# V-48　ＲＣ床版の押抜きせん断疲労耐力に関する研究

北海道大学工学部　正員　藤田嘉夫
神戸製鋼所　正員　吉田修
北海道大学工学部　○正員　松井司
同　上　正員　横道英雄
北海道開発局土試　正員　大島久

## 1. まえがき

交通量の増加に伴い，道路橋のＲＣ床版が輪荷重の繰返載荷によって，押抜きせん断破壊をした事例が見られるようになった．本論文はこの対策上の資料とするため，大きさ1.80m×2.40mの1方向ＲＣ床版，1個を用いて，押抜きせん断に対する200万回疲労耐力試験を行って，これを解析し考察したものである．

## 2. 実験方法

実験には，前期，後期の２種類があり，いずれも1.80m×2.40mのＲＣ床版を用いた．図-1は前期の載荷装置を示し，固定支承に近いものとする予定で，床版の純径間を120cmとし，支承幅30cmにネオプラス板(8mm)をはさみ，支承延長方向で50cm間隔に片側6本のボルトでしめつけた。しかし実験結果から見て，単純支承に近いものであったため，後期実験では図-2のような支承構造とし，ボルトの数を減らし，たわみ角を自由にした．

繰返し載荷にはローゼンハウゼン型構造物疲労試験機(片振り，能力50t)を用いた．実験に用いた床版

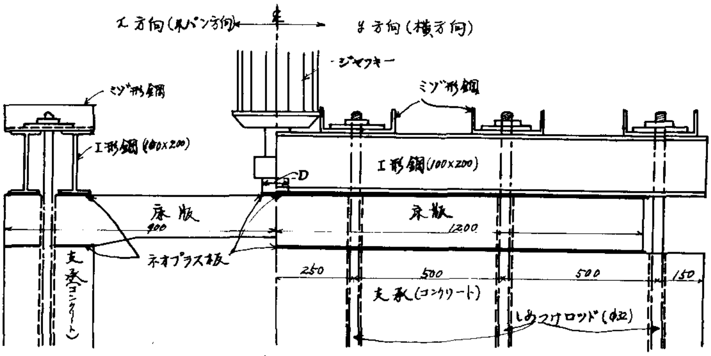



図-1　前期実験の載荷装置

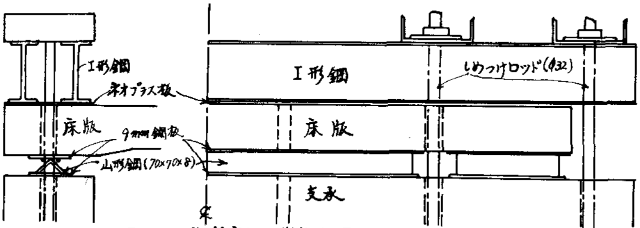



図-2　後期実験の載荷装置

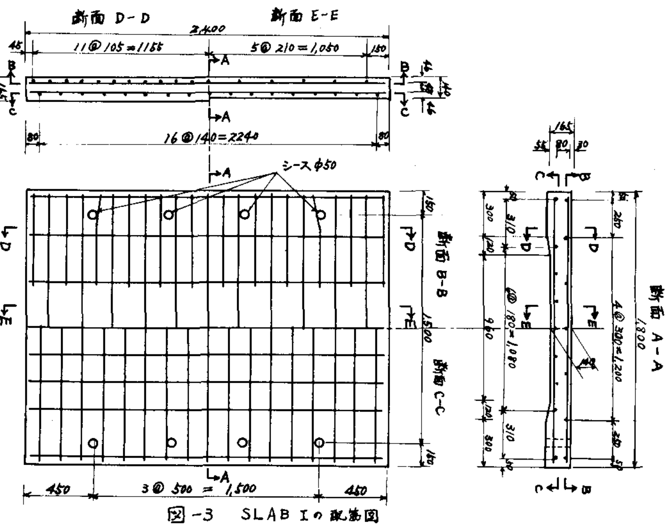



図-3　SLAB Iの配筋図

表－1

| 種類 | 厚さ | | 主鉄筋 |
|---|---|---|---|
| | $h_1$ | $h_2$ | |
| Ⅰ | 14cm | 16.5cm | D-13 － 14cm間隔 |
| Ⅱ | 14 | 16.5 | D-16 － 22cm間隔 |
| Ⅲ | 17 | 20 | D-13 － 18cm間隔 |

表－2

| | 供試体番号 | $P_o$ | $P_u$ | D | 供試体番号 | $P_o$ | $P_u$ | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 前期 | Ⅰ-2 | 8.7ton | 1.74ton | 20cm | Ⅰ-1 | 16.0ton | 3.2ton | 20cm |
| | Ⅱ-2 | 12.0 | 2.4 | 20 | Ⅱ-1 | 16.0 | 3.2 | 10 |
| | Ⅲ-1 | 16.0 | 3.2 | 20 | Ⅲ-2 | 16.0 | 3.2 | 10 |
| 後期 | Ⅰ-3 | 17.0 | 3.4 | 10 | Ⅲ-3 | 17.0 | 3.4 | 10 |
| | Ⅰ-4* | － | － | 10 | Ⅲ-4** | 16.0 | 3.2 | 10 |
| | Ⅰ-5 | 16.0 | 3.2 | 10 | | | | |

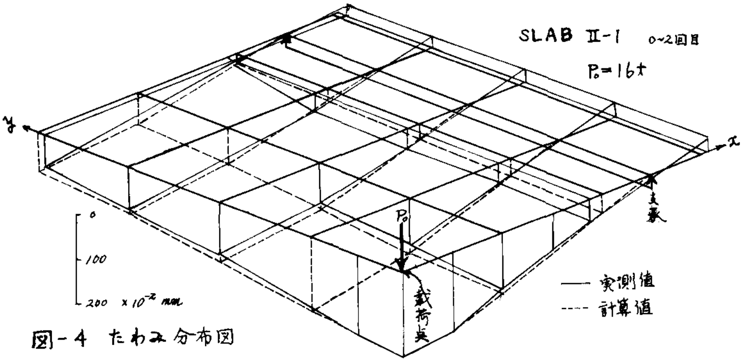
* は静的破壊試験
** は5回繰返し後静的破壊

は表－1に示すように3種類あり，厚さおよび鉄筋量を変化させている。図－3にその配筋例を示す。載荷面はいずれも円とし，直径D＝20，10cmの2種類，下限/上限荷重比は$P_u/P_o$＝0.2の一定値とし，表－2のような組合せで実験を行った。繰返し載荷の速度は250回/分とし，試験中の各種測定は，1回，1，5，10，20，50万回ごとに行った。測定事項は，たわみ，ひずみ，およびひびわれ幅で，そのため夫々ダイヤルゲージ26～29点，70mmストレインゲージ43～51点を床版の上面に，また標点距離60mmのコンタクトボール54点を下面に配置した。

表－3

| 番号 | 荷重板径D | 上限荷重 $P_o$ | 床版厚 | 破壊回数 N | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| Ⅰ-2 | 20cm | 8.7ton | 14cm | － | 50万回繰返し後，30t(静的)で破壊せず．D=10cmにして，$P_o$=10tで10万回繰返し後，18t静的破壊． |
| Ⅱ-2 | 20 | 12.0 | 14 | － | 100万回繰返し後，30t(静的)で破壊せず．D=10cmにして，23t静的破壊． |
| Ⅲ-1 | 20 | 16.0 | 17 | － | 50万回繰返し後，30t(静的)破壊せず． |
| Ⅰ-1 | 20 | 16.0 | 14 | － | 50万回繰返し後，D=10cmで$P_o$=18tで繰返し，0.2万回で破壊． |
| Ⅱ-1 | 10 | 16.0 | 14 | 23.4万回 | － |
| Ⅲ-2 | 10 | 16.0 | 17 | 53.0 | － |
| Ⅲ-3 | 10 | 17.0 | 17 | 28.89 | － |
| Ⅲ-4 | 10 | (静的) 16.0 | 17 | － | $P_o$=16t，$P_u$=0で5回繰返し後30tで静的破壊 |
| Ⅰ-3 | 10 | 17.0 | 14 | 0.95 | － |
| Ⅰ-4 | 10 | － | 14 | － | 21tで静的に破壊した。 |
| Ⅰ-5 | 10 | 16.0 | 14 | 0.3 | － |

材料はセメントに早強ポルトランドセメント（日本セメント），細骨材に白老産海岸砂，比重2.72，粗粒率2.19，粗骨材に富川産20mm，比重2.68，粗粒率6.60を用い，配合はW/C＝50%，S/a＝38%，スランプ6～8cm，$\sigma_{28}$＝350kg/cm²とした。

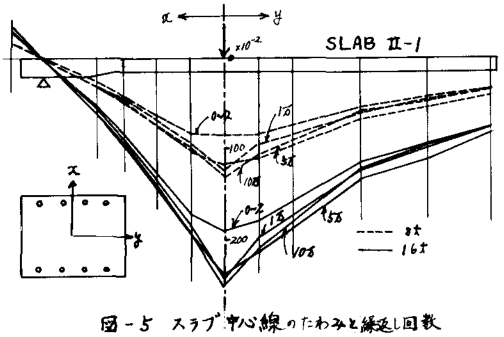



図－4 たわみ分布図

## 3．実験結果および考察

破壊時繰返回数は表－3に示すとおりであるが，このうち載荷板の直径が20cmの場合は容易に疲労破壊しなかったので，途中で中止し，静的試験で破壊させた場合が多かった。それで後期では載荷板の直径をすべて10cmとした。

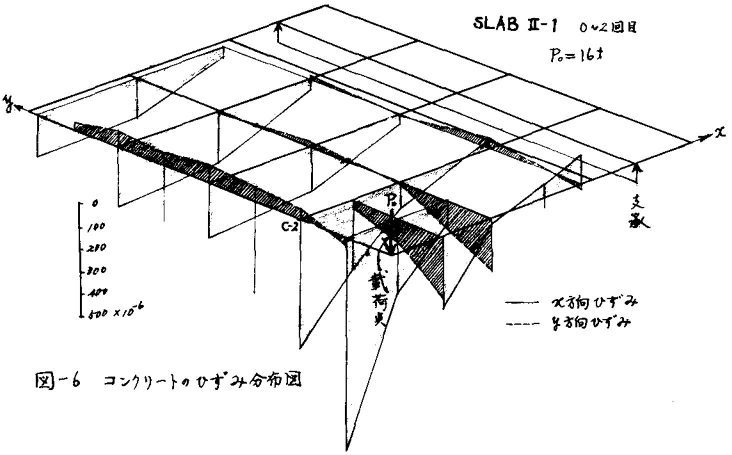
繰返し載荷中のたわみ分布の代表的例として，




図－5 スラブ中心線のたわみと繰返し回数

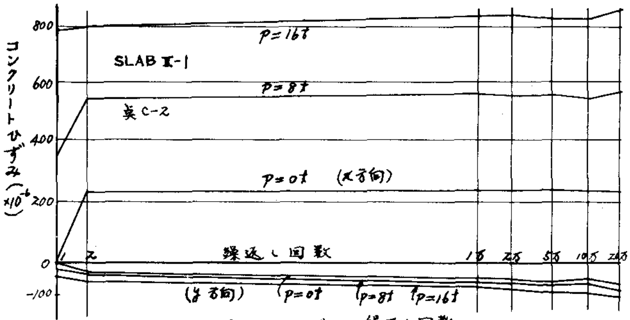
$P_0$=16tonのときの例を図－4に示す。図－5はその版中央線におけるxおよびy方向のたわみ分布の荷重8t, 16tに対し，繰返し回数による変化状況を示したものである。

コンクリートひずみについては，一例を同じ床版のx方向およびy方向の分布を図－6に示す。この図はP=16tのときの最初のひずみ値であるが，点C-2のひずみについて繰返し回数の影響を示すと図－7のようになり，回数の影響はy方向のひずみの方が大きい。




図－6 コンクリートのひずみ分布図

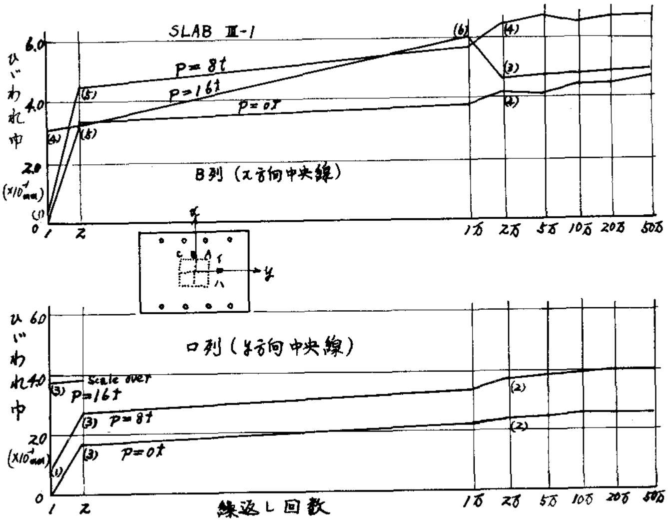
ひびわれについては，床版Ⅲ－1のxおよびy方向中央線上のひびわれ幅を合計したひびわれ幅の変化状況の例を図－8に示す。これより，x方向はy方向より総ひびわれ幅の値は大きいが，荷重増加による変化率ではy方向の方が大きい。




図－7 ひずみと繰返し回数

弾性論による直交異方性版の微分方程式： $B_x\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2H\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+B_y\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}=p$

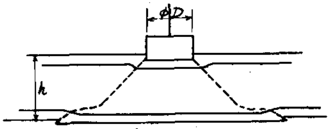
$2H=\nu_x B_x+\nu_y B_y+4C$ において $\nu_x=\nu_y=\nu$, $B_y=2B_x$ とおき，支承条件を $\theta=\frac{\gamma}{2}m_x$, $\gamma=2.8\times10^{-2}$ として，実験に用いた床版Ⅲ－1につき，12×16等分割の階差方程式によって解いた結果は図－4の実測値と近似の分布図を得たので載荷点におけるたわみを一致させるため，$B_x=2.47\times10^5$ t-m として計算した結果は図－4の点線のようでよく一致した。したがって，いま理論解を用いて，床版Ⅲ－1の中央点における曲げ応力を求めて見た結果次の値を得た。x方向, $\sigma_c=169$, $\sigma_s=1856$, $\sigma_s'=-1337$ kg/cm², y方向, $\sigma_c=194$, $\sigma_s=1788$, $\sigma_s'=-609$ kg/cm².




図－8 ひびわれ巾と繰返し回数

疲労破壊は図－9のように45°傾斜

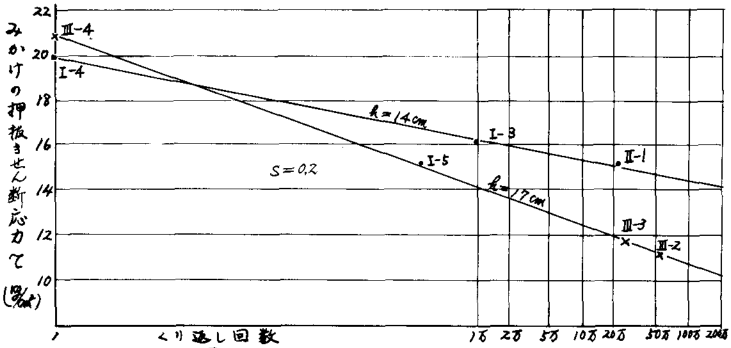
の円錐面に沿って押抜きせん断破壊をした．これからコンクリートのせん断応力を $\tau = P/\pi(D+h)h$ によって，各床版の上限荷重時につき計算した結果は表－4のようになった。このうち，床版I－5は，支承部の不良のため不等反力分布による応力集中があったものと見られるので，これを除いてプロットすれば，図－10が得られる。これより押抜きせん断応力の200万回疲労強度$\tau_{200}$を推定して静的強度$\tau_0$との比をもとめると，$h=14cm$厚床版では $\tau_{200}/\tau_0 = 14.2/19.9 = 0.71$，$h=17cm$厚床版では $\tau_{200}/\tau_0 = 10.5/20.8 = 0.50$ となることがわかる．以上の疲労実験は下限/上限荷重比$S=0.2$としたのであるがこれを近似的に静的破壊との関係から直線的と推定して，$S=0$ すなわち下限荷重0の場合の疲労強度をもとめると図－11より $h=14cm$，$\tau_{f200} = 0.63 \times 19.9 = 12.5$ kg/cm²．$h=17cm$，$\tau_{f200} = 0.37 \times 20.8 = 7.7$ kg/cm² となる。17cm厚の床版が，14cm厚のものより，押抜きせん断疲労強度が低下している原因は明らかでないが，床版厚の大きいほど鉄筋比が小さく，鉄筋拘束による寄与の程度の少ないこともその一つと考えられる。



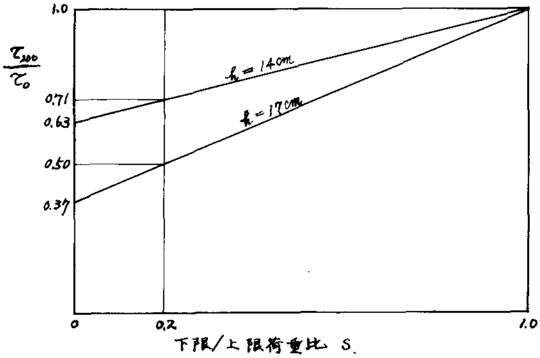
図－9

表－4

| 番号 | P (ton) | D (cm) | h (cm) | π(D+h)h (cm²) | τ (kg/cm²) | N |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I-2 | 8.7 | 20 | 14 | 1495 | 5.8 | — |
| II-2 | 12.0 | 20 | 14 | 1495 | 8.0 | — |
| III-1 | 16.0 | 20 | 17 | 1976 | 8.1 | — |
| I-1 | 16.0 | 20 | 14 | 1495 | 10.7 | — |
| II-1 | 16.0 | 10 | 14 | 1056 | 15.2 | 23.4万 |
| III-2 | 16.0 | 10 | 17 | 1442 | 11.1 | 53.0万 |
| III-3 | 17.0 | 10 | 17 | 1442 | 11.8 | 28.89万 |
| III-4 | 30.0 | 10 | 17 | 1442 | 20.8 | 静的 |
| I-3 | 17.0 | 10 | 14 | 1056 | 16.1 | 0.95万 |
| I-4 | 21.0 | 10 | 14 | 1056 | 19.9 | 静的 |
| I-5 | 16.0 | 10 | 14 | 1056 | 15.2 | 0.3万 |



図－10



図－11