

RC 造ト形接合部の立面形状が復元力特性に与える影響に関する実験的研究 Experimental Study on the effect of Panel Shape of Exterior Beam-Column Joint on Restoring Force Characteristics

リハビリテーション工学研究室 三本菅 良太

Laboratory of Building Rehabilitation Engineering Sanbonsuge Ryota

1. はじめに

近年、建物の設計要求に伴い、柱せいと梁せいが異なる長方形 RC 造ト形接合部が見受けられる。しかしながら、既往の研究^{1),2)}では、柱せいと梁せいが等しい正方形接合部を前提として復元力特性を評価している。また、RC 造建物では、立面形状が異なる接合部ときの変形への影響をほとんど考えず、建物全体の変形を考えているが、縦長接合部の実験結果では、全体変形に対する接合部の変形割合は大きく、無視できない結果となっている。そこで本研究では、ト形接合部の静的加力実験を行い、立面形状が接合部の復元力特性に与える影響を明らかにし、接合部の変形が層間変形角に与える影響を適切に評価することを目的とする。

2. 実験概要および結果

2.1 実験概要

想定建物は、RC 造純ラーメン架構とし、そのト形柱・梁部分架構を 1/2 スケールの試験体として静的繰返し漸増増荷実験を行った。試験体は表 1 に示した 4 体とした。パラメータは、立面形状 (D_b/D_c)、横補強筋量 ($p_{jw} = 0.3, 0.6\%$)、破壊モードは接合部せん断破壊型 V とした。

2.2 実験結果

図 2 に 4 体の試験体の接合部せん断応力度 τ - せん断変形角 γ の関係の包絡線を示す。

試験体はいずれも層間変形角 1/200rad.までに接合部の入隅部、接合部パネルの順にひび割れが生じ、最大耐力に達する前に、接合部横補強筋が降伏した。立面形状が縦長になるほど剛性が低くなるが、横補強筋量を増やすことによって、剛性は改善された。

3. 接合部の復元力特性

3.1 せん断ひび割れ強度

接合部のせん断ひび割れ強度 τ_{cr} は靱性指針¹⁾では、コンクリートの引張強度 f_t を $0.47\sqrt{\sigma_B}$ として、モールの応力円により式(1)で計算される。

$$\tau_{cr} = \sqrt{f_t^2 + \sigma_0 f_t} \quad (1)$$

実験においてせん断ひび割れが生じた時点の接合部せん断応力度 τ_{cr} と σ_0 から f_t を求め、コンクリート強度によって決まる $\sqrt{\sigma_B}$ と比較して図 3 に示した。その結果、実験の主応力度 f_t は立面形状の違いによらず、柱・梁でのせん断ひび割れ強度に使用される $f_t = 0.33\sqrt{\sigma_B}$ に近く、この値を用いることにより接合部のせん断ひび割れ強度を評価できる。

3.2 剛性評価

実験の剛性は図 4 に示すように実験の値から接合部

せん断ひび割れ点 $e\tau_{cr}$ と最大耐力 $e\tau_{ju}$ から、実験の初期剛性 eG_1 と第 2 剛性 eG_2 を求めた。靱性指針¹⁾では、接合部の復元力特性として、図 5 に示すような初期剛性 G_1 はせん断弾性剛性を用い、第 2 剛性 G_2 は実験による回帰式を用いて評価している。これらには立面形状の影響が考慮されておらず、正しく接合部の剛性を評価できていない。そこで、接合部の変形を図 6 のように曲げとせん断変形の和として考え、初期剛性 G_1' を等価せん断弾性剛性と

表 1 試験体一覧

試験体	V06_03	V10_03	V20_03	V20_06
立面形状	横長	正方形	縦長	
破壊モード ¹⁾	V			
断面 ²⁾	$b_b \times D_b$	350×350	350×450	350×900
	$b_c \times D_c$	400×600	400×400	400×400
	D_b/D_c	0.6	1.0	2.0
$p_{jw}(\%)$ ³⁾	0.3			0.6
$\sigma_B(N/mm^2)$ ⁴⁾	27.0	23.8	24.7	27.1
$E_c(N/mm^2)$ ⁴⁾	25900	26600	27100	26200

1 V: 接合部せん断破壊型

2 D_b : 梁せい(mm), b_b : 梁幅, D_c : 柱せい(mm), b_c : 柱幅

3 接合部横補強筋比

4 材料試験結果のコンクリート強度を示す

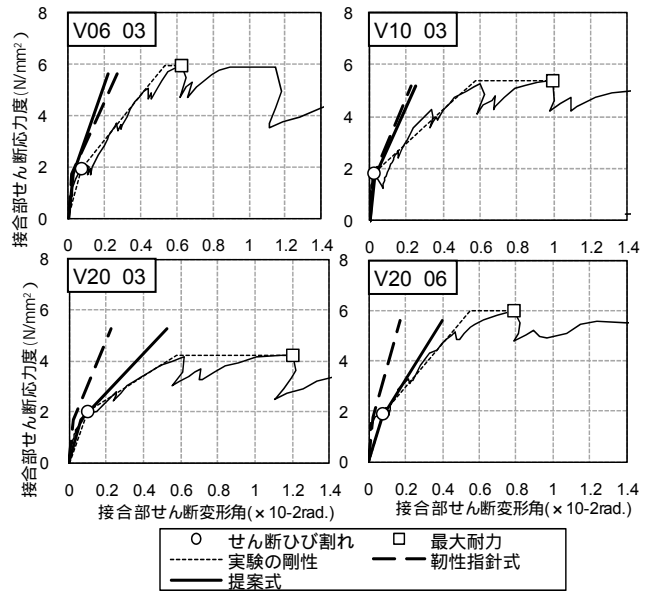


図 2 τ - γ 包絡線と剛性評価

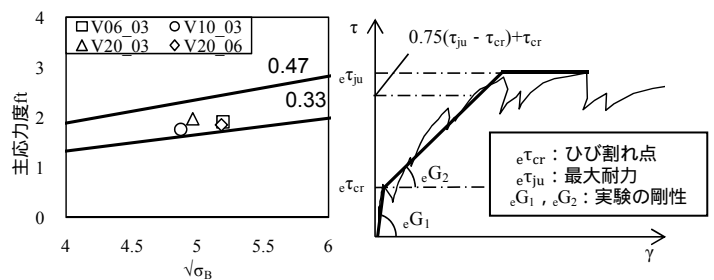


図 3 ひび割れ強度の比較

図 4 実験結果の第 2 剛性

接合部の剛性¹⁾
 $G_1 = E_c/2(1 + \nu)$
 $G_2 = G_{21}K_0K_1K_2K_3$
 E_c : コンクリートのヤング係数
 ν : ポアソン比
 G_{21} : コンクリート圧縮強度
 G_{21} : 基準となる第2剛性で
 $1593.48(\text{N/mm}^2)$
 $K_0 \sim K_3$ は以下を考慮する係数
 K_0 : 接合部のコンクリート強度
 K_1 : 横補強筋量
 K_2 : 中段筋
 K_3 : 柱軸応力度

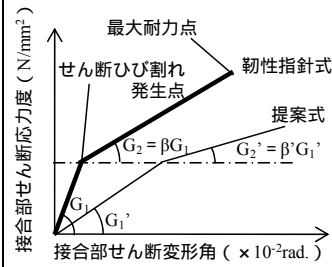


図5 接合部の復元力特性

接合部の曲げ変形による剛性
 $\delta_{F1} = (V_{jb} D_b^3)/(12E_c I)$
 $V_{jb} = \delta_F/D_{bc}$
 $\delta_{F1} = (\tau_{jb} D_b^3)/(E_c D_c^2)$
 以上から曲げ変形による剛性 G_{F1} は
 $G_{F1} = \tau_{jb}/V_{jb} = E_c \times (D_b/D_c)^2$

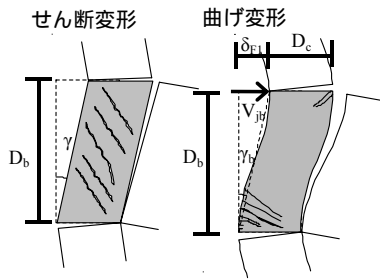


図6 接合部の変形

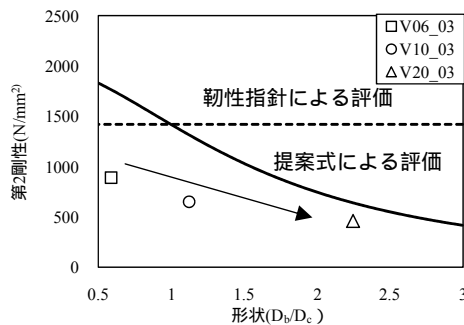


図7 形状と実験結果，提案式の比較

して式(2)のように評価した。また，靱性指針の第2剛性 G_2 は正方形接合部の実験値を評価しているのて，正方形の第2剛性 G_2' が $G_2' = G_2$ となるように剛性低下率 β' を式(3)のように定め，式(4)で第2剛性を評価した。各試験体の計算値を図2に示し，図7に計算値と実験値を示す。

$$1/G_1' = 1/G_1 + (D_b/D_c)^2 \times 1/E_c \quad (2)$$

$$\beta' = G_2 \times (1/G_1 + 1/E_c) \quad (3)$$

$$G_2' = \beta' \times G_1' \quad (4)$$

提案式により，縦長ほど剛性が低くなるという実験の傾向を捉える事が出来たが，横長試験体では提案式とあっていない。提案式では，接合部の縦方向の変形しか考えていないが，横方向の変形も考える必要がある。

4 接合部変形による層間変形角への影響

層間変形角は図9に示すように梁，柱，接合部の3つの変形より求めた。柱と梁は図4に示すモデルで曲げ剛性とせん断剛性を直列し，弾性剛性を計算した。曲げひび割れ発生後は，菅野式³⁾による剛性低下率 α_y を用いて剛性を低下させ，梁，柱の変位 $\delta_b, \delta_c (= \delta_{ct} + \delta_{cb})$ を求めた。接合部の剛性は，図5に示すモデルで提案式と靱性指針式¹⁾のせん断変形角 γ を求めた。 $\delta_b, \delta_c, \gamma$ から，図8の方法によりそれぞれの変形を層間変形角に換算した。

その結果を図9に示す。提案式での評価の方が実験値に近く，接合部の形状を考慮すると，接合部の変形をよ

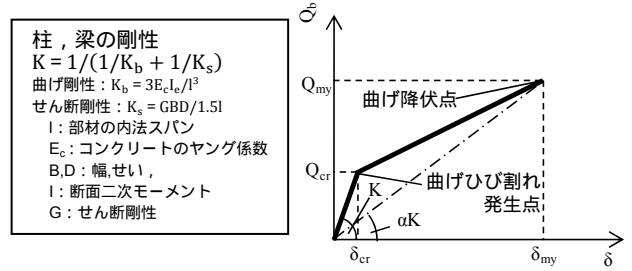


図8 柱，梁の復元力特性

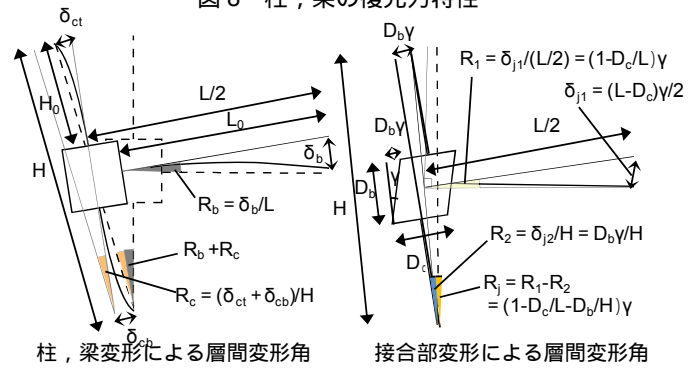


図9 各部材の変形による層間変形角

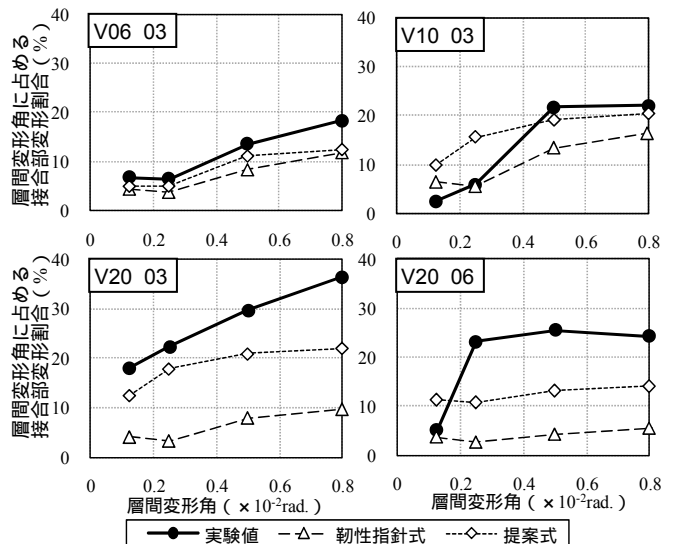


図10 実験における接合部変形成分

り正確に評価出来た。

5. まとめ

立面形状の異なるト形接合部の静的加力実験により以下の知見を得た。

- (1) ひび割れ強度は立面形状の影響は見られず，コンクリート強度 f_t を $0.33\sqrt{\sigma_B}$ とすれば，式(1)からひび割れ強度を評価できる。
- (2) 接合部の剛性は，形状が縦長になるほど低下した。また，接合部の曲げ変形を考慮した等価せん断剛性で評価すると，その傾向を捉える事が出来た。
- (3) 実験結果と提案式で求めた接合部変形が層間変形に占める割合はほぼ一致し，提案式により，接合部の変形が層間変形に与える影響を適切に評価出来た。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，2001.9
- 2) 北山和宏：鉄筋コンクリート柱・梁接合部の復元力特性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.14，No.2，1992
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説，2010.2

