

PC 梁の開口補強工法の開発における実験報告

技術本部 技術部 多久和大海
 技術本部 技術部 渡邊一弘
 建築本部 寒川勝彦
 東京建築支店 建築設計部 大迫一徳

1. はじめに

建築物では設備配管を設ける場合、階高を低く抑えるため、梁に開口を設け設備動線とすることがある。鉄筋コンクリート(以下、RC)造では円形梁開口を補強する際、開口周囲に配筋するユニット型の補強筋(以下、開口補強金物)と補強有効範囲 C 内に配筋するあばら筋(以下、C 内あばら筋)を組み合わせた補強工法が用いられる場合がある。

筆者らはプレストレストコンクリート(以下、PC)造有孔梁に RC 造有孔梁で用いられる開口補強工法を適用する研究を行っており、PC 造有孔梁のせん断ひび割れ強度、せん断終局強度を検討するため構造実験を実施した。

表-1 試験体一覧

試験体名		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	
第1 シリ ーズ	梁断面	300×500								
	コンクリート	N/mm ²		27		36		60		27
	開口径	167(1/3D)								
	開口個数	1				3			1	
	C内あばら筋	2-D6×4組		2-S6×4組		2-D6×4組			2-S6×4組	
	開口補強金物	S6×2		S6×2枚						
	開口補強筋量	%		0.48		0.20		0.48		
PC鋼棒	2-φ32									
導入プレストレス	N/mm ²		2.7		5.4		2.7		3.3	
試験体名		No.11	No.12	No.13	No.14	No.15		No.16		
第2 シリ ーズ	梁断面	300×500				180×500				
	コンクリート	N/mm ²		27		36		27		60
	開口径	167(1/3D)								
	開口個数	1								
	C内あばら筋	2-D10×4組		2-S10×4組		4-D10×4組		4-D6×4組		2-D6×4組
	開口補強金物	-		S8×2枚		S8×3枚		S6×2枚		
	開口補強筋量	%		0.91		1.59		0.68		0.81
PC鋼棒	2-φ32				2-φ26		2-φ36			
導入プレストレス	N/mm ²		4.1		3.5		13.3			

2. 試験体概要

表-1 に試験体一覧、図-1 に試験体配筋図を示す。試験体数は14体で、試験体断面はNo.1~No.8, No.11~No.15 が300mm×500mm、No.16 が180mm×500mm であり、梁の長さは1500mm である。また開口径は167mm (1/3D)とし、梁の両端には荷重用のスタブを設けた。

実験因子はコンクリート強度、開口補強筋量、C 内あばら筋強度、開口個数、開口位置、プレストレス量とした。

3. 加力・計測方法

図-2 に荷重装置図を示す。加力は図に示すように、スタブ外側の反力ジャッキを用いてピンおよびローラ支持とし、スタブ内側の加力ジャッキにより梁部に逆対称曲げモーメントを与えた。荷重は変形角制御とし、部材角 $R = \pm 1.25 \times 10^{-3} (1/800) \text{rad.}$ で1 サイクル、 $\pm 2.5 \times 10^{-3} (1/400) \text{rad.}$ 、 $\pm 5 \times 10^{-3} (1/200) \text{rad.}$ 、 $\pm 10 \times 10^{-3} (1/100) \text{rad.}$ 、 $\pm 20 \times 10^{-3} (1/50) \text{rad.}$ 、 $\pm 30 \times 10^{-3} (1/33) \text{rad.}$ 、 $\pm 50 \times 10^{-3} (1/20) \text{rad.}$ で2 サイクルずつの正負交番繰返し荷重とした。加力途中でせん断破壊した場合は、次サイクルの目標部材角まで荷重して終了とした。

4. 実験結果

写真-1 に実験結果の代表例として第1シリーズの基準試験体である No.1 のひび割れ性状、図-3 に梁せん断力 Q-部材変形角 R 関係を示す。ひび割れは、最初に曲げひび割れが生じ、開口中心から斜め45度方向に進展するせん断ひび割れ(45度ひび割れ)、開口45度位置から接線方向に進展するせん断ひび割れ(接線ひび割れ)の順に生じた。最終時には接線ひび割れが梁上下端まで達し、ひび割れ幅が拡幅し、急激な耐力低下を生じるとともに開口部がせん断破壊した。また試験体が最大

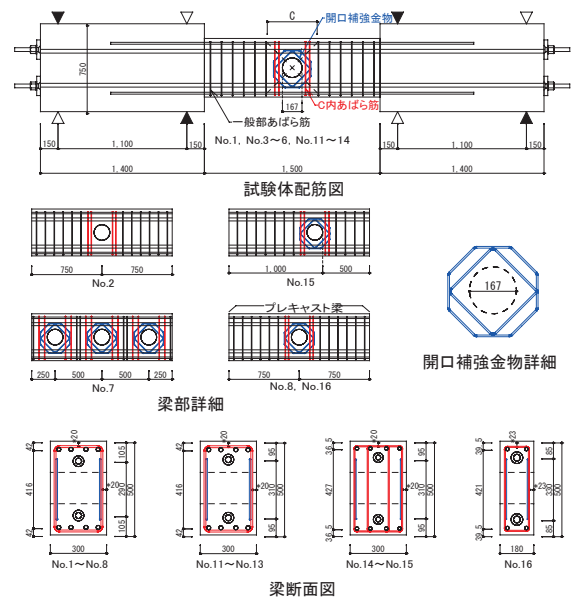


図-1 試験体配筋図

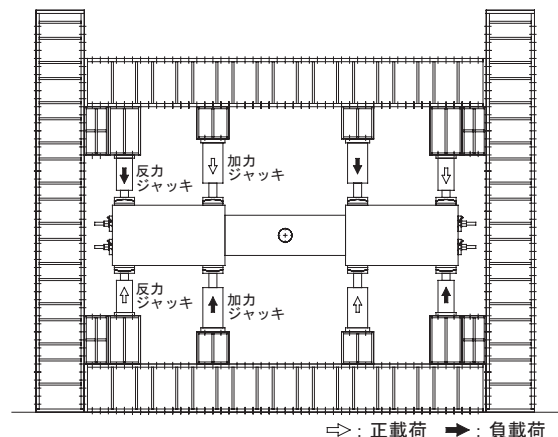


図-2 荷重装置図

耐力に達する直前には C 内あばら筋が降伏した。他のせん断破壊した試験体のひび割れ性状や Q-R 関係も No.1 と同様の推移であった。

5. 実験値と計算値の比較

5.1 開口部せん断ひび割れ強度

開口部せん断ひび割れ強度について実験値と計算値の比較を行う。計算値には津村らによって提案された RC 造有孔梁のせん断ひび割れ強度式にプレストレスによるせん断ひび割れ強度の上昇分を $0.1\sigma_g b j (\sigma_g$:プレストレスによる軸応力度)で考慮した式(1)を用いた。

図-4 に開口部せん断ひび割れ強度の実験値と(1)式による計算値の比較を示す。実験値/計算値の平均値は 1.20 であり、実験値が計算値を上回る安全側の評価となった。ただし、比較的プレストレスの大きい No.16 の実験値が計算値を下回った。

$$Q_{SC1} = \left\{ \frac{0.085 \cdot k_c \cdot (50 + \sigma_B)}{(M/Q \cdot d) + 1.7} \cdot \left(1 - 1.65 \cdot \frac{H}{D} \right) + 0.1 \cdot \sigma_g \right\} \cdot b \cdot j \quad (1)$$

$k_c = 0.72$ ($D \geq 400$ より)

σ_B : コンクリート強度 [N/mm²] M/Qd : シアスパン比

H : 開口径 [mm] D : 梁せい [mm]

b : 梁幅 [mm] j : 鉄筋応力中心間距離 [mm]

σ_g : プレストレスによる軸応力度 [N/mm²]

5.2 開口部せん断終局強度

開口部せん断終局強度について実験値と計算値の比較を行う。計算値には RC 規準に示されている修正広沢式に軸力項 $0.1\sigma_g b j$ を加算した式(2)を用いた。

図-5 に開口部せん断終局強度の実験値と式(2)による計算値の比較を示す。実験値/計算値の平均値は 1.23、変動係数は 0.15 で全試験体が安全側の評価となり、計算値に対する実験値のばらつきが少なく、余裕度を考慮した適正な評価ができた。

$$Q_{SU1} = \left\{ \frac{0.053 \cdot p_t^{0.23} \cdot (\sigma_B + 18)}{(M/Q \cdot d) + 0.12} \cdot \left(1 - \frac{1.61 \cdot H}{D} \right) + 0.85 \sqrt{\sum p_s \cdot \sigma_{sy} + 0.1 \cdot \sigma_g} \right\} \cdot b \cdot j \quad (2)$$

p_t : 引張鉄筋比 [%] M/Qd : シアスパン比

p_s : 孔周囲の鉄筋比

σ_{sy} : 孔周囲鉄筋の降伏応力度 [N/mm²]

$\sigma_B \geq 36$ N/mm² $\sigma_{sy} = \min(25\sigma_B, \sigma_y)$

$\sigma_B \leq 27$ N/mm² $\sigma_{sy} = \min(20\sigma_B, \sigma_y)$

27 N/mm² $\leq \sigma_B \leq 36$ N/mm² 直線補完

6. まとめ

(1) せん断ひび割れ強度は津村式に軸力を考慮した式(1)を用いることで、No.16 を除けば、余裕度を考慮した適正な評価ができた。

(2) せん断終局強度は修正広沢式に軸力を考慮した式(2)を用いることで余裕度を考慮した適正な評価ができた。

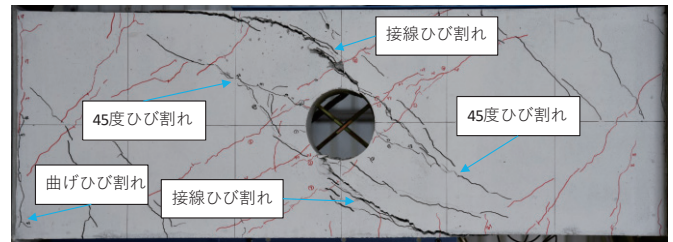


写真-1 ひび割れ性状(No.1)

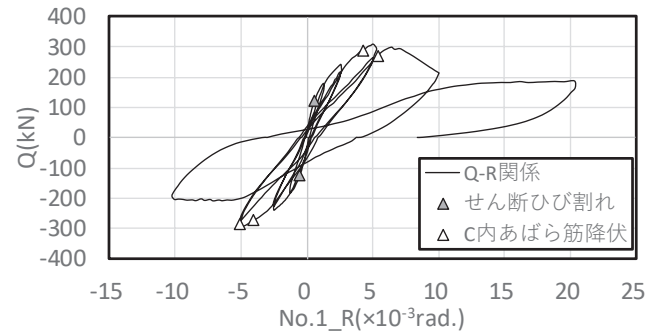


図-3 梁せん断力 Q-部材変形角 R 関係(No.1)

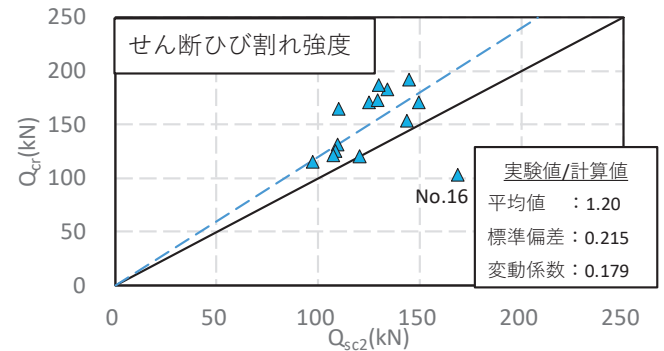


図-4 せん断ひび割れ強度比較

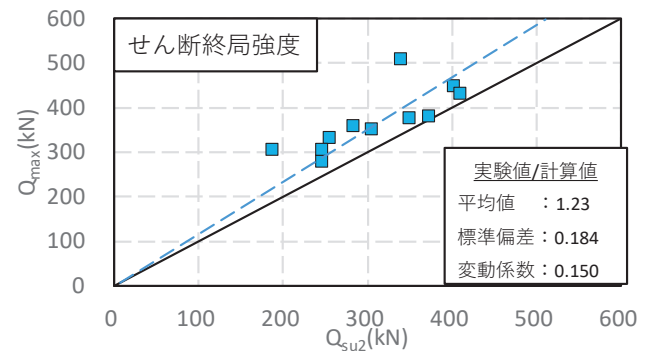


図-5 せん断終局強度比較

Key Words: 有孔梁, プレレストコンクリート, 開口補強筋, せん断耐力



多久和大海

渡邊一弘

寒川勝彦

大迫一徳