

ダボ形式による CLT パネルせん断接合部の構造性能に関する実験的研究 その2 実験結果と特性値の算出

正会員 ○遠藤 広大 1* 同 熊谷 太希 1*
同 前田 匡樹 2*

CLT 直交集成板 ダボ接合
せん断接合部 ばらつき係数

1. はじめに

その2では接合部要素の荷重結果と破壊性状について述べ、さらに特性値の算出を行い、CLT パネル告示の設計ルート1(以下、ルート1)における必要せん断強度を満足するか検討を行う。

ルート1における必要せん断強度は基礎と壁の接合部分(CR試験体)で47kN以上、壁と垂れ壁の接合部分(CC試験体)で52kN以上である。

2. 実験結果と破壊性状

CR試験体とCCの荷重変形関係を図-1と図-2に、破壊状況を図-3に示す。計測値については3.2にて算出する特性値と併せて示す。

CR試験体では、図-3(a)内Aに示すような最外層の圧縮破壊と、Bに示すような弱軸方向の引っ張り破壊がみられた。Aにおけるダボの角を結ぶようにひび割れが進行し弱軸方向の引っ張り破壊後に耐力の急激に低下した。

CC試験体では、図-3(b)内Cに示すような強軸方向のせん断破壊と、Dに示すような圧縮力によるダボとパネルのめり込みが生じた。Dにおけるダボの角付近から加力端部に向い発生したひび割れが進行し強軸方向のせん断破壊後に耐力の急激に低下した。

両試験体でそれぞれ同程度の最大耐力を示していた。

3. 特性値の算出

3.1 特性値の算出方法

各特性値の算出は「2016年版 CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」⁴⁾の「第III部 第10章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法 10.6.1 評価方法」に基づき行った。

実験で得られた荷重-変形曲線から、包絡線を作成し、以下の方法により完全弾塑性モデルを作成し、最大荷重 P_{max} 、 $2/3P_{max}$ 、降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 、降伏変位 δ_y 、完全弾塑性モデル降伏変位 δ_v 、終局変位 δ_u 、初期剛性 K 、塑性率 μ 、短期基準耐力 P_o の算出を行った。ただし繰り返し試験体では、接合部部の隙間などによると思われる初期スリップを示す試験体があったため、実験によって得られた荷重-変位関係をもとに、弾性剛性を算出し、スリップ部分をオフセットして原点に移動して包絡線を求めた。これは、オフセットしない包絡線を用いると、図-4中の0.1 P_{max} と0.4 P_{max} 結ぶ第I直線の剛性が、0.4 P_{max} と0.9 P_{max} 結ぶ第II直線の剛性より低くなり、降伏耐力 P_y が適切に算出できなかったためである。

3.2 特性値の算出

3.1より算出される特性値は各特性値の平均値を求め、荷重に関する特性値についてはそれぞれのばらつき係数 α を乗じた値を算出した。なお、ばらつき係数は、母集団の分布系を正規分布とみなし、統計処理に基づく信頼水準

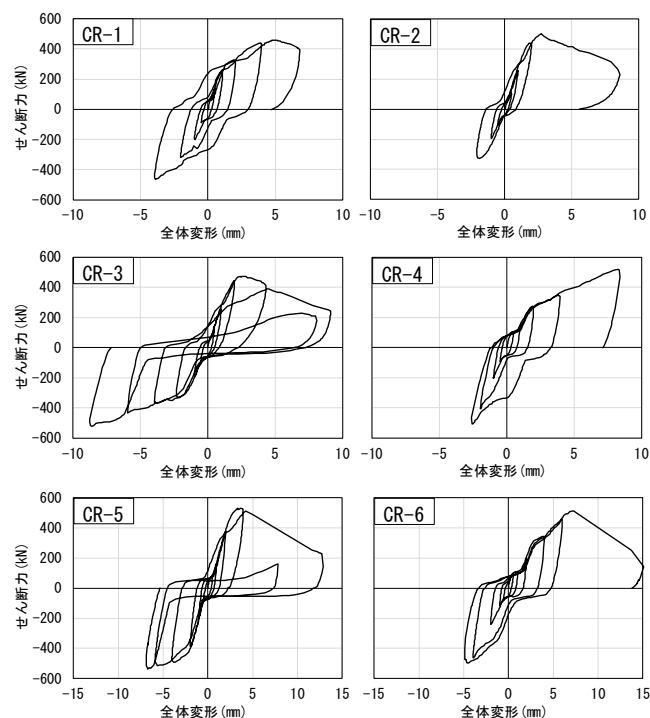


図-1 CR試験体荷重-変形関係

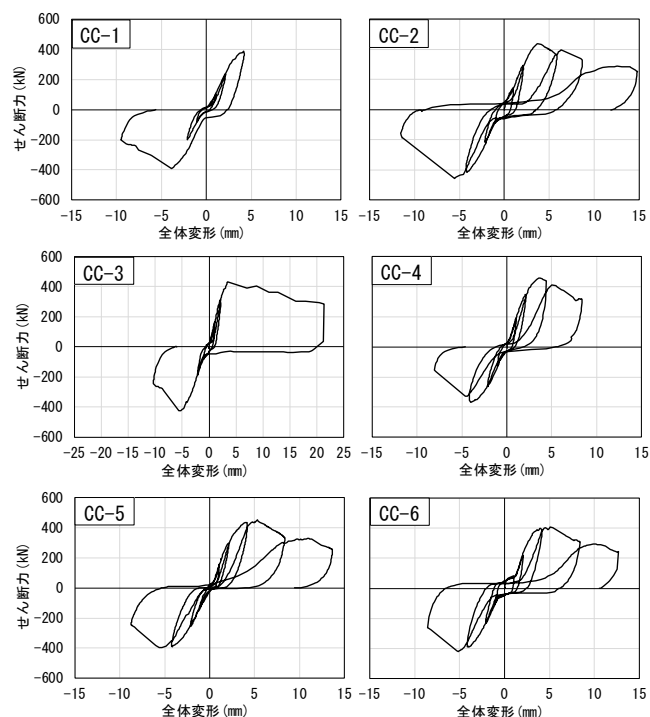


図-2 CC試験体荷重-変形関係

75%の95%下限許容値をもとに次式により求めた。

$$\alpha = 1 - CV \cdot k \quad \text{式(1)}$$

ただし、

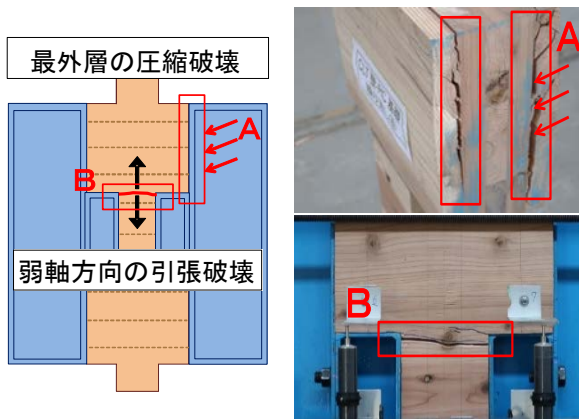
CV: 変動係数

k: 信頼水準 75%における 95% 下限許容値限界値を求めるための係数

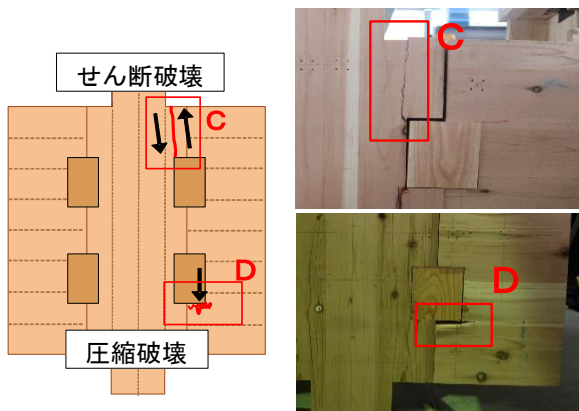
短期基準耐力 P_0 は上記のばらつき係数 α を乗じた降伏耐力 P_y または最大荷重の 2/3 の内、小さい方とした。

$$P_0 = \min(\alpha P_y, 2/3 \alpha P_{max}) \quad \text{式(2)}$$

両試験体の計測値と算出した特性値を表-1,2 に示す。3.1 に述べたオフセットを行なっても包絡線のスリップ形状が顕著で特性値を算出できない試験体も数体存在した。また、両試験体共に最大耐力 P_{max} においてはばらつきが小さく、降伏耐力 P_y ではばらつきが大きくなっていることがわかる。そのため、今回の結果では降伏耐力と $2/3 P_{max}$ の平均は同程度であったが短期基準耐力はばらつきの大きな降伏耐力側で決定している。CR 試験体における短期基準強度 P_0 は 96.4kN、CC 試験体における短期基準強度 P_0 は 80.0kN であった。



(a) CR 試験体



(b) CC 試験体

図-3 破壊状況図

設計ルート 1 における必要せん断強度は CR 試験体で 47kN 以上、CC 試験体で 52kN 以上であるため、両試験体共に要求性能を満足していることを確認した。接合断面は最適設計にて決定したが、要求性能と比較して CR 試験体では約 2.0 倍、CC 試験体でも 1.5 倍の強度を示しており、告示内に定められている基準強度が過小に評価されていることがわかる。また、告示記載の鋼板添え板ビス接合に比べて耐力・剛性の向上を期待できることがわかった。

4. まとめ

ダボ接合によるせん断接合部の静的荷重実験から得られた知見を、以下に示す。

- 1) 両接合部について CLT 告示設計ルート 1 における要求性能を満足することを確認した。
- 2) 接合部の断面設計は、告示内に示される基準強度を用いて要求性能を満足するよう最適設計を行なったが、結果はばらつきを考慮しても約 1.5-2.0 倍の値を示しており、基準強度を過小に評価していることがわかった。
- 3) 告示に記載されている鋼板添え板ビス接合に比べて剛性・耐力の向上が期待できることがわかった。

【参考文献】と【謝辞】は本稿その 3 にまとめて示す。

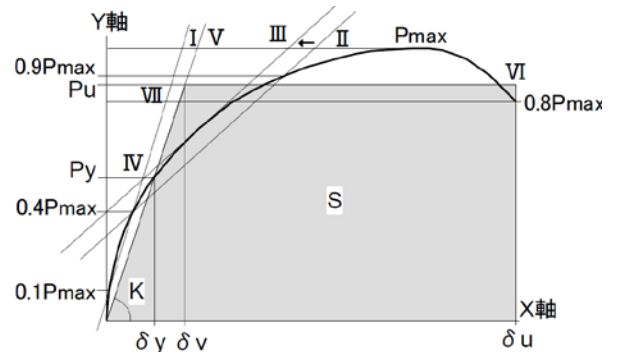


図-4 完全弾塑性モデル作成⁴⁾

表-1 CR 試験体実験結果・特性値

試験体名	最大荷重	降伏耐力	終局耐力	2/3Pmax	終局変位	降伏変位	初期剛性	降伏点変位	塑性率
	Pmax kN	Py kN	Pu kN	kN	δu mm	δy mm	K kN/mm	δv mm	$\mu = \delta u / \delta v$
CR-1	459.3	264.4		306.2		1.1	232.7		
CR-2	501.1	408.2	452.4	334.1	5.2	1.6	258.9	1.7	3.0
CR-3	474.6	343.2	444.3	316.4	4.8	1.3	258.9	1.7	2.8
CR-4	518.2	268.0		345.5		1.8	148.3		
CR-5	529.9	399.8	485.8	353.3	6.7	1.9	205.2	2.4	2.8
CR-6	513.2	294.4	435.4	342.1	8.6	1.9	152.5	2.9	3.0
平均	499.4	329.6	454.5	332.9	6.3	1.6	209.4	2.2	2.9
ばらつき係数	0.88	0.58	0.89	0.88			0.49		
特性値	441.3	192.8	403.4	294.2	6.33	1.6	103.1	2.2	2.9
特性値*1/2	220.7	96.4	201.7	147.1					

表-2 CC 試験体実験結果・特性値

試験体名	最大荷重	降伏耐力	終局耐力	2/3Pmax	終局変位	降伏変位	初期剛性	降伏点変位	塑性率
	Pmax kN	Py kN	Pu kN	kN	δu mm	δy mm	K kN/mm	δv mm	$\mu = \delta u / \delta v$
CC-1	388.5			259.0					
CC-2	438.1			292.1	6.3				
CC-3	429.5	421.1	399.5	286.3	13.9	3.3	128.1	3.1	4.4
CC-4	458.9	296.9	396.4	305.9	6.4	1.6	180.0	2.2	2.9
CC-5	450.9	262.4	407.2	300.6	7.8	1.8	149.6	2.7	2.9
CC-6	405.1	302.5	378.5	270.1	6.8	1.8	167.1	2.3	3.0
平均	428.5	320.7	395.4	285.7	8.2	2.1	156.2	2.6	3.3
ばらつき係数	0.87	0.50	0.93	0.87			0.67		
特性値	370.8	159.9	367.2	247.2	8.2	2.1	103.9	2.6	3.3
特性値*1/2	185.4	80.0	183.6	123.6					

*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
*2 東北大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku University
*2 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.