様式第7号(第11条関係)

成　　績　　書

依頼者

住 所　　島根県松江市東津田町763-2

氏 名　　株式会社つみっく　代表取締役社長　三島　昌彦

平成 22 年 3 月 12 日付けの分析等依頼申請書に基づく 木材実大強度試験(ボックスビームの曲げ試験) の結果は下記のとおりです。

平成 22 年 3 月 31 日

島根県中山間地域研究センター所長

(分析等の結果)

持参されましたボックスビーム18体について，3等分点4点方式で正方向繰り返し載荷によって実大曲げ試験を行いました。

試験の結果として曲げ性能値，荷重－変形曲線，破壊形態などを報告します。

備考	

1. 試験方法

1.1 ボックスビーム

持参された 18 体のボックスビーム（写真１）について，その仕様は表１のとおりであった。曲げ試験を実施する前に重量及び寸法の測定を行った（表２）。

写真１　持参されたボックスビーム

表１　持参されたボックスビームの仕様

No.	せい×長さ (mm)	フランジの材料	ウェブの貼付方向	フランジとウェブの接合方法	備　考
1	300×4000	ﾎﾜｲﾄｳｯﾄﾞ 2×4 材	スパンに平行	釘(100mm 間隔)	
2	〃	〃	〃	釘(100mm 間隔)＋接着剤	
3	〃	〃	斜行	釘(100mm 間隔)	
4	〃	〃	〃	釘(100mm 間隔)＋接着剤	
5	〃	〃	〃	釘(100mm 間隔)	ｽﾃｨﾌﾅ追加
6	〃	〃	〃	釘(100mm 間隔)＋接着剤	〃
7	450×4000	〃	スパンに平行	釘(100mm 間隔)	
8	〃	〃	斜行	釘(100mm 間隔)	
9	300×7000	スギ LVL	〃	釘(100mm 間隔)	
10	〃	〃	〃	〃	
11	〃	〃	〃	〃	
12	〃	〃	〃	釘(100mm 間隔)＋接着剤	
13	〃	〃	〃	釘(150mm 間隔)	
14	〃	〃	〃	釘と木ビス交互（75mm 間隔）	
15	〃	〃	〃	釘(75mm 間隔)	
16	〃	〃	〃	釘(150mm 間隔)＋接着剤	
17	300×4000	〃	〃	釘(100mm 間隔)	
18	〃	〃	〃	釘(100mm 間隔)＋接着剤	

表２　持参されたボックスビームの重量及び寸法

No.	重量（kg）	幅（mm）	せい（mm）	長さ（mm）
1	21.63	102	300	4001
2	21.95	101	300	4001
3	21.56	101	300	4001
4	21.85	101	299	4000
5	22.87	101	300	4001
6	22.74	101	300	4000
7	28.71	102	450	4000
8	29.24	102	450	4001
9	37.67	101	299	7005
10	37.22	101	299	7005
11	37.47	102	299	7005
12	37.75	102	300	7004
13	37.47	102	300	7005
14	37.09	101	300	7004
15	36.71	102	300	7004
16	37.79	102	300	7005
17	22.67	101	300	4000
18	22.83	101	300	4000

1.2 曲げ試験

曲げ試験は，実大製材品強度試験機（(株)前川試験機製作所製，形式：IPA-100R-F）により行った（写真２）。曲げ試験は３等分点４点荷重方式とし，スパンと荷重点間距離は公称長さ 4000mm のボックスビーム（No. １～No.８及び No.17，No.18 の 10 体）についてはスパン 3450mm，荷重点間距離 1150mm とした。公称長さ 7000mm のボックスビーム（No. ９～16 の８体）についてはスパン 6300mm，荷重点間距離 2100mm とした。

載荷方式は正方向繰り返し荷重とし，具体的には０kN→５kN→０kN→10kN→０kN→15 kN→･･･というように繰り返しにより載荷した。そして，破壊が生じてから以後は単調増加方式としてボックスビームが破壊するまで載荷した。

変位は，スパン方向中央部１点と荷重点下２点の計３点を変位計（ひずみゲージ式変換器，長さ 200mm）により測定した（写真３）。引張り側フランジに治具を取り付け，その変位を試験体の変位として測定した。なお，解析にはスパン方向中央部での変位を用いた。

曲げ試験での評価項目はボックスビームの初期変形，最大荷重と最大変位，スパンの 1/300 に相当する変位が生じた際の荷重及び残留変形とした。

写真２　ボックスビームの曲げ試験

写真３　曲げ試験での変位の測定

2. 試験結果

2.1 曲げ性能

各ボックスビームの初期変形，最大荷重と最大変位及びスパンの 1/300 に相当する変位が生じた際の荷重を表３に示す。

表３　各ボックスビームの曲げ性能

No.	初期変形 (kN/mm)	最大荷重 (kN)	最大変位 (mm)	スパン 1/300 相当変位時の荷重(kN)
1	0.641	16.21	78.98	6.93
2	1.088	32.51	36.08	12.30
3	0.546	13.47	51.24	6.05
4	1.126	33.95	34.06	13.60
5	0.682	16.14	50.71	7.35
6	1.409	35.17	26.29	15.79
7	1.663	26.26	39.43	13.84
8	1.705	25.47	43.77	13.27
9	0.110	10.75	140.95	3.11
10	0.106	10.79	167.63	3.08
11	0.111	10.22	156.44	3.19
12	0.185	17.06	93.83	4.09
13	0.075	8.45	174.99	2.47
14	0.150	12.32	187.08	3.30
15	0.135	12.92	149.63	3.32
16	0.164	15.91	182.42	3.44
17	0.328	12.59	61.17	4.60
18	0.940	24.97	30.42	10.34

各ボックスビームの残留変形を表４に示す。

表４　各ボックスビームの残留変形

No.	残留変形（mm）					
	5kN	10kN	15kN	20kN	25kN	30kN
1	1.82	8.04	23.32			
2	0.17	0.27	0.51	0.63	1.01	1.51
3	2.61	11.90				
4	0.19	0.31	0.39	0.47	0.57	1.01
5	1.46	5.90	15.67			
6	0.00	0.03	0.11	0.17	0.25	0.39
7	0.22	1.14	2.94	6.24	12.11	
8	0.39	2.45	5.67	10.24	16.86	
9	8.53	40.27				
10	8.51	41.99				
11	8.05					
12	0.40	0.90	1.90			
13	16.57					
14	2.92	12.83				
15	4.59	24.33				
16	0.68	1.50	2.80			
17	3.49	12.42				
18	0.07	0.17	0.35	0.59		

2.2 荷重－変形曲線

各ボックスビームの荷重－変形曲線を図１～図 16 に示す。

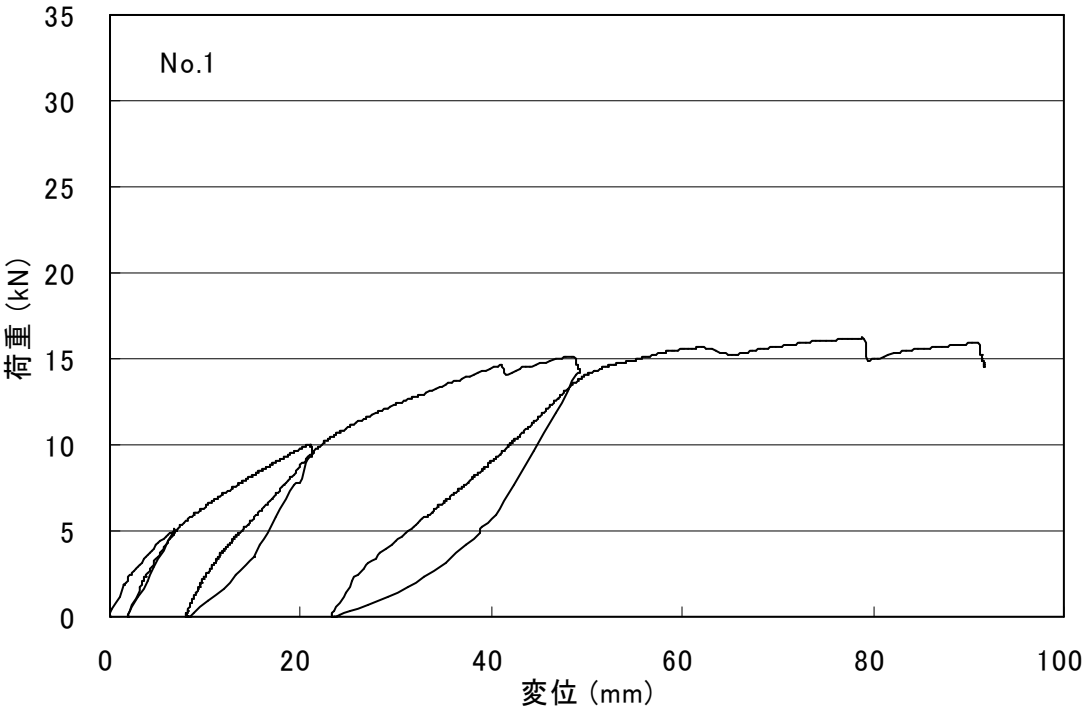


図１　ボックスビームNo.１の荷重－変形曲線

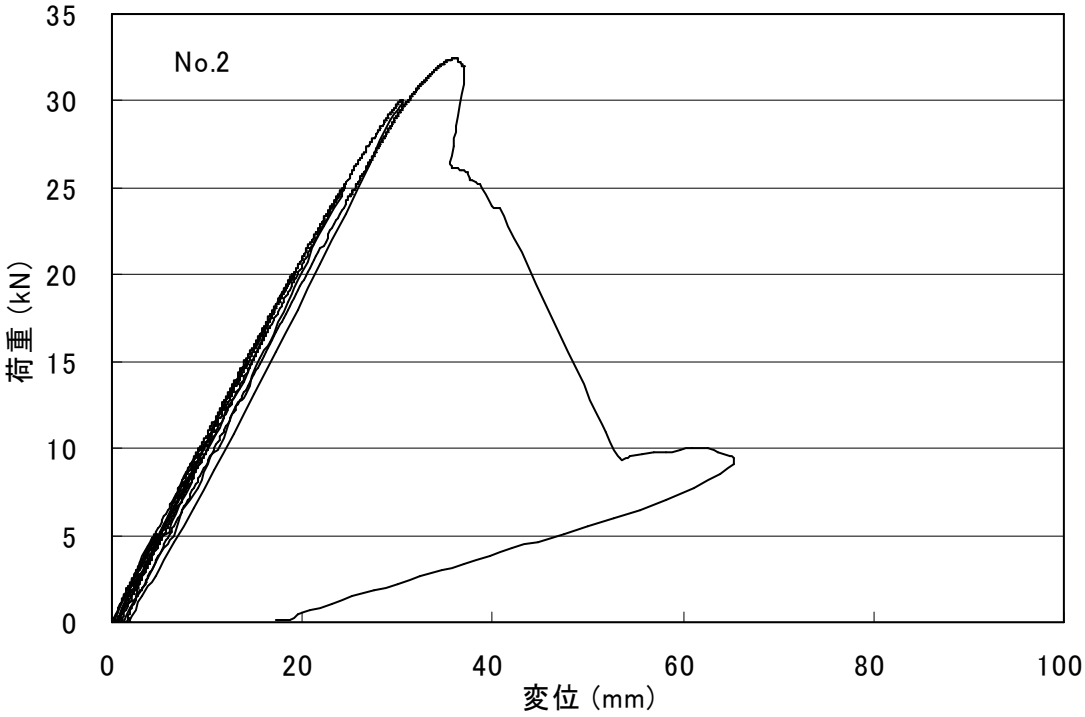


図２　ボックスビームNo.２の荷重－変形曲線

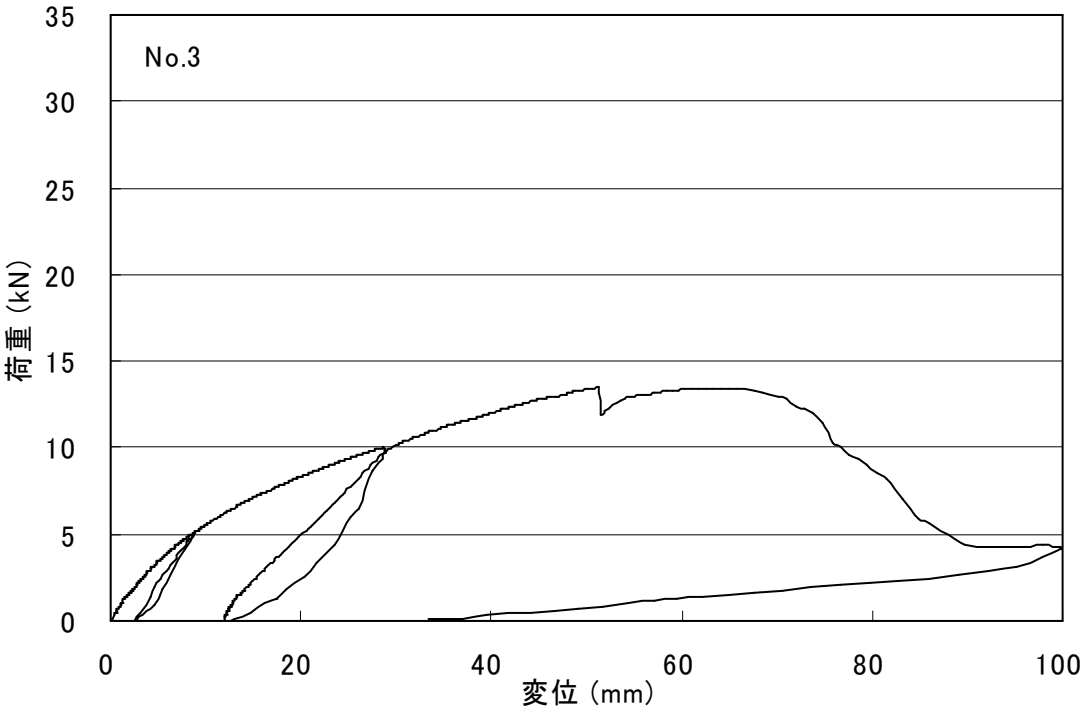


図３　ボックスビームNo. ３の荷重－変形曲線

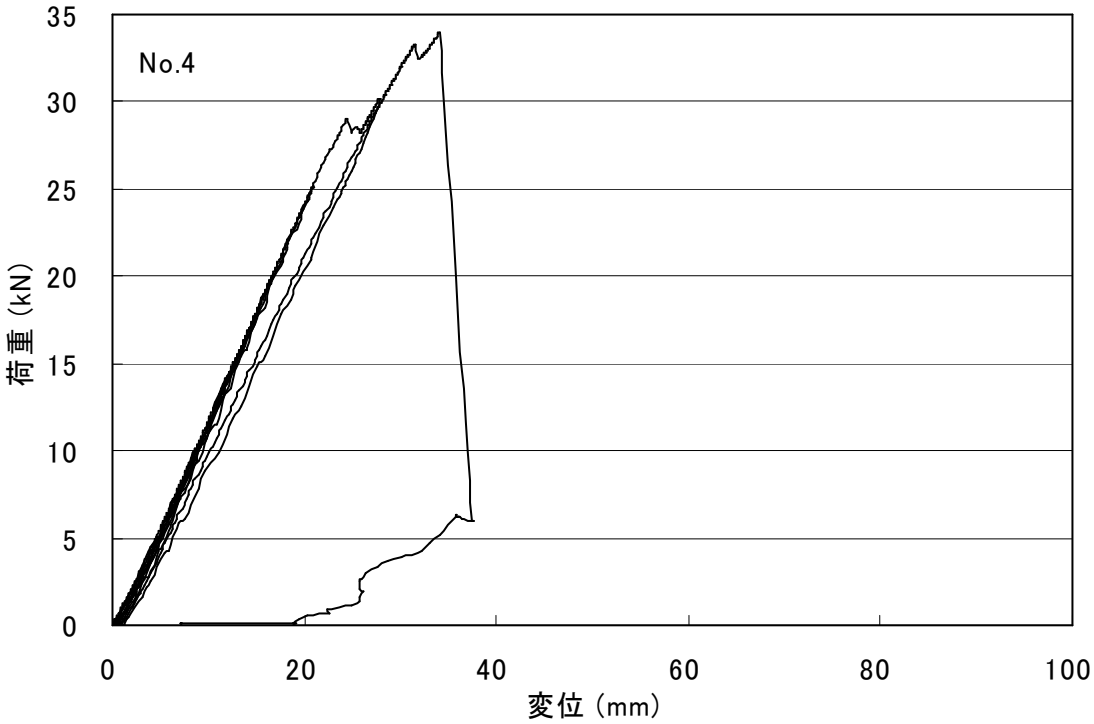


図４　ボックスビームNo. ４の荷重－変形曲線

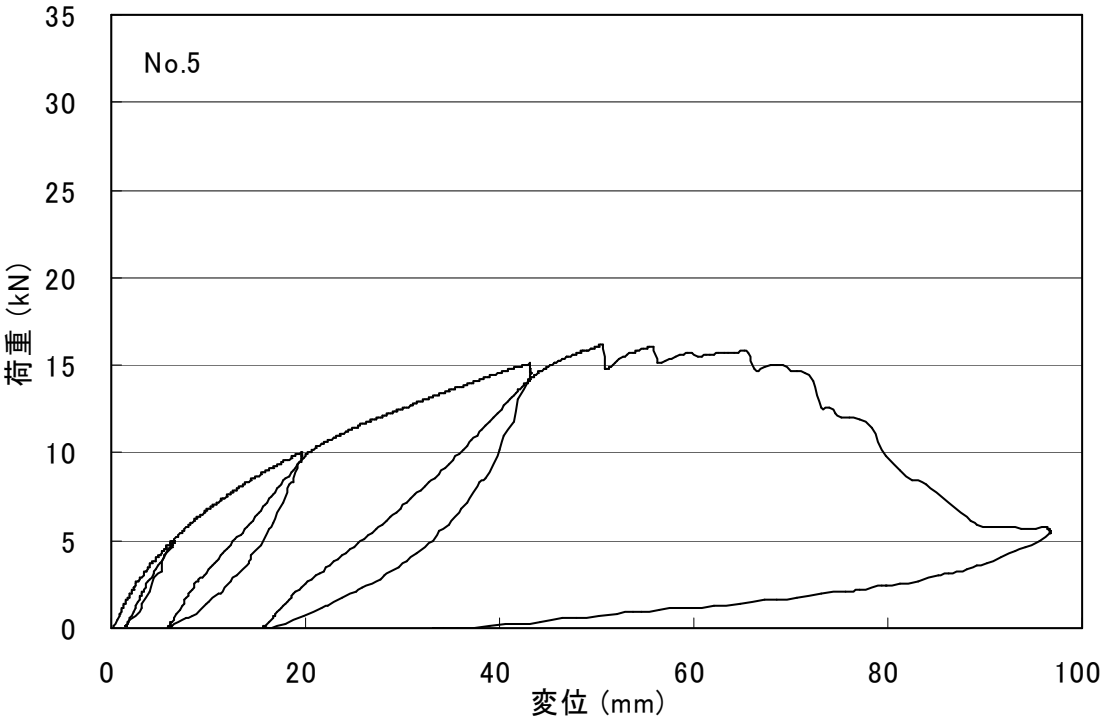


図５　ボックスビームNo. ５の荷重－変形曲線

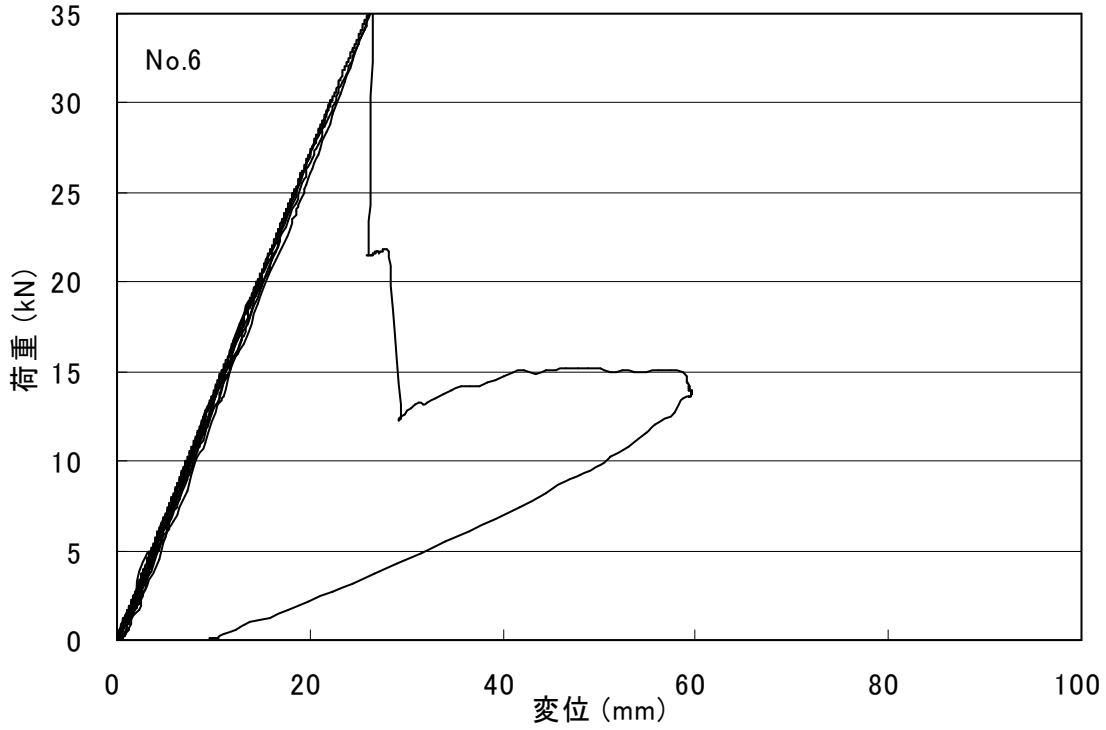


図６　ボックスビームNo. ６の荷重－変形曲線

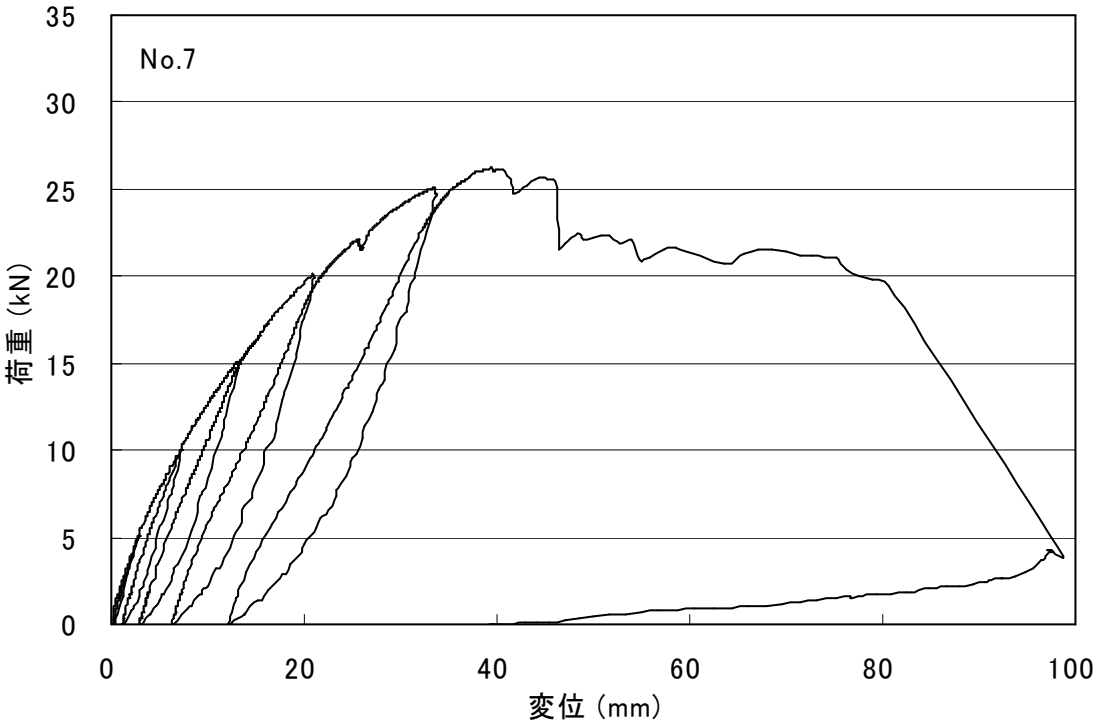


図７　ボックスビームNo. ７の荷重－変形曲線

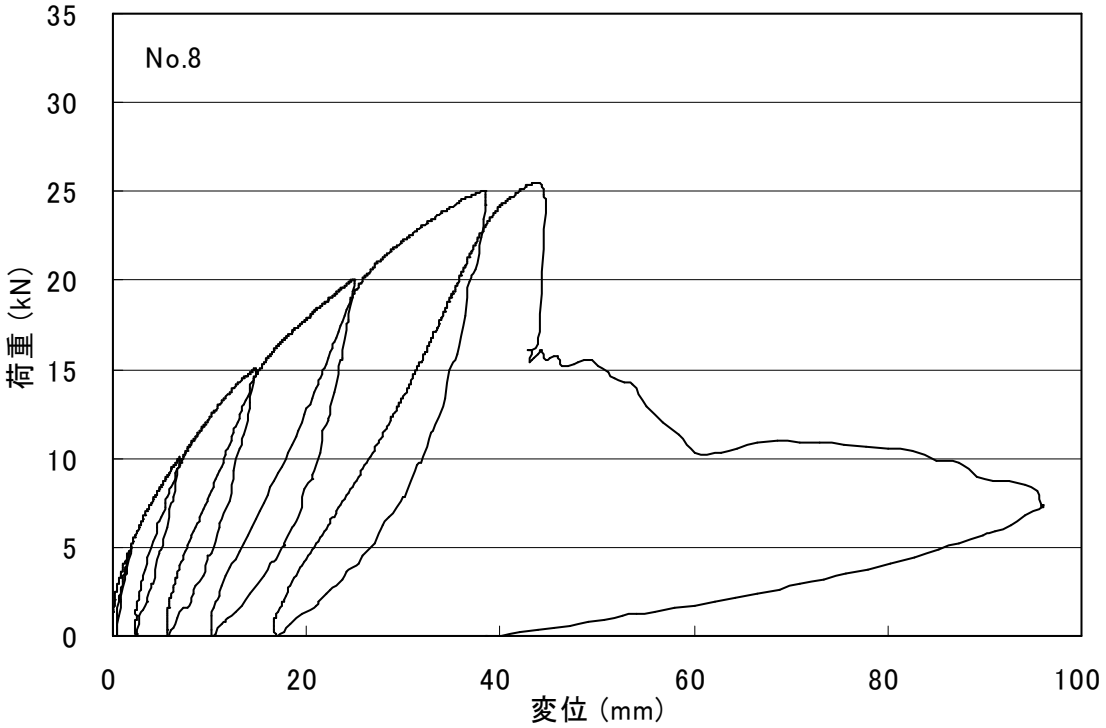


図８　ボックスビームNo. ８の荷重－変形曲線

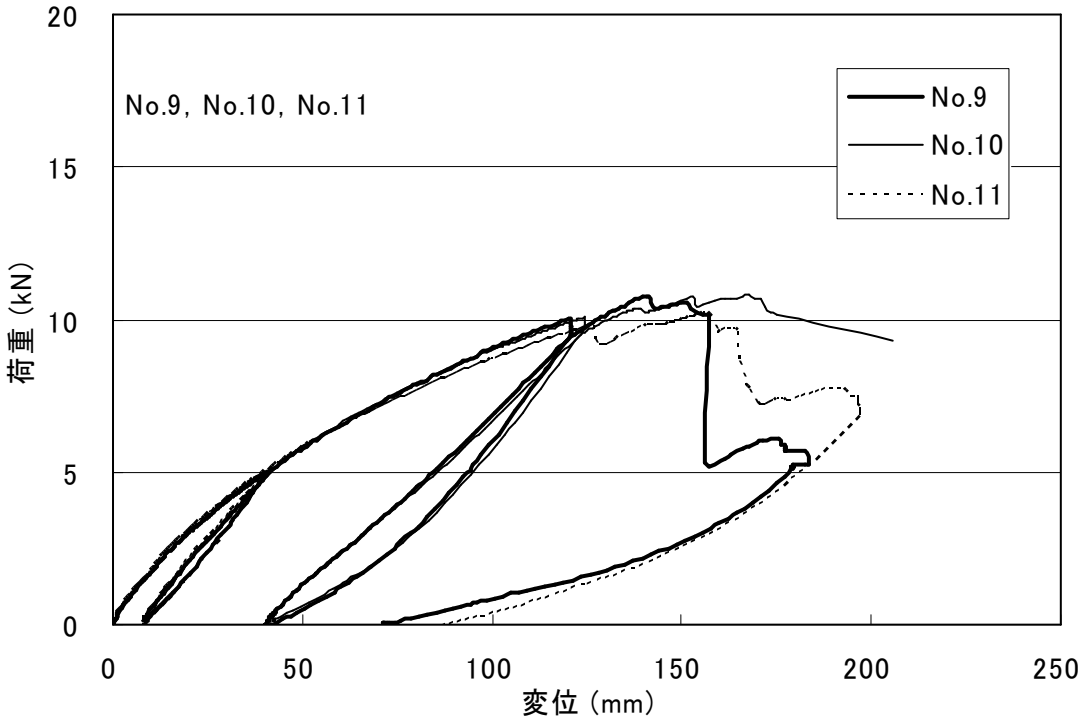


図９　ボックスビームNo. ９，No.10，No.11の荷重－変形曲線

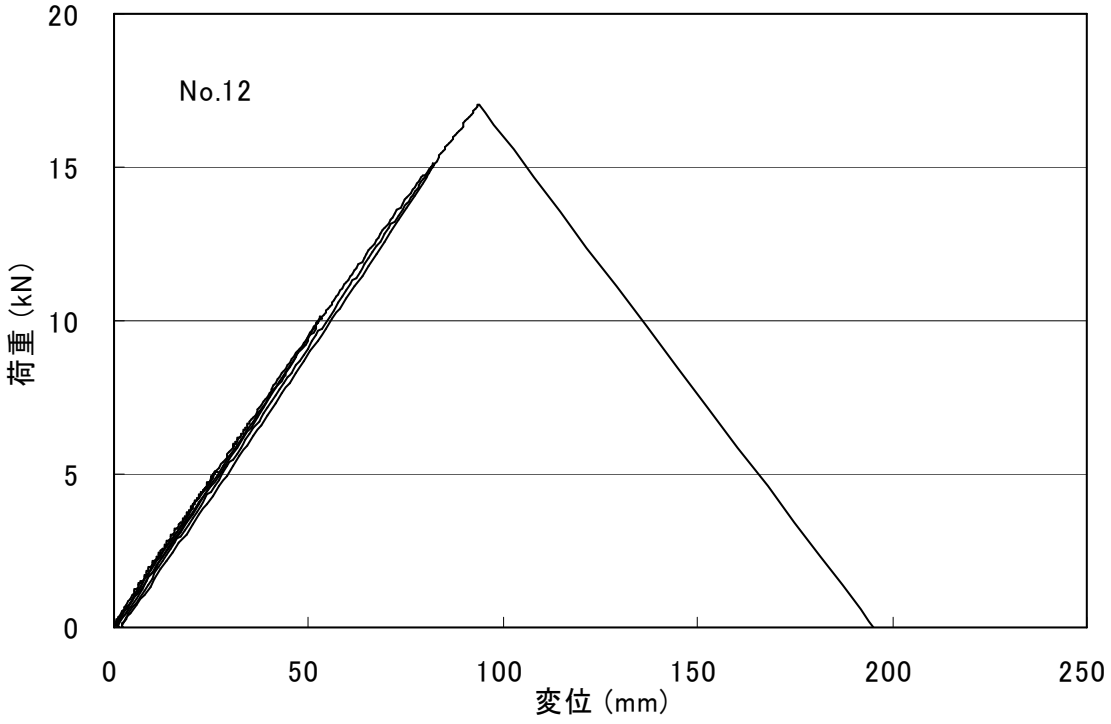


図10　ボックスビームNo.12の荷重－変形曲線

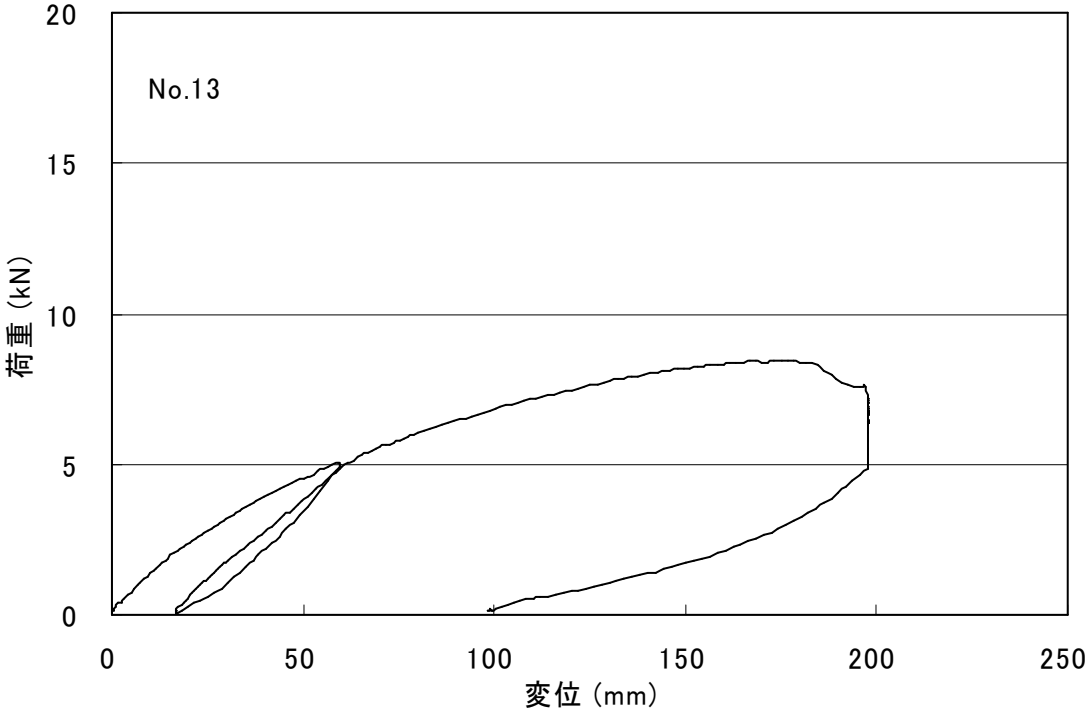


図 11　ボックスビーム No. 13 の荷重－変形曲線

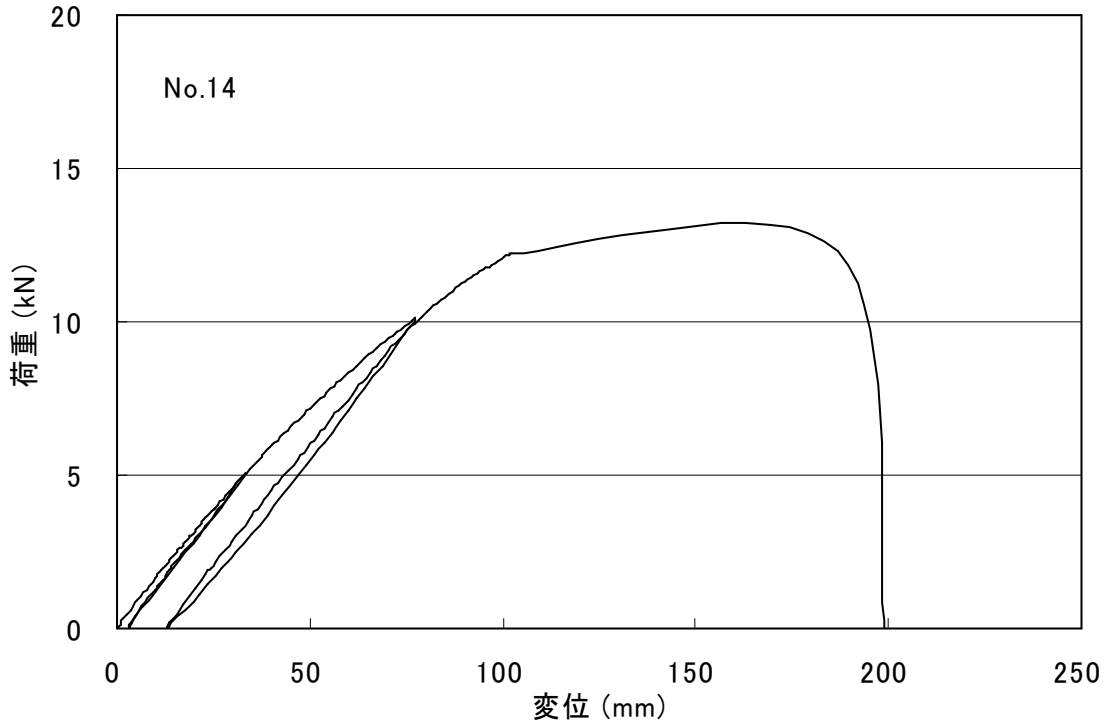


図 12　ボックスビーム No. 14 の荷重－変形曲線

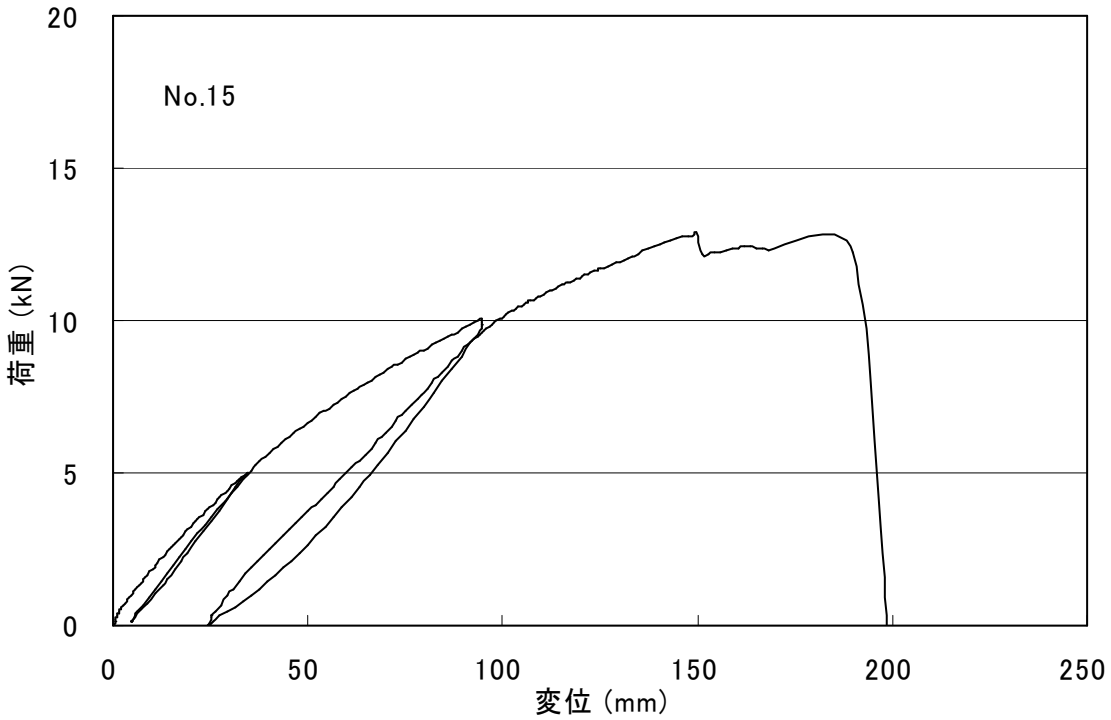


図 13　ボックスビーム No. 15 の荷重－変形曲線

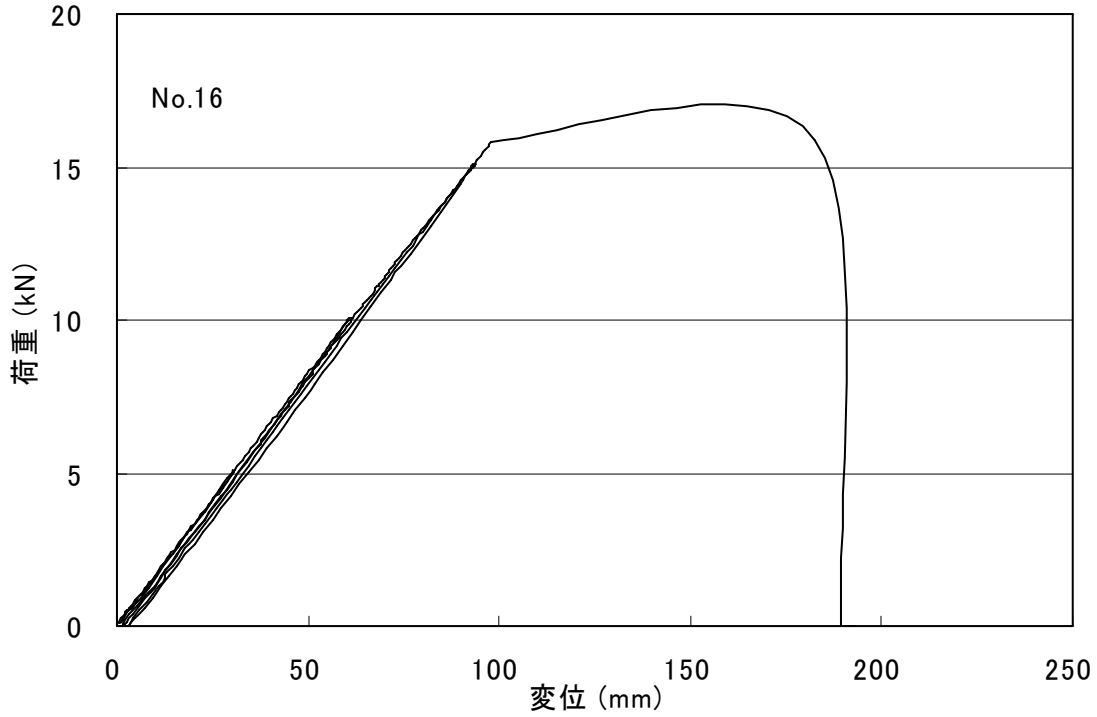


図 14　ボックスビーム No. 16 の荷重－変形曲線

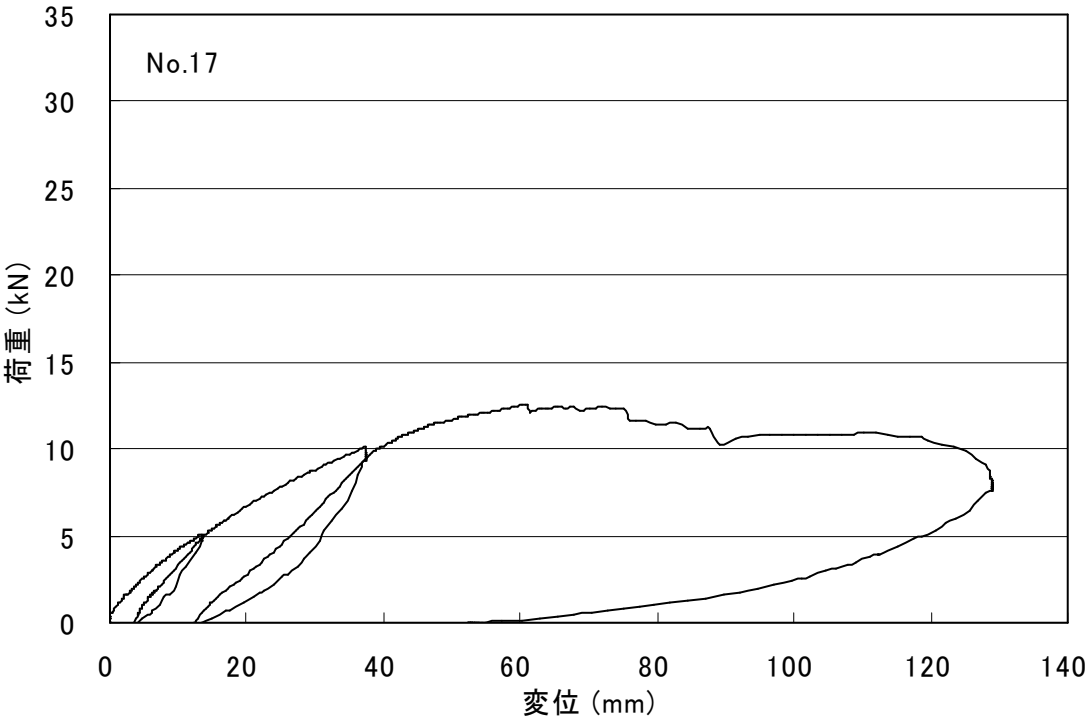


図 15　ボックスビーム No. 17 の荷重－変形曲線

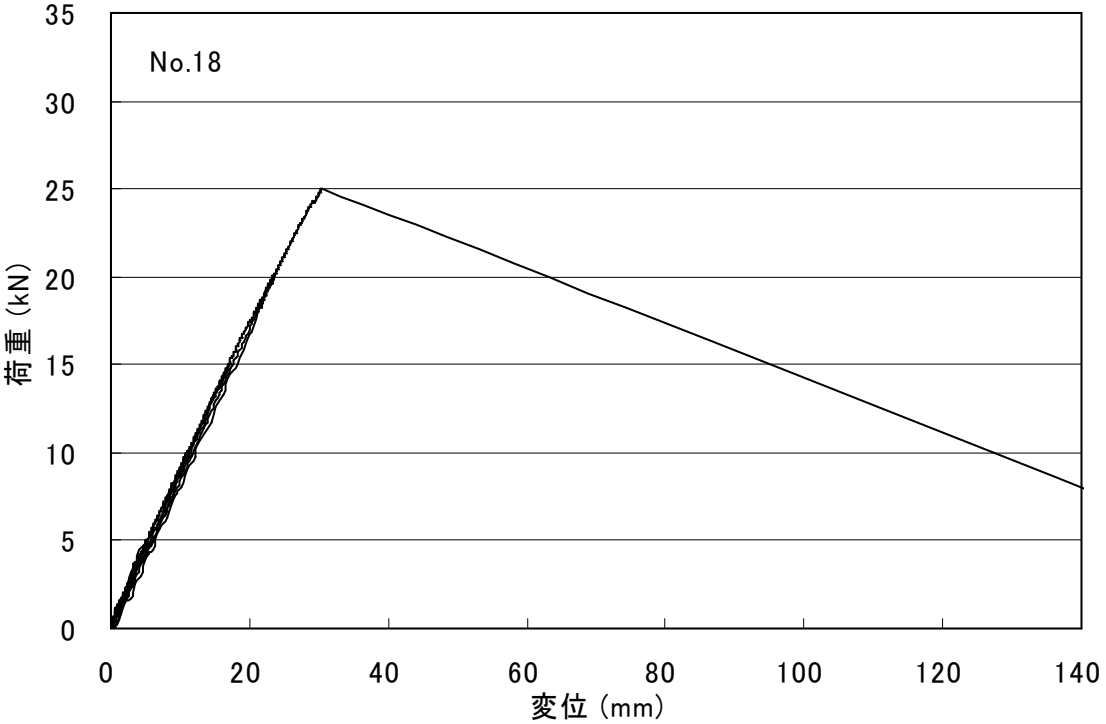


図 16　ボックスビーム No. 18 の荷重－変形曲線

2.3 曲げ破壊形態

各ボックスビームの曲げ試験後の破壊形態について，特徴的な部位を表５に示す。

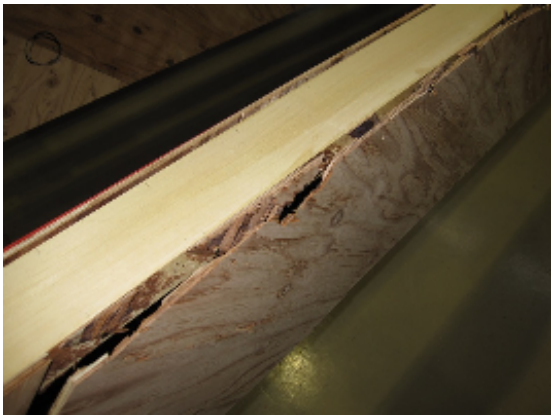
表５　ボックスビームの曲げ破壊形態

ボックスビーム No.	破壊形態の特徴

No.１　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウト*

No.２　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウトと接着部の木破

No.３　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウト

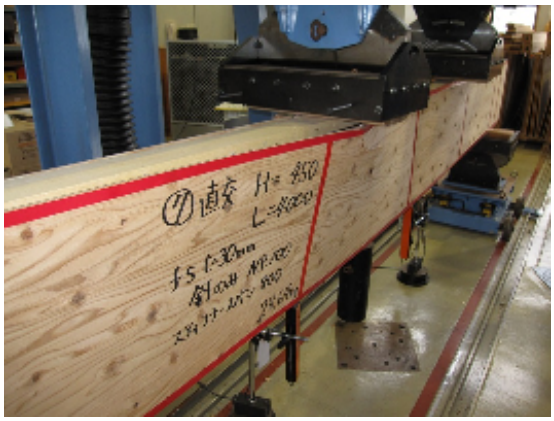


No.４　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウトと接着部の木破

*　パンチングアウト（パンチングシア，nail-head-pull-through）：面材を側材とする釘接合で，側材厚が不足すると，釘頭部が側材を打ち抜く破壊を生じる。

No. 5　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウト

No. 6　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウトと接着部の木破



No. 7-1　ウェブの凸変形及びウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウト

No. 7-2　ウェブ（合板）のせん断による破壊

No. 8-1　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウト

No. 8-2　ウェブ（合板）のせん断による破壊

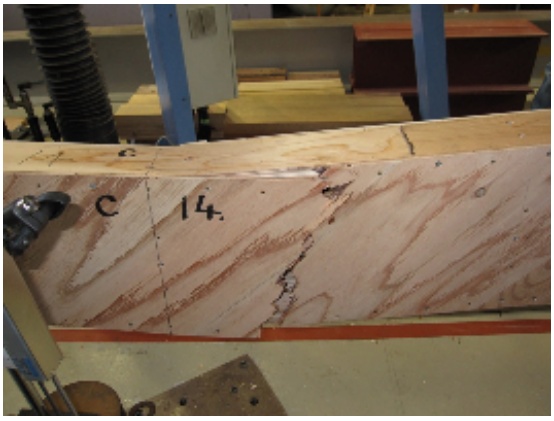
No. 9　大変形に伴うウェブ凸変形及び
ウェブとフランジ接合部での釘の
パンチングアウト

No. 10　大変形に伴うウェブ凸変形及び
ウェブとフランジ接合での釘の
パンチングアウト

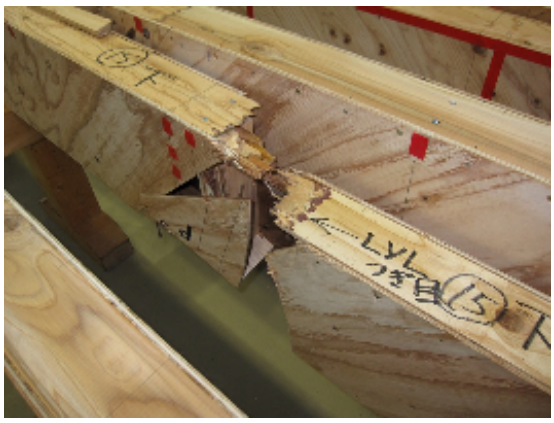
No. 11　大変形に伴うウェブ凸変形及び
ウェブとフランジ接合部での釘の
パンチングアウト

No. 12　引張り側フランジの曲げ破壊

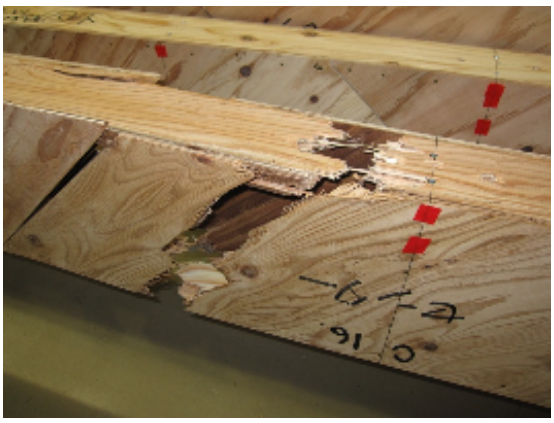
No. 13　大変形に伴うウェブ凸変形及びウェブとフランジ接合での釘のパンチングアウト



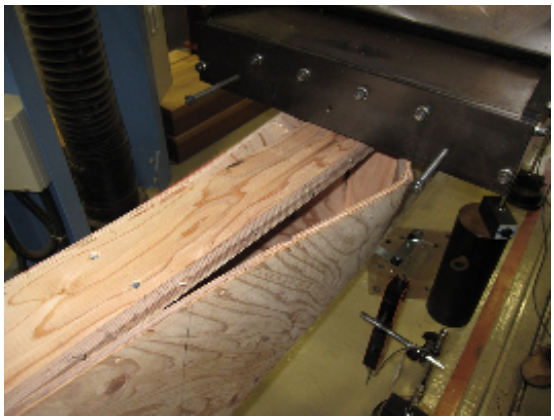
No. 14　引張り側フランジの曲げ破壊に伴うウェブの破壊



No. 15　フランジスギ LVL のスカーフジョイントでの曲げ破壊



No. 16　引張り側フランジの曲げ破壊に伴うウェブの破壊



No. 17　ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウト

No. 18　引張り側フランジの曲げ破壊

3. まとめ

持参されたボックスビームの曲げ破壊形態は，次の２つに大別できた。

①ウェブとフランジ接合部での釘のパンチングアウト及び接着部の木部破断

②フランジの曲げ破壊

①の破壊形態はボックスビーム No. １～No. ８及び No. ９～No. 11，No. 13，No. 17 で観察された。ボックスビーム No. １～No. ８ではフランジの曲げ性能が比較的高いために接合部が破壊したと考えられる。No. ９～No. 11，No. 13，No. 17 では曲げによる変形が大きくなったために接合部が破壊したと考えられる。

②の破壊形態はボックスビーム No. 12，No. 14～No. 16 及び No. 18 で観察された。これらはウェブとフランジの接合強度が比較的高かったためにフランジで曲げ破壊が生じたと考えられる。

今回のボックスビーム 18 体の曲げ試験は各仕様での試験体数はほぼ１体であったが，破壊直前の降伏点（破壊臨界点）はその製造条件（仕様）を反映していたと考えられる。最大荷重などの曲げ性能（表３），残留変形（表４）及び荷重－変形曲線（図１～図 16）などを見ても，ボックスビームの曲げ性能は①ウェブとフランジとの接合強度，②フランジ材の曲げヤング係数（曲げ性能）が大きく影響していたと考えられる。

参考とした文献

１）小倉武夫：合板ボックスビームの開発について，木材工業 **35**(9)，pp. 400-404(1980).

２）佐藤雅俊，安藤直人，鴛海四郎：合板ボックスビームの釘打ち接着接合と強度特性，木材工業 **38**(11)，pp. 523-529(1983).

３）吉田弥明，吉川双介：釘打ち接着接合ボックスビームの強度性能，木材工業 **40**(6)，pp. 274-279(1985).

４）杉山英男，徳田迪夫，大城拓也：ウェヴ合板を釘打ちした木質ボックスビームの設計（第１報）実験解析とたわみ限度設計，木材学会誌 **36**(3)，pp. 174-179(1990).

５）杉山英男，徳田迪夫，大城拓也：ウェヴ合板を釘打ちした木質ボックスビームの実験と設計（第２報）実験解析と終局耐力設計，木材学会誌 **36**(4)，pp. 276-284(1990).

６）(社)日本建築学会：木質構造設計基準・同解説―許容応力度・許容耐力設計法―，丸善，東京，pp. 179-180，198-204，271-272(2006).