

[63] 鉄筋コンクリート版の押抜き剪断試験

正会員 時田 秀往（清水建設 土木部）

北尾 幸信（佐藤工業 土木部）

正会員 山崎 淳（東京都立大学工学部）

1. はじめに

フラットスラブと他の構造部材が、剛結されている部分において、接合部から版に、剪断力とモーメントが、作用すると、接合部近傍の版の垂直断面の応力状態は、曲げモーメント、面外剪断力、及びねじりモーメントが、複合されたものとなる。しかしながら、このような鉄筋コンクリート版に、押抜き剪断力とモーメントが、作用する場合の強度特性を明らかにする為の基礎的知識は、必ずしも明白になっていない。そこで、今回、部分的接合部を持つ特殊な鉄筋コンクリート版を作り、その着目点での強度特性を調べ、さらに、その部分的接合部が複合された場合の強度発現を調べる為の実験を行った。

2. 実験方法

実験に用いた供試体は、寸法 $10 \times 140 \times 140$ cmで、表-1のように、開口部のタイプ、載荷方法のタイプの組み合せにより合計14種類を作成した。ここに、開口部のタイプは、図-1のA、Bの、接合部近傍に、2ヶ所の開口部を設けて、版と固定部が向かい合った2面のみで接合するやうにしたもの、CのA、Bの複合したものと仮定して作った無開口なもの、Dの版と固定部が3面で接合しているもの、E、FのA、Bの開口部をさらに大きく取ったものと、このE、Fの複合したものと仮定して作成したGの8種類であり、載荷方法は、同じく図-1のaの対称二辺載荷、bの逆対称載荷、cの片側載荷の3種類である。また、コンクリートの圧縮強度は、 400 kg/cm^2 前後のものを用いた。配筋は、図-2の無開口などを基本とし、開口部の種類によって、破線部の鉄筋位置を多少変化させた。また、供試体V-1～4は、

表-1 各々の供試体のデータ

供試体のNo	開口部のタイプ	載荷方法のタイプ	圧縮強度(kg/cm ²)	破壊形態	実測値 P _n (t)	計算値 P _c (t)	P _n /P _c
II-1	A	b	470	剪断	3.7	2.1	1.76
II-2	B	b	480	ねじり	2.1	0.7	3.00
II-3	C	b	470	剪断	4.6	4.5	1.02
III-1	A	a	360	剪断	6.5	4.9	1.33
III-2	B	a	420	剪断	5.1	4.5	1.13
III-3	C	a	410	曲げ	7.4	4.7	1.57
IV-1	A	c	420	剪断	5.9	1.7	3.47
IV-2	B	c	460	ねじり	3.6	1.4	2.57
IV-3	C	c	380	剪断	6.3	5.8	1.09
IV-4	D	c	430	剪断	6.3	2.6	2.42
V-1	E	a	400	剪断	3.5	3.6	0.97
V-2	E	b	470	剪断	2.7	1.7	1.59
V-3	F	b	420	ねじり	1.0	0.5	2.00
V-4	G	b	420	ねじり	3.2	2.2	1.45

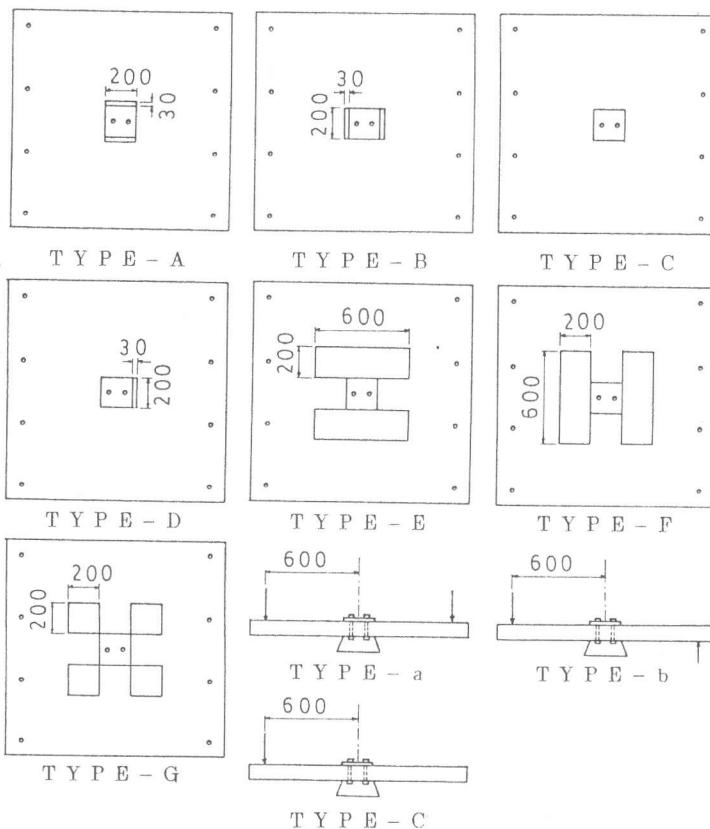


図-1 開口部及び載荷方法のタイプ

接合部近傍の鉄筋に定着板を取り付けた。なお、使用した鉄筋は、全てD10（降伏点 3900 kg/cm^2 ）のものを用いた。

載荷方法は、供試体の中心部を、寸法 $2.2 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ の鋼板を介して、載荷装置の支持台に高張力ボルトで締め付け、版の向かい合った2辺上に、それぞれ、荷重分配板を用いて4点に載荷した。

3. 結果と考察

各々の供試体の破壊時の実測荷重、並びに計算値は、表-1に示す通りである。ここで、各々の供試体の計算値は、以下のような方法で求めた。

1) 供試体II-1：破壊時の算定断面を図-3のように、接合部から、

有効高さ d の2分の1だけ離れた所とし、図-4のようなフリー・ボ

デーを考え、モーメントの釣り合いより、 $\Sigma M = P L + V L + 2m$ として算定

求めた。ここに V は、破壊時の剪断応力を、 $1.06\sqrt{f_c}$ として計算した算定

断面での剪断力であり、 m は、算定断面での破壊時の曲げモーメントである。

2) 供試体II-2：算定断面は、接合部から $d/2$ 離れた所とし、この断面と等断面を持

つ独立した梁と仮定し、公称ねじり剪断応力を $3.71\sqrt{f_c}$ として計算したねじりモーメ

ントの値を、載荷点間 1.2 m で割ったものである。

3) 供試体II-3：算定断面は、図-3のように接合部から $d/2$ 離れた所とし

A.C.I規準(11, 12, 2, 4節)を応用して計算した。

4) 供試体III-1, 2：算定断面は、図-3のように接合部から $d/2$ 離れた所

とし、剪断力の釣り合いを考え、破壊時の剪断応力を、 $1.06\sqrt{f_c}$ として計算した。

5) 供試体III-3：この供試体は、曲げ破壊をしたので、あたかも、幅の広い、

梁のように考え、有効幅 140 cm の梁として、終局曲げモーメントを計算し、荷重 P_c を求めた

6) 供試体IV-1, 3, 4：算定断面は、図-3のように接合部から $d/2$ 離れた所と仮定し、A.C.I規準(11, 12, 2, 4節)を応用し、接合部

が欠損している部分は、モーメントと剪断力の負担がないものと拡大解釈して計算した。

7) 供試体IV-2：ねじりと剪断の相互関係を考慮に入れて計算した。

8) 供試体V-1：算定断面は、図-5のように、接合部から $d/2$ 離れた所とし、剪断力の釣り合いを考え、

破壊時の剪断応力を $1.06\sqrt{f_c}$ として計算した。

9) 供試体V-2, 3：算定断面を接合部から、 $d/2$ 離れた所とし、それぞれ、供試体II-1, 2で用いた計算法で、荷重 P_c を計算した。

10) 供試体V-4：この供試体の耐力は、供試体V-2とV-3のそれぞれの耐力を、仮に、同時に発揮するとした場合を仮定し、供試体V-2とV-3の耐力を加算したものとした。

以上の方法を用いて計算した値と、実測値を比較してみると、表-1より、供試体II-1, 2, 3について見ると、計算値は、全て安全側に出た。特に、供試体II-2の場合、実測荷重が計算値の3.0倍となっており、この接合部の耐力を、この供試体の算定断面と等断面の梁のねじり耐力と考えるのは、無理があるものと思われる。また、II-3の実測耐力は、供試体II-1とII-2の実測耐力の和の、79%となっている。次に、供試体III-1, 2, 3は、全て安全側に出ている。また、この場合には、供試体

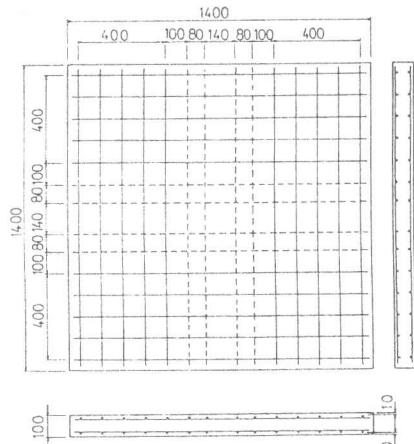


図-2 鉄筋の配筋図

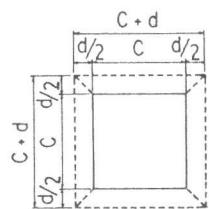


図-3 算定断面

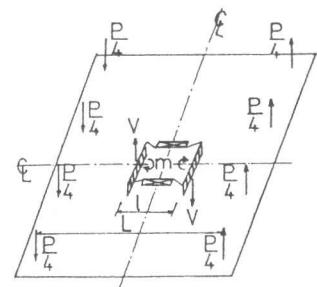


図-4 II-1のフリー・ボディ

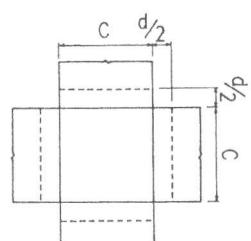


図-5 算定断面

III-3 の実測耐力は、供試体 III-1 と III-2 の実測耐力の和の 6.4 % となっている。供試体 IV-1, 2, 3, 4 では、やはり、計算値は安全側に出たが、特に、供試体 IV-1, 2, 4 は、計算値と実測値が、かなりかけ離れてしまった。そして、このシリーズでは、供試体 IV-3 の実測耐力は、供試体 IV-1 と IV-2 の実測耐力の和の 6.6 % である。供試体 V-1 は、実測値と計算値がほぼ一致した。最後に、供試体 V-2, 3, 4 は、3つともあまり一致しておらず、特に、V-3 では、実測値が計算値の 2.0 倍になっており、供試体 II-2 で述べたように、この供試体の破壊耐力を、算定断面と等断面の梁のねじり耐力として計算するのには、無理がある。また、供試体 V-4 の実測耐力は、供試体 V-2 と V-3 の実測耐力の和の 8.6 % となった。次に、曲げ剪断を受ける断面の破壊時剪断力、並びにねじりを受ける部分の破壊時ねじりと開口部の大きさとの関係を見るために、前者の場合として、供試体 III-1 と V-1 の実測値と計算値との比 R_m/P_c を、後者の場合として、供試体 II-2 と V-3 の R_m/P_c を比較してみると、前者の場合は、開口部が小さい供試体 III-1 の方が、37 % 増となっており、また、後者の場合も、開口部が小さい供試体 II-2 の方が、50 % 増となっている。

今回の実験では、部分的接合部の耐力が、それが複合された場合の強度発現に、どのように関与するかを見ようしたのだが、図-6 の供試体 II-1, 2, 3 の荷重変位曲線を見てみると、供試体 III-3 のある変位における耐力は、供試

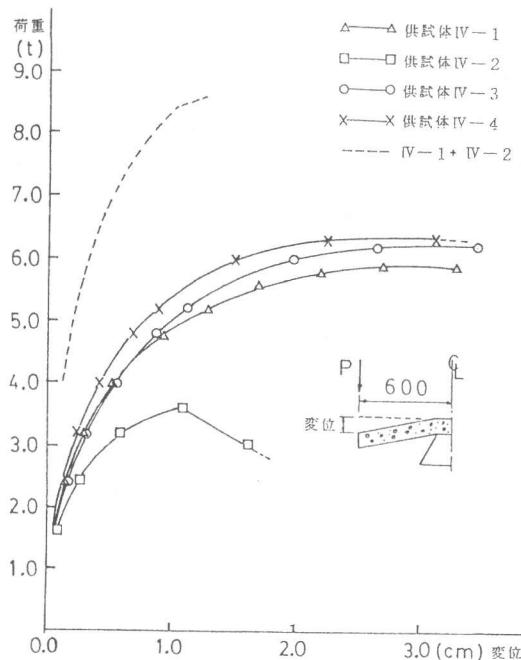


図-8 供試体 IV-1, 2, 3, 4 の荷重変位曲線

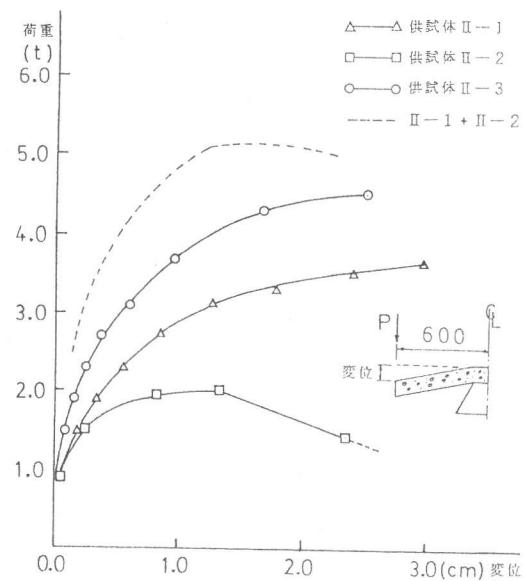


図-6 供試体 II-1, 2, 3 の荷重変位曲線

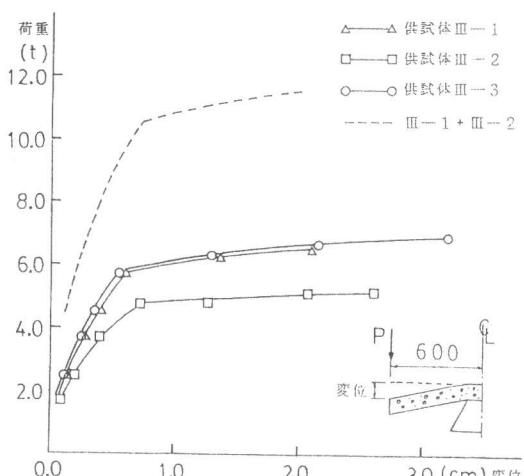


図-7 供試体 III-1, 2, 3 の荷重変位曲線

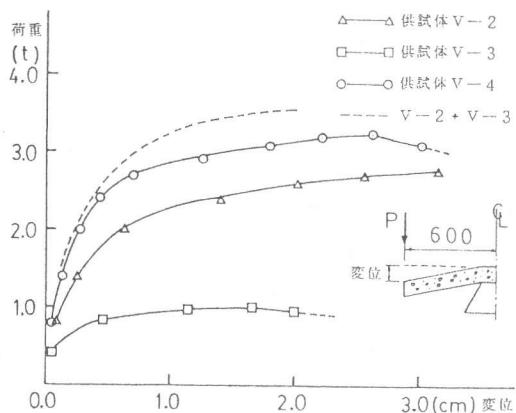


図-9 供試体 V-2, 3, 4 の荷重変位曲線

II-1と供試体II-2のその変位における耐力の和よりも、小さな値となっており、部分的接合部が複合された供試体II-3の耐力は、部分的接合部の耐力が、同時に発揮されていないものと思われる。供試体III-1, 2, 3の場合もやはり、図-7を見ると、部分的接合部が複合された供試体III-3の耐力は、部分的接合部の耐力が、同時に発揮されておらず、また、供試体III-3とIII-1の荷重変位曲線は、ほぼ等しくなっている。同様な傾向は、供試体IV-1, 2, 3の場合にもあり、図-8を見ると、供試体IV-1とIV-3の荷重変位曲線がほぼ等しくなっている。しかしながら、供試体V-2, 3, 4の場合には、図-9を見ると、変位が、0.5 cm位までは、供試体V-4の耐力が、V-2, 3の耐力の和にかなり一致しており、この変位までは部分的接合部の耐力が、同時に発揮されていたものと思われる。

今回の実験の供試体II-3と、前年度に行った実験で、これと同一配筋、同一載荷方法で、コンクリート圧縮強度だけが、 180 kg/cm^2 のものを用いた供試体I-4との荷重変位曲線の比較を行ったのが、図-10である。これを見ると、ある変位における、供試体I-4とII-3の荷重比は、0.65でほぼ一定であり、接合部近傍の耐力は、コンクリート強度が、かなり関与しているものと思われる。

4. 結論

鉄筋コンクリート版の押抜き剪断及びねじりの強度特性を調べる実験を行い、その結果より以下のことがわかった。

- 1) 部分的接合部が複合された場合の耐力発現は、部分的接合部の耐力の単純な加算として計算することはできず、また、載荷方法の違い、並びに開口部の大きさの違いによる差が見られた。
- 2) ねじりを受ける部分的接合部の耐力は、それと等断面を持つ梁のねじり耐力よりも、大きな値となる。
- 3) 曲げ剪断を受ける断面の破壊時剪断力、並びにねじりを受ける部分の破壊時ねじりと開口部の関係は、それぞれの実測値と計算値との比率の大小で見ると、両者とも、開口部が小さい方が、大きいことがわかった。
- 4) 接合部近傍の耐力は、コンクリート強度にかなり依存することがわかった。

謝辞

本研究は、文部省科学研究費555182及び56550329により、都立大学土木材料実験室において行った。実験を行うに際し、協力していただいた、都立大学大学院の広中良和氏（現鹿島建設）、並びに都立大学土木材料構造の56年度卒業生の皆様に、厚く御礼申し上げる。

参考文献

時田 秀往 山崎 淳：「鉄筋コンクリート版の押抜き剪断及びねじり強度特性」土木学会第36回年次学術講演概要集、1981年

ACI : Commentary on Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-77)

Jun YAMAZAKI and Neil M. HAWKINS: Behavior of Concrete Plates Joined to Columns, PROC. of JSCE No. 292, December 1978

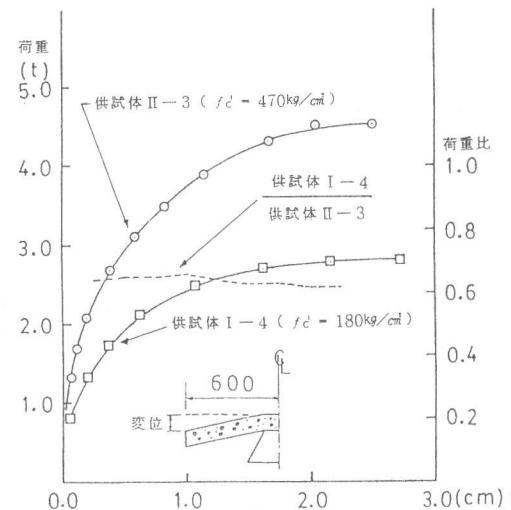


図-10 供試体I-4とII-3の荷重変位曲線