

# V-6

## コンクリート模型スラブの押し抜き破壊試験

九州大学 工学部 正員 石川達夫

〃 〃 正員 文 済吉

〃 大学院 学生員 ○太田正彦

### I まえがき

本論は昨年に引き続いて4辺固定のコンクリートスラブの押し抜き破壊の問題を取り上げたものである。筆者らは昨年同様1辺30cmの正方形の模型スラブを作製し、押し抜き破壊試験を行なったが、今回は版の部分を支承部と一体に打設することによって固定の問題を解決した。以下、試験方法及び試験結果について記することにする。

### II 実験概要

本試験は昨年に引き続いて行なわれたものであるが、昨年度の実験に於いて問題となった板と支承部との固定度の良否の問題を解決するために今回は板と支承部を一体に打設した。こうして完全な4辺固定条件下にある1辺30cmの模型スラブを使って次の2段階の試験を行なった。測定項目は破壊断面の形状、破壊荷重、板下面のひずみ等である。オ1段階；無筋コンクリートスラブの破壊試験であり、破壊性状を調べるのが主目的である。

オ2段階；鉄筋コンクリート2方向スラブの破壊試験であり、主として鉄筋比の終局耐力に及ぼす影響を調べるのが目的である。

#### (1) 供試体作製

1. 材料 砂；福岡県志賀島産（比重=2.54, F.M=3.34）セメント；三菱早強ポルトランドセメント配合；表-1に示す。

2. 供試体 スラブとサポートの部分を一体に打設したものである。（図-1）中央部の正方形の突起は試験時の載荷点であり、板と一体に打設してある。例外として載荷巾が1cmのものと2cmのものと強度の関係から鋼製のものを作製し使用した。オ2段階では板厚を4cmとし、普通亜鉛引鉄線（径4.4mm）を用い、板の下面から1cmのところに格子状に配筋した。各供試体の鉄筋比は表-3に示す。

表-1 モルタルの配合

| 単位セメント量<br>C (kg) | 単位水量<br>W (kg) | 水セメント比<br>W/C (%) | 単位細骨材量<br>S (kg) | 単位塩化カルシウム<br>CaCl <sub>2</sub> (%) |
|-------------------|----------------|-------------------|------------------|------------------------------------|
| 260               | 500            | 52                | 1474             | 5                                  |

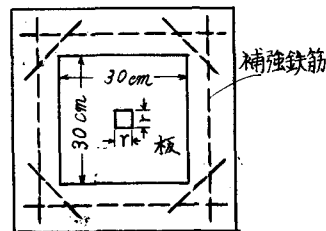
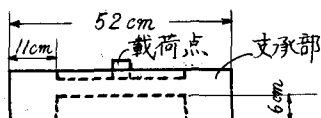


図-1 模型床板形状寸法

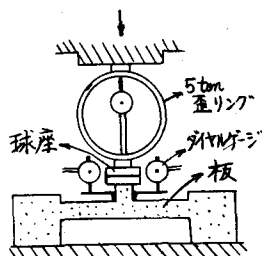


図-2 載荷装置全景

なお、供試体の支承部には補強の目的で中9mmの異形鉄筋を図-1の破線の位置に配している。

## (2) 実験方法

試験オ1段階では1cmから6cmまでの各板厚について載荷巾を変え、オ2段階では同一板厚、同一載荷巾を持つスラブについて鉄筋比を変えて試験を行なった。

載荷には OLSEN の 180 ton 万能試験機を用い、破壊荷重が小さい場合には、荷重をチェックする意味で 5ton の ひずみリングを用いた。図-2は実験装置全景である。なお、板の裏面には 70mm のワイヤーストレインゲージを貼付して板のひずみを追った。(図-3)

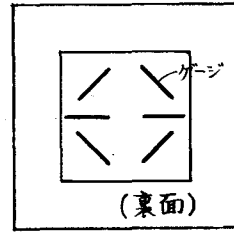


図-3 ワイヤーストレインゲージの貼付位置



図-4 破壊断面の形状

## Ⅲ. 試験結果および考察

### (1) 試験オ1段階

無筋コンクリートスラブについて破壊試験を行ない表-2の結果が得られた。

#### 1. 破壊の状況

板厚1cmのものは載荷巾1cmのものを除き、全部が曲げにより破壊した。板厚が2cm以上のものは最終的には図-4に示す様な、ほぼ円形の開口部を持つ断面形状を示して Punching 破壊した。図-3の位置に貼付したスラブ裏面のワイヤーストレインゲージは Punching 破壊する前にコンクリートの伸び能力以上の値を示していることからスラブ裏面には破壊前に曲げによるクラックが発生している様に思われる。なお板厚の1/2までの破壊角度はほぼ30°前後であった。(表-2) 最大たわみは板厚の増加と共に減少する傾向にあるが、両者の関係は linear にはならなかった。

#### 2. 破壊荷重について

載荷巾 $r$ を一定( $r=4$ cm)に保って板厚を変化させたときの破壊試験結果を図-5に、 $r/d$ を一定に保ったとき( $r/d=1$ )の破壊試験結果を図-6に、板厚を一定( $d=3$ cm)に保って $r$ を変化させたものの破壊試験結果を図-7に、それぞれ示す。

表-2 無筋スラブの破壊試験結果

| 板厚<br>(cm) | 載荷<br>巾 $r$ (cm) | 破壊荷重<br>(kg) | 破壊荷重<br>平均 | 破壊角 |
|------------|------------------|--------------|------------|-----|
| 1          | 1                | 4            |            |     |
|            | 2                | 300          | 283        |     |
|            | 3                | 300          |            |     |
|            | 4                | 250          |            |     |
|            | 5                | 180          |            | 16° |
| 2          | 1                | 1140         |            | 15° |
|            | 2                | 1190         | 1182       | 21° |
|            | 3                | 1215         |            | 18° |
|            | 4                | 876          |            | 16° |
|            | 5                | 2200         |            | 22° |
| 3          | 2                | 1980         | 2123       | 24° |
|            | 3                | 2070         |            | 18° |
|            | 4                | 2120         |            | 18° |
|            | 5                | 1100         |            | 28° |
|            | 6                | 1500         |            | 27° |
|            | 7                | 2153         |            | 18° |
|            | 8                | 2740         |            | 15° |
|            | 9                | 2573         |            | 16° |
|            | 10               | 2893         |            | 29° |
| 4          | 2                | 3185         | 3231       | 26° |
|            | 3                | 3615         |            | 27° |
|            | 4                | 3615         |            | 27° |
| 5          | 1                | 4            |            | 27° |
|            | 2                | 4627         | 4534       | 23° |
|            | 3                | 4505         |            | 24° |
|            | 4                | 4469         |            |     |
|            | 5                | 6248         |            | 21° |
| 6          | 1                | 5191         |            | 35° |
|            | 2                | 5150         | 5234       | 34° |
|            | 3                | 5361         |            | 32° |
|            | 4                | 7455         |            | 29° |

表-3 鉄筋スラブの破壊試験結果

| No | 板厚<br>(cm) | 載荷<br>巾 $r$ (cm) | 破壊荷重<br>(kg) | 有効<br>長さ $a$ (cm) | 鉄筋間<br>隔 $s$ (cm) | 鉄筋比<br>(%) |
|----|------------|------------------|--------------|-------------------|-------------------|------------|
| 1  | 4          | 4                | 3739         | 3                 | 4                 | 0.55       |
| 2  | 4          | 4                | 3601         | 3                 | 3                 | 0.73       |
| 3  | 4          | 4                | 4095         | 3                 | 2                 | 1.1        |

## 考察

### 1. 破壊の状況について

曲げクラックの発生にもかかわらず、無筋コンクリートが曲げて破壊しないのは、4辺を固定しているために、板のクラックの上側の部分に板のたわみによる軸力が働き、丁度その部分にプレストレスを与えた様な状態になるためであろう。この様に考えると、破壊角が  $30^\circ$  前後になる理由も容易に説明がつくようである。

### 2. 破壊荷重について

図-5、図-6、図-7をみると  $r$  を一定にして板厚を変化させる場合、 $P$  は  $d$  のほぼ2次函数に、 $r/d$  を一定に保つ場合には  $P$  は  $d$ 、又は  $r$  の2次函数に、又  $d$  を一定にして  $r$  を変化させる場合には  $P$  は  $r$  の1次函数の形になっている様である。試験値の中で板厚6cmのものの破壊荷重が相対的に少なめに出ているのは、板の寸法を30cmに拘束しているためと考えられる。(開口部が板の支承部に及んでいる。)

これらの結果からすると、応力分布を  $45^\circ$  分布と仮定して、板厚の  $\frac{1}{2}$  点での押し抜きせん断応力度を求める次の式(土木学会標準示方書, ACI Code)

$$\tau_p = \frac{P}{4(r+d) \cdot d}$$

$\tau_p$ ; 押抜きせん断応力度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$P$ ; 破壊強度 (Kg)

$r$ ; 載荷巾 (cm)

$d$ ; 板厚 (cm)

は傾向的には実験結果と合っていると言える様である。ただし、ここで、モーメントによるクラックの線と Punching 破壊の線が面だたがることはないので  $d$  の変化はないものとする。

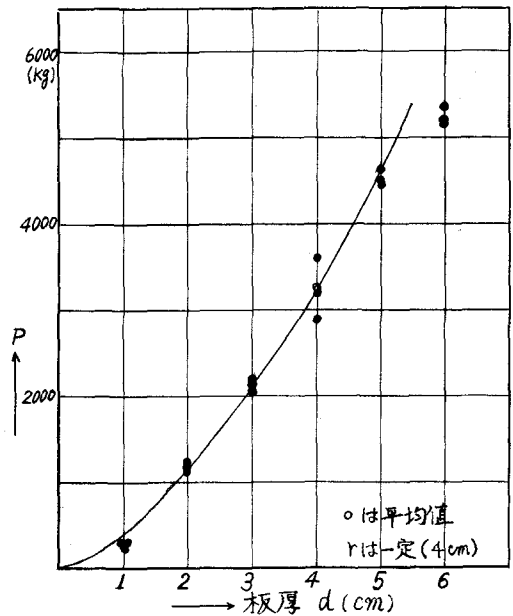


図-5 板厚と破壊荷重との関係

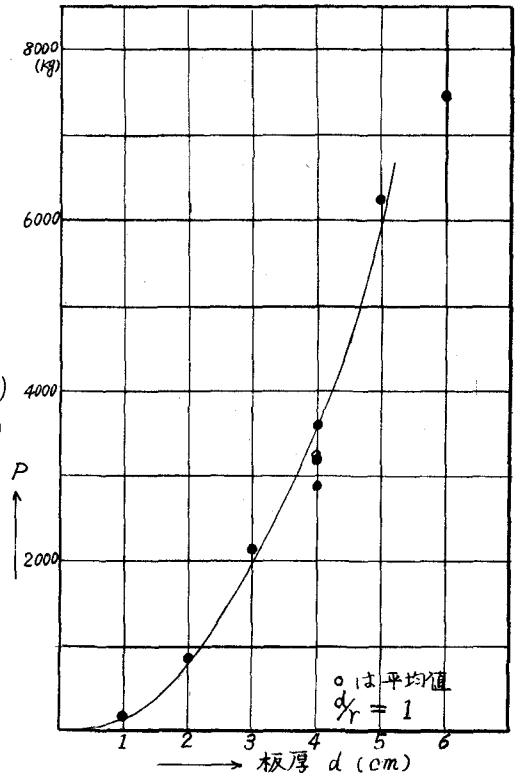


図-6 板厚と破壊荷重との関係

## (2) 試験オ2段階

破壊の状況は無筋の場合と同様であった。破壊荷重は実験データが少ないので断定はし難いが、同板厚、同載荷巾を有する無筋のスラブに比べてわずかではあるが全体的にみて大きくなっている様である。しかしその差はデータのばらつきを考えると顕著であるとは言い難い。なお、鉄筋比は破壊荷重にあまり大きくは関係していない様である。(表-3)

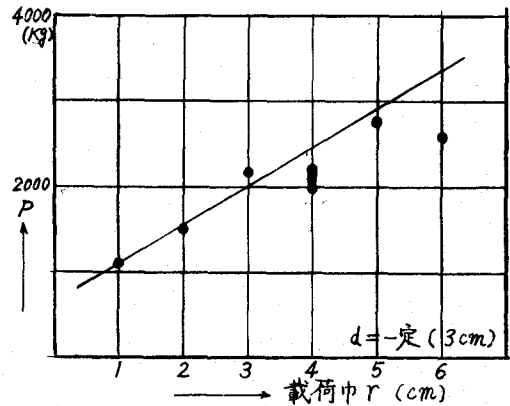


図-7 載荷巾と破壊荷重の関係

## IV. おさひ

曲げモーメントによる破壊をおさえた鉄筋コンクリートスラブと無筋コンクリートスラブが同じ破壊状況を示し、又鉄筋比が破壊荷重にあまり関係していないことから考えると、スラブに大きな集中荷重が加わっておきる Punching 破壊に対しては、従来のスラブの配筋法では抵抗出来ないと思われる。したがって押し抜き剪断に対する新しい配筋法の研究が望まれる。筆者等は今後、曲げ上げ鉄筋の位置、及び角度等、押し抜きせん断に対する配筋法の研究を進めて行くつもりである。最後に本実験を行なうにあたり労をわずらわしました九州大学の越智勝氏をはじめ、土木工学実験室の皆様に対し感謝いたします。

## 参考文献

- 水野高明 著 鉄筋コンクリート工学  
DAVID YITZHAKI *Punching Strength of Reinforced Concrete Slabs*