

高強度補強金物を用いた RC 有孔梁のせん断耐力に関する研究

～その1 実験概要と実験結果～

キーワード：鉄筋コンクリート 有孔梁 補強金物
修正広沢式 高強度鉄筋

正会員 久保 政照*1 同 佐藤 立美*3
同 池田 秀樹*1 同 村上 昌平*2

1.1 はじめに

本研究は RC 有孔梁の開孔部補強金物に、高強度材料を用い、その補強効果を実験的検証にするものである。この場合、設計適用範囲として、せん断補強筋の強度は σ_y 1275N/mm² とした。なお以降、せん断補強筋が 685N/mm² 以上を高強度鉄筋と呼ぶ。

RC 有孔梁の終局せん断耐力の評価には、RC 規準による修正広沢式が用いられることが多い。しかし、修正広沢式は主にせん断補強筋の強度が $\sigma_y=295\sim390\text{N/mm}^2$ の RC 有孔梁の実験資料をもとに提案された実験式であり、開孔部のせん断補強に高強度鉄筋を使用した場合、修正広沢式の適用範囲を逸脱しているといえる。

本研究では終局せん断耐力実験値と修正広沢式計算値との適合性について検証を行い、また、せん断耐力に与える各種変動因子の影響について比較検討を行う。

1.2 実験概要

試験体はすべて開孔部でせん断破壊するように計画し、変動因子は以下に示す 6 つとした。

- 1) 梁せい：D=600、750(mm)
- 2) コンクリート設計強度： $F_c=24、33、45、60(\text{N/mm}^2)$
- 3) 開孔径比：H/D=1/3、1/4、1/4.8
- 4) あばら筋強度： $\sigma_{wy}=295、685、785、1275(\text{N/mm}^2)$
- 5) 有効補強範囲のあばら筋比： $P_s=0.24\sim 1.05(\%)$
- 6) 補強金物の鉄筋比： $P_r=0.29\sim 0.99(\%)$

以上の変動因子の組み合わせの中より、各因子の影響を確認できるよう選定し、計 30 体の試験体を作製した。共通因子として梁幅は 300mm、スパン 1,400mm とした。また、開孔は各試験体とも梁の中心、1 開孔とした。破壊形式がせん断破壊先行型となるよう、主筋は高強度鉄筋 SD685(685N/mm²)を使用し、配筋は 3 - D25 とした。

表 1.1 試験体概要および実験結果

試験体名称	有効補強範囲の配筋		鉄筋比			曲げ 略算式 計算値 cQ_{my} (kN)	修正 広沢式 計算値 cQ_{uh1} (kN)	計画時 せん断 余裕度 $\frac{Q_{uh1}}{cQ_{my}}$	コンク リート圧 縮強度 σ_B (N/mm ²)	終局せん断耐力			最大荷重時の歪 ϵ/ϵ_y		
			一般部	有効補強範囲						実験値 eQ_{uh} (kN)	広沢式 計算値 cQ_{uh2} (kN)	強度比 $\frac{Q_{uh}}{cQ_{uh2}}$			
	あばら筋	補強金物	あばら筋 P_w (%)	あばら筋 P_s (%)	補強金物 P_r (%)	あばら筋	補強金物								
A-24-2D-3	2-D13	S8×2	0.67	0.35	0.39	798.1	345.9	0.43	24.0	394.0	382.2	1.03	1.00	0.49	
A-33-2D-3							367.8	0.46		30.8	479.4	398.8	1.20	1.00	0.59
A-33-2D-4							403.8	0.51		30.1	512.0	431.0	1.19	1.00	0.48
A-33-2D-5							421.8	0.53		39.8	635.8	481.9	1.32	1.00	0.77
A-33-3D-3	6-D13	S13×2	1.15	1.05	0.99	522.7	0.65	34.3	608.2	571.9	1.06	1.00	0.46		
B-33-2D-3	2-D13	S8×2	0.56	0.27	0.29	1019.0	458.8	0.45	42.6	589.6	534.6	1.10	0.78	1.00	
A-45-2D-3	2-D13	S8×2	0.67	0.35	0.39	798.1	397.1	0.50	53.2	498.6	453.4	1.10	1.00	0.94	
A-60-2D-3							433.6	0.54		48.2	493.2	441.2	1.12	1.00	0.76
A-60-2D-4							488.7	0.61		48.2	560.4	487.9	1.15	1.00	0.63
A-60-2D-5							516.2	0.65		52.7	630.6	527.0	1.20	1.00	0.62
A-60-3D-3	6-D13	S13×2	1.15	1.05	0.99	588.5	0.74	49.0	697.4	607.7	1.15	0.94	0.44		
B-60-2D-3	2-D13	S8×2	0.56	0.27	0.29	1019.0	557.9	0.55	60.8	631.6	601.3	1.05	0.79	0.88	
A-24-2R-3	2-R13	S8×2	0.67	0.35	0.39	798.1	392.7	0.49	21.9	391.4	424.5	0.92	0.37	0.55	
A-33-2H-3	2-H13						405.7	0.51		39.8	544.6	453.3	1.20	0.65	0.79
A-33-2R-3	2-R13						414.6	0.52		38.8	515.6	465.7	1.11	0.60	0.75
A-33-2R-4							450.6	0.56		38.8	689.4	505.8	1.36	0.74	0.62
A-33-2R-5	2-R13	0.62	468.6	0.59	37.1	821.4	519.9	1.58	0.88	0.61					
A-33-2U-3	2-U10.7	0.48	0.24	0.38	802.5	426.1	0.53	37.1	519.4	467.5	1.11	0.48	0.80		
A-33-3R-3	6-R13	S13×2	1.15	1.05	0.99	798.1	607.7	0.76	34.3	591.6	660.4	0.90	0.37	0.42	
A-33-3U-3	6-U12.6		1.14	1.03	0.99		677.6	0.85	30.0	573.2	706.8	0.81	0.23	0.35	
B-33-2R-3	2-R13	S8×2	0.56	0.27	0.29	1019.0	511.0	0.50	42.6	752.4	587.5	1.28	0.76	0.83	
A-45-2R-3	2-R13	S8×2	0.67	0.35	0.39	798.1	443.9	0.56	43.7	534.2	477.7	1.12	0.65	0.62	
A-60-2H-3	2-H13						471.5	0.59		52.7	588.4	484.8	1.21	0.78	0.72
A-60-2R-3	2-R13						480.4	0.60		61.7	635.6	521.5	1.22	0.82	0.83
A-60-2R-4							535.5	0.67		53.4	737.0	551.7	1.34	0.70	0.70
A-60-2R-5	2-R13	0.62	563.0	0.71	56.2	830.0	586.7	1.41	0.74	0.58					
A-60-2U-3	2-U10.7	0.48	0.24	0.38	802.5	492.5	0.61	56.2	573.2	514.5	1.11	0.46	0.89		
A-60-3R-3	6-R13	S13×2	1.15	1.05	0.99	798.1	673.5	0.84	61.7	738.4	727.2	1.02	0.46	0.45	
A-60-3U-3	6-U12.6		1.14	1.03	0.99		743.4	0.93	48.4	749.0	751.6	1.00	0.23	0.55	
B-60-2R-3	2-R13	S8×2	0.56	0.27	0.29	1019.0	610.1	0.60	60.8	785.2	654.2	1.20	0.92	0.89	

[鉄筋の種類]D:SD295A、H:UHD685、R:リバーホーン785、S:KSS785、U:ウルホーン1275 [修正広沢式計算値] cQ_{uh1} :設計強度で計算、 cQ_{uh2} :材料試験強度で計算

Study on the Shear Strength of RC Perforate Beams with a High Strength through-hole Reinforcement Steel

~Part1 : The Outlines and Results of the Experiment ~

IKEDA HIDEKI, KUBO Masateru, MURAKAMI Shohei and SATO Tatsumi

開孔部の補強には提案した新しい補強金物を使用し、使用鉄筋は高強度鉄筋 KSS785(785N/mm²)とした。

試験体名称の説明を図 1.1 に、提案した新しい補強金物及び代表試験体の配筋図を図 1.2 に示す。また、その他試験体概要を表 1.1 に示す。

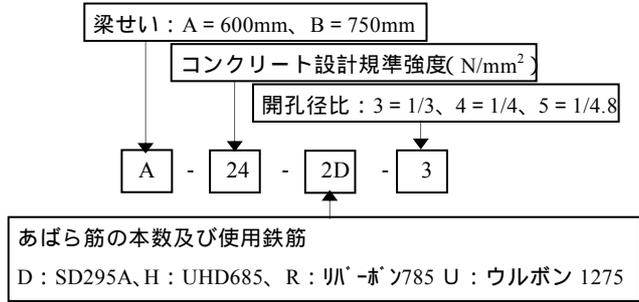


図 1.1 試験体名称の説明

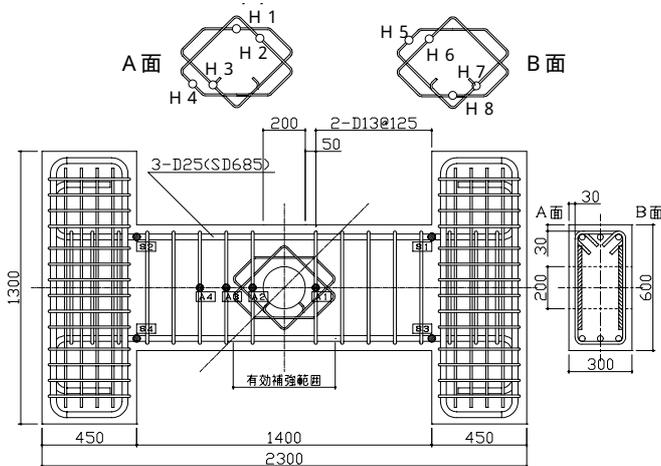


図 1.2 補強金物及び代表試験体配筋図

表 1.2 使用鋼材引張試験結果

使用鋼材	径	使用部位	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び率 (%)
SD685	D25	主筋	766	986	13
KSS785	S8	補強金物	1056	1228	9
KSS785	S13		976	1091	9
SD295A	D13		368	517	23
UHD685	H13	あばら筋	747	949	16
リバーボン785	R13		933	1074	10
ウルボン	U10.7		1400	1477	10
ウルボン	U12.6		1368	1480	7

表 1.1 中に、曲げ降伏時せん断耐力 cQ_{my} を曲げ耐力略算式で、終局せん断耐力を修正広沢式 cQ_{uh1} で計算し示す。表 1.1 より、せん断余裕度は cQ_{uh1}/cQ_{my} 0.93 と 1.0 を下回っており、せん断破壊先行型の実験計画であると言える。

実験は、二軸載荷装置を使用し、梁に水平荷重のみを載荷した。水平載荷はプログラム変位制御で、正負各 1 回の繰り返し載荷とした。また、実験終了の目安は、変形角 $R=1.5\%$ とした。

1.3 実験結果および検討

実験日材令でのコンクリート圧縮試験結果、終局せん断耐力実験値を表 1.1 に示し、使用鋼材引張試験結果を表 1.2 に示す。試験体 A-33-2R-5、A-60-2R-5 は主筋降伏後、開孔部でせん断破壊した。また、その他の試験体は計画どおり開孔部でせん断破壊した。A-33-2R-5、A-60-2R-5 について、主筋が降伏しない場合の終局せん断耐力は本実験値以上であると考えられるが、以降はその他の試験体と同様に修正広沢式計算値との直接比較を行っている。

表 1.1 より、終局せん断耐力実験値と修正広沢式計算値の比 cQ_{max}/cQ_{uh2} (以降、強度比とする) は 0.81~1.58 の範囲で、平均値は 1.15、標準偏差は 0.157 となっており、強度比が 1.0 を下回った試験体は 3 体のみである。本実験で提案した高強度補強金物を使用した RC 有孔梁の試験体は、その終局せん断耐力を、修正広沢式でほぼ推定できている。

代表試験体として A-24-2D-3 の荷重 - 変形角(P-R)曲線を図 1.3 に示す。主筋の曲げ降伏が先行した試験体 A-33-2R-5、A-60-2R-5 を除き、すべての試験体とも、荷重 - 変形角の関係はほぼ同様である。まず実験開始後、変形角 0.25%までは直線的に耐力が増大し、変形角 0.5~1.0%付近で耐力は最大となり、その後、急激な耐力低下を示し、終局状態に至った。

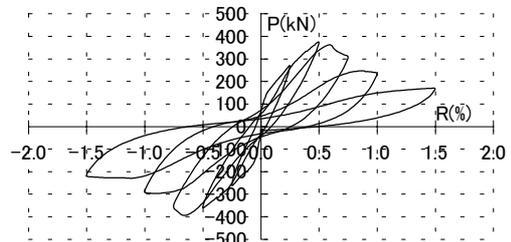


図 1.3 P-R 曲線 (A-24-2D-3)

1.4 まとめ

- 1) 試験体 A-33-2R-5、A-60-2R-5 は主筋降伏後、せん断破壊した。また、その他の試験体は計画どおり開孔部でせん断破壊した。
- 2) 強度比が 1.0 を下回った試験体は 3 体のみであり、高強度材料を用いた新しい補強金物を使用した RC 有孔梁は、そのせん断終局強度を、修正広沢式でほぼ推定でき、補強効果が確認できた。

参考文献

- 1) 福迫・佐藤ほか：交差楕円形状の開孔補強金物で補強した RC 有孔梁の剪断補強効果に関する研究 (その 6) 日本建築学会中国支部研究発表会 2002.3

*1 株式会社 栗本鐵工所
 *2 広島工業大学大学院
 *3 広島工業大学工学部建設工学科 教授・工博

*1 Kurimoto, Ltd
 *2 Graduate School, Hiroshima Institute of Technology
 *3 Prof. Hiroshima Institute of Technology, Dr. Eng