

論文 RC 造基礎梁における大貫通孔補強工法の実験的研究

田口 孝^{*1}・深津 尚人^{*2}・井上 啓^{*3}・福迫 浩一^{*3}

要旨：RC 造基礎梁に直径 600mm 程度の大貫通孔が必要な場合、貫通孔の直径は梁せいの 1/3 以下とする規定から、梁せいとして 1800mm 以上が必要となる。しかし、7, 8 階建て以下の RC 構造物の場合には、過剰な基礎梁せいとなる。そこで、梁せいを小さくするために、貫通孔の直径を梁せいの 1/2 まで拡大することを目的とし、高強度鉄筋コンクリート用棒鋼による貫通孔補強金物を用いた RC 造基礎梁における大貫通孔補強工法を提案した。そして、提案工法に関して、その構造特性の確認のために曲げせん断実験を実施し、本工法の終局強度は、貫通孔部および弦材部に対するせん断終局強度によって安全側に評価できることを確認した。

キーワード：RC 造基礎梁, 大貫通孔, 貫通孔補強, 曲げせん断実験, せん断終局強度

1. はじめに

マンションなどの一般的な基礎梁には、設備点検などのために直径 600mm 程度の大貫通孔が必要である。一方、鉄筋コンクリート構造計算規準¹⁾によると、貫通孔の直径は梁せいの 1/3 以下とすることが望ましいとされている。そのため、600mm の大貫通孔を設けるために基礎梁せいは 1800mm 以上が必要となる。しかし、7, 8 階建て以下の RC 構造物の場合には、構造計算によると基礎梁せいは 1800mm 以下の寸法で十分であることが多く、大貫通孔を設けるために過剰な基礎梁せいが必要となっているのが現状である。

そのため、貫通孔の直径を梁せいの 1/3 以上とすることが出来れば、梁せいを小さくすることが可能となり、コスト削減や工期短縮・施工省力化などが期待できる。そこで、本研究では貫通孔の直径を梁せいの 1/2 (貫通孔比=1/2) まで拡大することを目的とした RC 造基礎梁の大貫通孔補強工法を提案する。本論では、提案する工法に関して概要を示すとともに、構造特性の確認のために実施した曲げせん断実験について示す。そして、実験の結果および終局強度に関して考察を行う。

2. 工法の提案

提案する補強工法は、貫通孔補強金物として高強度鉄筋コンクリート用棒鋼を一筆書きの要領で貫通孔の周りに 45° で 2 周、配筋することとした。また、その貫通孔補強金物を十分に配筋し、孔際に多くのせん断補強筋を配筋したとしても、貫通孔比を 1/2 まで拡大する場合には、**図-1**に示す弦材部において破壊が発生する可能性が高い。そこで、本工法では、弦材部においても十分に鉄筋(弦材あばら筋)を配置することで、弦材部のせん断破壊を抑制することを目標とした。

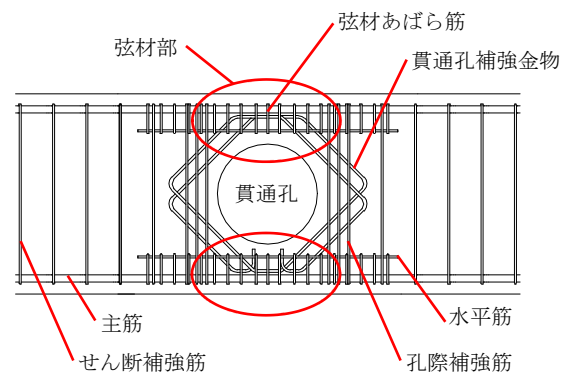


図-1 工法概要

3. 実験概要

3.1 試験体概要

本実験の試験体一覧を表-1に、試験体の形状および寸法を**図-2**に示す。試験体は4体、全て固定用のスタブを有する逆対称の形状とし、試験体の縮尺比は1/2とした。試験体 No. 1-1, 1-2, 3-1 は貫通孔比 (=貫通孔径/梁せい) が 1/2 であり、試験体 No. 3-2 のみ貫通孔比が 1/2.5 となっている。また、全ての試験体とも、高強度鉄筋コンクリート用棒鋼を貫通孔の周りに 45° で配筋している。

試験体 No. 1-1 は、弦材部がせん断破壊することを想定した試験体、試験体 No. 1-2 は弦材部のせん断補強筋量を増やすことで孔際がせん断破壊することを想定した試験体、試験体 No. 3-1 は弦材部および孔際のせん断補強筋量を増やしつつ弦材部がせん断破壊することを想定した試験体、試験体 No. 3-2 は孔の径が小さく(貫通孔比 1/2.5)、弦材部がせん断破壊することを想定した試験体である。

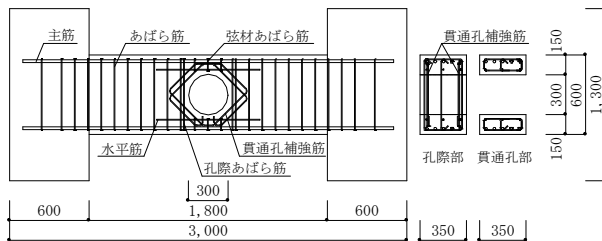
*1 矢作建設工業(株) エンジニアリングセンター 博士(工学) (正会員)

*2 矢作建設工業(株) エンジニアリングセンター (正会員)

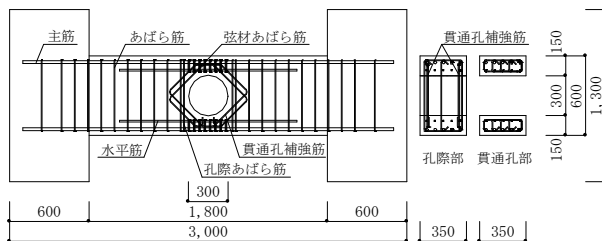
*3 丸井産業(株) 技術開発研究所

表-1 試験体一覧

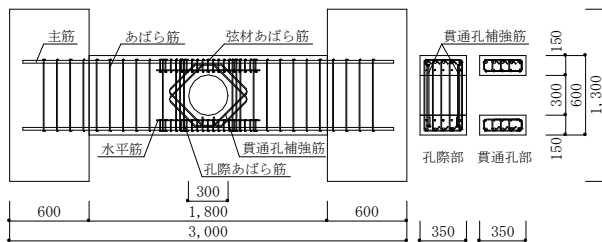
試験体名	No. 1-1	No. 1-2	No. 3-1	No. 3-2	
躯体	幅(mm)	350	350	350	350
	せい(mm)	600	600	600	600
	長さ(mm)	1800	1800	1800	1800
	貫通孔直径(mm)	300	300	300	240
	貫通孔比	1/2	1/2	1/2	1/2.5
主筋	配筋	5-D19	5-D19	5-D19	5-D19
	引張鉄筋比(%)	0.74	0.74	0.74	0.74
あばら筋	配筋	3-D6@100	3-D6@100	3-D6@100	3-D6@75
	せん断補強筋比	0.0027	0.0027	0.0027	0.0036
孔際あばら筋 (有効範囲内あばら筋)	配筋	2-3-D6	2-3-D6	3-5-D6	4-5-D6
	せん断補強筋比	0.0021	0.0021	0.0053	0.0071
弦材あばら筋	配筋	3-D6@100	5-D6@40	5-D6@40	3-D6@100
	せん断補強筋比	0.0027	0.0113	0.0113	0.0027
貫通孔補強金物	配筋	2-S6	2-S6	2-S8	3-S8
	せん断補強筋比	0.0020	0.0020	0.0032	0.0048
水平筋	配筋	3-D6	5-D13	5-D6	3-D6
	水平筋比(%)	0.24	1.68	0.41	0.19



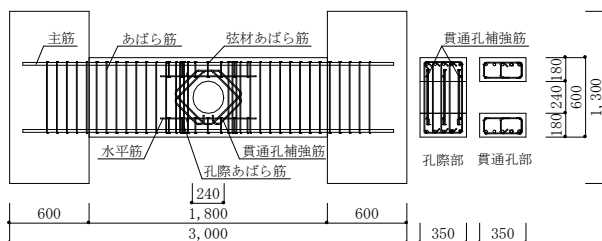
a) 試験体 No. 1-1



b) 試験体 No. 1-2



c) 試験体 No. 3-1



d) 試験体 No. 3-2

図-2 試験体 (単位: mm)

3.2 使用材料

試験体で使用した材料の試験結果を表-2に示す。材料試験は、各種類においてそれぞれ3体行い、その平均値を採用した。鉄筋については下降伏点を降伏点としたが、高強度鉄筋コンクリート用棒鋼 KSS785 に関しては、明確な降伏点を示さないことから 0.2%の永久伸びをおこす応力を降伏点とした。

3.3 载荷概要

加力装置を図-3に示す。加力は逆対称加力装置を用いた曲げせん断実験とし、基礎梁の実験であることから軸力はゼロとした状態で水平方向に繰り増し増載荷を行った。また、加力は部材角 R (変形量/内法寸法=1800) を用いて制御を行い、 $R=1/800$ で1サイクル、 $R=1/400, 1/200, 1/133, 1/100, 1/67, 1/50$ で2サイクル、 $R=1/40$ で1サイクルの正負交番繰り返し増載荷とした。

3.4 計測概要

実験では、制御用の部材角を高感度変位計にて計測し、各所の鉄筋のひずみ量をひずみゲージにて計測した。

表-2a 材料試験結果 (鉄筋)

径	材種	降伏点	引張強度	ヤング係数	降伏歪	試験体
		N/mm ²	N/mm ²	kN/mm ²	μ	
D6	SD295A	416	518	193	2152	No. 1-1, 1-2
		397	516	187	2126	
S6	KSS785	979	1155	192	5096	No. 1-1, 1-2
S8		1016	1155	196	5185	
D13	SD295A	345	490	185	1860	No. 1-2
D19	USD685	688	859	197	3501	No. 1-1, 1-2
		716	887	194	3697	

表-2b 材料試験結果 (コンクリート)

圧縮強度	ヤング係数	比重	割裂強度	試験体
N/mm ²	kN/mm ²	kN/m ³	N/mm ²	
35.1	28.2	21.9	2.9	No. 1-1, 1-2
33.3	29.5	21.7	2.8	

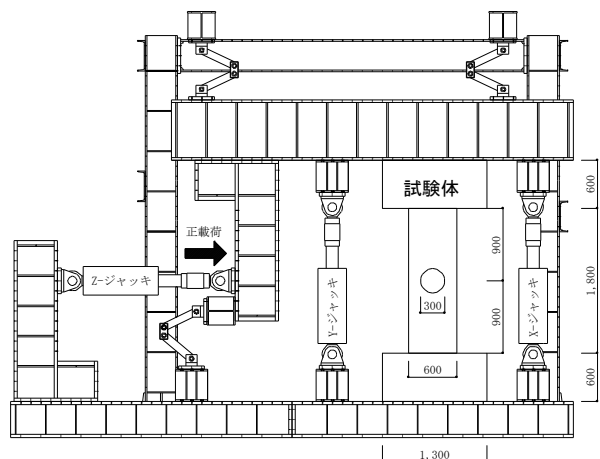


図-3 加力装置 (単位: mm)

4. 実験結果

4.1 水平力-部材角関係

各試験体の水平力と部材角の関係を図-4に示す。ここで、図のX軸は部材角 R を、Y軸は水平力 P (Z-ジャッキによる力) を示している。また図中には、後述のせん断終局強度を示すとともに、各鉄筋に添付したひずみゲージのどれか一点が最初に降伏ひずみに達した時点のプロットしている。実験結果および各鉄筋が降伏ひずみに達した荷重と部材角の一覧を表-3に示す。

試験体 No. 1-1 では、 $R = +1/400$ のサイクルにおいて、弦材部せん断終局強度を発現した。 $R = +1/200$ のサイクルにおいて孔際あばら筋、弦材あばら筋、水平筋がほぼ同時に降伏した。その後、弦材部が大きく損傷し、水平力が大きく低下した。貫通孔補強金物は、水平力が低下し、変形が進んだ後に降伏した。

試験体 No. 1-2 では、 $R = +1/200$ のサイクルにおいて貫通孔補強金物が降伏し、 $R = -1/200$ のサイクルにおいて孔際あばら筋が降伏した。また、このサイクルで孔部せん断終局強度および弦材部せん断終局強度に達した。その後、 $R = +1/67$ のサイクルにおいて弦材あばら筋および水平筋が降伏し、水平耐力が低下した。

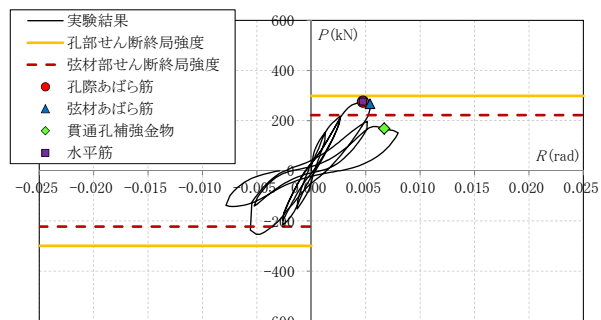
試験体 No. 3-1 では、 $R = +1/200$ のサイクルにおいて、弦材部のせん断終局強度を発現した。 $R = +1/133$ のサイクルにおいて孔際あばら筋が降伏した。その後、 $R = 1/100$ のサイクルにおいて、貫通孔補強金物が降伏し、その後、弦材あばら筋が降伏すると同時に弦材部がせん断破壊し、水平力が大きく低下した。

試験体 No. 3-2 では、 $R = +1/200$ のサイクルにおいて、弦材部のせん断終局強度を発現した。 $R = +1/100$ のサイクルにおいて、孔際あばら筋が降伏し、その後、弦材あばら筋が降伏したが、水平力の低下は生じなかった。 $R = +1/67$ サイクルにおいて、弦材部が大きく損傷し、水平力が低下した。貫通孔補強金物は、水平力が低下するまで降伏することはなかった。

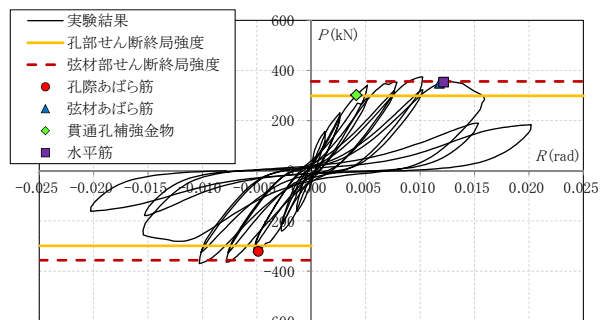
4.2 損傷状況

実験時において、試験体が大きく損傷したサイクルにおける、2 サイクル目が終了した時点の貫通孔周辺の破壊状況を写真-1に示す。

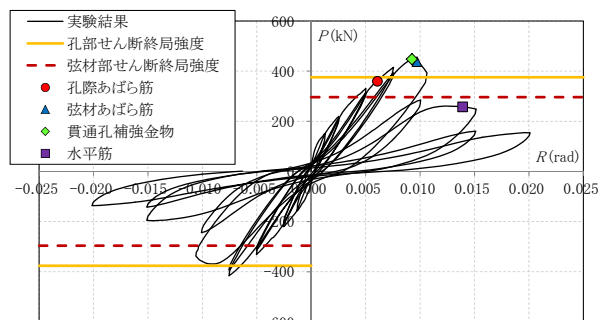
全ての試験体とも、孔部中央から 45° の角度のせん断ひび割れが先行して発生した。その後、弦材部の端部に曲げひび割れが発生した。载荷の進行とともに、弦材部において孔の接線に沿ったひび割れが進展、拡幅し、最終的にはこのひび割れによって弦材部のせん断破壊の様相を呈した。一方、孔部せん断終局強度と弦材部せん断終局強度が近接している試験体 No. 1-2 に関しては、弦材部のみでなく、孔部の横に関しても大きく破壊する傾向が見られた。



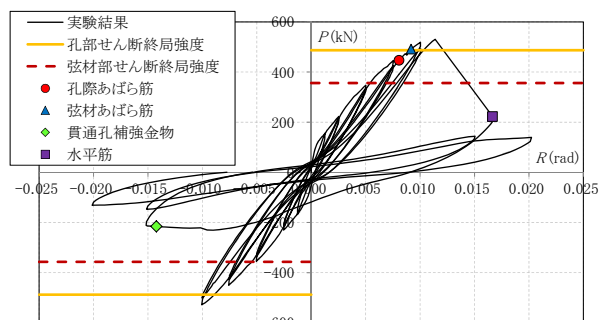
a) 試験体 No. 1-1



b) 試験体 No. 1-2



c) 試験体 No. 3-1

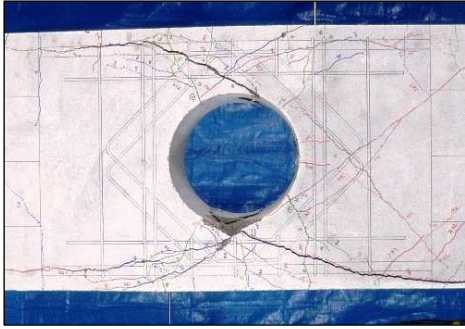


d) 試験体 No. 3-2

図-4 水平力-部材角関係

表-3 実験結果および鉄筋の降伏点

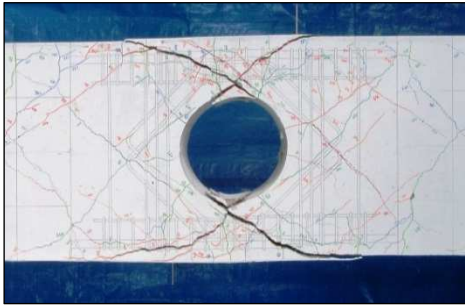
試験体		最大値	孔際 あばら筋	弦材 あばら筋	貫通孔 補強筋	水平筋	
No. 1-1	荷重 (kN)	275.5	-253.3	275.5	266.8	168.6	275.5
	部材角 (rad.)	0.0048	-0.0050	0.0048	0.0054	0.0067	0.0048
No. 1-2	荷重 (kN)	374.4	-369.7	-321.4	348.3	301.6	353.1
	部材角 (rad.)	0.0102	-0.0103	-0.0049	0.0118	0.0042	0.0122
No. 3-1	荷重 (kN)	447.4	-415.7	359.3	437.0	447.4	257.3
	部材角 (rad.)	0.0093	-0.0076	0.0061	0.0097	0.0093	0.0139
No. 3-2	荷重 (kN)	530.5	-527.2	446.7	491.1	-215.1	222.4
	部材角 (rad.)	0.0114	-0.0101	0.0081	0.0092	-0.0142	0.0167



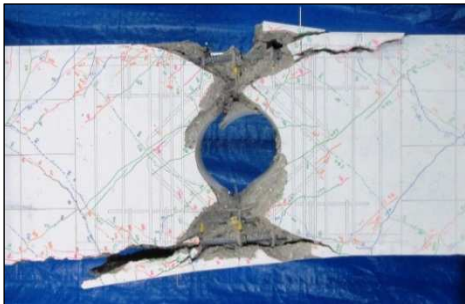
a) 試験体 No. 1-1 ($R = \pm 1/200$ 終了時)



b) 試験体 No. 1-2 ($R = \pm 1/67$ 終了時)

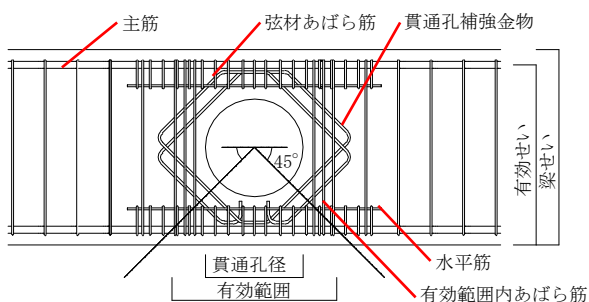


c) 試験体 No. 3-1 ($R = \pm 1/100$ 終了時)



d) 試験体 No. 3-2 ($R = \pm 1/67$ 終了時)

写真－1 試験体損傷状況



図－5 記号説明

5. せん断終局強度

5.1 孔部せん断終局強度

孔部のせん断終局強度は文献 2, 3)を参考に、式の第 2 項において、あばら筋と貫通補強金物の補強量を単純累加するとした下式を用いて算定する。

$${}_H Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (\sigma_B + 18)}{M / (Qd) + 0.12} \left(1 - 1.61 \frac{H}{D} \right) + 0.85 \sqrt{p_r \sigma_{ry} + p_s \sigma_{wy}} \right\} b j \quad (1)式$$

$${}_H Q_{su} = \left\{ \frac{0.068 p_t^{0.23} (\sigma_B + 18)}{M / (Qd) + 0.12} \left(1 - 1.61 \frac{H}{D} \right) + 0.85 \sqrt{p_r \sigma_{ry} + p_s \sigma_{wy}} \right\} b j \quad (2)式$$

ここで、 H : 貫通孔径 (mm), D : 梁せい (mm), b : 梁幅 (mm), j : 応力中心間距離 ($j = 7/8 d$) (mm), d : 有効せい (mm), p_t : 引張鉄筋比 (%), σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²), p_r : 貫通孔補強金物の補強筋比, σ_{ry} : 貫通孔補強金物の降伏点 (ただし, $\sigma_{ry} \leq 25 \sigma_B$) (N/mm²), p_s : 有効範囲内のあばら筋比, σ_{wy} : あばら筋の降伏点 (N/mm²)

5.2 弦材部せん断終局強度

弦材部のせん断終局強度は、貫通孔径を梁長さ、弦材部の最小部分を梁せいとし、文献 4)を参考に、下式より算定する。

$${}_{UD} Q_{su} = 2 \left\{ \frac{0.053 {}_{UD} p_t^{0.23} (\sigma_B + 18)}{M / (Q_{UD} d) + 0.12} + 0.85 \sqrt{{}_{UD} p_w \sigma_{wy}} \right\} b {}_{UD} j \quad (3)式$$

$${}_{UD} Q_{su} = 2 \left\{ \frac{0.068 {}_{UD} p_t^{0.23} (\sigma_B + 18)}{M / (Q_{UD} d) + 0.12} + 0.85 \sqrt{{}_{UD} p_w \sigma_{wy}} \right\} b {}_{UD} j \quad (4)式$$

ここで、 ${}_{UD} d$: 弦材部の有効せい (mm), ${}_{UD} p_t$: 弦材部の水平筋の引張鉄筋比 (%), ${}_{UD} p_w$: 弦材部のあばら筋比, ${}_{UD} j$: 弦材部の水平筋の応力中心間距離 (${}_{UD} j = 7/8 {}_{UD} d$) (mm)

5.3 せん断終局強度に関する考察

孔部せん断終局強度および弦材部せん断終局強度の計算結果と実験結果を表－4に示す。この結果、全ての試験体とも (3), (4)式で計算される弦材部のせん断終局強度が最小となっている。一方、強度比 (実験結果/計算結果) の平均値 μ は 1.88 (1.47~2.23), 1.62 (1.28~1.87) と安全に評価し過ぎている結果となった。

そこで、弦材部の梁長さを図－6のように3ケース提案し、検討を行う。これは、第 4.2 節で示したように、全ての試験体において、孔部中央から 45° の角度のせん断ひび割れが先行して発生した結果を受けてモデル化したものである。計算結果と実験結果を表－5に示す。なお、ケース 1 の計算結果と表－4 は同じ結果である。

この結果、ケース 3 での強度比 (実験結果/計算結果) の平均値 μ は 1.58, 1.37 となった。

表-4a 計算結果と実験結果 (1式, 3式)

試験体		No.1-1	No.1-2	No.3-1	No.3-2	
孔部せん断終局強度	$H Q_{su}$	(kN)	284.8	284.8	362.0	462.5
弦材部せん断終局強度	$UD Q_{su}$	(kN)	152.6	254.4	220.6	238.0
せん断終局強度	$Q_{su} = \min(H Q_{su}, UD Q_{su})$	(kN)	152.6	254.4	220.6	238.0
実験最大値	Q_{max}	(kN)	275.5	374.4	447.4	530.5
強度比	Q_{max}/Q_{su}		1.81	1.47	2.03	2.23

表-4b 計算結果と実験結果 (2式, 4式)

試験体		No.1-1	No.1-2	No.3-1	No.3-2	
孔部せん断終局強度	$H Q_{su}$	(kN)	298.9	298.9	375.6	487.2
弦材部せん断終局強度	$UD Q_{su}$	(kN)	178.6	292.5	248.9	284.1
せん断終局強度	$Q_{su} = \min(H Q_{su}, UD Q_{su})$	(kN)	178.6	292.5	248.9	284.1
実験最大値	Q_{max}	(kN)	275.5	374.4	447.4	530.5
強度比	Q_{max}/Q_{su}		1.54	1.28	1.80	1.87

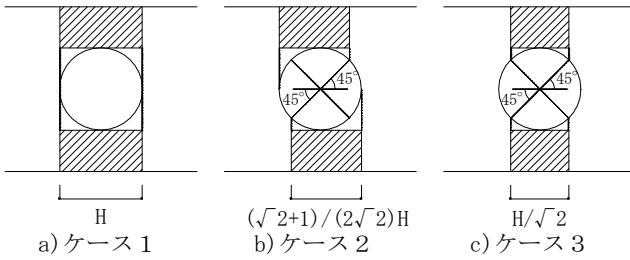


図-6 梁長さのモデル化

表-5a 計算結果と実験結果 (1式, 3式)

試験体		No.1-1	No.1-2	No.3-1	No.3-2	平均値	標準偏差
$H Q_{su}$	(kN)	284.8	284.8	362.0	462.5		
$UD Q_{su}$	ケース1	152.6	254.4	220.6	238.0		
	ケース2	166.9	275.4	236.2	262.0		
	ケース3	186.5	304.2	257.4	294.3		
$Q_{su} = \min(H Q_{su}, UD Q_{su})$	ケース1	152.6	254.4	220.6	238.0		
	ケース2	166.9	275.4	236.2	262.0		
	ケース3	186.5	284.8	257.4	294.3		
Q_{max}	(kN)	275.5	374.4	447.4	530.5		
Q_{max}/Q_{su}	ケース1	1.81	1.47	2.03	2.23	1.88	0.28
	ケース2	1.65	1.36	1.89	2.02	1.73	0.25
	ケース3	1.48	1.31	1.74	1.80	1.58	0.20

表-5b 計算結果と実験結果 (2式, 4式)

試験体		No.1-1	No.1-2	No.3-1	No.3-2	平均値	標準偏差
$H Q_{su}$	(kN)	298.9	298.9	375.6	487.2		
$UD Q_{su}$	ケース1	178.6	292.5	248.9	284.1		
	ケース2	197.0	319.5	268.8	314.8		
	ケース3	222.1	356.5	296.1	356.3		
$Q_{su} = \min(H Q_{su}, UD Q_{su})$	ケース1	178.6	292.5	248.9	284.1		
	ケース2	197.0	298.9	268.8	314.8		
	ケース3	222.1	298.9	296.1	356.3		
Q_{max}	(kN)	275.5	374.4	447.4	530.5		
Q_{max}/Q_{su}	ケース1	1.54	1.28	1.80	1.87	1.62	0.23
	ケース2	1.40	1.25	1.66	1.68	1.50	0.18
	ケース3	1.24	1.25	1.51	1.49	1.37	0.13

5.4 他文献との関係

文献5)によると、115体の試験体に対してせん断終局強度式の精度検証を行なった結果、荒川 min 式では強度比 (実験値/計算値) の平均値 μ は 1.61、標準偏差 σ は 0.35、荒川 mean 式では平均値 μ は 1.38、標準偏差 σ は 0.31 となることが示されている。この結果と、前 5.3 節の関係を図-7 に示す。この関係より、ケース3の平均値 μ が 1.58、1.37 と、最も文献5)の結果と近い関係が得られとともに、そのバラツキも標準偏差 σ の $\pm \sigma$ の範囲に存在することが確認された。

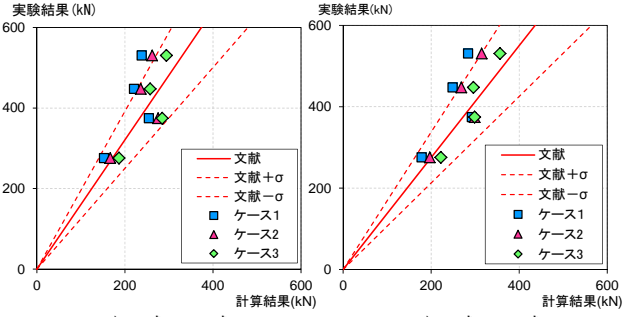


図-7 文献5)との比較

こうした結果から、本工法のせん断終局強度は、今回のケースの中ではケース3としてモデル化して求めることが最も良いと考察できる。なお、図-4中のせん断終局強度は、このケース3 (2式, 4式) の値を用いている。

次に、文献6)~15)の結果を用いて、貫通孔比が1/3を超え1/2までの試験体における強度比 (実験値/計算値) の関係について検証を行った。検証結果を図-8、図-9に示す。図-8a)、図-9a)は強度比とコンクリート強度の関係を、図-8b)、図-9b)は強度比とスパン比の関係を示している。ここで、文献の試験体の計算値に関しては、原則として文献に記載された試験体諸元を用いるとともに、計算に用いた弦材部の梁長さに関しては、先述の「ケース3」の梁長さとした。また、図中において孔部せん断終局強度がせん断終局強度となる場合は塗潰し無の印、弦材部せん断終局強度がせん断終局強度となる場合は塗潰し有の印として示している。

この結果、本工法の実験範囲は、参考文献における中間的な範囲にあるとともに、その実験結果の値も参考文献と同様な強度比となっていることが確認できた。

また、コンクリート強度やスパン比の値に依存しおらず、一様なバラツキとなっていることが分かる。

さらに、本工法および参考文献の強度比は、荒川 min 式での平均値 μ は 1.63、標準偏差 σ は 0.23、荒川 mean 式では平均値 μ は 1.45、標準偏差 σ は 0.17 となることが確認された。この値は、文献5)の平均値 μ の 1.61、1.38 および標準偏差 σ の 0.35、0.31 と比較的良い対応をしている。こうした結果からも、せん断終局強度の計算はケース3の梁長さを用いて計算して良いものと考察できる。

5. まとめ

本論では、提案工法に対して実施した曲げせん断実験の結果を示すとともに、その終局強度に関して考察を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

- (1) 実験の結果、全ての試験体とも、孔部中央から45°の角度のせん断ひび割れが先行して発生した。
- (2) 弦材部がせん断破壊することを想定した試験体で

は、孔の接線に沿ったひび割れが進展、拡幅し、せん断破壊した。

- (3) 孔部せん断終局強度と弦材部せん断終局強度が近接している試験体では、弦材部のみでなく、孔部の横の部分に関しても大きく破壊した。
- (4) 実験の最大値は、貫通孔部および弦材部に対するせん断終局強度によって安全側に評価できた。
- (5) 実験結果に対する計算結果の強度比は、荒川 min 式で 1.58, 荒川 mean 式で 1.37 となった。
- (6) 弦材部のせん断終局強度の計算には、孔部中央から 45° の角度のせん断ひび割れを考慮してモデル化した梁長さをを用いると、既往の文献と同様な強度比を有する結果が得られた。

こうした結果を総合的に判断すると、提案工法は大貫通孔の補強工法として用いることが可能であると言える。

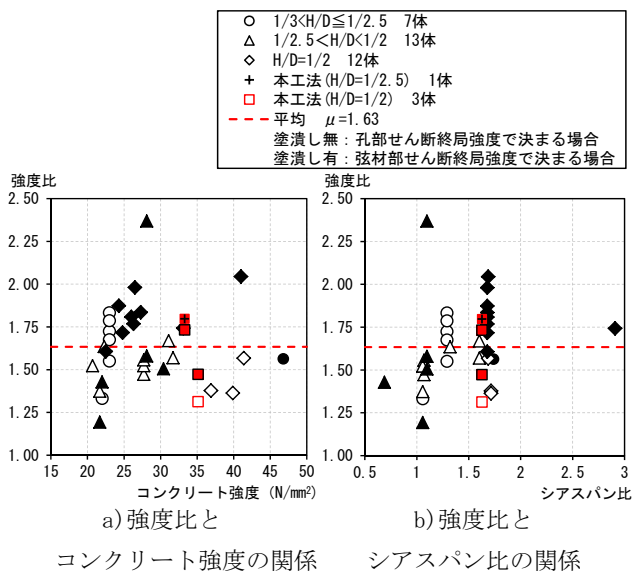


図-8 他文献との比較 (1式, 3式) ^{6)~15)}

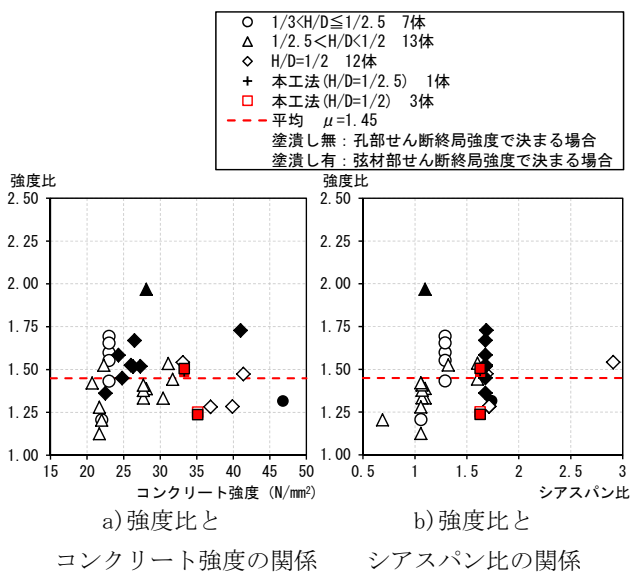


図-9 他文献との比較 (2式, 4式) ^{6)~15)}

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2010.2
- 2) 福迫浩一, 田中博昭, 佐藤立美：一筆書き簡易形状の高強度開口補強金物を使用したRC有孔梁のせん断補強効果に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), Vol. C2, pp.69-70, 2003.9
- 3) 富岡大岳, 井上啓, 田中博昭, 福迫浩一, 荒木秀夫, 佐藤立美：基礎梁端部に開孔を設けたRC有孔梁のせん断補強に関する研究(その1~2), 日本建築学会中国支部研究報告集, 第40巻, pp.223-230, 2017.9
- 4) 国土技術政策総合研究所, 建築研究所：2015年版建築物の構造関係技術基準解説書, 2015.6
- 5) 建築研究所：実験データベースを用いた鉄筋コンクリート部材の構造特性評価式の検証, 建築研究資料 No.175, pp.3-37 - 3-91, 2016.11
- 6) 三村麻里, 麻生直木, 毛井崇博, 宮内靖昌, 高津比呂人：斜め筋を用いて大開口を補強したRC有孔梁の力学的性状に関する研究(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), Vol. C2, pp.207-208, 2007.8
- 7) 三村麻里, 高津比呂人, 麻生直木, 宮内靖昌：大開口貫通孔を有するRC造基礎梁のせん断補強法の開発(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), Vol. C2, pp.179-182, 2013.8
- 8) 宮内靖昌, 高津比呂人, 毛井崇博, 三村麻里：斜め補強筋を用いて大口径貫通孔を補強した基礎梁の力学的性状と構造設計法, GBRC, Vol. 31, No. 4, pp.16-23, 2006.10
- 9) 平田延明, 中岡章郎：大貫通孔を有する鉄筋コンクリート造梁のせん断性状に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), Vol. C2, pp.241-242, 2012.9
- 10) 村上秀夫, 吉澤梓, 岩倉知行, 太田勤, 中野克彦, 松崎育弘：開口を有するRC基礎梁のせん断耐力に関する実験研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), Vol. C2, pp.243-244, 2012.9
- 11) 筏井文隆, 新井勇作, 小林克己：V字形斜め補強筋と溶接組立せん断補強筋を用いた大開口梁のせん断実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), Vol. C2, pp.245-246, 2012.9
- 12) 有馬義人, 高森直樹, 佐々木聡, 森貴久, 長濱温子：三角形せん断補強筋を用いた基礎梁の大口径貫通孔補強方法(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), Vol. C2, pp.451-454, 2015.9
- 13) 三好雅人, 石岡拓, 清水隆, 傳野悟史, 中村匠, 和泉信之：大口径貫通孔を有する梁部材の開孔補強工法の開発(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), Vol. C2, pp.213-216, 2012.9
- 14) 三好雅人, 石岡拓, 清水隆, 傳野悟史, 中村匠, 前田朋宏, 和泉信之：大口径貫通孔を有する梁部材の開孔補強工法の開発(その3~4), 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), Vol. C2, pp.469-472, 2015.9
- 15) 小林克己：RC造大開口梁のせん断終局耐力に対する開孔周囲補強筋の役割について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), Vol. C2, pp.237-238, 2012.9