

中開孔が近接した大開孔を有する RC 基礎梁の実験的研究

建築本部

設計部

稲生雅史

1. はじめに

建築物の基礎梁には設備配管孔とともに人通孔を設けることが多い。同一の梁に複数の開孔を設ける場合、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会, 2010年, RC規準と略す)では「中心間隔は孔径の3倍以上とすることが望ましい」とされており, 人通孔のように径が大きい開孔を設けると周囲の開孔配置が著しく制限され, しばしば設備配管位置の制約を受ける。

本研究では, 鉄筋コンクリート基礎梁の開孔配置の自由度を向上させることを目的として, 大開孔(人通孔)の両側に中開孔(設備配管孔)を開孔径平均の2倍の中心間隔に近接させた RC 梁試験体の曲げせん断実験を行い, せん断性状について評価する。なお, 本研究は青木あすなる建設, 浅沼組, 奥村組, 熊谷組, 鴻池組, 銭高組, 東亜建設工業, 飛島建設, 長谷工コーポレーション, ピーエス三菱, 三井住友建設, コーヨー建販による共同研究であり, 本稿は本研究に関する既発表文献を引用したものである。

2. 実験概要

2.1 試験体

表-1 に試験体一覧, 図-1 に試験体 No.3 の配筋図を示す。試験体数は6体で, 梁両端部にスタブを有する形状とし, 縮尺約1/3の梁部分に大開孔1つと中開孔2つ, 合計3つの開孔を配置した。開孔周囲の補強には既製品の補強金物を使用し, いずれの試験体も大開孔部のせん断破壊が先行するように計画した。表-2 に使用材料の特性を示す。

2.2 実験方法

写真-1 に加力装置を示す。試験体は縦置きとし, 梁部分に逆対称曲げモーメントが作用するように正負交番繰返しの漸増荷重を行った。荷重履歴は部材角で制御し, 1/1000rad を1回, 1/400, 1/200rad, 大開孔部の短期許容せん断力相当時を各2回, 1/100, 1/67, 1/50rad を各1回の繰返し荷重とした。



写真-1 加力装置

表-1 試験体一覧

試験体	中心間隔	大開孔補強金物	開孔間補強筋	水平補強筋
No.1	562.5 mm	2-S6-4 枚	4-D6-4 組 2-D6-2 組	2-D6(個別)
No.2	375 mm		なし	4-D6-5 組
No.3		7-D10 (連続)		
No.4			2-S6-4 枚	4-D6-1 組 2-D6-1 組
No.5		4-D6-5 組		
No.6				
備考	No.1 の水平補強筋は開孔ごとに個別配置 No.6 は中開孔を梁上端側に 125mm 偏心以下, 共通事項 梁幅: 300mm, 梁せい: 750mm, 内法スパン長さ: 2,250mm, 大開孔直径: 250mm, 中開孔直径: 125mm, 中開孔補強金物: 2-S8-2 枚, 梁主筋: 上下ともに 8-D16(pt=0.77%), 一般部あばら筋: 4-D6@70(pw=0.6%)			

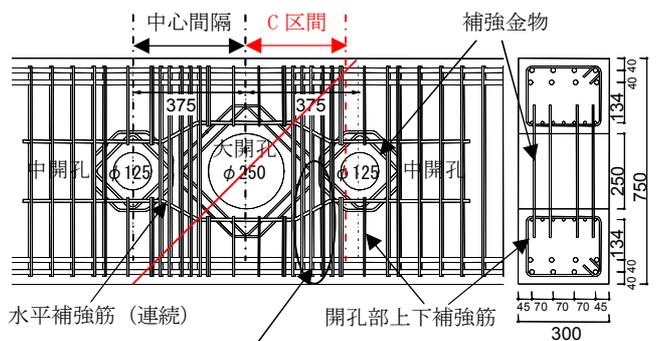


図-1 試験体配筋図 (No.3)

表-2 使用材料の特性

鉄筋	降伏点	ヤング係数	コンクリート	圧縮強度	ヤング係数
D16	995*	182,000	No.1, 2	30.8	27,600
D6	381	168,000	No.3, 4	32.0	28,800
D10	380	179,000	No.5, 6	33.7	28,800
S6	891*	177,000	*は 0.2% オフセット法による 単位: N/mm ²		
S8	922*	180,000			

3. 実験結果

3.1 荷重変形関係と破壊状況

図-2 に試験体 No.3 のせん断力 Q —部材角 R 関係、写真-2 に試験体 No.1 および No.3 の破壊状況を示す。図-2 中の Q_{my} は RC 規準(解 8.21)式による曲げ降伏時せん断力、 Q_{suo1} は 4 章の式(1)による大開孔部せん断強度計算値、 Q_{d1} は大開孔部せん断ひび割れ発生、 Q_{sy} は開孔間補強筋降伏、 Q_{max} は最大耐力を示す。 $R=1/100rad$ 以後においては、試験体 No.1, 5 では開孔間の損傷が卓越しているのに対し、他の試験体では大開孔部の上下部分の損傷が大きく、最大耐力後に急激な耐力低下も見られた。試験体によって破壊位置は異なるが、いずれの試験体も大開孔部でせん断破壊したものと判断した。

3.2 大開孔周囲のひび割れ幅

図-3 に大開孔周囲のひび割れ幅の推移(正加力時)を示す。横軸の p_{wo} は補強金物の補強筋比 p_{wd} と 4 章で説明する孔周囲あばら筋比 p_{ws1} の合計補強筋比、図中の $1/400(1)$ および $1/200(1)rad$ は各部材角 1 回目のサイクル時を示す。ひび割れ幅は部材角の増大とともに大きくなっているが、 p_{wo} が大きいほど、ひび割れ幅の拡幅が小さい傾向にある。大開孔に補強金物がない No.4 および中開孔が偏心配置された No.6 においては $1/200rad$ で $0.3mm$ を超えるひび割れ幅となった。

4. せん断強度

式(1)にせん断強度式を示す。式(1)は単開孔梁のせん断終局強度式である RC 規準(解 22.3)式について、補強金物の降伏強度 $a\sigma_y$ および孔周囲あばら筋の降伏強度 $s\sigma_y$ をコンクリート強度 σ_B の関数で制限した式で、 $a\sigma_y, s\sigma_y \leq 40\sigma_B - 540$ とする。

$$Q_{suo} = \left\{ \frac{0.053p_t^{0.23}(\sigma_B + 18)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} \left(1 - 1.61 \frac{H}{D} \right) + 0.85 \sqrt{p_{wd} \cdot a\sigma_y + p_{ws} \cdot s\sigma_y} \right\} b \cdot j \quad (1)$$

表-3 に最大耐力実験値と大開孔部のせん断強度計算値を示す。ここで、No.1 を除く近接開孔試験体の孔周囲あばら筋比 p_{ws} は、開孔間補強筋を大開孔側と中開孔側に分別する p_{ws1} , 図-1 の C 区間(開孔心より 45 度方向に引いた直線が最外主筋心と交わる位置との距離)内の開孔間補強筋比による p_{ws2} の 2 通りについて求め、それぞれ計算値 Q_{suo1} および Q_{suo2} を算定した。計算値に対する実験値の比は Q_{max}/Q_{suo1} で 1.43~2.21, Q_{max}/Q_{suo2} で 1.40~1.87 となり、いずれも実験値が計算値を上回り、安全側の耐力評価となった。

5. まとめ

中開孔を大開孔に近接させた RC 梁試験体の曲げせん断実験を行い、せん断性状について評価した。本実験の範囲内では、以下の知見が得られた。

- ・破壊位置は開孔間と開孔上下の 2 種類が見られた。
- ・補強金物に開孔部せん断ひび割れ幅の抑制効果が見られた。
- ・開孔間のせん断補強を十分に行えば、既往の単開孔梁のせん断強度式により実験値に対して安全側に耐力評価できる。

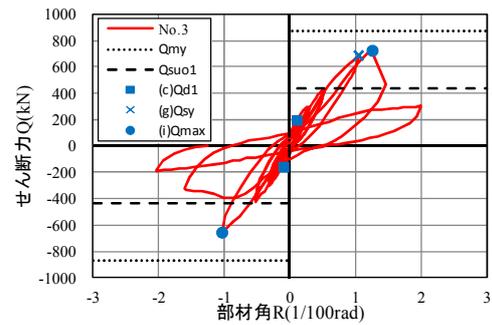


図-2 せん断力 Q —部材角 R 関係 (試験体 No.3)

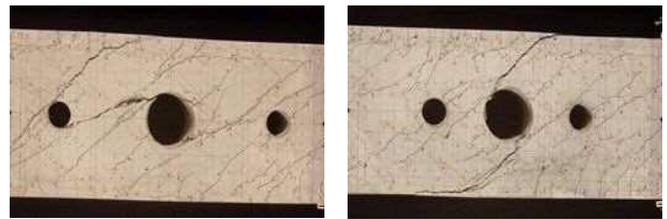


写真-2 破壊状況

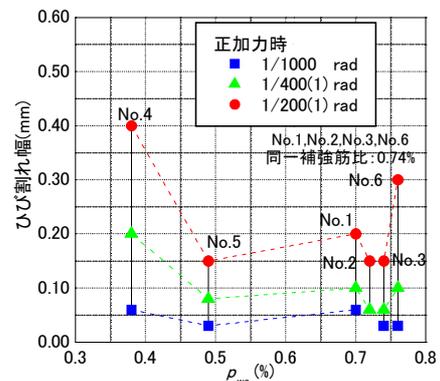


図-3 大開孔周囲のひび割れ幅の推移 (正加力時)

表-3 最大耐力実験値と大開孔部のせん断強度計算値

試験体	実験値 Q_{max} (kN)	大開孔部補強筋比			計算値	
		p_{wd} (%)	p_{ws1} (%)	p_{ws2} (%)	Q_{suo1} (kN)	Q_{suo2} (kN)
No.1	615	0.36	0.38	0.38	421	421
No.2	655			421	456	
No.3	727			431	465	
No.4	671	0.00			304	358
No.5	581	0.36	0.13	0.19	406	416
No.6	841		0.38	0.63	444	478

Key Words: 鉄筋コンクリート, 基礎梁, 有孔梁, 近接開孔, せん断強度



稲生雅史