

九州大学 工学部 正員 徳光 善治
 九州大学 工学部 正員 文 済吉
 九州工業大学 正員 〇出光 隆
 九州大学 大学院 孝碩 松下 博通

1. まえがき

近年、設計荷重の増大、荷重の繰返し回数の激増にともない、構造物の疲労強度が重要視されてきた。鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート部材の疲労破壊は複雑多岐にわたるが、中でもその一因である鉄筋とコンクリートとの間に生ずるボンド疲労は重要な問題である。PC枕木のように部材がかなり大きな繰返し荷重を受ける場合はボンド疲労が破壊の主原因となることは希ではない。

筆者らは、このようなボンド疲労の特性を知るため、数年来RCはり、PCはりを用いて曲げ疲労試験を行ってきたが、それらのはり試験では、曲げ、せん断などによるひびわれの影響が入ってくる。したがってこれらの影響をのぞき純粋にボンド疲労を調べるため、鉄筋の押抜き疲労試験、両引抜き疲労試験を行なった。試験は、繰返し荷重Pと破壊時繰返し回数NからP-N曲線を求めるものと、ボンド分布の繰返し荷重による変化を調べるものの2種類に分けて実施した。

2. 供試体および試験装置

試験に用いたコンクリートの配合、強度を表-1に示す。鉄筋には丸鋼、異形丸鋼で、いずれも19mm径のものを用了。

表-1 コンクリートの配合及び性質

	粗骨材 最大寸法	単位水量	単位セメント量	水セメント比	細骨材率	スランプ	4週間 強度
押抜き試験	20	180	340	53	38	5	336
両引抜き試験						2	423

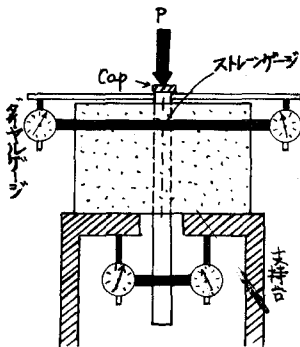


図-1 押抜き試験用供試体および試験装置

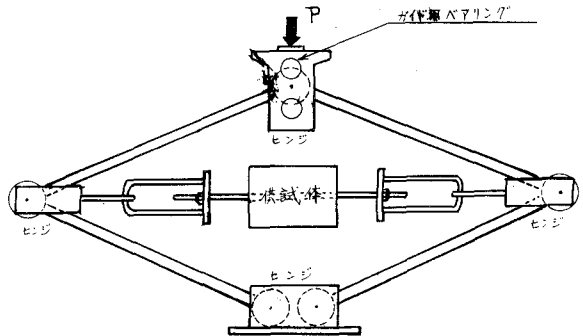


図-2

押抜き試験用供試体、試験装置を図-1に示す。鉄筋の埋込長さを10cmに、また加力端の挫屈を防止するため、その突出長さを1.5cmに定めた。ボンド分布変化を調べる場合、鉄筋内部に溝を加工しストレインゲージを2.5cm間隔に貼付した。繰返し荷重は鉄筋頭部にキャップをはめて載荷した。加力側鉄筋の押抜き量は、コンクリート表面の円周3等分点にダイヤルゲージを3個とりつけ、鉄筋に固定した接点の変位を測定し、それらの平均値から求めた。

両引抜き試験供試体および試験装置を図-2に示す。鉄筋は2本を中央で突合せ、ガイドを用いて一直線になるように作製した。鉄筋のひずみ、および引抜き量の測定法は押抜き試験の場合と同様である。繰返し引張り荷重は同図に示すような圧縮荷重と引張り荷重に変換する装置を考案し、これによって載荷した。

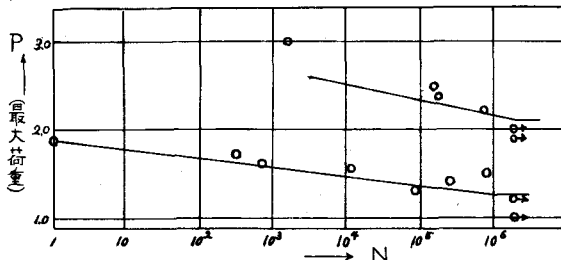


図-3 P-N 曲線

表-2

	200万回疲労限の 静的破壊荷重に対す比 (%)	破壊形式
PC (はり)	57	ボンド疲労による鋼線のすべりにみにもなるコンクリートの圧縮破壊
RC (はり(丸鋼))	65	ボンド破壊
〃 (異形丸鋼)	59	鉄筋の脆性破断
押抜き試験	66	ボンド破壊
両引抜き試験	64	〃

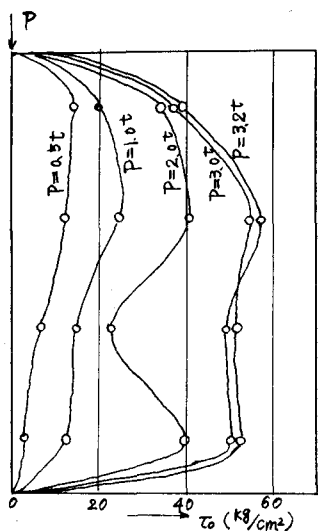
なお、疲労試験機は最大荷重 10t、繰返し速度 300 回/分である。ひずみ測定、押抜き量、引抜き量測定は、ある回数荷重繰返し後、静的載荷のもとで行なったものである。

3. 実験結果および考察

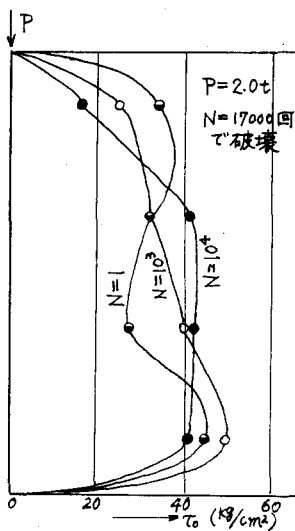
丸鋼押抜き、両引抜き疲労試験結果から P-N 曲線を描き図-3 に示す。またこれらの 200 万回疲労限と静的破壊荷重との比を求め、はりの

の曲げ疲労試験の結果とともに表-2 に示す。押抜き試験の場合 66%、両引抜き試験の場合 64%と、ともにはり試験の場合の 65% にほぼ等しい値を示した。

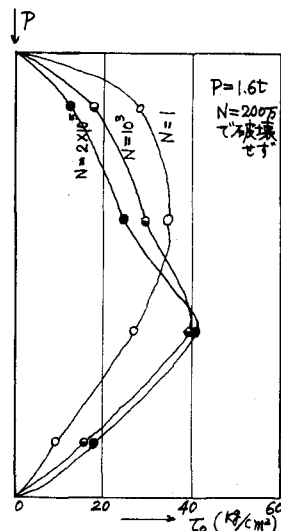
次に、押抜き試験によるボンド分布の変化を、丸鋼の場合図-4、(a) (b) (c) に、異形丸鋼の場合図-5 (a) (b) に示す。また比較のため、はりの曲げ疲労試験結果を図-6、図-7 に示す。



(a) 静的載荷 (N=1)



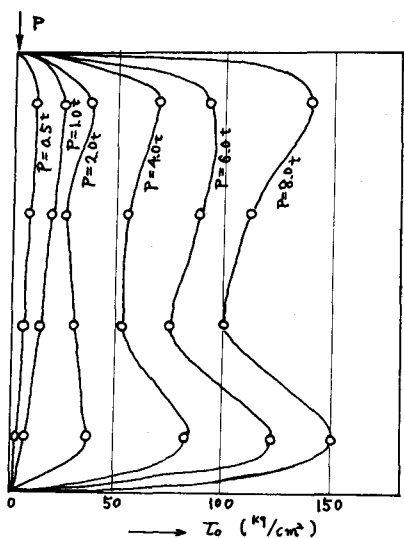
(b) P=0.5~2.0t



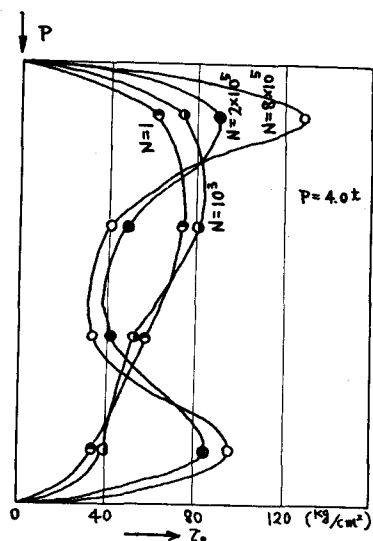
(c) P=0.5~1.6t

図-4

押抜き供試体のボンド分布 (丸鋼の場合)



(a) 静的载荷 ($N=1$)



(b) $P=0.5 \sim 4.0t$

図-5 押抜き供試体のボンド分布(異形丸鋼の場合)

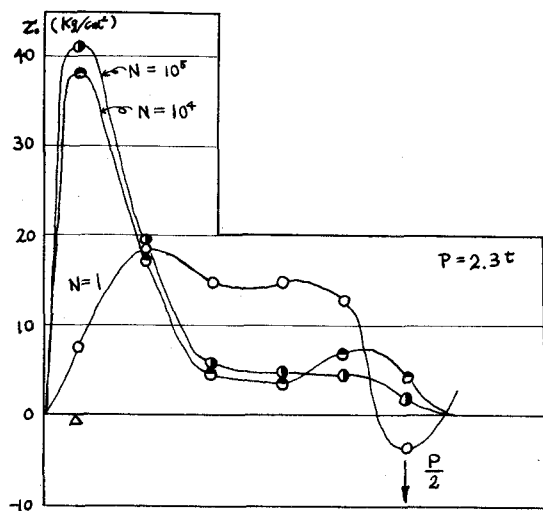


図-6 RCはり(丸鋼)の Z_0 分布

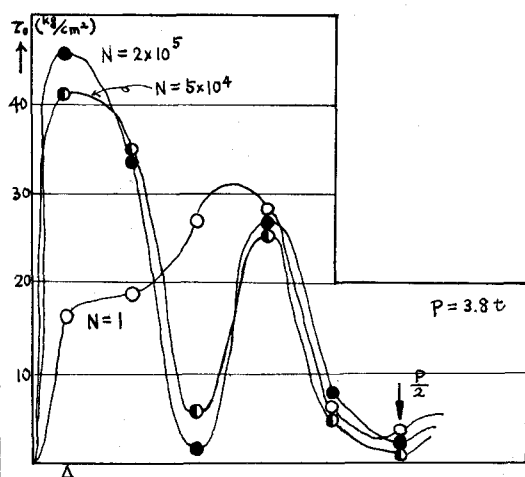


図-7 RCはり(異形丸鋼)の Z_0 分布

丸鋼を使用したはりの場合(図-6)には、ボンド分布曲線は繰返し荷重によって中央部のボンド応力が著しく小さくなり、材端部に集中し、最大ボンド応力が約 $45 \text{ kg/cm}^2 \sim 50 \text{ kg/cm}^2$ くらいにはおぼろげに鉄筋がすべり込み、破壊した。押抜き試験の場合も全く同様に、繰返し回数の増加にともない、ボンド応力が非加力端(下側)へ集中し、最大ボンド応力が $45 \sim 50 \text{ kg/cm}^2$ に達すると鉄筋のすべり込みが著しくなり、破壊した(図-4(b))。しかしながら、破壊しない場合は、ピークがある位置まで達すると、それ以下には下がらず、最大ボンド応力の値もほとんど変化しなくなる(図-4(c))。

変形丸鋼もピークの位置の移動はなく、ボンド応力の大きさが変わるだけで、ボンド破壊は全くみられなかった。

図-8に荷重繰返し回数と鉄筋すべり込み量の関係を示した。丸鋼の場合、繰返し回数の増加とともに鉄筋のすべり込み量も増加する。200万回でボンド破壊を起こさないものでもわずかにすべり込み量の増加がみられる。これに反し、変形丸鋼のすべり込み量は、初めの10万回までは増加する傾向があるが、その後は全くすべり込みがみられない。

4. おさひ

両引き試験のボンド分布変化については現在実験と続行中であり、講義の際報告する。

終りに、本実験にあたり御協力戴いた 荒巻建蔵君(熊谷組)、本山裕三君(福岡市) 高橋征司君(東洋建設)に謝意を表します。

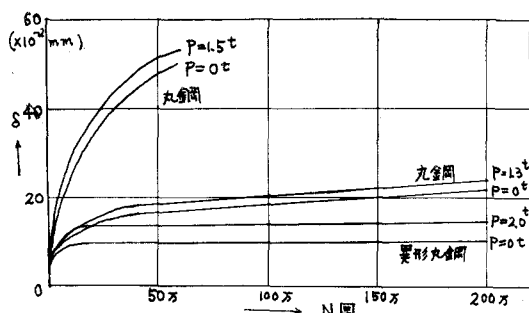


図-8 N-すべり込み量(δ)