

報 告

[2012] 鉄筋コンクリート有孔梁のせん断補強に関する実験研究

正会員 林 静雄 (東京工業大学工業材料研究所)

正会員 松崎育弘 (東京理科大学工学部)

正会員○下妻 泰 (東京工業大学大学院)

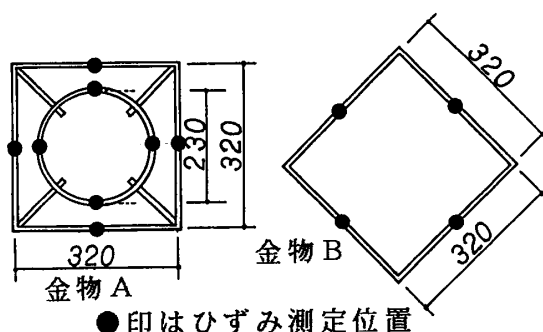
1. はじめに

本実験は、鉄筋コンクリート造有孔梁に関し、孔周りの新しい補強金物を提案し、それを用いた梁の耐力や靱性、破壊状況等を実験を通して検討することを目的とする。また孔周りの補強筋の歪を測定し、さらに有効な補強方法の可能性を探ろうとしたものである。

2. 実験概要

2. 1 試験体

試験体は表1に示す3体であり、有孔無補強梁 (No. 1)、図1に示す2種類の補強金物のうち、金物Aを2枚使用したもの (No. 2)、及び金物AとBを2枚ずつ使用したもの (No. 3)、である。図2に孔周辺の配筋を、図3に試験体寸法及び配筋詳細 (No. 1) を示す。部材長さは440cm、試験部分の部材断面は、 $b \times D = 30 \times 55$ cm、孔径は15cm、引張鉄筋比 $p_t = 0.77\%$ 、試験部分のせん断補強筋比 $p_w = 0.95\%$ 、せん断スパン比 $M/Qd = 2.0$ とした。また、この試験体の無孔梁の文献³⁾ P18、(22)式による許容せん断耐力は38.75tfである。



●印はひずみ測定位置

図1 補強金物

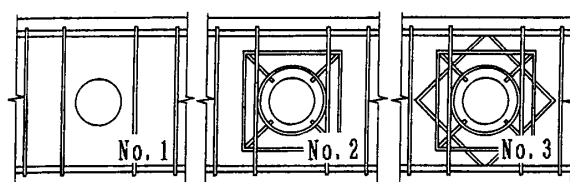
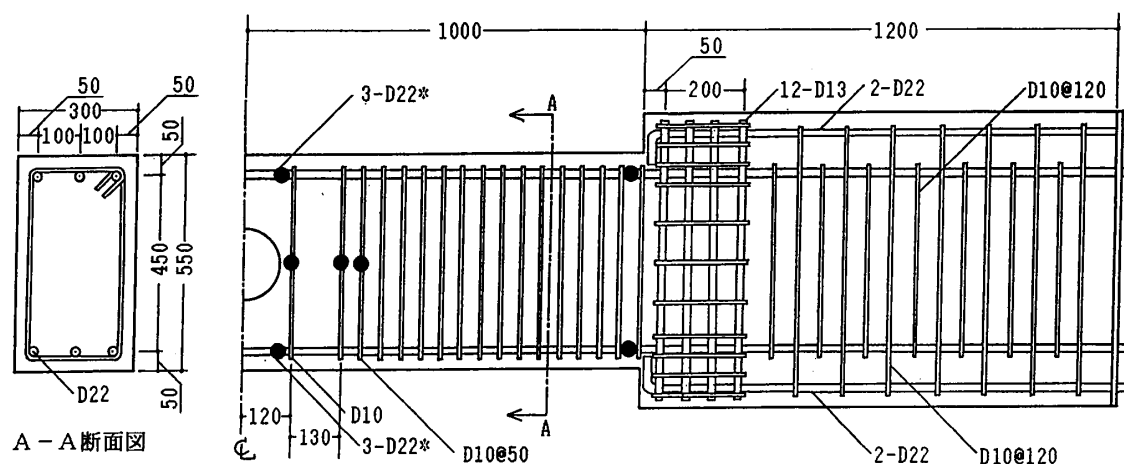


図2 孔まわりの補強状態

表1. 試験体一覧

試験体 番号	開口部の 補強方法	開口まわりの 補強筋比 p_s %
No. 1	なし	0.21
No. 2	補強金物A型×2	0.80
No. 3	補強金物A型 補強金物B型 ×2	1.10



D 2 2 *は、D 2 2 焼き入れを示す

●印はひずみ測定位置

図3 試験体寸法・配筋詳細 (No. 1)

2.2 使用材料

コンクリートは普通ポルトランドセメント、鉄筋はSD30を用いた。主筋には焼き入れをし、引張強度を高め、部材の曲げ耐力を上げて、試験体が孔周りでせん断破壊するようにした。せん断補強筋にはD10を用いた。使用材料の力学的性質を表2に示す。

2.3 加力方法及び測定方法

図4に示す加力装置で逆対称一方向単調載加を行ない、荷重はロードセルで検出し、図5の方法で試験部のせん断力及び相対変形を計算した。図2と図3に示す位置で主筋と補強筋の歪を測定した。

3. 実験結果

各試験体の実験結果を表3に示す。また、せん断力-相対変形曲線を図6に、破壊状況を写真1～3に示す。孔周りのひびわれは、孔部中心を通る約45度の対角線に入るものと、孔の接線方向に約45度に入るものが見られた。以後、前者を孔部対角ひびわれ、後者を孔部接線ひびわれとする。孔部対角ひびわれは、斜めせん断ひびわれであり、コンクリート強度、断面寸法から決まる。孔部接線ひびわれは、孔の上下の部材を、2つの梁と考えたときの、斜めせん断ひびわれと考えられる。No.1では、孔部対角ひびわれが発生し、つづいて孔部接線ひびわれが発生するが、孔の上下の梁にせん断補強がないため、すぐに破壊する。No.2は、孔部接線ひびわれに対し、金物Aが効きだし、歪が大きく増加する(図11)が、No.1に対し、大きな耐力増加が見られなかった。No.3では、金物Bが孔部接線ひびわれに直交して配置されるため、金物Aとの相乗効果で、大きな耐力増加があった。

4. 実験結果の検討

4.1 現行せん断終局強度式の妥当性

有孔梁のせん断終局強度式は、有孔梁研究委員会¹⁾、広沢博士等²⁾により発表されている。現在は日本建築学会RC構造計算規準で後

表2 使用材料の力学的性質

鉄筋	断面積 cm ²	降伏強度 kgf/cm ²	最大強度 kgf/cm ²	ヤング率 tf/cm ²
D10	0.71	3929	5704	1945
D13	1.27	3596	5391	1914
D22*	3.87	7100	8473	1837
補強金物 (D10)	0.71	3908	5310	1760
コンクリート強度 241 kgf/cm ²				

D22*は、D22焼き入れを示す。

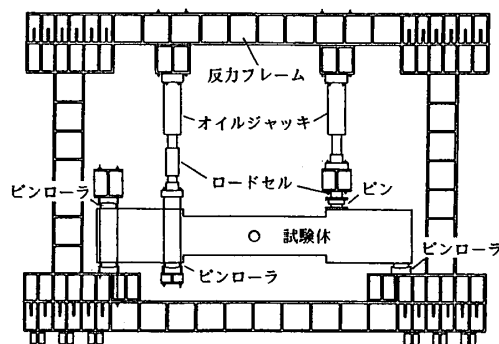
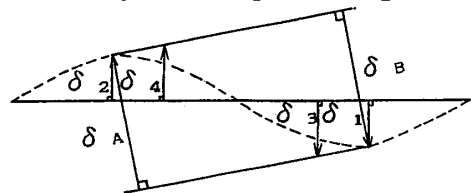
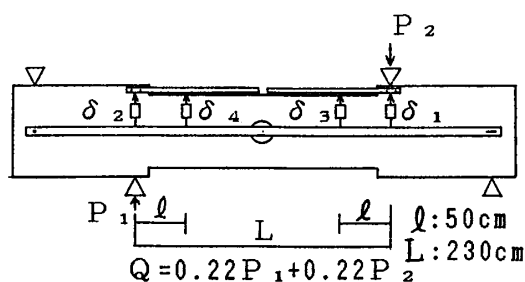


図4 加力装置



$$\delta = (\delta_A + \delta_B) / 2$$

$$\delta_A = \delta_1 + \delta_2 + L \cdot (\delta_3 - \delta_1) / l$$

$$\delta_B = \delta_1 + \delta_2 + L \cdot (\delta_4 - \delta_2) / l$$

図5 変位測定位置及び方法

表3 実験結果一覧

試験体番号	孔部対角 ひびわれ荷重 (ton)	孔部接線 ひびわれ荷重 (ton)	最大せん断 耐力 (ton)	最大耐力時 変形 (mm)
No. 1	14.1	24.6	27.7	15.4
No. 2	12.3	20.2	32.0	18.1
No. 3	15.8	29.0	42.3	38.1

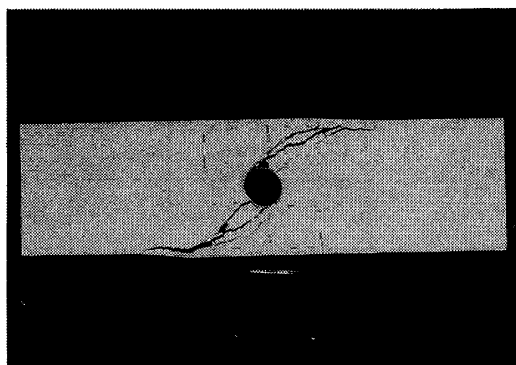


写真1 最終破壊状況 (No.1)

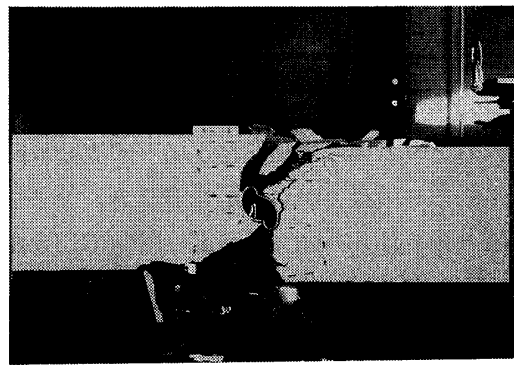


写真2 最終破壊状況 (No.2)

者の式が採用されているが、本実験においても2式を検討してみる。本実験でのせん断終局強度を tQ_u とする。有孔梁研究委員会の提案式を cQ_{u1} 、広沢博士等の提案式を cQ_{u2} とすると、それらは次式で表わされる。

$$cQ_{u1} = b_j F_c \left\{ 0.143(1 - 1.61H/D) + 0.22 \sqrt{\frac{p_s \cdot s \sigma_y}{F_c}} \right\}$$

$$cQ_{u2} = b_j \left\{ \frac{0.092k_u \cdot k_p(180 + F_c)}{M/Qd + 0.12} (1 - 1.61H/D) + 2.7 \sqrt{p_s \cdot s \sigma_y} \right\}$$

$$p_s = \sum a_s (\sin \theta + \cos \theta) / bc$$

※ 記号は文献³⁾ P274参照

表4に示すように、実験値の計算値に対する比をみると tQ_u / cQ_{u1} は0.63~1.03、 tQ_u / cQ_{u2} は1.17~1.56となり、せん断スパン比、梁せい、引張鉄筋比の影響を考えた後者の提案式が安全側の値を示し、せん断終局強度式として妥当である。

4.2 孔周り補強筋量とせん断耐力の関係

図8に試験体の、孔周りせん断補強量と最大せん断耐力の関係を示す。

No.2とNo.3を結ぶ直線の勾配は、No.1とNo.2のそれよりも大きい。つまり、金物Aのみよりも、金物A、B同時に使うと効果がい大きいといえる。



写真3 最終破壊状況 (No.3)

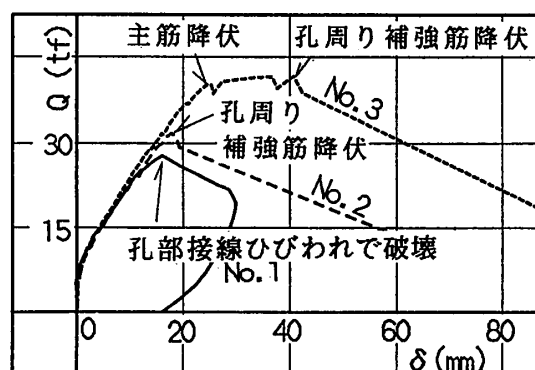


図6 せん断力(Q)-相対変形(δ)曲線

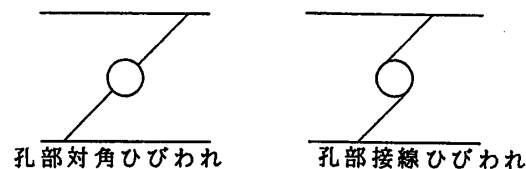


図7 ひびわれパターン

表4 計算結果一覧

試験体番号	tQ_u (ton)	cQ_{u1} (ton)	tQ_u / cQ_{u1}	cQ_{u2} (ton)	tQ_u / cQ_{u2}
No. 1	27.70	26.85	1.03	17.71	1.56
No. 2	32.00	50.70	0.63	27.35	1.17
No. 3	42.30	55.04	0.77	30.77	1.37

4.3 孔周り補強筋の歪

図9～図11に孔周り補強筋各点におけるせん断力(Q)-歪(ε)関係の例を示す。図9をみると、孔周り補強筋量を増やすほど、同じせん断力での点1の歪が小さくなる。つまり、補強金物Aは、対角ひびわれに対して効果があり、さらに補強金物Bを加えると、2つのひびわれによる金物Aの伸びは大きく緩和される(図10, 11)。また、金物Bは、2つのひびわれに対してほぼ直行しているため、せん断力に対して補強効果が大きく、ここに図として示していないが、最大耐力時には降伏していた。

5. 結論

補強金物を用いたものは、無補強のものに比べ最大耐力が大きく、補強効果が表れた。特に金物A, Bを2枚ずつ併せ用いたNo.3の終局せん断力は、無孔梁の許容せん断力をこえ、また無補強梁の約1.5倍の耐力を示し、効果が大きかった。孔周り補強筋量が少ないと、孔部対角ひびわれ発生とともに急激に耐力を失う。しかし、単に孔部対角ひびわれに対する補強筋量がある程度以上にしても、孔部接線ひびわれが卓越して破壊し、最大耐力はあまり高くないので、これを横切る補強筋量を増やせば、さらに有効なせん断補強となるものと考えられ、今後の研究課題としたい。

<謝辞>

試験体の作製に関し、省建工業(株)田中省治氏、日建工業(株)相模原工場にご協力頂きました。ここに深く感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 有孔梁研究委員会：鉄筋コンクリート造有孔梁に関する研究(その1)～(その10)、日本建築学会論文報告集、No.63～No.69
- 2) 広沢雅也、清水泰：鉄筋コンクリート造有孔梁のせん断強度と靱性(その1)、建築技術、1979.3、No.331、pp.93～101
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、1988

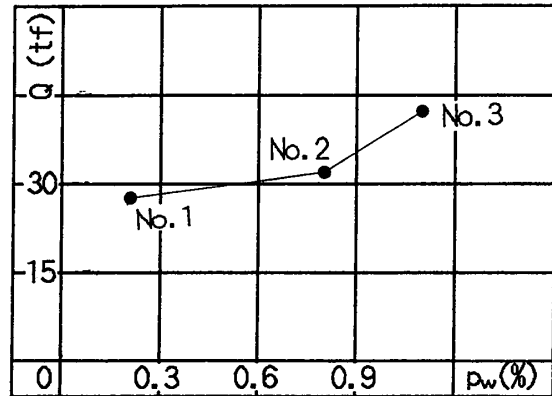


図8 孔周りせん断補強量とせん断力の関係

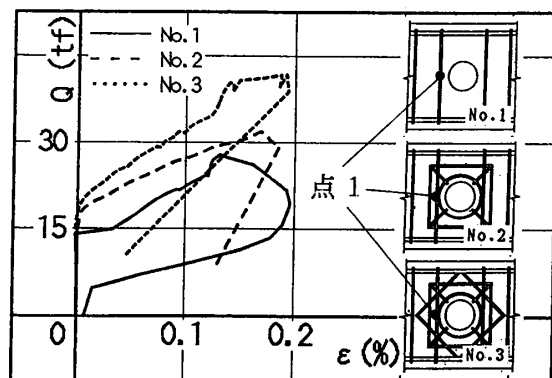


図9 せん断力(Q)-歪(ε)曲線

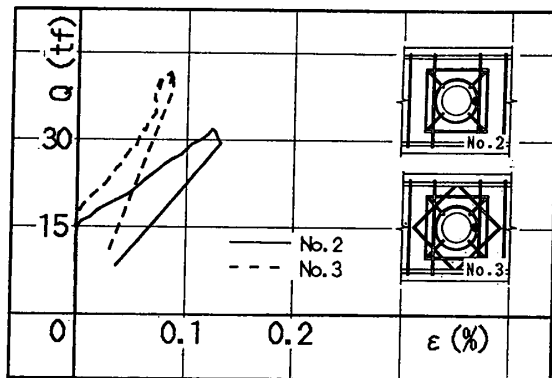


図10 せん断力(Q)-歪(ε)曲線

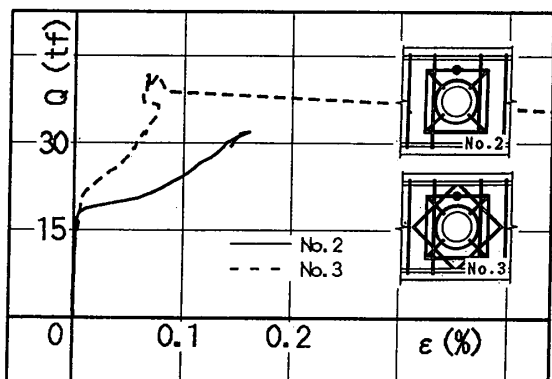


図11 せん断力(Q)-歪(ε)曲線