

[70] スラブ偏心押抜きにおける曲げせん断領域の挙動

正会員 ○北尾 幸信(佐藤工業土木部)
 正会員 時田 秀往(清水建設土木部)
 正会員 山崎 淳(東京都立大学工学部)

1. 問題点のモデル化および研究目的と手法

フラットスラブと柱の接合部の破壊は、一般に偏心押抜き、すなわち、押抜きせん断と柱から伝達されるモーメントの同時作用に支配されるが、モーメントの影響は未解明である。¹⁾モーメントのみが作用する場合、接合部全域が同時破壊するとすれば、図-1のように破壊は、曲げとせん断の領域、ねじりの領域およびその中間の混合領域に区分される。一般の偏心の場合は領域の配置も片寄る。この状況を図-2のような曲げ部材とねじり部材からなる格子構造によってモデル化する。ねじり部材には、一般偏心荷重の場合は、ねじり、曲げ、せん断の組合せが作用するが、対称荷重の場合はねじりは発生しない。格子モデル中に想像されるはり部材を単独にとり出して荷重試験を行うことは、境界条件の再現がほとんど不可能なためかなわず、従って、スラブ中に開口部を設けて不静定度や拘束度を減じ、その位置や寸法ならびに荷重方法との組合せの変化により、スラブ中でのはり部材の特性を分析することを、この研究の目的とする。本報告の範囲は曲げ部材に限定する。

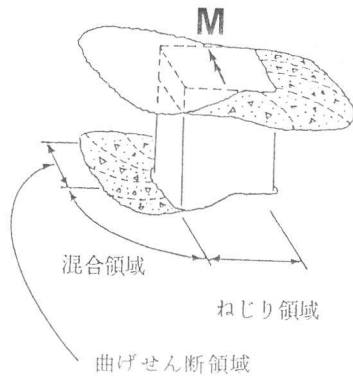


図-1 逆対称破壊原因区分

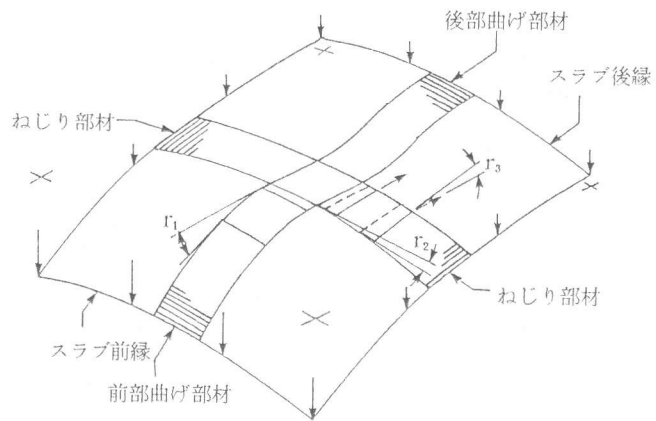
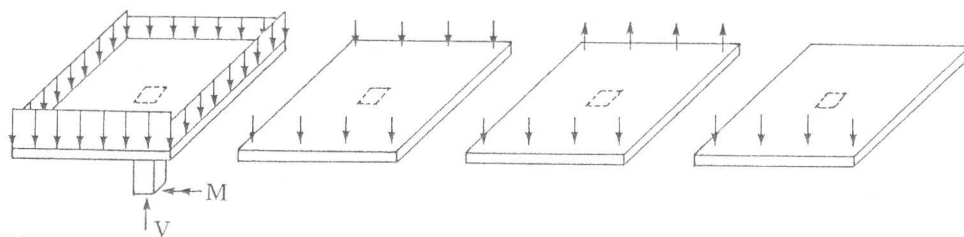


図-2 格子モデル

2. 試験方法

図-3(1)などに示す一般偏心荷重の代表として、図-3(2)の対称荷重(押抜きせん断のみ作用)、図-3(3)の逆対称荷重(モーメントのみ作用)、および偏心荷重の一例として図-3(4)の片側荷重を用いる。(4)は(2)と(3)の重合せと考える。いずれもスラブ周辺のうち二辺には荷重しないが、この影響は無視し得るわけではなく、別途研究が



(1) 一般偏心荷重 (2) 対称荷重 (3) 逆対称荷重 (4) 片側荷重(偏心の一例)

図-3 各種荷重状態

必要である。スラブ寸法は、 $10\text{ cm} \times 140\text{ cm} \times 140\text{ cm}$ 、中央部 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ は、厚さ 2.2 cm の鋼板と $\phi 27\text{ mm}$ のボルト2本で試験台上に固定する。²⁾スラブの配筋はSD30D10を上下面等量、二方向等量、一方向片面鉄筋比を1%とし、曲げ部材およびねじり部材に相当する部分には、断面4隅に1本ずつ配置する。スラブ開口部は図-4に示すようにし、寸法は $3\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ および $20\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ (欠)の二種類。開口部自由縁に垂直な鉄筋端の定着を確保するとともに、開口部周辺で上記スラブ鉄筋が増量されるような補強とならないように配慮した。

格子モデルの特性として研究すべき事項には、(イ)曲げ部材の挙動、(ロ)ねじり部材の部分が曲げ部材に及ぼす面内変形拘束の影響および(ハ)部材間の応力再分配があるが、これらのために試験において以下の各項に着目する。

(2・1) 曲げ部材の挙動に、対称、非対称の荷重の違いが及ぼす影響。

(2・2) 曲げ部材の挙動に、(a)曲げ部材の取付部付近の寸法が及ぼす影響ならびに(b)ねじり部材取付部付近の開口部寸法の変化による曲げ部材に対する面内変形拘束の変化の及ぼす影響(本報告では逆対称荷重のみ)。

(2・3) 前部曲げ部材から後部曲げ部材への応力再分配(本報告は片側荷重のみ)。

(2・4) スラブ前後縁から、ねじり部材への曲げとせん断の伝達(本報告は対称荷重のみ)。

3. 試験結果

試験結果の要約は表-1および図-4に示す。図-4は、図中に略図で表わしたような各供試体のスラブ前縁上の荷重 P とその点での変位 y による荷重-変位関係を示す。荷重-変位関係図中に記号 X で示す点は、曲げ部材中の鉄筋が降伏した荷重を表わす。荷重と応力分布の関係、外部変位 y とはり部材変形量 r_1, r_2, r_3 (図-2)との関係は未解明であり、荷重 P および変位 y の持つ意味は、供試体間で異なる場合がある。以下に試験結果と、その示す意味を記す。

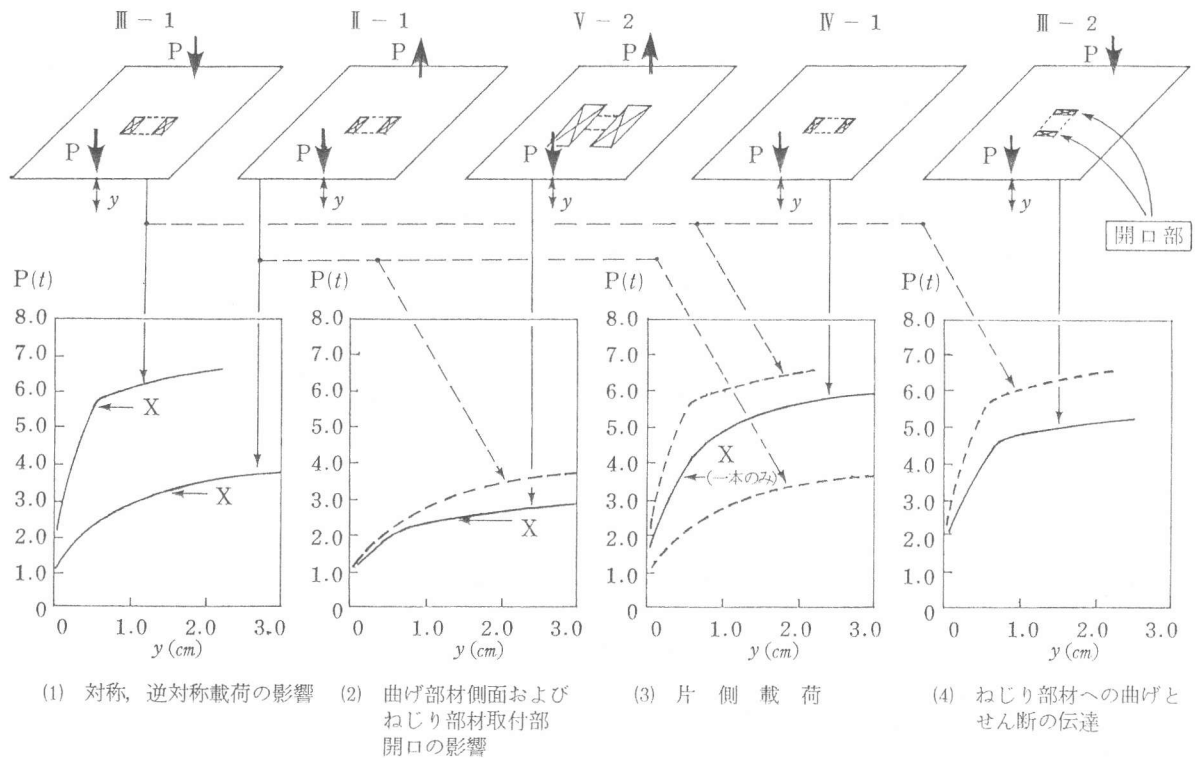


図-4 試験結果

(3・1) 曲げ部材の挙動に、対称と逆対称の荷重状態の違いが及ぼす影響は、図-4(1)に、供試体Ⅲ-1とⅡ-1の結果で表われている。対称荷重の場合、曲げ部材取付部でのせん断力は、図-5(1)の釣合いから明らかなように荷重Pに等しい。逆対称荷重の場合は、図-5(2)の釣合い式で、曲げ部材取付部のモーメントを、鉄筋2本が降伏する時のモーメント、すなわち、 $M_A = 42.6 t\text{-cm}$ と仮定すると、同位置でのせん断力は $3.4P$ となる。従って、両者の終局時のせん断力は、 $6.5 t$ および $(3.4)(3.7) = 12.6 t$ となる。(破壊時の荷重Pなどは表-1に記してある)。終局時せん断平均応力は、ACI Codeの慣用表現によれば、それぞれ $5.4\sqrt{f'_c}$ および $9.1\sqrt{f'_c}$ となり、後者の場合に通常予測されるより高い値を示しているが、この位置でのせん断力は実測出来ないの、更に検証が必要である。荷重-変位関係は、逆対称荷重の場合に剛性変化がよりゆるやかになること、また最終変位が逆対称の場合に $3 cm$ と他の場合の $2 cm$ より大きくなっている。

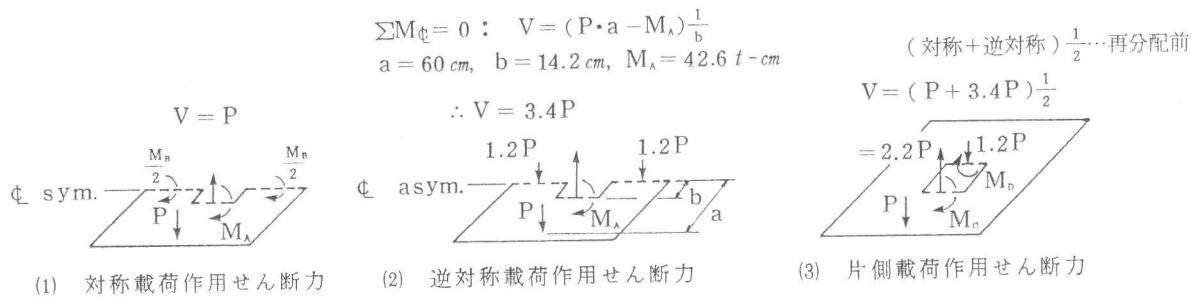


図-5 曲げ部材取付部せん断力

(3・2) 逆対称荷重の場合の曲げ部材の強度に、(a)曲げ部材の取付部付近で部材厚さの2倍の長さにわたって部材幅を70%に減らすこと、および(b)ねじり部材の取付部付近を除去する長さが部材厚さの0.3倍から2倍になったことによる曲げ部材に対する面内変位拘束の減少、の二種類の影響の和は、図-4(2)の供試体V-2の挙動のⅡ-1との対比で示される。対比のためのデータは識別のため破線で示してある。この影響は、曲げ部材取付部のせん断耐力を、荷重の比、すなわち $2.7/3.7 = 73\%$ に減じたことになる。しかし、せん断有効断面積が70%に減じているので、平均せん断応力は変わらないと云えよう。ここで、せん断有効断面積は、開口部の小さい供試体においては、ACI Codeの方法、すなわち、スラブの有効高さ、固定部横寸法プラス有効高さ、との積を用い、開口部の大きい方では、開口部間の実際の幅 $20 cm$ と有効高さの積としている。

(3・3) 片側荷重の供試体Ⅳ-1の前部曲げ部材取付部のせん断力は、弾性挙動の場合は、図-5(1)の対称荷重の場合と、図-5(2)の逆対称荷重の場合との重合せとして得られ、図-5(3)に示すように、 $2.2P$ と計算される。この時後部曲げ部材取付部せん断力は $1.2P$ (下向)となる。Ⅳ-1の終局荷重Pは $5.9 t$ であるから、せん断力は $(2.2)(5.9) = 13.0 t$ と計算される。しかし一方、この断面の終局耐力が、対称荷重供試体Ⅲ-1および逆対称荷重供試体Ⅱ-1の値の内挿値となると仮定すれば、 $(6.4 + 12.6)/2 = 9.5 t$ となる。従って、弾性挙動を仮定して計算された作用せん断力 $13.0 t$ と耐力 $9.5 t$ との差 $3.5 t$ は、後部曲げ部材に再分配されたということも考えられよう。このとき応力再分配率は $3.5/9.5 = 37\%$ となる。荷重-変位は図-4(3)に示される。また、片側荷重供試体に加えられた外部モーメントは、逆対称の場合であるⅡ-1の $(3.7)(2)/5.9 = 80\%$ となっている。

(3・4) 対称荷重の場合、スラブ前後縁からねじり部材へ伝達される曲げとせん断力は、図-4(4)の供試体Ⅲ-2の挙動で表わされる。一方、スラブ前後縁から曲げ部材へ伝達される曲げとせん断力は、供試体Ⅲ-1で表わされる。従って、ねじり部材への伝達と曲げ部材への伝達の比は $5.1/6.5 = 78\%$ と考えられる。このことは、開口のない完全なスラブで、前部曲げ部材が終局耐力に達し剛性を失った後、超過分の応力が、ねじり部材に曲げとせん断として再分配される場合、ねじり部材が吸収し得る上限は、曲げ部材の降伏の時点でねじり部材に残存

する耐力，またはねじり部材の耐力の78%と考えられることを示すと思われる。

表一 試 験 結 果

供試体番号	開口部 位置・寸法	載 荷	f_c' (%4)	終 局 時 荷 重 P (t)	終 局 時 せん断力 V (t)	せん断 有効面積 A (cm ²)	せん断係数 ⁽³⁾	曲げ部材中の鉄 筋降伏時荷重 P (t)
Ⅲ-1	側面	対称	360	6.5	6.5	242	5.4	5.5
Ⅱ-1	側面	逆対称	470	3.7	12.6 ⁽¹⁾	242	9.1	3.2
V-2	側面・大	逆対称	470	2.7	9.2 ⁽¹⁾	170	9.4	2.4
Ⅳ-1	側面	片側	420	5.9	9.5 ⁽²⁾	242	7.2	3.6(1本のみ)
Ⅲ-2	前後	対称	420	5.1	5.1	242	3.9	測定せず [*]

注：(1) 3節(3.1)の方法による推定。

(2) 3節(3.3)の方法による推定。

$$(3) \frac{V}{A} = \frac{1000}{0.07} \frac{1}{\sqrt{f_c'/0.07}}$$

4 結 論

スラブの偏心押抜き解析のために格子構造モデルを用いる場合，格子の中の曲げ部材の強度，変形特性，また，となり合うはり部材間，および前後相対する部材間の曲げおよびせん断応力再分配のモデル化に必要な諸性状の傾向について，3節に述べたような定量的結果が得られたので，本研究の方法は有効であると思われた。モデル化を進めるために残された未知の点を解明するには，配筋，載荷方法，スラブ固定部形状寸法等の諸要因を変化させ，また組合せを変化させた場合の研究が更に必要である。

謝 辞

この研究は文部省科学研究費 56550329 により行った。実験は，第一，第二筆者が都立大学および同大学院に在学中に実施したものである。実験に協力して頂いた昭和56年度卒業研究生に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 山崎 淳：スラブの押抜き，RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集，日本コンクリート工学協会，昭和57年
- 2) 時田秀往，北尾，山崎：鉄筋コンクリート版の押抜きせん断試験，第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集，1982