくにつれて押抜きせん断破壊面が自由縁に直結するため、有効に抵抗できる周長が短くなると考えることによるものである。しかし図-3における様な実験データから荷重が自由縁からある程度離れた点においても耐力の低減が存在していることは明らかであり、又、図-1(c)によるような不連続な耐力低減も見られない。従ってこの様な耐力低減は臨界面面周長の減少だけでは説明が付きにくく、他にはりせん断の時に考えられた様な断面力比の影響が充分考えられる。又、臨界面面の位置についても従来は $d/2$ (d :スラブ有効厚)だけ載荷面から離して設定したが、これについても統一した見解が得られていない。

このことから本研究では過去に行われた実験のデータを用い、断面力比の影響を考え、更に臨界面面の位置についても考察を加えることにする。

2. 結果および考察

2.1 断面力について

図-4に示す様なスパン長 $l=100\text{cm}$ 、幅 140cm の相対する2辺が支持、他の2辺が自由なRCスラブにおいて、 e を変数として、 $e=70, 55, 40, 25, 10\text{cm}$ の5種の場合についての断面力の分布を弾性理論によりもとめた。用いた諸量は 載荷面積 $10\times 10\text{[cm}^2\text{]}$ 、荷重強度 $q=1000\text{[t/m}^2\text{]}$ 、曲げ剛性 $D_x=D_y=260\text{[t m}^2\text{/m]}$ 、ポアソン比 $\nu_c=0.19$ である。図-5, 6は主鉄筋方向の曲げモーメント M_x と配力鉄筋方向の曲

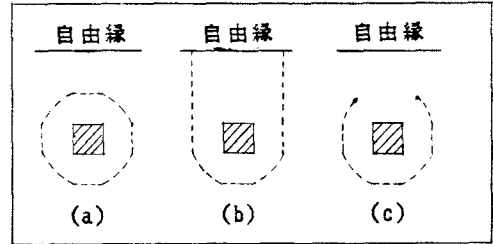


図-1 コンクリート標準示方書の臨界面面

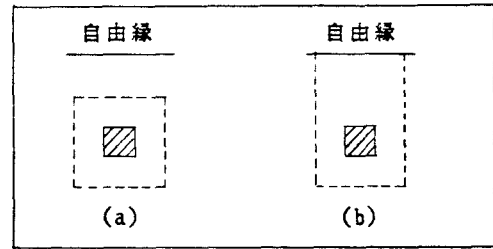


図-2 ACIの臨界面面

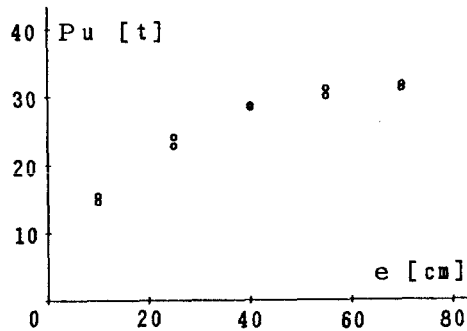


図-3 押抜きせん断耐力の実験値

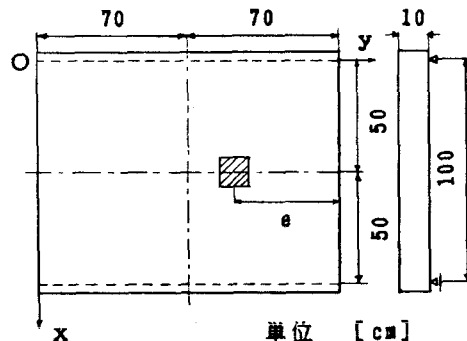


図-4 解析に用いたRCスラブ

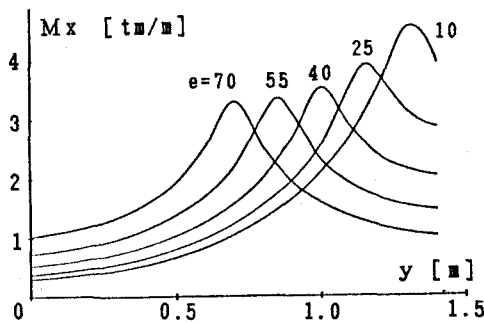


図-5 M_x の分布

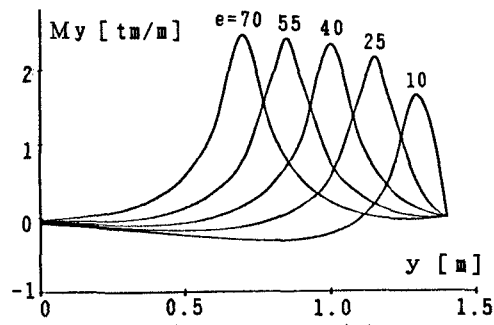


図-6 M_y の分布

げモーメント M_y の $x=50\text{cm}$ 上での y 方向の変化を表したものである。いずれの場合も載荷点直下で最大値をとることがわかる。しかし、載荷位置が自由縁に近づくにつれて M_x の最大値は増大し、逆に M_y の最大値は減少する。このことを表したのが表-1であるが、載荷位置がスラブの中心($e=70\text{cm}$)で $M_{x\max}/M_{y\max}$ は1.34、載荷位置が最も自由縁に近づいた時($e=10\text{cm}$)で $M_{x\max}/M_{y\max}$ は2.80である。このことから荷重がスラブの自由縁近傍にあるときは主鉄筋方向の受け持つ力が配力鉄筋方向の受け持つ力の約3倍となっており、押抜きせん断耐力の低減の要因の1つとなっていることが考えられる。更に注目すべきことは、荷重が自由縁近傍にない場合でも、例えば $e=70\text{cm}$ でも $M_{x\max}/M_{y\max}=1.34$ 、 $e=40\text{cm}$ では $M_{x\max}/M_{y\max}=1.50$ となっており、力の分担の片寄りが相当にあり、このことが荷重が自由縁近傍から離れている場合でも耐力の低減があるという実験結果と結びついているものと思われる。以上の事から曲げモーメントが押抜きせん断耐力に影響を及ぼしているものと考えられる。

$e(\text{cm})$	70	55	40	25	10
$M_{x\max}(\text{tm/m})$	3.30	3.35	3.53	3.92	4.57
$M_{y\max}(\text{tm/m})$	2.47	2.42	2.34	2.16	1.63
$M_{x\max}/M_{y\max}$	1.34	1.38	1.50	1.81	2.80

表-1 $M_{x\max}$, $M_{y\max}$ 及びその比

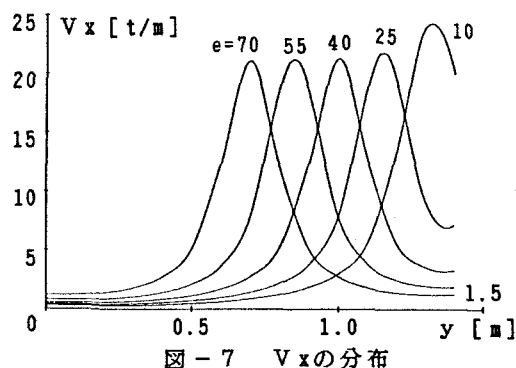


図-7 V_x の分布

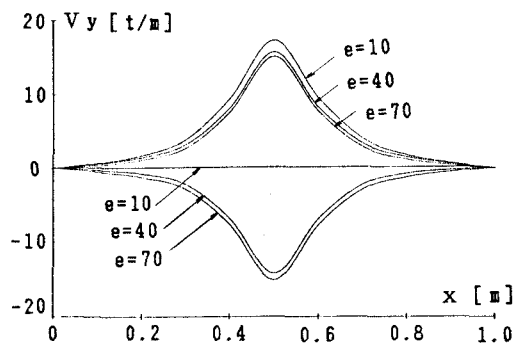


図-8 V_y の分布

図-7、8は $e=70, 55, 40, 25, 10\text{cm}$ の場合のコンクリート標準示方書における押抜きせん断臨界面を通る直線上のせん断力 V_x 、 V_y の分布である。 $e=70\sim 25\text{cm}$ の場合は荷重が自由縁に近づくにつれて臨界面上の V_x の最大値は大きくなり、 V_y は自由縁側の方で減

少しその逆側の方では増加している。しかし臨界面の4辺上でのせん断力の総和は荷重と釣合いを保っている。RC部材のせん断に対する挙動については解明されていない部分が多く、このRCスラブの場合はねじりによるせん断も加わるためその挙動はより一層複雑となる。特に弾性理論においては自由縁での境界条件としてせん断力とねじりモーメントの1回微分を加えた反力を0としているので自由縁でのせん断力の値は実際とはかなり違ったものとして出てきていると思われる。そのためせん断力については耐力の低減と直接に結びつけて考えることは本研究の場合は困難であると考えられる。

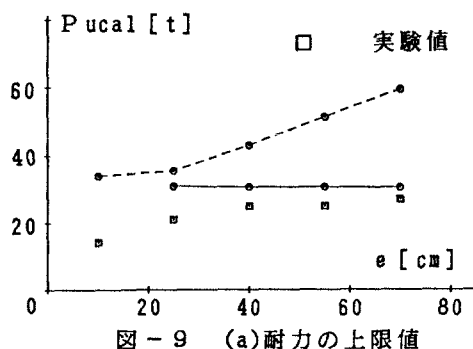


図-9 (a)耐力の上限値

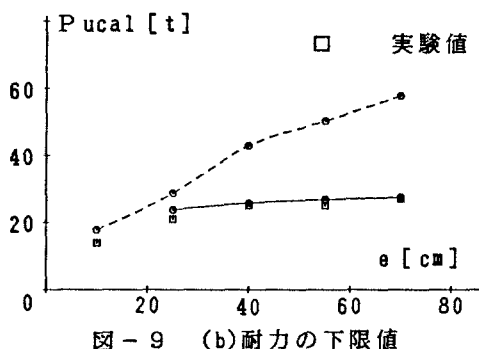


図-9 (b)耐力の下限値

2. 2 耐力算定式の仮定

耐力算定式を仮定する上で幾つかの前提を考える。第一に臨界面を荷重がどこまで自由縁に近づいた時から3辺にとるかということである、これについては図-2(a),(b)の様な2つの臨界面を設定し、各々についての耐力を求め、その小さい方を実際の耐力とする。第二に破壊の形態をどう考えるかである。4辺あるいは3辺の臨界面上のすべてが断面耐力に達すると破壊するという考え方と、1辺でも断面耐力に達すれば破壊が生ずるという考え方があるが、当然前者の方が耐力は大きくなる。そこで前者を耐力の上限値、後者を下限値として両方についての耐力を計算することにする。第三に曲げモーメントの影響をどの様に考慮するかということだが、これについては岡村のはりせん断の式における a/d 比を M/Vd 比に置き換え、4辺支持の場合の M/Vd 比と実際の M/Vd 比の相違の影響を用いて耐力低減係数という形で考慮することにする。以上の前提を用いて耐力算定式を仮定した。図-9は荷重位置 $e=70, 55, 40, 25, 10$ cmの場合の耐力を、曲げ剛性に実験供試体の断面から計算した値を用いて、仮定した算定式より計算したものである。臨界面は荷重からスラブ有効厚 d だけ離して設定した(ACIでは $d/2$)。実線は図-2(a)の様に臨界面を4辺にとり、破線は図-2(b)の様に臨界面を3辺にとったものであるが、上限値では実際の耐力より大きな値が出て、下限値の方が実際の耐力と良く合っている。又臨界面が4辺から3辺にスムーズに移行する様子が良く表されている。荷重が自由縁からある程度離れた点でのせん断耐力の減少も良くあらわされているが、これは曲げモーメントの影響を考慮したためである。この様に曲げモーメントの影響を考慮することにより、又臨界面を4辺から3辺に移行させることにより実験結果と良く適合する耐力を算定式より得た。図-10, 11, 12は他の条件を同一の下に臨界面の位置を変えたもので、図-10はスラブ厚 h の $1/2$ だけ荷重から離し、図-11, 12は各々スラブ有効厚 d , $1.5d$ だけ離れたものである。いずれの場合も上限値の方が下限値より値が大きく、又実験結果から比較しても下限値で考えた方が実際と良く適合することが判る。臨界面の位置についてみると、有効厚 d だけ荷重から離して設定したものが実験との適合性が良い。しかし臨界面の位置を荷重から離すほど臨界面の4辺から3辺への移行が早くなり、結果として耐力の低減が早くなるという関係にあるので、この場合は有効厚 d だけ離れたときに最も実験との適合性が良かったが、任意のスラブについても適用できるか

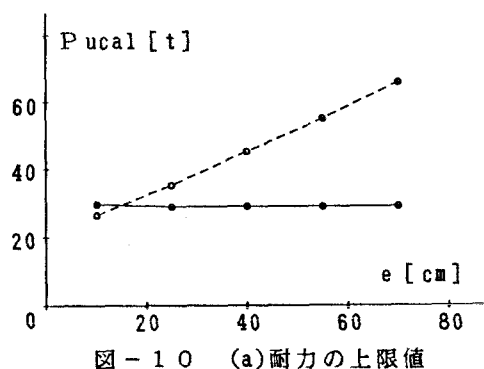


図-10 (a)耐力の上限値

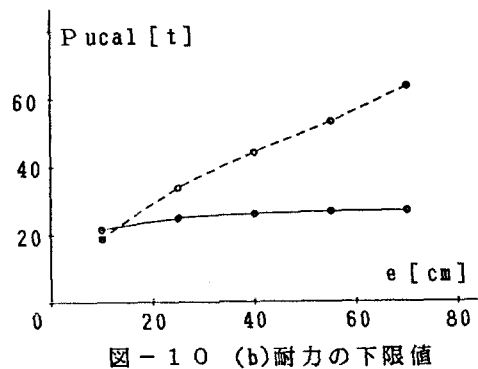


図-10 (b)耐力の下限値

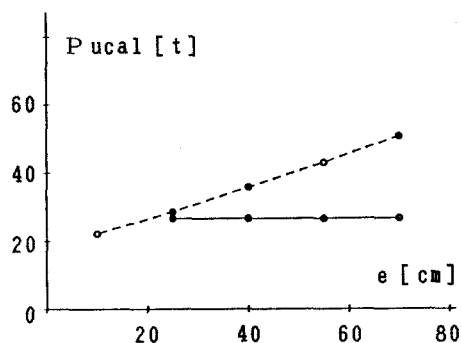


図 - 1 1 (a) 耐力の上限値

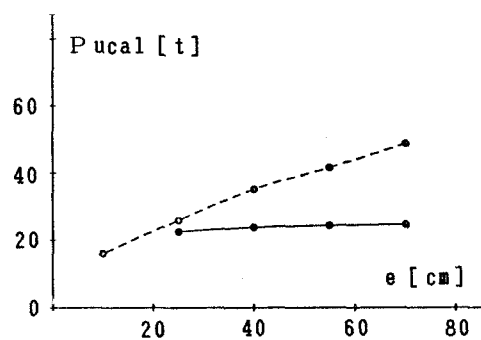


図 - 1 1 (b) 耐力の下限值

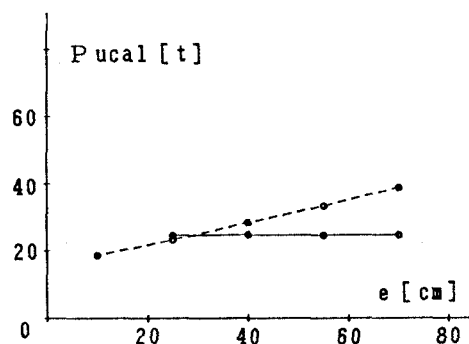


図 - 1 2 (a) 耐力の上限値

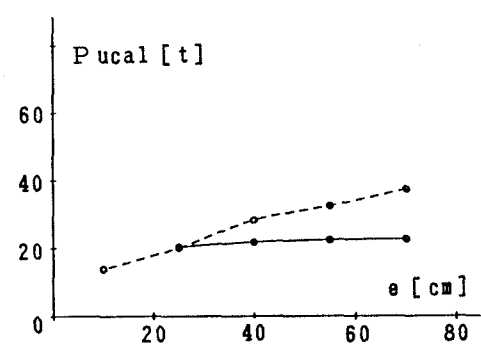


図 - 1 2 (b) 耐力の下限值

否かについては今後更に検討する必要があるだろう。

3. まとめ

本研究は自由縁を有するRCスラブに集中荷重が作用する場合の押抜きせん断耐力を弾性解析による断面力比の影響を考慮して耐力算定式を仮定し計算したものであり、今後解明すべき点は多く残されているが、本研究で得られた結論を記すと以下の様になる。

1) 弾性理論による曲げモーメントの影響を考慮することにより、臨界面周長の減少だけでは説明のつかなかった自由縁近傍から離れた点における耐力低減について、実験結果と良く適合する結果を得た。

2) 本研究の場合は、臨界面の位置を荷重周囲からスラブ有効厚 d だけ離れた方が良い結果を得た。なお、本研究は文部省科学研究費の補助を受けて行ったものであることを附記する。

参考文献

- 1) ACI318-77 Building Code Requirements for Reinforced Concrete
- 2) 高橋、角田：RCスラブの押抜きせん断耐力に対する自由縁の影響について、コンクリート工学年次講演会論文集，1983，69号
- 3) 高橋、角田：集中荷重を受けるスラブの断面力分布特性について，土木学会北海道支部論文報告集，昭和60年度 42号
- 4) S.P.TIMOSHENKO-W.KRIEGER：THEORY OF PLATES AND SHELLS
- 5) Okamura, H. and Higai, T: Proposed design equation for shear strength of reinforced concrete beams without web reinforcement, Proc. of JSCE, NO300, 1980, 8