

# 論文 はり・壁接合面の付着力と壁の補強方法が接合面のせん断耐力に及ぼす影響

矢野哲也<sup>\*1</sup>・河村博之<sup>\*2</sup>

**要旨:** はりにあと施工アンカーを使用して増設した耐震壁のはり・壁接合面付着力の有無、および壁の剥離破壊を拘束する数種類の補強方法がせん断耐力に及ぼす影響についての実験を行った。その結果、付着力がないものはあるものに較べて若干の耐力低下を示し、はりに曲げひびわれが生じていると、この影響は小さくなる。また、剥離破壊を拘束するように本文のような補強を施すと、耐震改修指針式を用いても、ほぼ安全に耐力を推定できる程度にまでせん断耐力を向上させることができることを報告した。

**キーワード:** あと施工アンカー、せん断耐力、付着力、耐震補強

## 1. まえがき

前報<sup>1)</sup>で、ひびわれのある既存鉄筋コンクリート構造物のはり部材に、あと施工アンカーを使用して増設した耐震壁のはり・壁接合面のせん断耐力は、はりに曲げひびわれが生じていると、健全なものと比較して、最大耐力は15%程度低下し、曲げひびわれに予め樹脂注入すると、耐力は回復または多少増大するという結果を得た。しかし、この実験では、はり・壁接合面の付着切荷重の大きさが壁のひびわれ荷重や耐力に大きく影響していると思われたため、接合面の付着力をビニールシートにより故意に絶縁して、せん断耐力に及ぼす影響を確認するための実験を行った。更に、耐力はへりあきが小さくなることが多い壁側の剥離破壊で決まることが多いため、既に行われている補強方法を含めた、数種類の補強方法についてせん断実験を行い、せん断耐力を向上させる好ましい補強方法を模索してみた。

## 2. 実験方法

### 2. 1 供試体の形状と種類

供試体の形状は図-1に示すように、300mm×500mmの断面を有するはり部材

に厚さ150mmの耐震壁を増設した場合を想定した。種類は表-1に示すように、(1)接合面の付着力の有無が耐力におよぼす影響を調べる実験をAシリーズとし、はりに曲げひびわれが生じていないもの、曲げひびわれの量を最大ひびわれ幅が約0.5mm、1.0mm、3.0mmの3段階に変えたもの4種類について、接合面に付着があるものとビニールシートで絶縁したものの2通り、計8種類を各2体ずつ計16体。(2)壁の補強方法を模索するための実験をBシリーズとし、接合面付近のアンカー周辺を、厚さ2.3mmの鋼管と充填モルタルで拘束したもの(B0-ST)、アンカーリーの両へりあき側に厚さ2.3mm、60mm×60mm

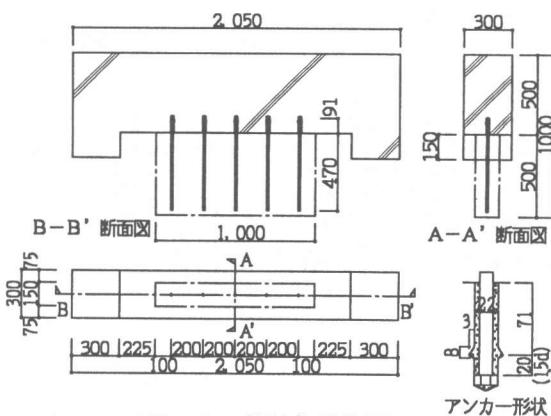


図-1 供試体形状図

\*1 九州産業大学大学院 工学研究科建築学専攻 (正会員)

\*2 九州産業大学教授 工学部建築学科、工博 (正会員)

の角形鋼を半分に切断したプレートを挿入し、コンクリートが剥離破壊しないように巾止め鉄筋でつないで面外方向への力を拘束したもの(B0-PL), スパイラル筋(6φ)またははしご筋(D10, 2段)で剥離破壊を防止したもの(B0-SP, B0-LB), 接着モルタルコッターとアンカーリングを併用したものの(B0-CO), これらとの比較のために補強をしていないもの(B0-00)の6種類を各2体ずつ計12体作製した。図-2に補強方法の詳細図を示す。尚, Bシリーズの供試体は全て、はり・壁接合面における付着をビニールシートで絶縁した。

## 2. 2 供試体の作製

はりは、図-3に示す配筋をした後、アンカーリング施工面が下となるようにコンクリートを打設、3日後に脱型、約1週間実験室内で養生した。次にアンカーリング施工面が上となるようにし、Aシリーズは図-4に示す加力治具を用いて、目標ひびわれ幅に達するまで強制曲げモーメントを加えてからシアキー付穿孔セメントモルタル充填式あと施工アンカーリング(図-1)を施工した。最後にBシリーズは各補強をセットしてから図-3に示す壁筋を配筋して壁を打

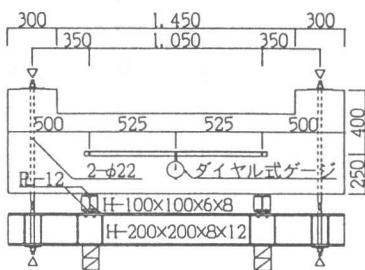


図-4 曲げ加力図

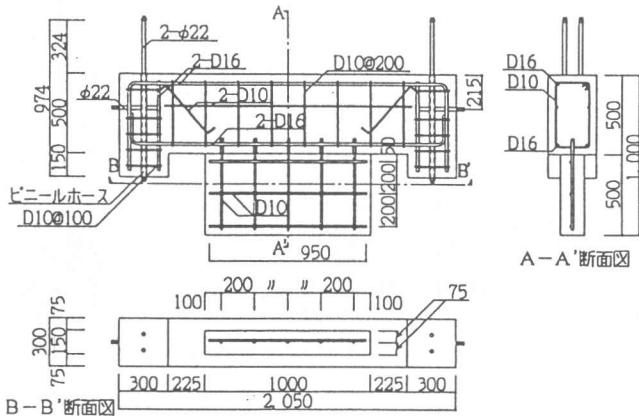


図-3 配筋図

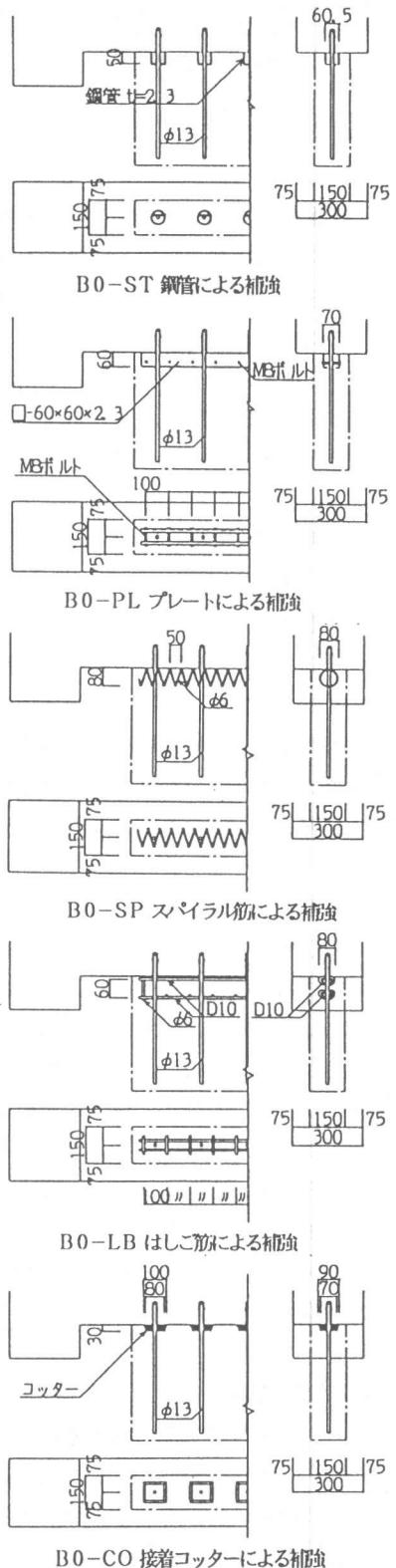


図-2 補強方法詳細図

設した。

### 2.3 はり・壁接合面せん断実験

壁打設後、3週間実験室内で空中養生し、図-5に示すように、はり・壁接合面に曲げモーメントがかからないように片押し水平荷重を加えた。加力は、35ton センターホールジャッキで 2ton 毎の静的漸増正負繰り返し荷重を加えた。測定は、荷重をロードセルで、壁端および中央両側面のはりと壁のずれ変形を電気式変位計を用いて測定した。

## 3. 実験結果

### 3.1 各荷重と変形量一覧

各供試体の初ひびわれ荷重、最大荷重、各荷重時のずれ変形、並びに、初ひびわれ発生場所と最終破壊要因を表-1に示す。あわせて、実験時のコンクリート強度も記した。

### 3.2 破壊形状

図-6に代表的な供試体の最終破壊形状を示す。初ひびわれは、殆どが壁端部鉄筋からのせん断錐状破壊ひびわれであったが、Aシリーズの曲げひびわれ幅が 3.0mm の供試体は、はりにも曲げひびわれに向う錐状せん断ひびわれが生じた。壁端部の錐状ひびわれ破壊角は、支圧反力金物で拘束したために、アンカーと支圧反力金物端を結ぶ約 56° であった。最終的な破壊は、Bシリーズの(B0-00-2, B0-ST-2)以外はすべて壁の剥離破壊であったが、(B0-PL)は、他の供試体や既往の実験<sup>1,2)</sup>における剥離破壊とは異なり、プレートの下端から 45° 位の角度で剥離破壊を生じていた。

### 3.3 荷重ーはり・壁ずれ変形曲線

図-7に代表的な供試体の荷重ーはり・壁ずれ変形曲線を示す。壁端部に初ひびわれが生じると剛性が低下し、端部のアンカー筋 1 本の支持力はほとんどなくなるが、残りの 4 本の支持により最終破壊には至らない。その後、Aシリーズは変形が進むと共に荷重は多少増大し、壁のコンクリートが剥離破壊を起こして終局状態に達した。Bシリーズは供試体によりばらつき

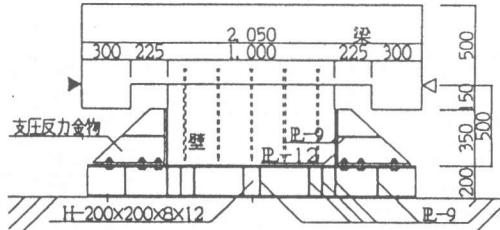


図-5 せん断実験図

はあるものの、初ひびわれ荷重の 2 ~ 5 割程度増大して最大荷重に至るが、荷重はそのままで変形だけ進むものと、荷重が低下するもの(B0-ST)に別れた。

## 4. 考察

### 4.1 初ひびわれ荷重について

初ひびわれは、壁端部鉄筋からの錐状破壊がほとんどであった。この実験値を、既報のコンクリート強度の異なる実験値と比較するために、錐状破壊はコンクリートの主引張応力による破壊であるから、圧縮強度の 0.73 乗(赤沢引張強度式  $\sigma_t = 0.396 \times \sigma_c^{0.73}$ )に比例させて、圧縮強度 200kgf/cm<sup>2</sup> の時の荷重に補正した値を、アンカー筋の本数である  $n$  (=5 本) 及び、耐震改修指針<sup>3)</sup> の錐状破壊投影面積  $A_c$  で除した値 ( $P_d = P_c \cdot (200/\sigma_c)^{0.73} / n / A_c$ ) について、既報のアンカー筋 1 本に水平荷重を加えたときの実験値<sup>2)</sup>、および、ひびわれ量による影響をみた実験値<sup>1)</sup>と比較したものを、Aシリーズは図-8、Bシリーズは図-9に示す。アンカー筋が複数本の場合、1 本毎の負担力が均一でなく、本実験のような片押し加力の場合には、錐状破壊する側は最も小さな荷重しか負担していないと思われる所以、本実験値はアンカー筋 1 本での実験値に較べやや大きな値を示している。前報<sup>1)</sup>と同様に付着のある供試体は、はりに曲げひびわれが生じていると、初ひびわれ荷重は低下するが、荷重低下の大きさはひびわれ幅には殆ど影響されていない。なお、去年の実験値が今年の実験値に較べかなり小さいのは、コンクリート強度による影響が  $\sigma_c^{0.73}$  に比例していない

表-1 実験結果一覧

供試体番号	初ひびわれ荷重Pc(tf)	Pc時の変位δPc(mm)	Pcの発生場所	最大荷重Pmax(tf)	Pmax時の変位δPmax(mm)	最終破壊要因	(凡例)
A0-0-1	9.83	0.65	壁端部	-11.0	-2.58	壁剥離	A0-1.0-1 ひびわれ巾 0:付着なし 1個目 b:付着あり
Ab-0-1	-12.03	-0.54	壁端部	13.9	8.05	壁剥離	
A0-0.5-1	-9.16	-1.36	壁端部	11.92	9.5	壁剥離	
Ab-0.5-1	-12.54	-0.56	壁端部	-14.13	-8.64	壁剥離	
A0-1.0-1	9.08	0.58	壁端部	-11.97	-6.95	壁剥離	
Ab-1.0-1	12.98	1.02	壁端部	14.0	4.31	壁剥離	
A0-3.0-1	9.23	0.75	壁端部	12.19	10.32	壁剥離	
Ab-3.0-1	11.03	1.23	はり	-12.0	-5.76	壁剥離	
(備考)コンクリート強度:(壁) $\sigma_B=145\text{kgf/cm}^2$ , $\sigma_t=14.5\text{kgf/cm}^2$ (はり) $\sigma_B=153\text{kgf/cm}^2$ , $\sigma_t=16.0\text{kgf/cm}^2$							
A0-0-2	10.04	0.37	壁端部	-12.03	-2.4	壁剥離	00:補強なし
Ab-0-2	-17.03	-0.04	壁端部	-18.37	-11.77	壁剥離	ST:鋼管拘束
A0-0.5-2	9.64	0.49	壁端部	12.02	3.37	壁剥離	PL:プレート拘束
Ab-0.5-2	12.07	0.38	壁端部	14.04	2.00	壁剥離	SP:スパイラル筋
A0-1.0-2	9.80	0.53	壁端部	12.80	10.75	壁剥離	LB:はしご筋
Ab-1.0-2	12.30	0.49	壁端部	14.13	4.55	壁剥離	CO:コッター
A0-3.0-2	9.55	0.58	はり	12.22	4.26	壁剥離	
Ab-3.0-2	-9.09	-0.08	はり	13.91	7.23	壁剥離	
(備考)コンクリート強度:(壁) $\sigma_B=197\text{kgf/cm}^2$ , $\sigma_t=20.4\text{kgf/cm}^2$ (はり) $\sigma_B=185\text{kgf/cm}^2$ , $\sigma_t=20.3\text{kgf/cm}^2$							
B0-00-1	9.85	0.59	壁端部	12.04	3.16	壁剥離	↑はこの値以上
B0-00-2	9.52	0.37	壁端部	11.94	3.24	せん断	
B0-ST-1	-12.0	0.28	壁端部	-18.16	-14.64	壁剥離	
B0-ST-2	11.53	0.14	壁端部	16.7	23.54	せん断	
B0-PL-1	-10.62	-2.22	壁側面	16.11	23.12	壁剥離	
B0-PL-2	11.23	1.48	壁側面	16.02	23.68	壁剥離	
B0-SP-1	-10.09	-0.41	壁端部	15.6	—	壁剥離	
B0-SP-2	11.5	0.5	壁端部	14.02	7.68	壁剥離	
B0-LB-1	11.73	1.76	壁端部	16.03	19.35	壁剥離	
B0-LB-2	10.53	1.11	壁端部	-17.0↑	-60.0↑	壁剥離	
B0-CO-1	10.03	1.58	壁端部	14.03	9.22	壁剥離	
B0-CO-2	10.83	2.38	壁端部	14.0	17.35	壁剥離	
(備考)コンクリート強度:(壁) $\sigma_B=199\text{kgf/cm}^2$ , $\sigma_t=18.2\text{kgf/cm}^2$ (はり) $\sigma_B=142\text{kgf/cm}^2$ , $\sigma_t=15.5\text{kgf/cm}^2$ (コッター) $\sigma_B=370\text{kgf/cm}^2$ (充填モルタル) $\sigma_B=350\text{kgf/cm}^2$							

ではないかと思われるが、本実験のみからでは明らかではない。付着のない供試体は、曲げひびわれのないものは荷重の低下が著しく、ひびわれが生じてもそれ以上の荷重低下はない。また、すべてについて、付着のあるものはないものに較べ、付着面の摩擦抵抗力が生じているせいか大きな値を示した。

#### 4.2 最大荷重について

本実験と既往の実験の最大値を圧縮強度の0.

73乗に比例させ、圧縮強度  $200\text{kgf/cm}^2$  での値に補正したものを剥離破壊有効面積  $S_e$  で除した値をAシリーズは図-10、Bシリーズは図-11に示す。また、図中に耐震改修指針<sup>3)</sup>のコンクリートの支圧により決まるケミカルアンカーの耐力式  $Q_a=0.4sc a \sqrt{Ec \cdot \sigma_B}$  と河村・浜田の剥離破壊推定式  $P_c=0.69 \cdot \sigma_t \cdot S_e$  を  $S_e$  で除したものを示す。先ずAシリーズについては、付着のある供試体は、前報と同様はりに曲げひびわ

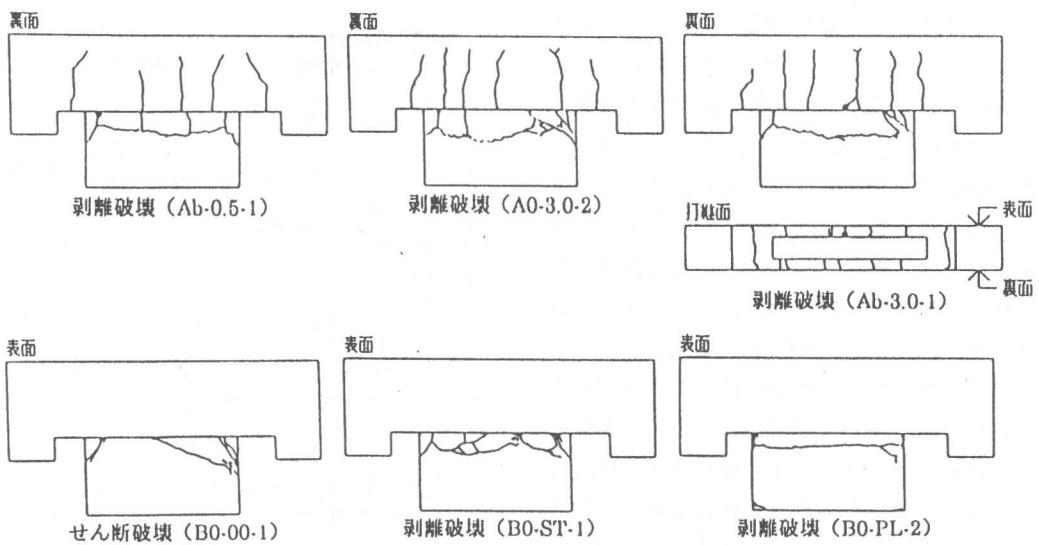


図-6 代表的な破壊形状図

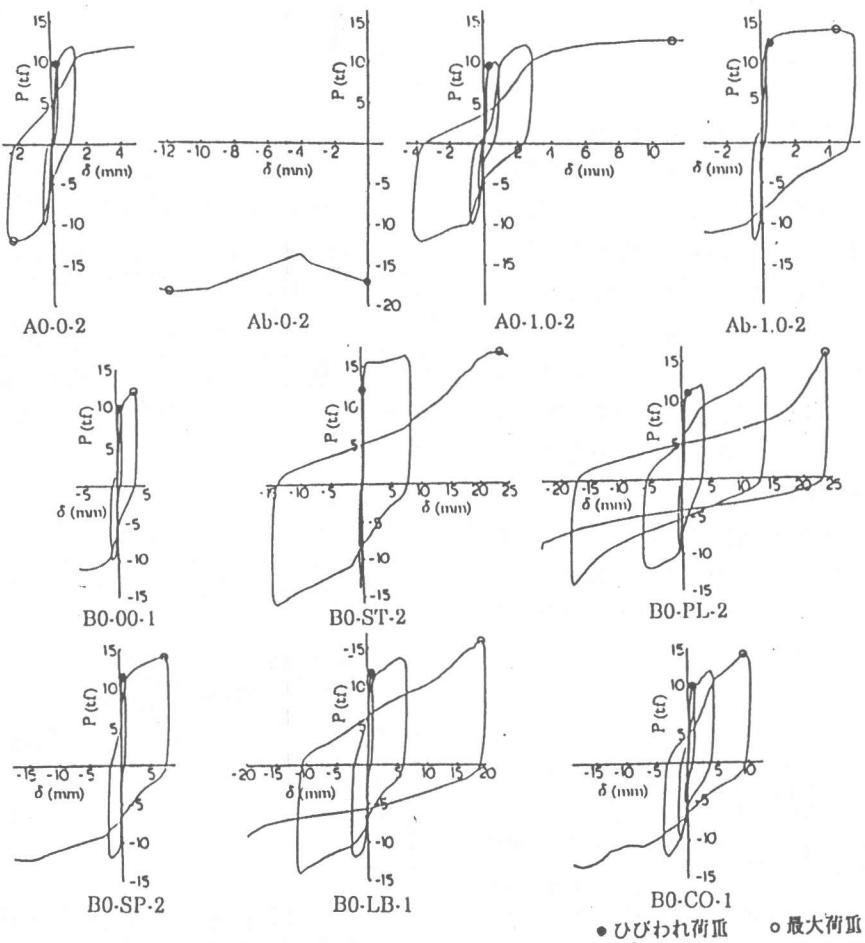


図-7 荷重一はり・壁ずれ変形曲線図

れが生じていると耐力が低下するが、耐力低下の大きさはひびわれ幅には殆ど影響されていない。付着のない供試体および付着の有無についての影響は、ひびわれ荷重と同様である。耐震改修指針式は、剥離破壊に対して、へりあきの影響が考慮されていないので、本実験のように壁厚15cmの場合で付着がないものは過大評価されるものが生じた。次にBシリーズについては、河村・浜田式は、付着なしで補強しない場合の剥離破壊の耐力推定式であるからB0-00はほぼ符合しており、耐震改修指針による式は、壁厚や補強方法は特定していないので一般性があるかどうかは不明であるが、本実験のように、壁厚が15cmで、この程度の補強をすればほぼ満足する値が得られた。

## 5.まとめ

標記アンカーにより接合されたはり・壁接合面のせん断耐力は、(1)付着がないと付着があるものに較べ若干耐力低下を示すが、ひびわれがないものについてはこの影響は特に大きい。最大耐力は、すべて壁の剥離破壊で決まっており、その時の耐力は、付着がない場合でも、河村・浜田式の推定値を用いればほぼ安全であるが、耐震改修指針式では、本実験のように壁厚が薄い場合か、へりあきが小さい場合は危険側の値を示すものが生じた。(2)壁側に本実験の様な補強方法を用いれば、壁厚が15cm程度のへりあきが小さい場合でも耐震改修指針式で推定できる程度まで耐力を増大させることができた。

## 参考文献

- (1) 河村博之、塗木伸一：ひびわれのあるコンクリートに施工されたあと施工アンカーのせん断耐力、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 19, No. 2, 1997
- (2) 浜田公也、河村博之：周辺コンクリートの大きさがせん断耐力に及ぼす影響シアキー付穿孔セメントモルタル充填式あと施工アンカーボルト耐力の基礎的研究（その3）、日本建築学会構造系論文集、第460号、pp. 113-122、1994.6
- (3) 日本建築防災協会：耐震改修設計指針、pp. 197-198、1996

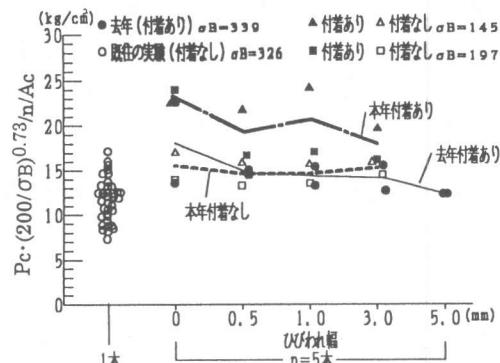


図-8 初ひびわれ荷重の比較(Aシリーズ)

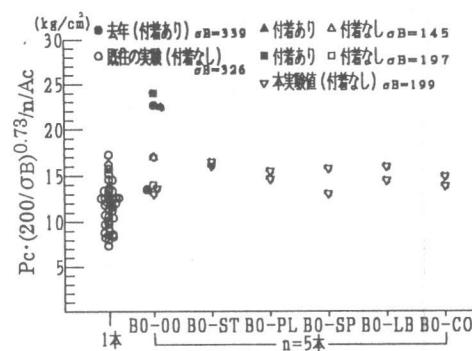


図-9 初ひびわれ荷重の比較(Bシリーズ)

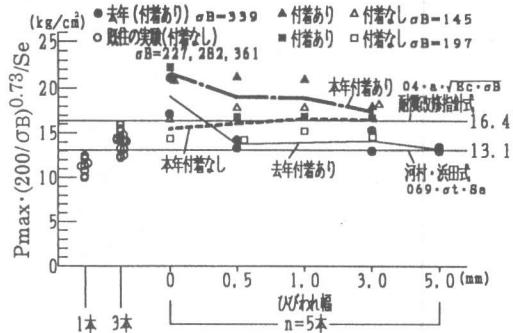


図-10 最大荷重の比較(Aシリーズ)

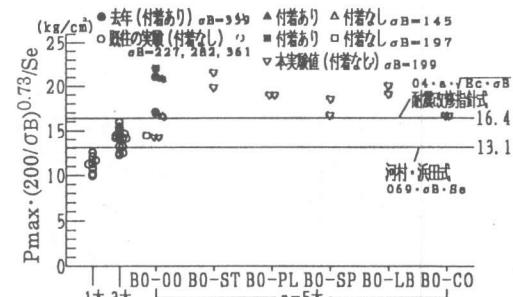


図-11 最大荷重の比較(Bシリーズ)