



**(Development of New Uses for Domestic
Wood Resources)**

가가 가 .

,

.

,

,

.

,

.

.

1.

가가

,

,

.

,

가

.

,

.

,

가

.

.

2
() .

2.

가 (Do-it-yourself)

,
.
, 가
.

,
,
,) , 2() 1(
3(, ,) .

3.

가 ,

가
가
1995 1 .

가, 가
가,
,
, 가,
() ,
, KS ,

2가 ,

KS

.

2 ,

, () . ()

.

가 (Do-it-yourself)

.

,

1(,),

2() 3(,

,) .

.

,

.

가 ,

가 ,

가 .

,

70% , 10%
, 110ton/cm² 150ton/cm², 450 670kg/cm²
,
가 10% .
· ,
· ,
· ,
가가
·

SUMMARY

Effective utilization of wood resources is very important subject in Korea having 65% of mountain area compared to total area. As forest stock of mountain area in Korea is steadily increasing, potential producing power of domestic wood resources including thin log are increasing. Domestic wood is utilized as low graded uses such as temporary construction materials, so it is required to utilize domestic wood resources such as thin logs etc. as high value added materials. This study was conducted to develop new uses of structural member for wood structures, prefabricated outdoor wood facilities for rest and children's play, structural design and manufacturing technology of glued laminated timber using domestic wood resources.

To develop new uses of structural member for wood structures using domestic wood, allowable stresses were evaluated for Korean pine, Japanese larch, and Korean red pine by conducting strength test of small clear specimen and actual sized structural lumber. Based on this study, establishing system of allowable stresses for softwood structural lumber was developed. Establishing system of allowable stresses for structural lumber was summarized as two kinds of methods using strength resulted from strength test of small clear specimen and actual sized structural lumber. These results will be used for regulating Korean Standard for standardization of softwood structural lumber.

Two kinds of light-frame wood trusses, which can be adapted to roof system of wood construction economically, was developed. Structural design standard(draft) of light-frame wood trusses was developed, by summarizing structural design technology and analyzing regulations related to wood trusses of foreign countries. This draft of standard will be used for regulation of Design Standard of Wood Construction.

Standard design of prefabricated outdoor wood facilities for rest and children's play were developed by adapting Do-it-yourself type, using small-sized member from domestic wood resources. Sample prefabricated facilities, such as outdoor bench with bulgogi cooker, pavilion, and combined children's play facilities, were constructed in the campus of Forestry Research Institute. These facilities are loved by visitors, especially by children, to the campus opened to citizens during sunday. Manufacturing technology of member for outdoor facilities will be transferred to industry and be expected to be commercialized as a package products for outdoor facilities.

A computer program was developed and written with MATLAB to estimate strength of glued laminated timber by using basic values, which were evaluated by strength test of domestic Japanese larch lamina. Estimated strength values by the program developed in this study showed different values by five kinds of measuring methods for MOE of lamina, and among these methods it was found to be fitted best to experimental results to use MSR MOE of lamina as input data into the program

To gather structural design data of glued laminated timber construction and to make confirm safety of large scale timber construction, reliability analysis was conducted by evaluating reliability index by strength analysis of structural member and load analysis of structures.

To estimate structural performance of wood connections which are the weakest structural part in timber construction, semi-rigid numerical analysis model of glued laminated timber connections is more convenient for user than existing European yield model of connections was developed. This model will be able to be adapted as standard method for estimating performance of wood connections in structural design standard of wood construction.

To develop manufacturing technology of glued laminated timber using larch, suitability as larch lumber for glued laminated timber was evaluated by measuring surface quality and lumber MOE. And condition of finger cutting and jointing was found, strength properties of lamina was evaluated. Minimum curvature and spring-back by thickness of lamina for curved glued laminated timber was evaluated. Optimum manufacturing condition of straight and curved glued laminated timber was found. And manufacturing facilities and member of straight and curved glued laminated timber was manufactured for display. By using the results of glued laminated timber, Korean Standards, and manufacturing standards of Foreign countries, manufacturing standards was written for adapting to industry.

Technology of structural design and manufacturing glued

laminated timber will be easily adapted to industry. And these technology was used for constructing glued laminated timber structures of Forest Science Center in Forest Research Institute. Such effort will contribute to expand wood construction, and to complete industrialization of forest in Korea by value-added utilization of domestic wood resources.

CONTENTS

- . Introduction
- . Development of new uses for lumber produced from domestic wood resources
- . Development of prefabricated outdoor wood facilities for rest and children's play
- . Development of structural design technology for glued laminated timber
- . Development of manufacturing technology for glued laminated timber

1	.....	30
1	.....	30
2	.....	31
1.	.....	31
2.	.....	31
3.	.....	32
3	.....	34
1.	.....	34
2.	.....	34
3.	.....	35
4	.....	35
2	.....	37
1	.....	37
2	.....	39
1.	.....	39
2.	가	40
3.	.....	41
3	.....	43
1.	.....	43
2.	.....	49
3.	.....	62

(	( )	63
		77
4		87
5		90
3		94
1		94
2		96
1.		96
2.		137
4		174
1		174
2		177
1.		177
2.	가	178
3.		190
3		205
1.		205
2.	가	209
3.		218
4		232
5		234

5	.....	237
1	.....	237
2	.....	239
1.	.....	239
2.	.....	244
3	.....	269
1.	.....	269
2.	.....	271
4	.....	284
1.	.....	284
2.	.....	284
3.	.....	317
5	.....	322
6	.....	324
6	.....	326
1	.....	326
2	.....	328
3	.....	329
4	.....	330

2

(2-1)	.....	44
(2-2)	5%	47
(2-3)	.....	48
(2-4)	.....	51
(2-5)	.....	52
(2-6)	5% ..	..
	.....	55
(2-7)	.....	55
(2-8)	5%	
	.....	58
(2-9)	.....	58
(2-10)	5%	61
(2-11)	.....	61

4

(4-1)	16%	.....	196
(4-2)		.....	197
(4-3)	/	.....	197

(4-4)		.....	205
(4-5)		.....	206
(4-6)		.....	207
(4-7)		.....	208
(4-8)		.....	209
(4-9)		.....	210
(4-10)		.....	210
(4-11)		.....	212
(4-12)		.....	213
(4-13)		.....	214
(4-14)	MDE	.....	217
(4-15)	MDR	.....	217
(4-16)		.....	218
(4-17)	가 3.6m	.....	219
(4-18)	가 2.0m	.....	220
(4-19)		.....	221
(4-20)	MDE MDR	.....	222
(4-21)	MDE	.....	223
(4-22)		.....	230

5

(5-1)		241
--------	--	-------	-----

(5-2)	.....	246
(5-3)	.....	254
(5-4)	.....	255
(5-5)	.....	259
(5-6)	.....	265
(5-7)	.....	267
(5-8)	.....	268
(5-9)	.....	272
(5-10)	.....	274
(5-11)	.....	274
(5-12)	.....	276
(5-13)	.....	277
(5-14)	.....	281
(5-15)	.....	283
(5-16)	.....	288
(5-17)	.....	289
(5-18)	.....	293
(5-19)	.....	293
(5-20)	.....	294
(5-21)	.....	295
(5-22)	.....	296
(5-23)	.....	297

(5-24)		.....	298
(5-25)	( )	.....	299
(5-26)		.....	300
(5-27)		.....	301
(5-28)		.....	302
(5-29)		.....	303
(5-30)		.....	304
(5-31)	가	.....	315
(5-32)	가	.....	316

2

(2-1)	. . . . .	45
(2-2)	. . . . .	46
(2-3)	. . . . .	46
(2-4)	. . . . .	53
(2-5)	. . . . .	53
(2-6)	. . . . .	54
(2-7)	. . . . .	56
(2-8)	. . . . .	57
(2-9)	. . . . .	57
(2-10)	. . . . .	59
(2-11)	. . . . .	60
(2-12)	. . . . .	60
(2-13)		
.....		85

4

(4-1)	.....	186
(4-2)	.....	187

(4-3)	.....	188
(4-4)	.....	195
(4-5) -	.....	198
(4-6) -	.....	200
(4-7) MSR	.....	211
(4-8)	.....	224
(4-9)	MOR MOR	225
(4-10)	MDE MDE	226
(4-11)	MOR MDE	227
(4-12)	MDE MDE	228
(4-13)	MOR MDE	229

5

(5-1)	(: 240cm)	
	(: 240cm)	245
(5-2)	(: 240cm)	

	.....	245
(5-3)	(: 240cm) E-	
	(: 350cm)	246
(5-4)	(: 240cm)	
	(: 350cm)	246
(5-5)	(: 350cm)	
	(: 350cm)	247
(5-6)	(: 350cm)	
	(: 240cm)	247
(5-7) E-	(: 350cm)	
	.....	248
(5-8) E-	(: 350cm)	
	(: 350cm)	248
(5-9) E-	(: 350cm)	
	(: 240cm)	249
(5-10) E-	, ,	
	.....	249
(5-11)	(16mm) . . .	253
(5-12)	(18mm) . . .	256
(5-13)	.....	259
(5-14)	. .	259
(5-15)		

		.....	260
(5-16)		.....	260
(5-17)		.....	263
(5-18)		.....	263
(5-19)	10mm	.....	270
(5-20)	(1600mm)	.....	275
(5-21)	(2800mm)	.....	275
(5-22)	(3600mm)	.....	276
(5-23)	(4800mm)	.....	276
(5-24)	(8000mm)	.....	277
(5-25)		.....	279
(5-26)		.....	280
(5-27)		.....	287
(5-28)		.....	288
(5-29)		.....	289
(5-30)		.....	302

(5-31)	.....	304
(5-32)	.....	310
(5-33)	가	313
(5-34)	Circular Arch	315
(5-35)	Segmental Arch	315
(5-36)	Parabolic Arch	316
(5-37)	Tudor Arch	316

1

1

65%

가

가가

가

가

가

가가

가가

가

가

2

1.

가
, 가
가
가
1990
가
가 가
,
,
가
(DIY)
가
,
가

2.

1995 143 m³ ,

4.3% ,
 . 가 가
 가 52%, 29%, 19% ,
 가가 ,
 . 1997 1,000
 , 가
 . ,
 ,
 가 가
 . 가가 ,
 , 4 .
 ,
 가가 .
 3. .
 .
 9 , 가 5
 ,
 .
 60 80 가
 가 , 90
 . ,

, 가 ,

,

.

.

.

3

1.

가가

,
.
가 .
,
,
() .

2
() .

2.

.
, 가
(DIY) .
, 1(,
, 2()
3(, ,) .
, .

3.

, long span MDE localized MDE

가

FOSM (First Order and Second Moment)

10

가

4.

가 . ,
 ,
 , 가, 가
 가 . ,
 ,
 가, () ,
 . ,
 , **KS**
 () .

2

1

1990

가 가 . ,

가 . , 가 ,

,

.

.

.

,

.

.

.

.

. (1993) 가

,

가 , (1995)

가 ,

가

가가

(WWPA, 1991., 全國木材組合聯合會編, 1992).

가

가

가

2

1.

가.

가 가
(*Larix leptolepis*), (*Pinus koraiensis*), (*Pinus densiflora*)

3.8 × 8.8cm

2.7m

600

1)

3.8 × 8.8cm × 2.7m 4 , 20 ,
65% 4
0.54, 0.43, 0.44 . 12%

2)

(KS)

2.

가

가.

1)

1995-27 ‘

1 2 , 3 ,

2)

ASTM D-198 1/3

2.4m

10mm/min.

3 5

15

(Instron

)

20 ,

65%

3)

5%

(5%

exclusion limit)

5%

(KS)

5%

가

3.

가.

(fink truss; W

truss) 가 (scissors truss)

가

(top chord)

3

1.

가.

1995-27 ‘ ,
 .
 , , , , ,
 , 1 2 , 3
 .
 , , (2-1)
 .
 ,
 가 ,
 가 3 가 95% .
 , 가
 , 가 3 가 72%,
 50% .
 ,
 ,
 .

(2-1)

(: %)

1	2	3	
40.5	37.7	17.7	4.1
4.2	28.0	39.8	28.0
4.7	16.5	29.0	49.8

25kg/cm² (ASTM D 2915).

5%

$$F(X) = \frac{MI}{S(\sqrt{2\pi})} \times \text{EXP} \left(- \frac{1}{2} \left[\frac{(X - X_0)}{S} \right]^2 \right)$$

M :

I :

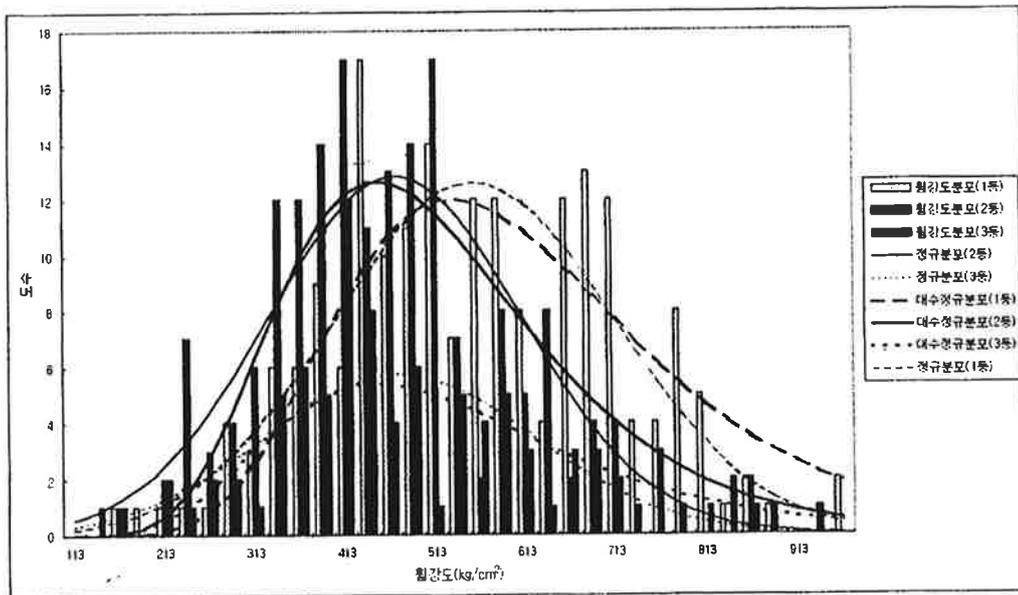
S :

X_0 :

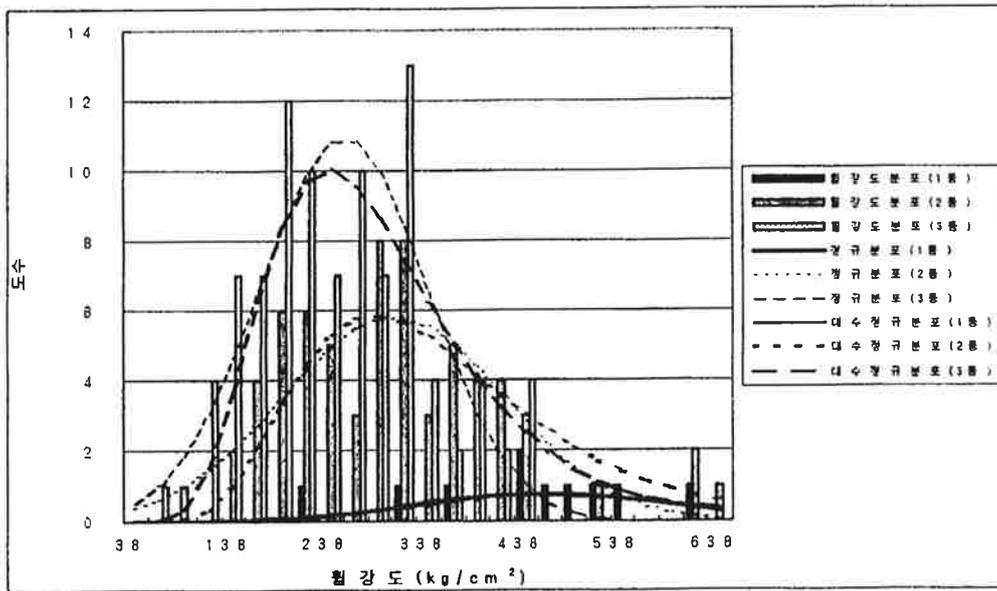
잣나무, 소나무의 경우 정규분포 모형으로 나타났으며, 정규분포 모형일 경우 5% 하한치의 계산은 다음과 같았다.

$$5\% \text{ 하한치} = \text{평균} - (\text{표준편차} \times k\text{-factor}) \text{ (ASTM D-2915)}$$

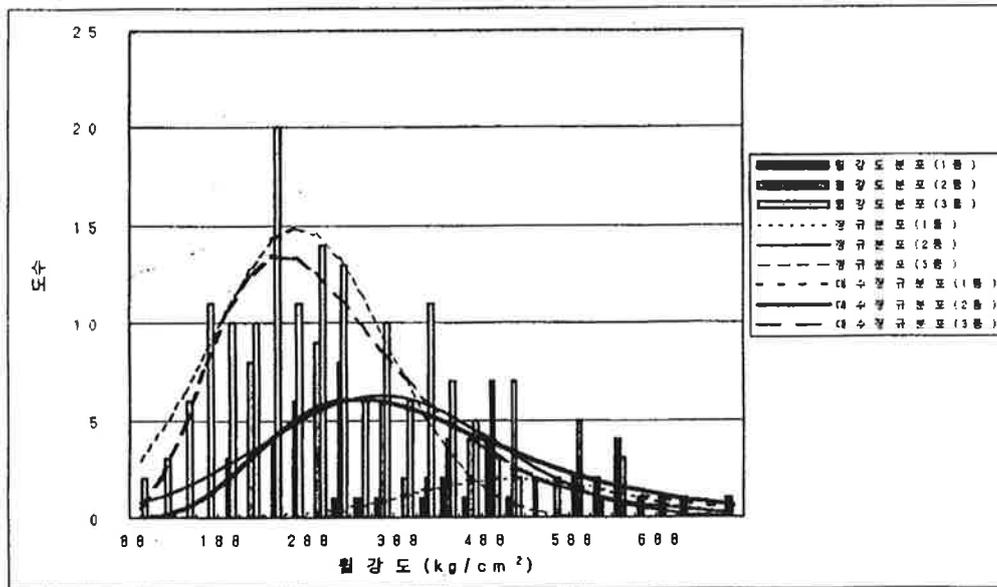
여기에서 k-factor는 시편수와 신뢰한계에 따라 다른 값으로 결정되며, 목재의 경우 신뢰한계를 75%로 하며, 시편수가 3,600개 이상 무한대인 경우 1.645를 적용한다.



(그림 2-1) 국산 낙엽송 실대재의 품등별 휨강도 분포.



(그림 2-2) 국산 잣나무 실대재의 품등별 휨강도 분포.



(그림 2-3) 국산 소나무 실대재의 품등별 휨강도 분포.

(2-2)

5%

(: kg/cm²)

	1	2	3
	556.3 (156.7)*	468.5 (141.7)	472.8 (150.9)
5%	285	223	205
	457.1 (128.1)	301.6 (113.2)	249.8 (85.8)
5%	188	99	97
	517.3 (121.0)	359.1 (132.9)	266.1 (99.1)
5%	287	123	94

()*

5% 1 가 가
, 가 가 . 2 3
가 .
5%
2.1 (2-3).

(2-3)

(kg/cm ²)					
				D-Larch	S-P-F
1	136	90	137	86	75
2	106	47	59	61	52
3	98	46	45	35	29

* D-Larch : - ,

** S-P-F : - -

, ,

.

, 1 1

, 2 3

. 2 3 가

.

가

가

1995-27

,

Select structural 1 1

. 2 3

가

가 , .
- , -
-
가
,
.
,
가
600 , 가
가 .

2.

가.

, ,
.
5%
,
,
,
.

$$= \dots \times \dots \times \dots \times \dots$$

5%

$$= \dots \times \dots \times \dots$$

(seasoning increase) : ,
 (general adjustment factor) : , .

(size effect) : $(\frac{1.6}{d})^{\frac{1}{9}}$ (d : (cm))

(strength ratio) : , ,

$$= \dots$$

5%

(2-4)

(2-4)

		1		2		3	
(%)		20	0.86	40	0.71	60	0.53
	가	20	0.70	30	0.55	40	0.40
		30	0.73	45	0.60	60	0.45
		1 : 12	0.69 (0.82)*	1 : 8	0.53 (0.66)	1 : 6	0.40 (0.56)
(%)		25	0.96	35	0.95	50	0.93
		0.46 (0.60)		0.28 (0.40)		0.15 (0.25)	

()*

(2-4)

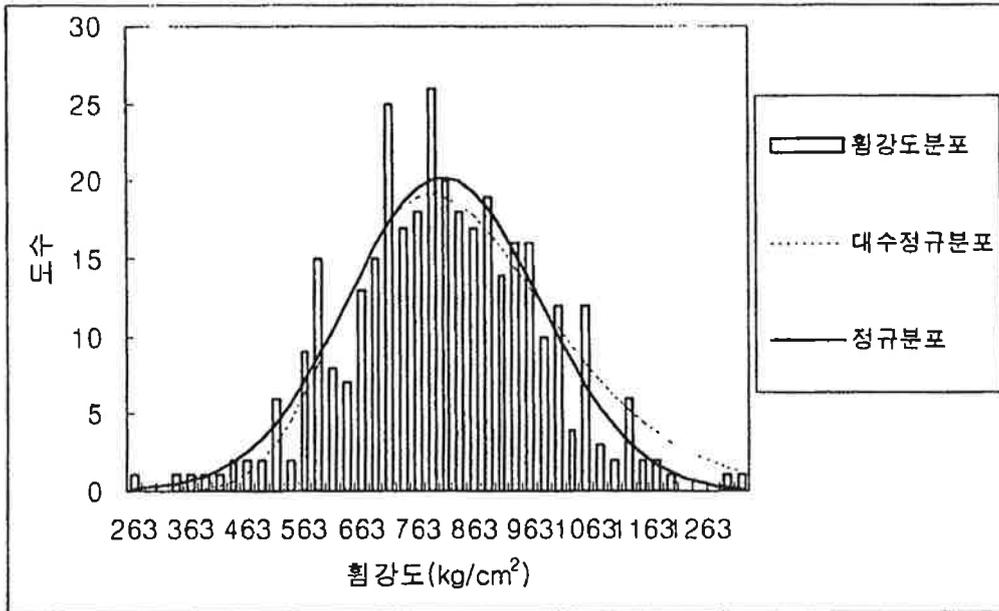
(2-5)

5%

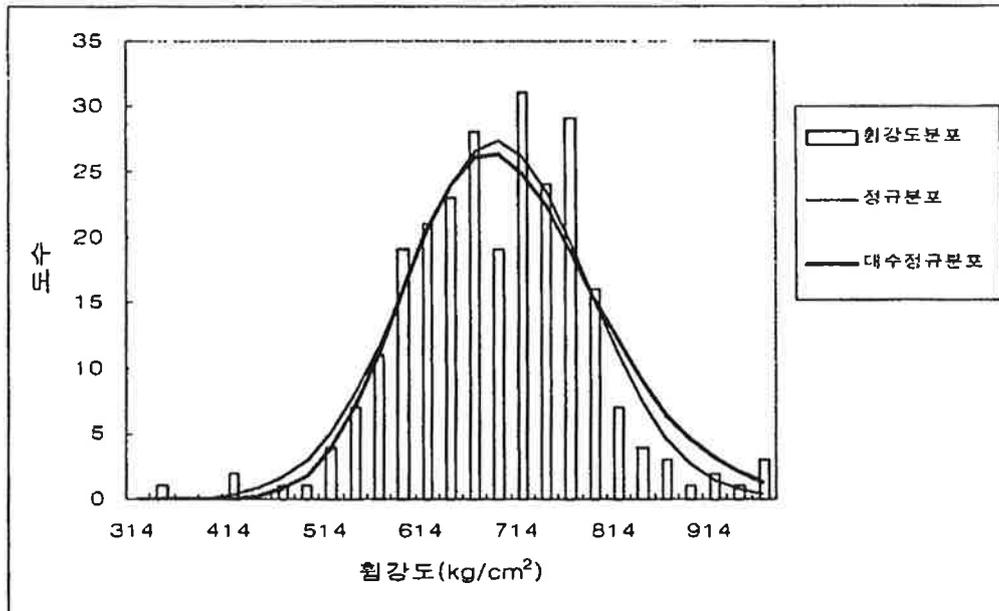
(2-5)

<u>1</u>				<u>0.46</u>
<u>2</u>	1	0.481	0.827	<u>0.28</u>
<u>3</u>				<u>0.15</u>
<u>1</u>				<u>0.60</u>
<u>2</u>	1	0.533	-	<u>0.40</u>
<u>3</u>				<u>0.25</u>
<u>1</u>				<u>0.31</u>
<u>2</u>	1	0.481	-	<u>0.25</u>
<u>3</u>				<u>0.14</u>

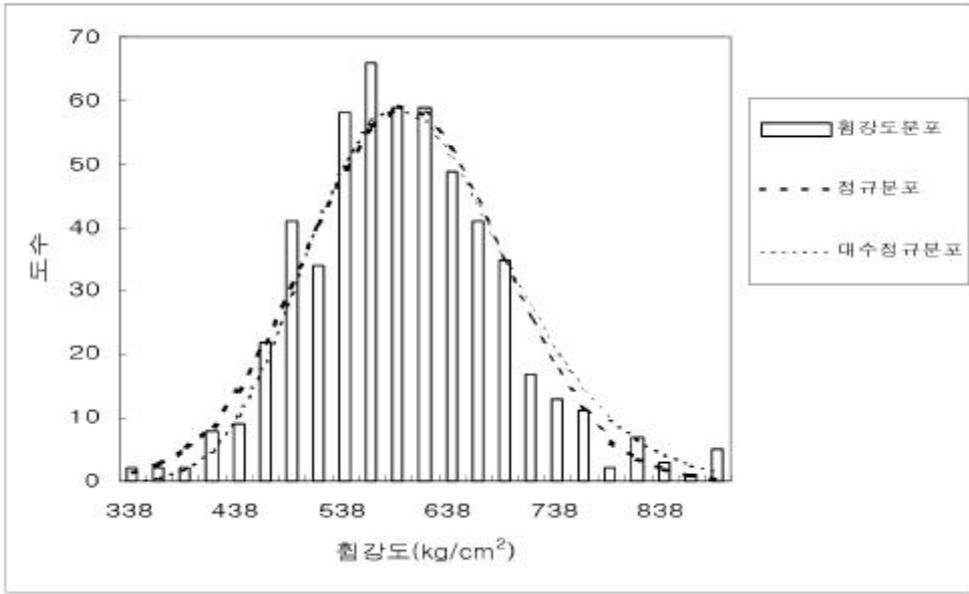
(2-4), (2-5), (2-6)



(그림 2-4) 낙엽송 무결점재 휨강도 분포.



(그림 2-5) 잣나무 무결점재 휨강도 분포.



(2-6)

5%

5%

(2-6)

가

(2-6)

5%

(: kg/cn²)

	830	691	593
	(158)*	(115)	(92)

5%	518	496	437
-----------	------------	------------	------------

()*

(2-7)

	(kg/cn ²)	5% (kg/cn ²)	(kg/cn ²)
<u>1</u>			<u>95</u>
<u>2</u>	830		<u>58</u>
<u>3</u>	(158)	518	<u>31</u>

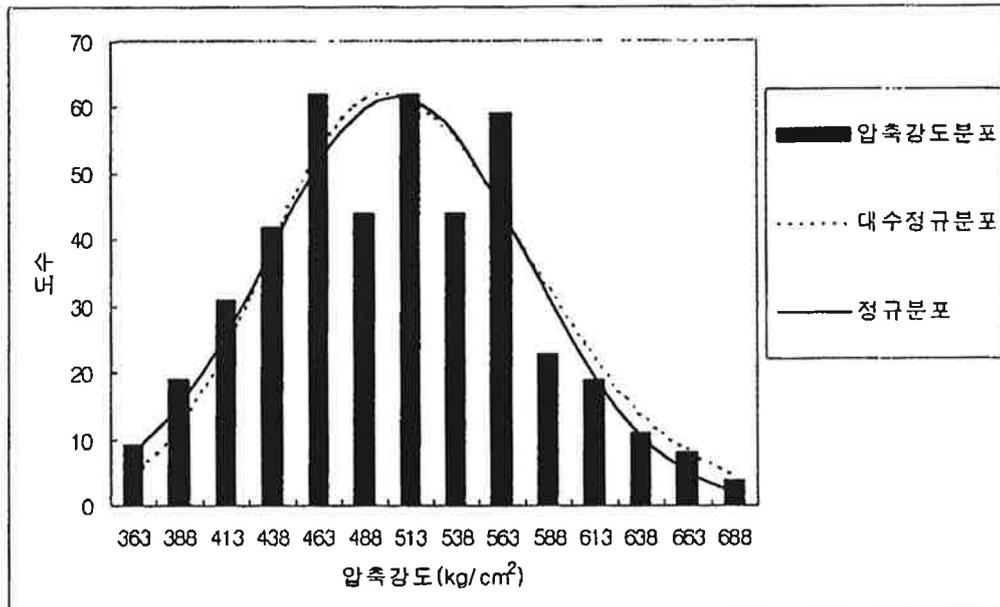
<u>1</u>			<u>91</u>
<u>2</u>	691		<u>55</u>
<u>3</u>	(115)	496	<u>30</u>

<u>1</u>			<u>80</u>
<u>2</u>	593		<u>49</u>
<u>3</u>	(92)	437	<u>26</u>

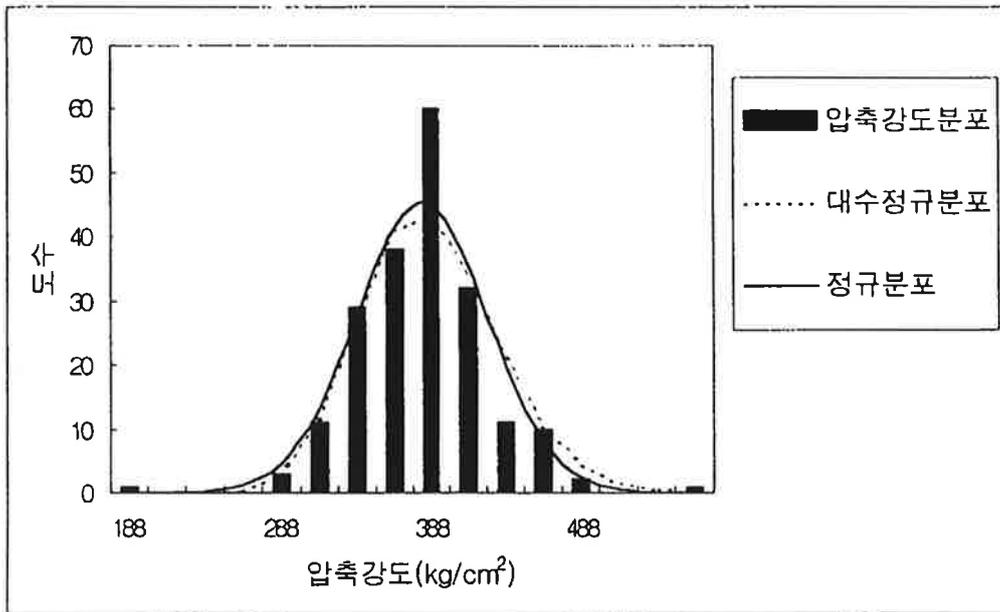
.

축허용응력을 결정하기 위하여 무결점재의 압축강도 분포모형을 결정하였으며, 그 결과는 낙엽송 (그림 2-7), 잣나무 (그림 2-8), 소나무 (그림 2-9)에 나타내었다.

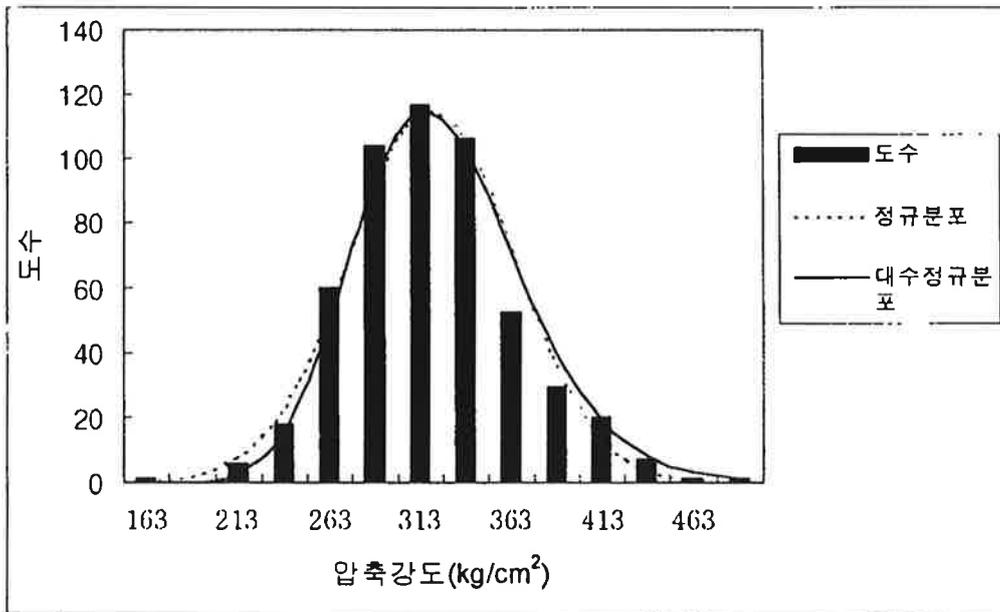
무결점재 압축강도 시험의 결과 분포모형은 정규분포모형이 적합한 것으로 나타나, 정규분포모형으로 국산 침엽수 구조용 제재의 압축강도 5% 하한치를 결정한 후 허용응력을 산출하였다(표 2-8, 2-9). 무결점재의 경우 압축강도의 평균은 낙엽송, 잣나무, 소나무의 순으로 나타났다.



(그림 2-7) 낙엽송 무결점재의 압축강도 분포.



(그림 2-8) 잣나무 무결점재의 압축강도 분포.



(그림 2-9) 소나무 무결점재의 압축강도 분포.

(2-8)

5%

(: kg/cnł)

	505	381	318
	(70)*	(43)	(45)
5%	386	308	242

()*

(2-9)

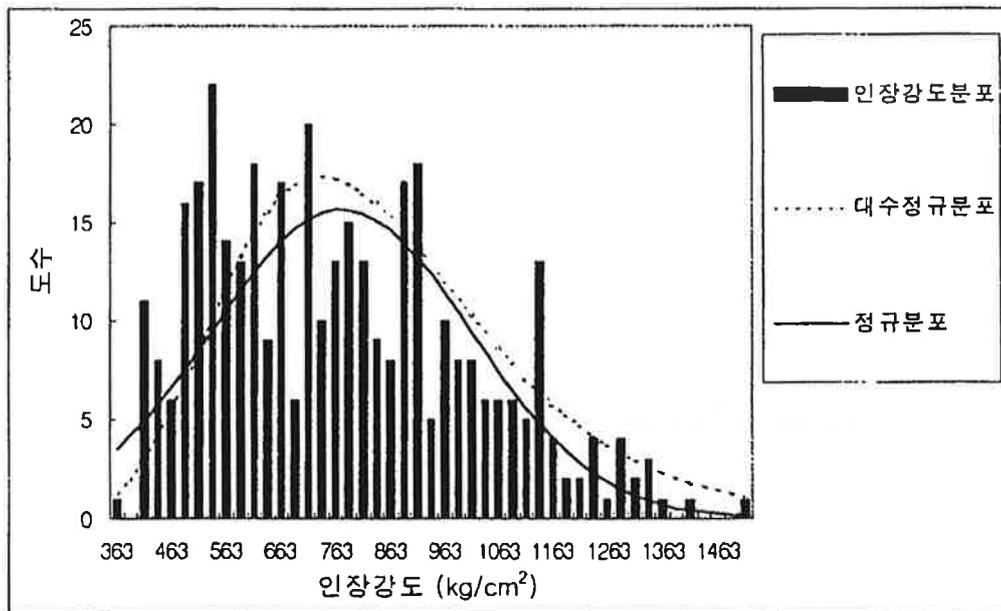
	(kg/cnł)	5% (kg/cnł)	(kg/cnł)
<u>1</u>			<u>123</u>
<u>2</u>	505	386	<u>82</u>
<u>3</u>	(70)		<u>51</u>
<u>1</u>			<u>98</u>
<u>2</u>	381	308	<u>66</u>
<u>3</u>	(43)		<u>41</u>
<u>1</u>			<u>77</u>
<u>2</u>	318	242	<u>52</u>
<u>3</u>	(45)		<u>32</u>

5%

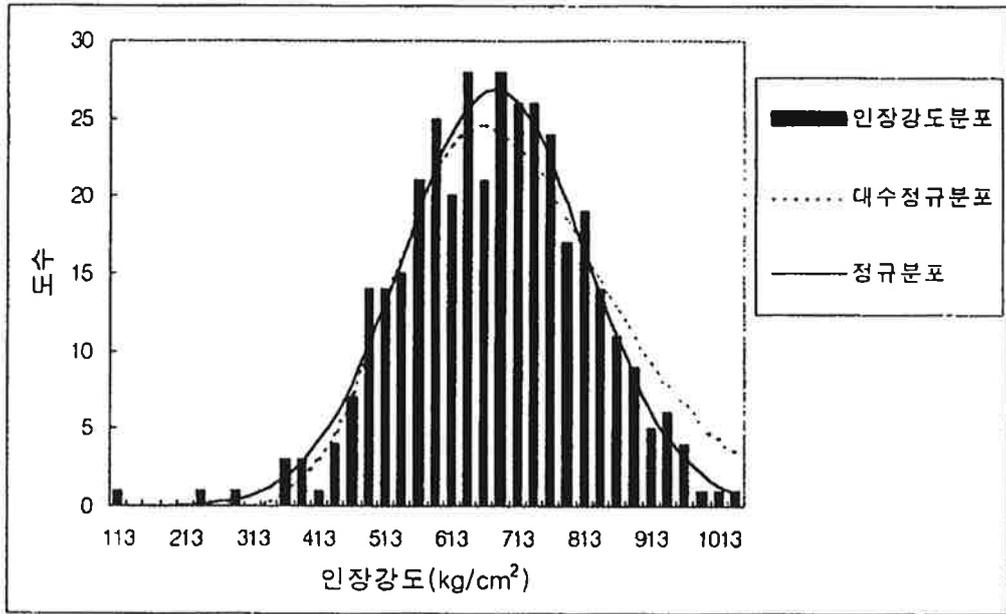
라. 무결점재에서 구한 국산 침엽수 구조재의 인장허용응력

무결점재의 인장강도 시험에 의한 국산 침엽수 구조재의 인장허용응력을 결정하기 위하여 인장강도 분포모형을 결정하였으며, 그 결과는 낙엽송 (그림 2-10), 잣나무 (그림 2-11), 소나무 (그림 2-12)에 나타내었다.

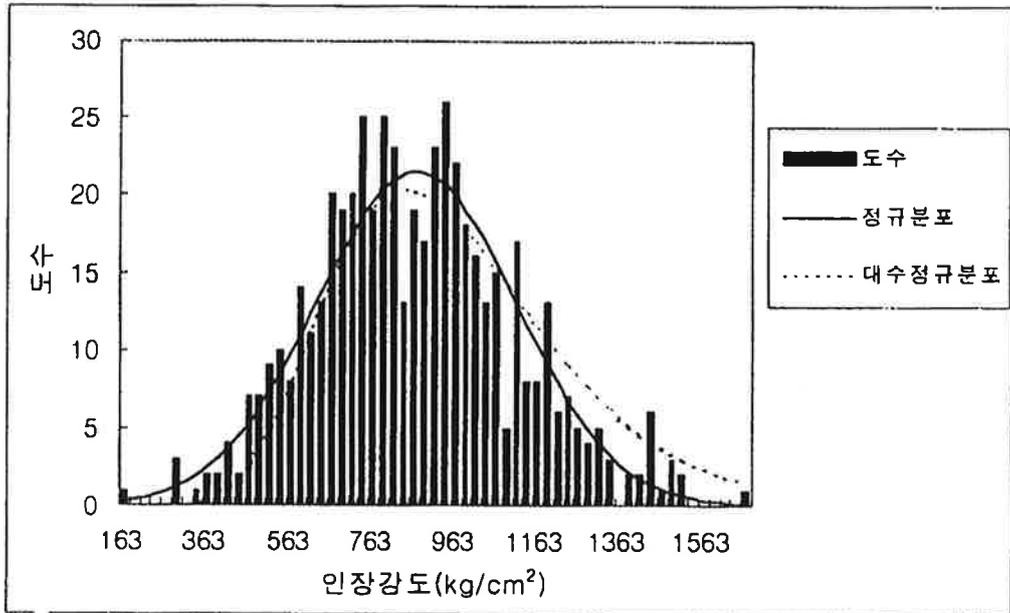
무결점재 인장강도 시험의 결과 분포모형은 낙엽송의 경우에는 대수정규분포모형이 적합한 것으로 나타났으며, 잣나무와 소나무의 경우에는 정규분포모형이 적합한 것으로 나타났으므로, 수종에 따라 적합한 모형으로 국산 침엽수 구조용 제재의 인장강도 5% 하한치를 결정한 후 허용응력을 산출하였다(표 2-10, 2-11). 무결점재의 경우 인장강도의 평균은 소나무, 낙엽송, 잣나무의 순으로 나타났다. 그러나 5% 하한치의 경우에는 시편수와 표준편차, 분포모형에 따라 다르게 나타나 낙엽송, 소나무, 잣나무의 순으로 나타났다.



(그림 2-10) 낙엽송 무결점재의 인장강도 분포.



(그림 2-11) 잣나무 무결점재의 인장강도 분포.



(그림 2-12) 소나무 무결점재의 인장강도 분포.

(2-10)

5%

(: kg/cm²)

	773 (237)*	678 (137)	866 (243)
5%	479	441	454

()*

(2-11)

	(kg/cm ²)	5% (kg/cm ²)	(kg/cm ²)
1			71
2	773 (237)	479	58
3			32
1			66
2	678 (137)	441	53
3			30
1			68
2	866 (243)	454	55
3			31

3.

, () KS () .

() ()

1. 가

2. .

KS F 3020

KS F xxxx

KS F xxxx

KS F 2202 ,

KS F 2206

KS F 2207

KS F 2208

KS F 2209

KS F 2210

KS F 2211

3. .

a) (full-scale structural lumber) **KS F 3020**

b) (small clear specimen)

가 .

c) (load duration factor)

d) (normal load duration)

10

가

90%가

e) (permanent deformation)

4.

4. 1

4. 2

5.

5. 1

5. 1. 1

가

5. 1. 2

5. 1. 3

가

5. 1. 4

가

5. 1. 5

KS F 2206, KS F 2207, KS F 2208, KS F 2209, KS F 2210 KS F 2211

5. 2.

A B

가 가 .

5. 2. 1 A A KS F 2206, KS F 2207, KS F 2208, KS F2209,
KS F2210 KS F 2211

6

a)

가 .

, ,

가

KS F 2202 .

b)

1%

10

가

c)

d)

MOR,

MOE,

$$y = a + bx$$

$$y =$$

$$x =$$

$$a, b =$$

e)

d)

f)

1)

$$\bar{Y} = \sum_i (\bar{Y}_i V_i / V)$$

$$\bar{Y} =$$

$$\bar{Y}_i = \mathbf{i}$$

$$V_i = \mathbf{i}$$

$$V =$$

2)

3)

$$s = \sqrt{b^2 (s_w^2 + s_a^2) + RMS}$$

$$\mathbf{s} =$$

$$\mathbf{b} =$$

sv2 =

sε2 =

RMS =

(residual mean square)

4)

B

5. 2. 2

B

B

가

KS F 2206, KS F

2207, KS F 2208, KS F 2209, KS F 2210 KS F 2211

$$s = c \overline{Y}$$

s =

$$\overline{Y} =$$

c =

0. 16

0. 22

0. 18

0. 28

0. 10

5. 2. 3

,

(modulus of rigidity)

,

가

a)

(MOR)

b)

0.33

c)

0.069

6.

6.1

6.1.1

6.1.2

100N/mm²

6.2

5%

1

1

1

						1mm ()
	2.1	0.94	2.1	1.9	4.1	1.67
	2.3	0.94	2.3	2.1	4.5	1.67

6. 2. 1

5.2 1
 . 1 14
 21 .
 1 1mm()

6. 2. 2

가

5.2 38mm
 .
 14 .

$$F = \left(\frac{d_1}{d}\right)^{\frac{1}{9}}$$

, F =

d1 =

d =

6.3

가

11

6.4

가

6.2

KS F

xxxx

가

7.

7.1

7.1.1

7.1.2

100N/mm²

7.2

KS F xxxx

KS F 3020

KS F xxxx

5%

7.2.1

가

(NIL; 2)

(PIL; 3)

2. 5%

95%	
	*
59	1
93	2
124	3
153	4
181	5
208	6
234	7
260	8
286	9
311	10
336	11
361	12
386	13
410	14
434	15
554	20
671	25
786	30
1,013	40
1,237	50

* 가

(PIL) 가 , $PIL = \bar{X}$

-Ks

(SE)

$$SE = s\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{K^2}{2(n-1)}}$$

, s =

n =

K =

95%

K

3

7. 2. 2

7. 3. 1

KS F xxxx

,

.

5%

.

.

$$P_2 = P_1 [(- M_2) / (- M_1)]$$

, P1 = M1

P2 = M2

M1, M2 = (%)

, = (4)

3.

95%

K

n	95% K			
	0.75	0.90	0.95	0.99
3	3.805	6.156	7.657	10.555
4	2.617	4.162	5.145	7.044
5	2.149	3.407	4.203	5.742
6	1.895	3.007	3.708	5.063
7	1.732	2.756	3.400	4.643
8	1.617	2.582	3.188	4.355
9	1.532	2.454	3.032	4.144
10	1.465	2.355	2.912	3.982
11	1.411	2.276	2.816	3.853
12	1.366	2.210	2.737	3.748
13	1.328	2.156	2.671	3.660
14	1.296	2.109	2.615	3.595
15	1.267	2.069	2.566	3.521
16	1.242	2.033	2.524	3.465
17	1.220	2.002	2.487	3.415
18	1.200	1.974	2.453	3.371
19	1.182	1.949	2.424	3.331
20	1.166	1.926	2.396	3.296
21	1.151	1.906	2.372	3.263
22	1.138	1.887	2.349	3.234
23	1.125	1.869	2.329	3.207
24	1.113	1.853	2.310	3.182
25	1.103	1.838	2.292	3.159
30	1.058	1.778	2.220	3.064
35	1.025	1.732	2.167	2.995
40	0.999	1.697	2.126	2.941
45	0.978	1.669	2.093	2.898
50	0.960	1.646	2.065	2.863
60	0.932	1.609	2.023	2.808
70	0.911	1.581	1.990	2.766
80	0.894	1.560	1.965	2.733
90	0.881	1.542	1.944	2.707
100	0.869	1.527	1.927	2.684
120	0.851	1.503	1.900	2.650
140	0.837	1.485	1.879	2.623
160	0.826	1.471	1.862	2.602
180	0.817	1.460	1.849	2.585
200	0.809	1.450	1.838	2.570
250	0.794	1.431	1.816	2.542
300	0.783	1.417	1.800	2.522
350	0.775	1.407	1.788	2.507
400	0.768	1.398	1.778	2.495
450	0.763	1.391	1.770	2.484
500	0.758	1.385	1.763	2.476
600	0.750	1.376	1.753	2.462
700	0.745	1.369	1.744	2.452
800	0.740	1.363	1.738	2.443
900	0.736	1.358	1.732	2.436
1000	0.733	1.354	1.728	2.431
1500	0.722	1.340	1.712	2.411
2000	0.715	1.332	1.703	2.400
2500	0.711	1.326	1.697	2.392
3000	0.708	1.323	1.692	2.386
	0.674	1.282	1.645	2.326

4.

	1.44	0.0200
	1.75	0.0333
	1.75	0.0333
	2.75	0.0833
	1.33	0.0167
	1.00	0

K 5

5.

K

		K
		1.200
1/3		0.939
1/3		1.080

5%

, 6 , 6
.

6 .

6.

		(MPa)
	1.00	690
	0.475	3.4
	0.475	3.4
	0.526	3.4
	0.244	0.34
	0.667	0.34

8.

, , ,
, , , ,
,
.

1.

1. 1

1. 1. 1 89mm

가 가 89mm

가

89mm

18%

15%

2

15%

가

15%

.

가

2

18%

a)

5. 2

15%

가

18%

가

$$\text{가 } (\%) = 100K(R_{15} - 1)$$

$$R_{15} = 3$$

$$K =$$

$$0. 7143$$

$$0. 7000$$

$$0. 7143$$

$$0. 6667$$

$$1. 000$$

$$0. 6154$$

1 89mm

	가(%)	
	19%	15%
	25	35
	14	20
	25	35
	50	75
	8	13
	50(1)	50(1)

(1)

가
가

2

	MOR	MOE			
	1.70	1.25	1.95	1.30	2.15
	1.65	1.25	1.95	1.25	2.05
	1.60	1.23	1.92	1.20	2.00
	1.45	1.23	1.90	1.15	1.80

1. 1. 2 가 89mm

가 89mm

가

10% 가

가

가 .

a) 가 89mm

가

2% 가 . 2% 가

가

.

1. 2

1. 2. 1

. 10

가 90%

2가 .

1. 2. 2

(1) .

1. 2. 3

가

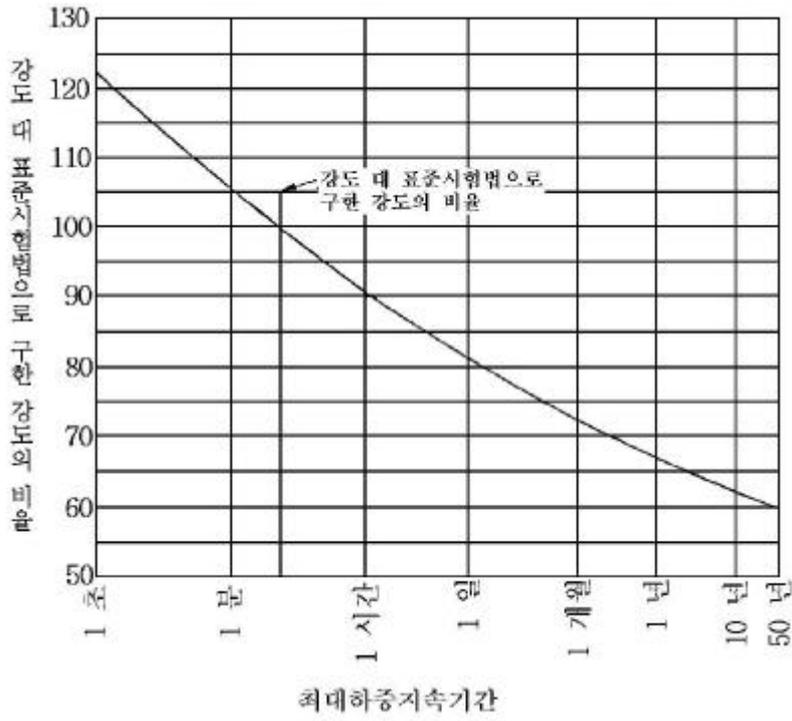
가 3.0

.

3.0

가

(1) 가 .



(1)

1. 2. 4

6. 2 7. 2

가 .

2 ,

1/2

가

가

가 가 .

가 가

. 가 가 가 가 가

1. 2. 5 가

가

100% 가 .

1. 3 가

, 가 .

가 100

가 가 가

1. 4

1. 4. 1

가 가

가 .
.

1. 4. 2

가

25%

가

1. 5

1. 5. 1

가

가

25%

가

1. 5. 2

, 가

가

1. 6

65 가 50

1.7

가 가 150mm

80mm
가 150mm ()
3 가

3

(mm)	
13	1.75
25	1.38
38	1.25
50	1.19
75	1.13
100	1.10
150	1.00

1. 8

1. 8. 1

,

3

가

600mm

가

가

15% 가

1. 8. 2

가

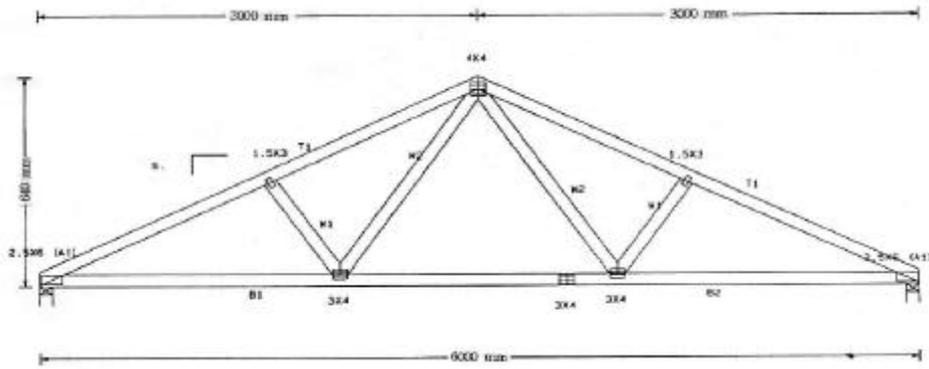
가

2)

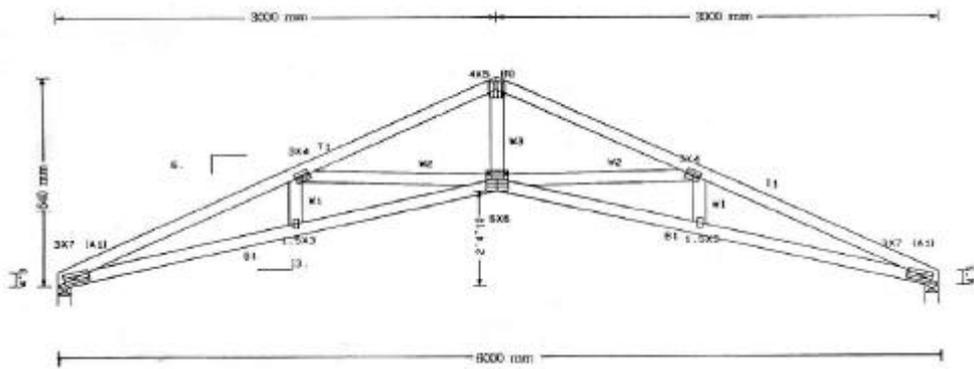
가)

2

0 30%



(Fink; W)



가 (Scissors)

(2-13)

가 ,
가 ,
(2-13) .

)
IMF
가 ,
 ,
 ,
가 .
 ,
 .
 .
() .

() ,
 .

가
,
, 가 가
,
가 가

2.

, NDS
,
가 , ‘ ,
.

3.

가 가 가
, 가
.
가 , KS
,

4.

20 30%

. 가 2 ,
() ,
()

American Society of Testing and Materials. 1992. Standard practice for establishing allowable properties for visually-graded dimension lumber from in-grade tests of full-size specimens. ASTM D 1990-91.

American Standard for Testing Materials. 1977. Standard methods for establishing clear wood strength values. ASTM D 2555-76a. Philadelphia. Pa.

American Standard for Testing Materials. 1977. Standard methods for evaluating allowable properties for grades of structural lumber. ASTM D 2915-74. Philadelphia. Pa.

American Standard for Testing Materials. 1986. Establishing structural grades and related allowable properties for visually graded lumber. ASTM D 245-81. Philadelphia. Pa.

American Standard for Testing Materials. 1986. Standard methods of testing small clear specimens of timber. ASTM D 143-52. Philadelphia, Pa.

Bodig J. and B. A. Jayne. 1982. Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold : 712.

Chugg, W. A. 1964. Glulam: The theory and practice of the manufacture of glued laminated timber structure. Benn, London.

Desch, H. E. and J. M. Dinwoodie. 1981. Timber: Its structure, properties, and utilization. 6th ed., MacMillan Press, London.

- F. E. Voeste, D. W. Green, K. A. Tarbell and L. A. Marin. 1987. Proof loading to assure lumber strength. *Wood and Fiber Science*, 19(3): 283-297.
- Fleischer, H. O. 1965. Heating rates for logs, bolts, and flitches to be cut into veneer. USDA For. Prod. Lab. Rep. No. 2149. Madison, Wisconsin.
- Green, D. W. , and K. A. McDonald. 1993. Investigation of the mechanical properties of red oak 2 by 4's. *Wood Fiber Sci.* 25(1): 35-45.
- Kollmann, F. F. P., E. W. Kuenzi, and A. J. Stamm. 1975. Principles of wood science and technology. II. Wood-based materials. Springer-Verlag, Berlin.
- Kubler, H. 1980. Wood as building and hobby materials. John Wiley and Sons, New York.
- Kunesh, R. H. 1978. Micro=Lan: Structural laminated veneer lumber. *For. Prod. Jour.* 28(7): 41--44.
- Laufenberg, T. I. 1983. Parallel-laminated veneer: Processing and performance research review. *For. Prod. Jour.* 33(9): 21--28.
- Michael B. Thurnond, F. E. Voeste and D. V. Green. 1984. Roof loads for reliability analysis of lumber properties data. *Wood and Fiber Science*, 16(2): 278-297.
- National Forest Product Association. 1991. National design specification for wood construction. N. F. P. A. Washington D. C. : 125.
- Pahshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1980. Textbook of wood technology. 4th ed. , McGraw-Hill, New York.

- Ross., R.J., and R.F. Pellerin. 1991. Nondestructive Evaluation of wood past, present, and future. *Nondestructive Characterization of Materials* .
- Ross., R.J., and R.F. Pellerin. 1993. Nondestructive testing for in-place assesment of wood members. In *Wood products for engineered structures*. 176-179.
- Suddarth, S.K., F.E. Woeste, and W.L. Galligan. 1978. Differential reliability: probabilistic engineering applied to wood members in bending/tension. Res. Pap. FPL 302. For. Prod. Lab. Wis.
- Truss Plate Institute. 1987. Design Specification for metal plate connected wood trusses; TPI-85.
- Truss Plate Institute. 1992. Design Data. BST/TPI 1-199x.
- Tsounis, G. 1991. Science and technology of wood: Structure, properties, utilization. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Western Wood Product Association. 1991. Standard grading rules for Western Lumber. WMPA, Portland, Oregon.
- Woeste, F.E., D.V. Green, K.A. Tarbell, and I.A. Marin. 1987. Proof loading to assure lumber strength. *Wood Fiber Sci.* 19(3): 283-297.
- Youngquist, J. A. 1992. Strength properties of wood composites. In: Vigo, T. L. and B. J. Kinizig(eds.), *Composite applications-The role of matrix, fiber, and interface*: Chap. 15. VCH Publishers, New York
- , . 1989. 가.
- . 39: 41-48.

, , , . 1994.

. 49: 155- 161.

, , . 1993. 2×4

. 가 4(1): 8- 13.

. 1995. - 1

-. 24(1): 11- 16.

. 1989. . 17(2) : 74

83.

全國木材組合聯合會編. 1992. 針葉樹の構造用製材の日本農林規格解説. 全
國木材組合聯合會

3

1

65%가

90%

가

가

가

.

가

가

가

.

가가

.

가

가

.

가

.

가가

가

.

가가 가

가

가가

가

가

가가

가

(3.6cm × 9cm)

2

1.

가.

. 가 ,

(),

.

.

,

,

.

() ,

3. 6cm × 9cm

.

가

가

.

1)

가) : 4

)

(1) (8) - , , , , ,

(2) (8)

1	2	3	4
5	6	7	8

(가) 8 () - , , ,

() 7 () - , ,

) 97

: 000-00000-0000

() 1 -

() 2 - ,

() 3, 4 -

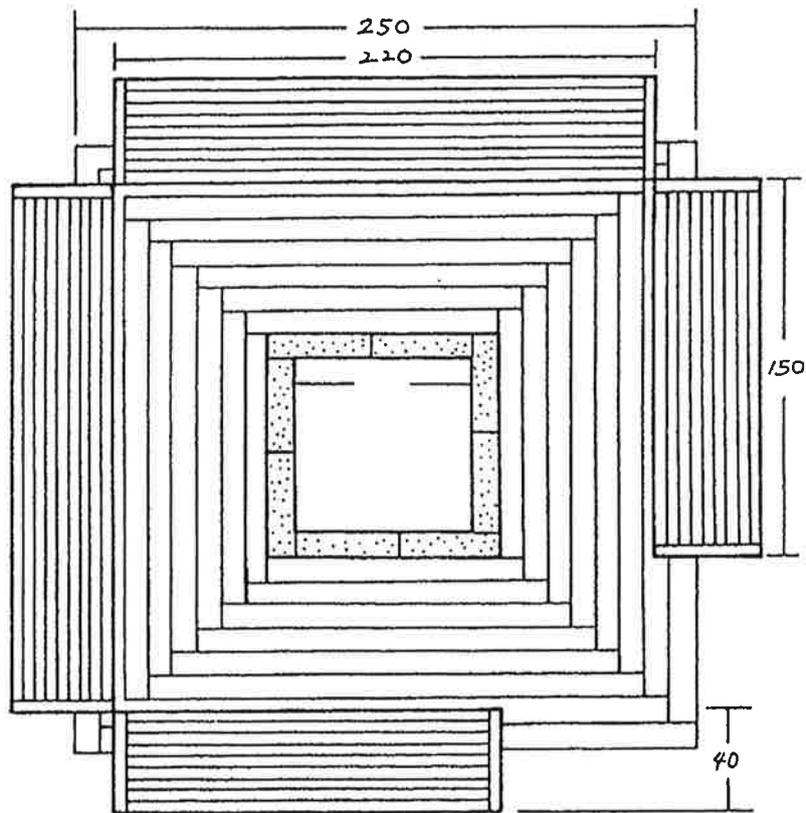
() 5 -

() 6 -

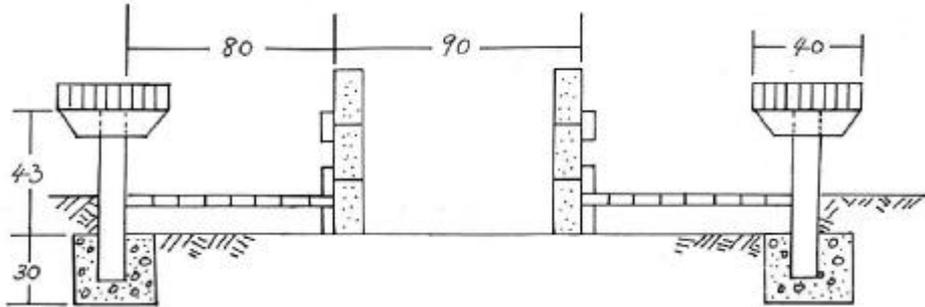
다) 내용

(1) 내부 8면 - 설계도면

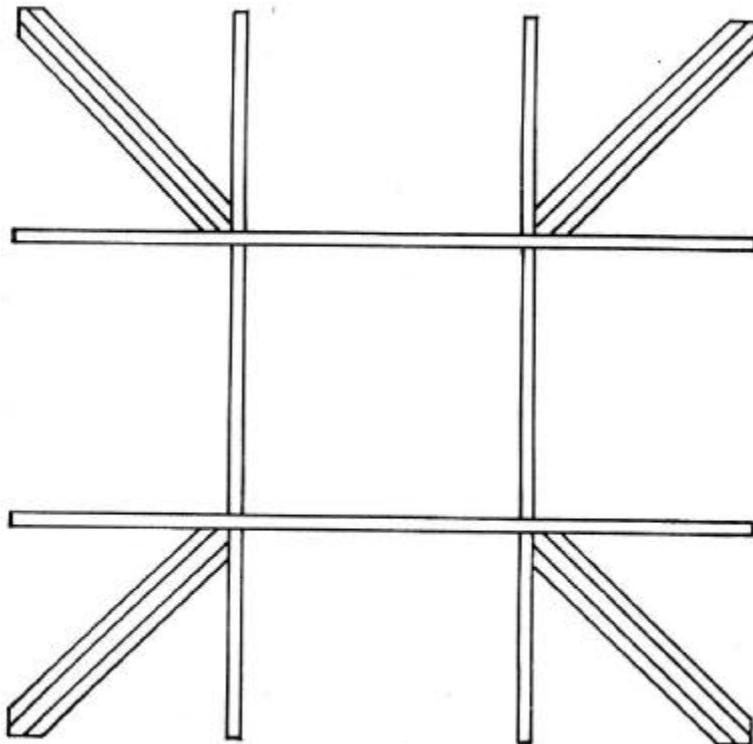
(가) 평면도



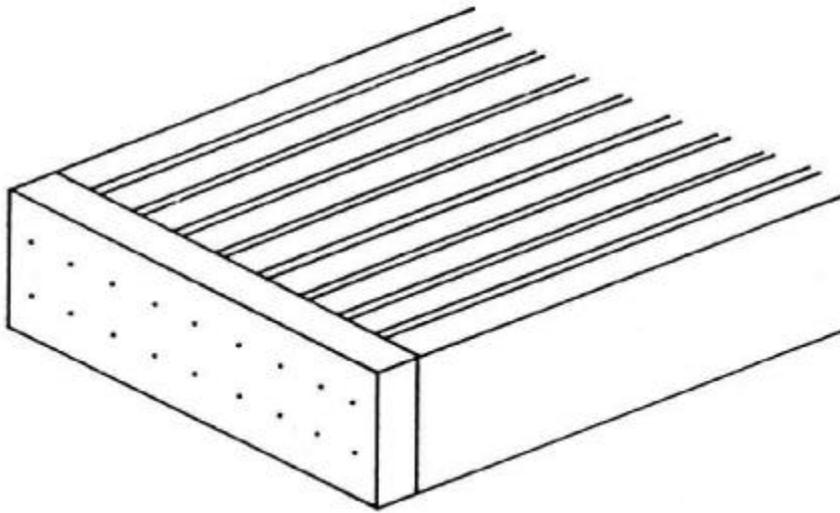
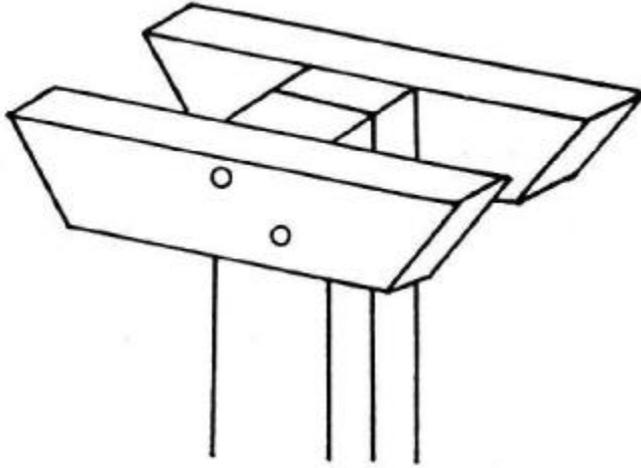
()



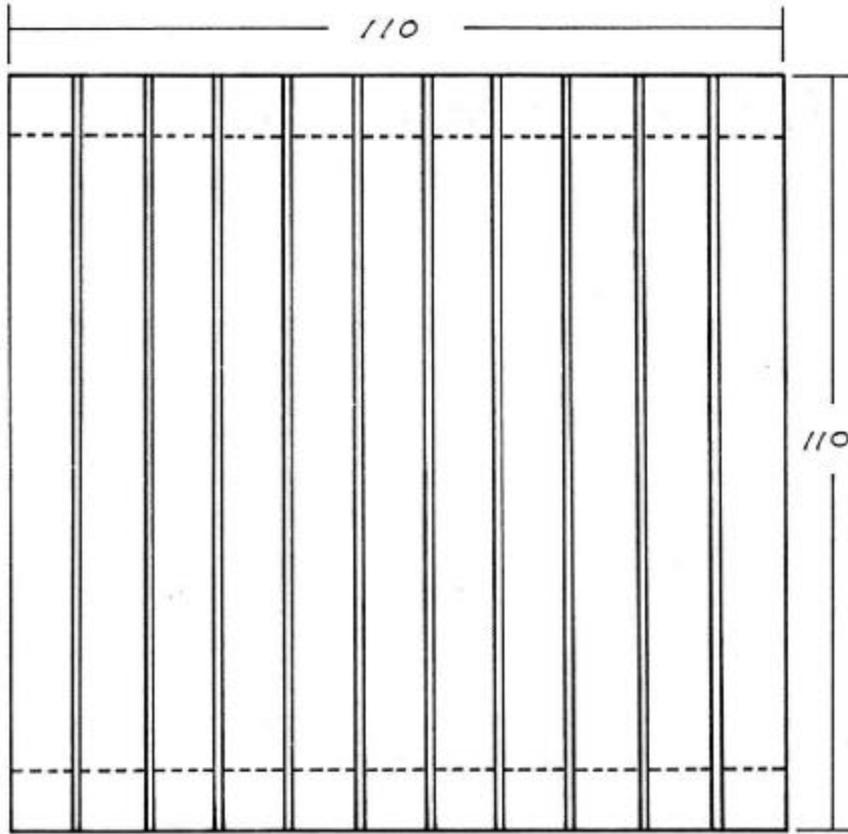
()



()

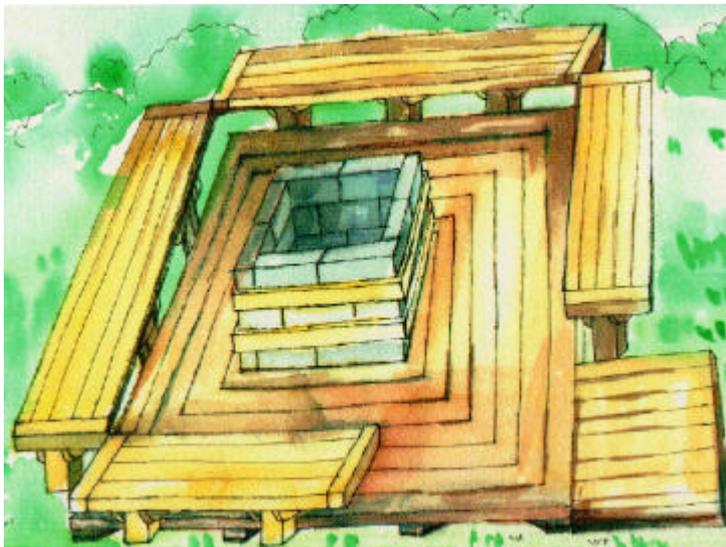


()



(2) 8

(가) 8 -



#100

() 7 -

2 207

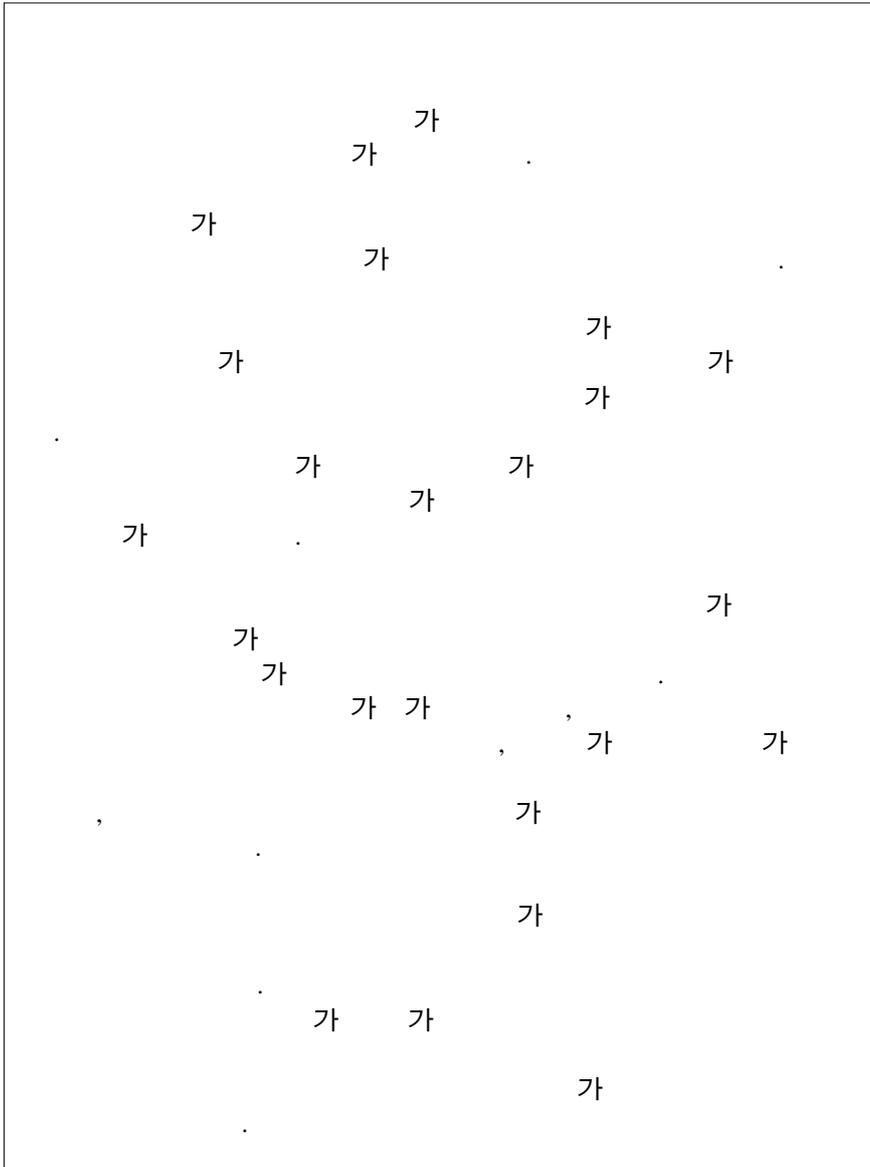
: 130-012
: 961-2565
: 961-2570

97

:

##

() 1 -



() 2 - ,

1.
 - 1) :
 - 2) : $3.6\text{cm} \times 9\text{cm}$
 - 3)
 - : $250\text{cm} - 2$
 $100\text{cm} - 12$
 $70\text{cm} - 4$
 - : $100\text{cm}, 120\text{cm}, 140\text{cm}, 160\text{cm}, 180\text{cm}, 200\text{cm},$
 $220\text{cm}, 240\text{cm} - 4$
 - : $200\text{cm} - 18$
 $130\text{cm} - 18$
 $60\text{cm} - 20$
 $40\text{cm} - 28$
 - : $120\text{cm} - 2$
 $100\text{cm} - 34$
 2. : $100\text{mm} \times 190\text{mm} \times 390\text{mm} - 24$
 3.
 - 1) : $0.9\text{cm}, 12\text{cm} - 8$
 $0.9\text{cm}, 20\text{cm} - 20$
 - 2) : $9\text{cm} - 500$
 4. : , , -
-
1. :
 2. : , , , ,
 3. (): , ,

() 3, 4 -

- 1)
- : 3m × 3m
- 가
- 2) 2.5m × 2.5m
- 가 3.54m가
- 3)
- 40cm × 40cm 45cm
- 4)
- 90cm × 90cm
- 가
- 5)
- 가
- 가
- 6)
- 9mm
2
- 7)
- 1 2 2 2 3
- 8)
- 9)
- 10)
- 11)
- 12)
52cm

(바) 5면 - 제작시 주의사항

제작시 주의사항

- 1) 못은 가능하면 녹슬지 않는 아연도금못이나 스텐레스못을 사용한다.
- 2) 갑판이나 기타 수평부재를 눕혀서 설치할 경우에 목재의 수피 부위가 위로 올라 오도록 한다.

수피부위



중심부위

- 3) 전동공구를 사용할 때 안전수칙을 준수한다.
- 4) 목재의 끝면으로 못질할 때에는 미리 천공기로 못의 직경보다 작은 구멍을 뚫은 다음 못을 박음으로써 목재의 갈라짐을 방지할 수 있다.
- 5) 톱질이나 전동공구의 사용은 옥외나 작업장에서 마스크를 착용하고 실시한다.
- 6) 전동공구를 사용할 때에는 눈을 보호할 수 있는 보호안경을 착용한다.
- 7) 방부처리목 폐잔재는 태우지 말고 일반 매립용 쓰레기와 동일하게 처리한다.
- 8) 방부처리목의 톱밥이 묻은 작업복은 다른 옷들과 분리하여 세탁한다.
- 9) 방부처리목과 직접 접촉한 신체 부위는 물로 깨끗이 씻어낸다.
- 10) 야외에서 전동공구를 사용할 경우에는 수분과의 접촉을 피한다.
- 11) 목재를 보관할 경우에는 비 또는 기타 수분과의 접촉을 차단하여야 한다.
- 12) 작업 후 공구들은 깨끗이 손질하고 말린 후 기름칠하여 보관한다.

() 6 -

		가	.
1)	-		.
2)	-		.
3)	가		.
4)	.		.
5)	가	가	.
6)	,	,	.
7)			.
8)	가		.
9)	()		.
10)		가	.
##		!	.

)

	가		가
	1,800	200	360,000
	1,000	24	24,000
,			30,000
, ,			40,000
			454,000

)



:

	()

2) ()

가) : 4

)

(1) (8) - , , (,),

,

(2) (8)

1	2	3	4
5	6	7	8

(가) 8 () - , , ,

() 7 () - , ,

) 97

: 000-00000-0000

() 1 -

() 2 - ,

() 3, 4 -

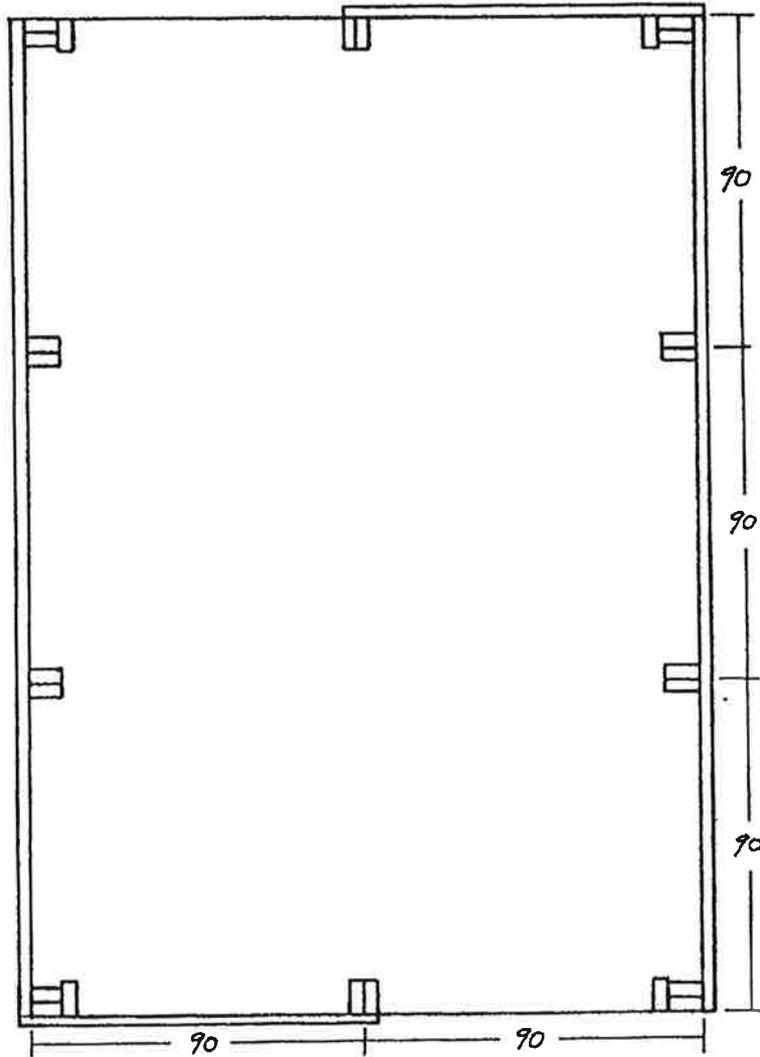
() 5 -

() 6 -

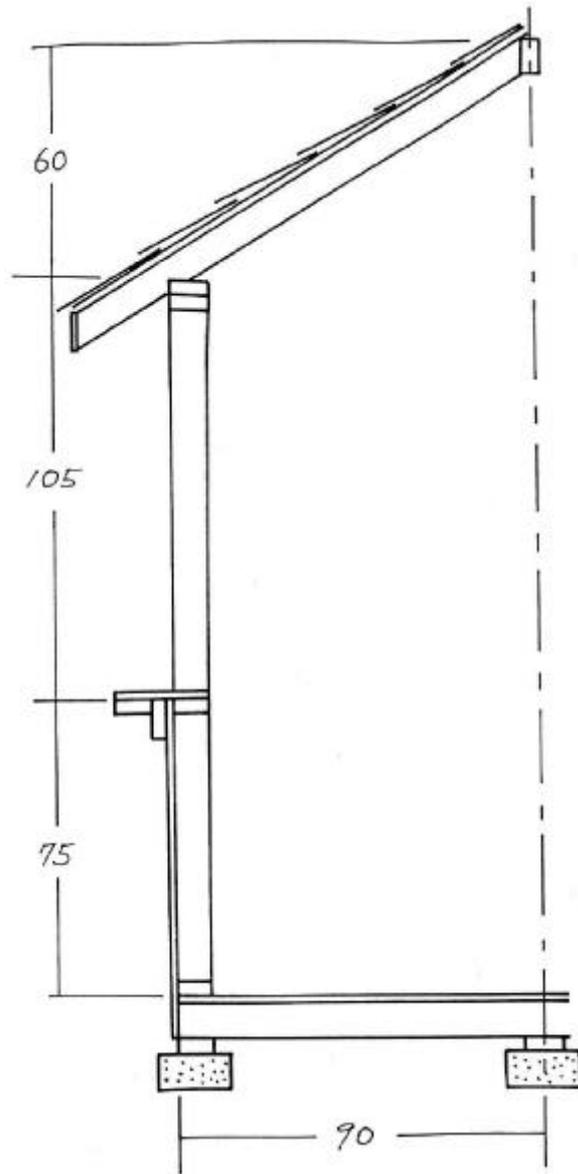
다) 내용

(1) 내부 8면 - 설계도면

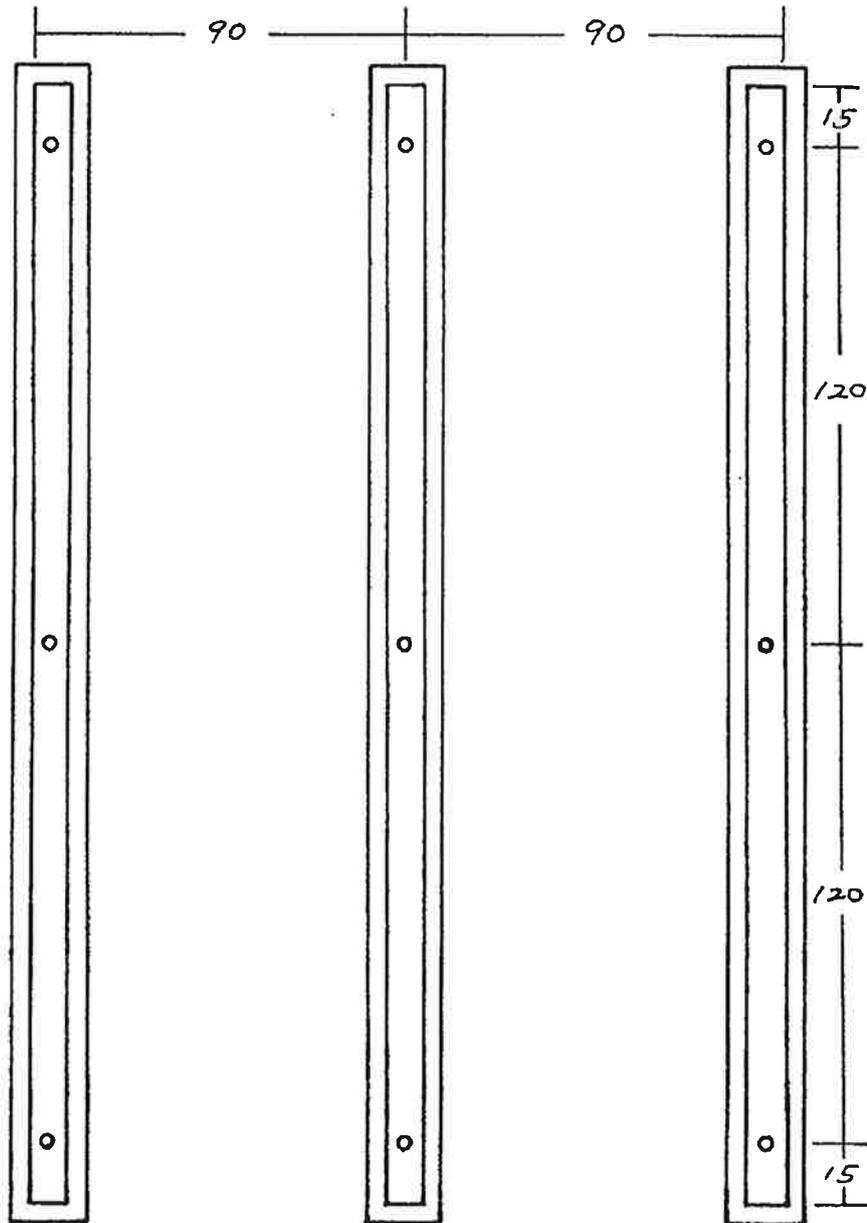
(가) 평면도



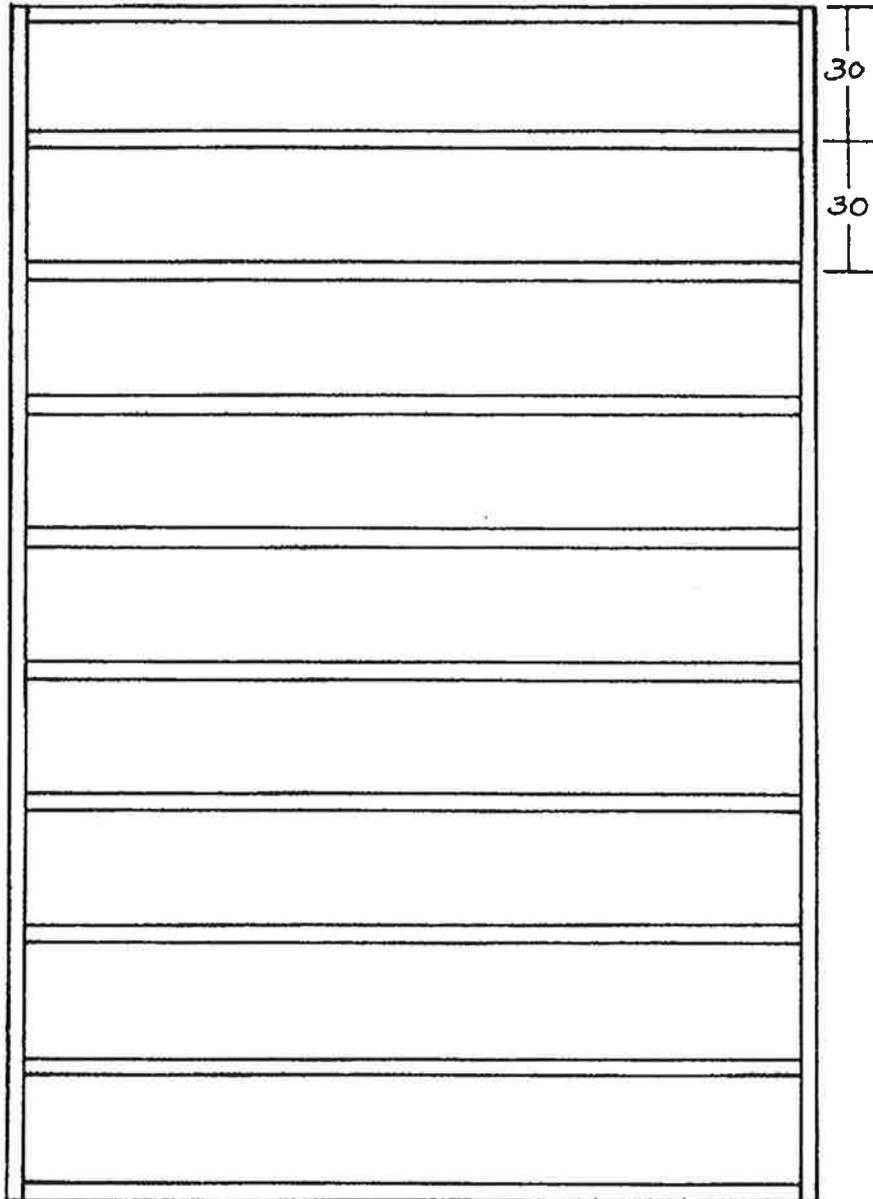
()



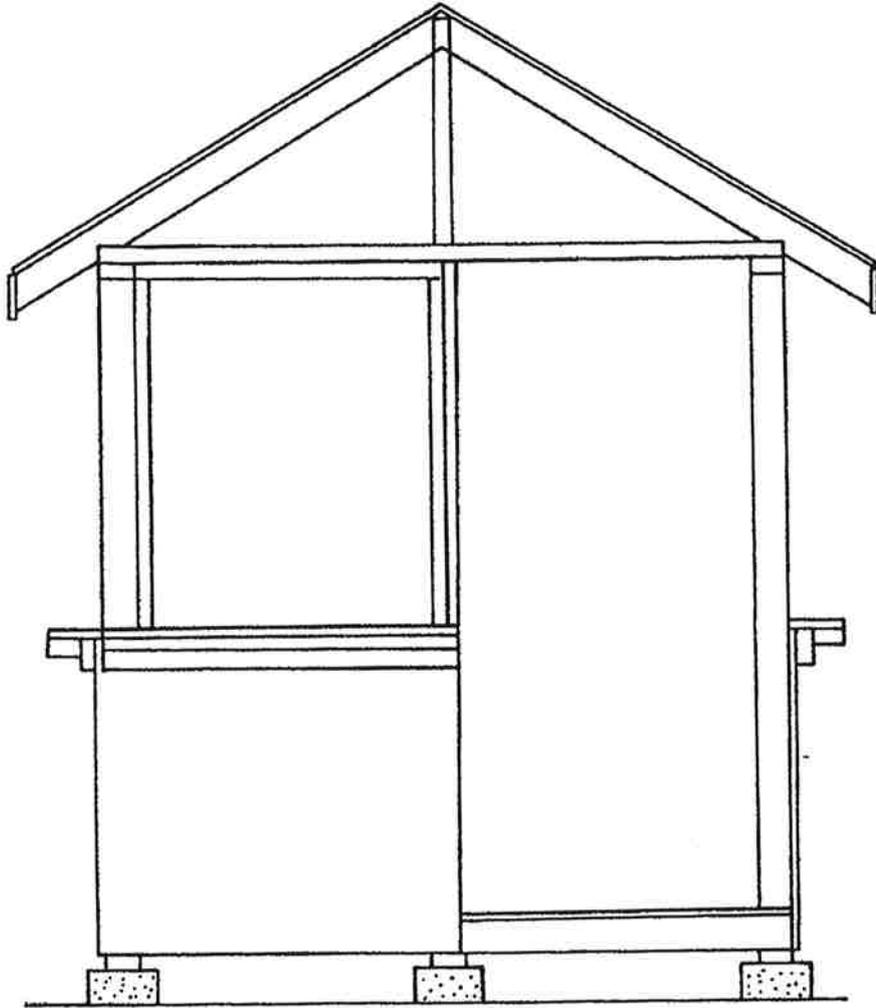
(다) 기초구조



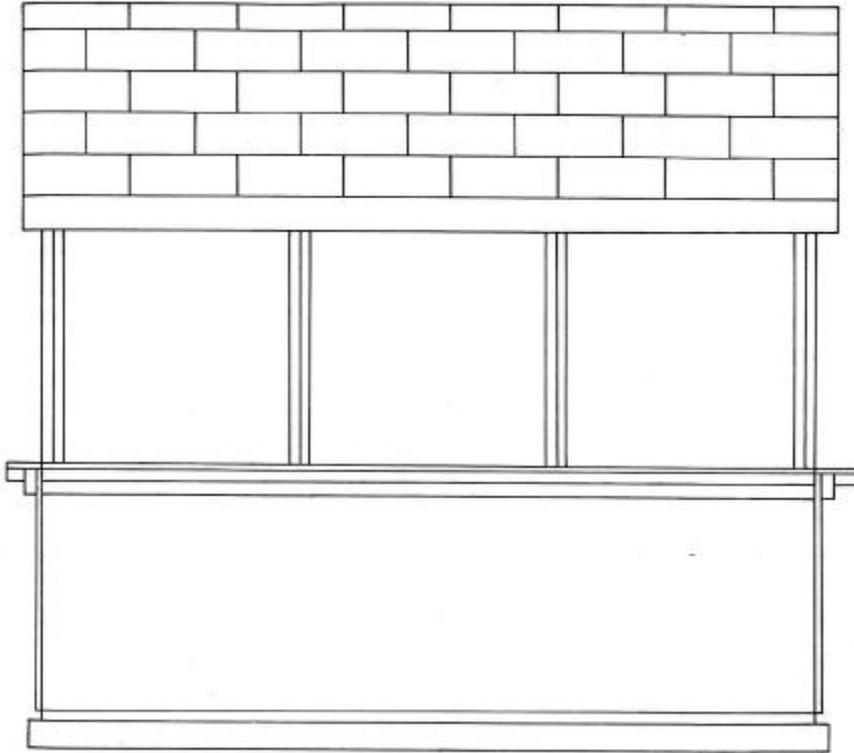
(라) 바닥골조



(마) 청면도

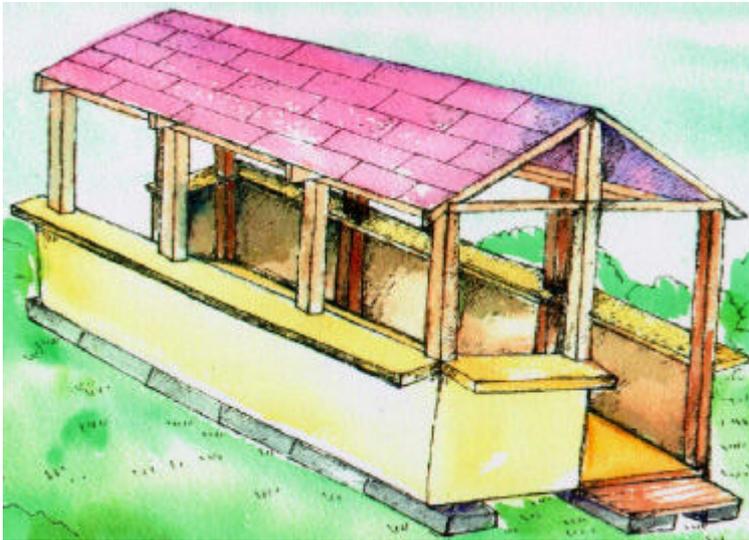


()



(2) 8

(가) 8 -



#101

() 7 -

2 207

: 130-012

: 961-2565

: 961-2570

97

:

##

() 2 - ,

1.
 - 1) :
 - 2) : 3.6cm × 9cm
 - 3)
 - : 270cm - 3
 - : 270cm - 2
 - 180cm - 10
 - 10- 12mm (4 × 8) - 3
 - : 270cm - 6
 - 180cm - 26
 - 90cm - 12
 - 10- 12mm (4 × 8) - 3
 - : 270cm - 1
 - 180cm - 2
 - 120cm - 9
 - 10- 12mm (4 × 8) - 3
 2. : 100mm × 190mm × 390mm - 24
 3.
 - 1) : 0.9cm, 12cm - 9
 - 2) : 9cm - 500
6.5cm - 500
 4. : 3
 5. : , -
-
1. :
 2. : , , , ,
 3. (): , ,

() 3, 4 -

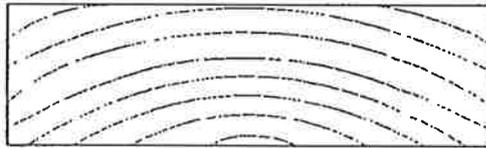
1)					
-	:	2m × 3m			
-		가			
2)	2.0m × 3.0m				
-		가	3.61m	가	
3)	3		1	8	
-					
-	가				15cm,
	135cm, 255cm				
4)					
-	0.9cm				
5)					
-					
-					
6)					
-					
-	4				
-					
7)					
-					
-					
8)					
-			1	2cm	
-		가			
		2.5cm			1
4					

(바) 5면 - 제작시 주의사항

제작시 주의사항

- 1) 못은 가능하면 녹슬지 않는 아연도금못이나 스텐레스못을 사용한다.
- 2) 갑판이나 기타 수평부재를 눕혀서 설치할 경우에 목재의 수피 부위가 위로 올라오도록 한다.

수피부위



중심부위

- 3) 장선이나 서까래를 설치할 때 흰 부재는 볼록한 부위가 위로 올라오도록 한다.
- 4) 전동공구를 사용할 때 안전수칙을 준수한다.
- 5) 목재의 끝면으로 못질할 때에는 미리 천공기로 못의 직경보다 적은 구멍을 뚫은 후 못을 박음으로써 목재의 갈라짐을 방지할 수 있다.
- 6) 톱질이나 전동공구의 사용은 옥외나 작업장에서 마스크를 착용하고 실시한다.
- 7) 전동공구를 사용할 때에는 눈을 보호할 수 있는 보호안경을 착용한다.
- 8) 방부처리목 폐잔재는 태우지 말고 일반 매립용 쓰레기와 동일하게 처리한다.
- 9) 방부처리목의 톱밥이 묻은 작업복은 다른 옷들과 분리하여 세탁한다.
- 10) 방부처리목과 직접 접촉한 신체 부위는물로 깨끗이 씻어낸다.
- 11) 야외에서 전동공구를 사용할 경우에는 수분과의 접촉을 피한다.
- 12) 목재를 보관할 경우에는 비 또는 기타 수분과의 접촉을 차단하여야 한다.
- 13) 작업 후 공구들은 깨끗이 손질하고 말린 후 기름칠하여 보관한다.

() 6 -

				가	
1)	.				.
-					
2)					.
-		가			
3)	.				
4)			.		
5)		가			가
			,	,	
6)	.				
7)					.
8)			.		
9)	가				
	()			
10)				가	.
##				!	

)

	가		가
	1,800	150	270,000
	15,000	9	135,000
	1,000	24	24,000
,			20,000
	30,000	3	90,000
, ,			20,000
			559,000

)



:

3)

가) : 4

)

(1) (8) - , (,), ,

(2) (8)

1	2	3	4
5	6	7	8

(가) 8 () - , , ,

() 7 () - , ,

) 97

: 000-000-0000

() 1 -

() 2 - ,

() 3, 4 -

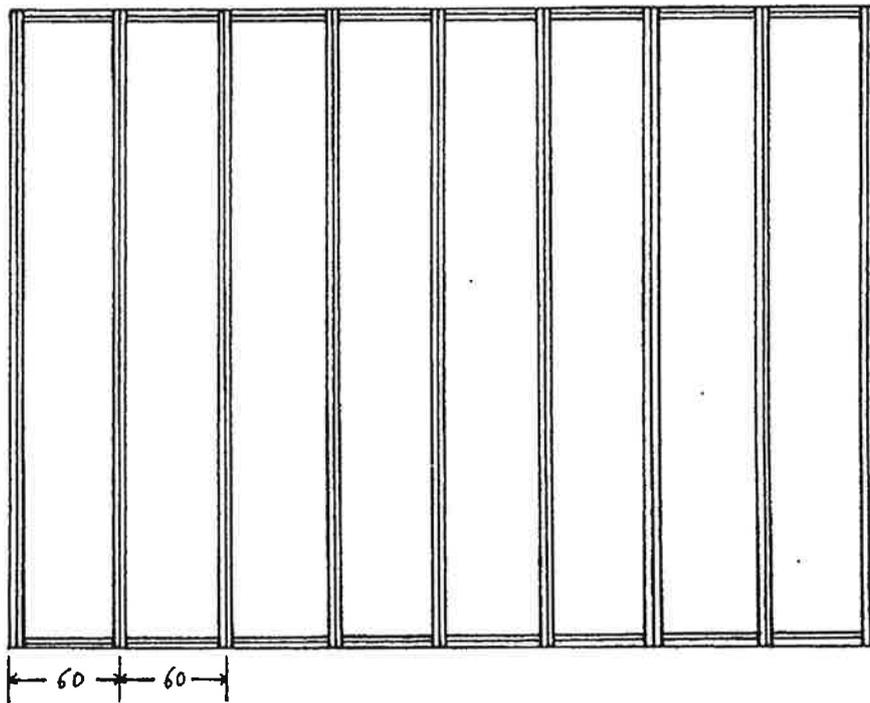
() 5 -

() 6 -

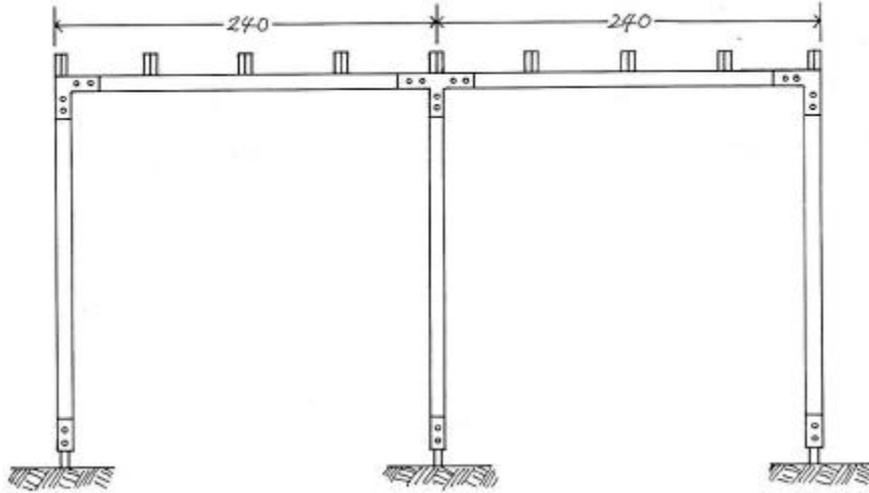
다) 내용

(1) 내부 8면 - 설계도면

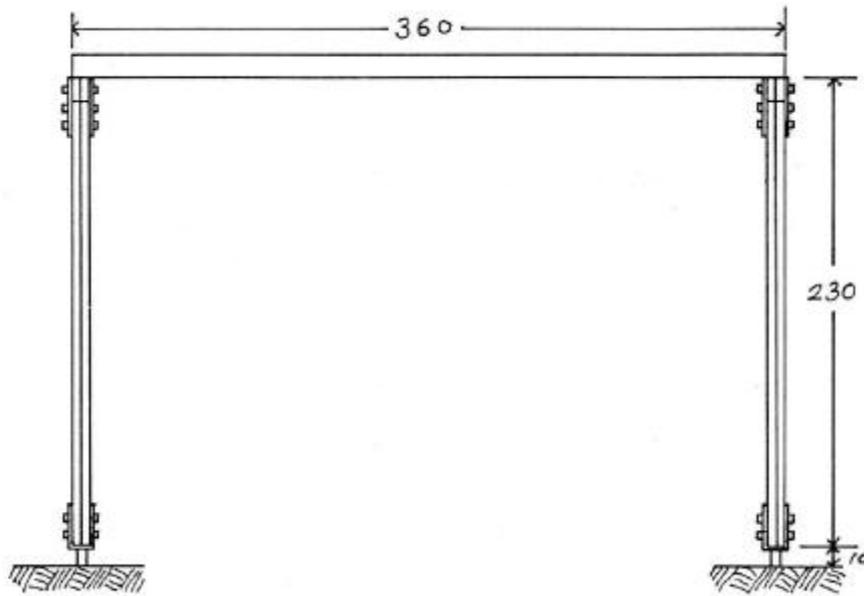
(가) 평면도



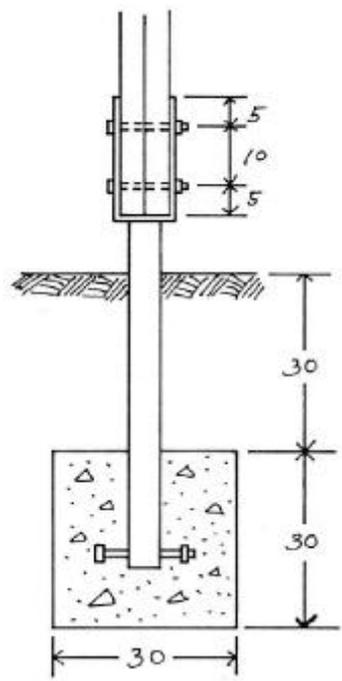
()



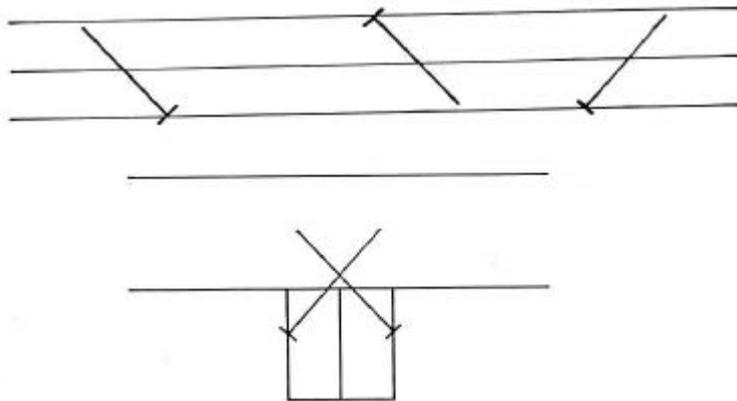
()



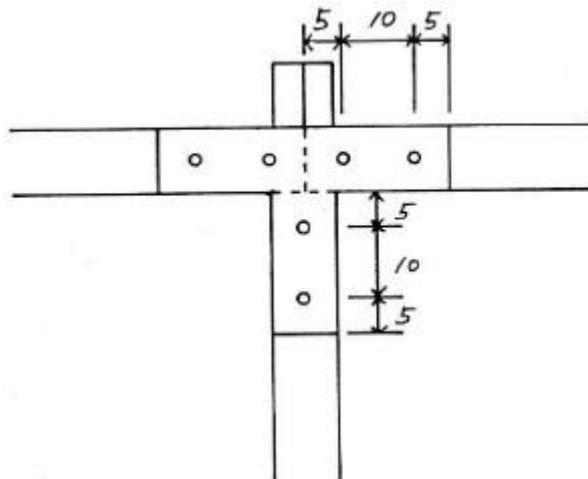
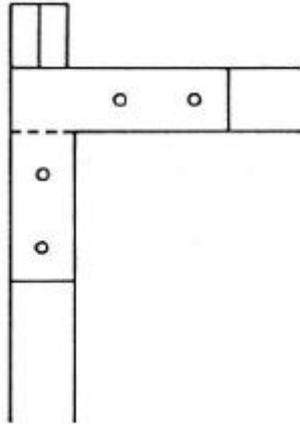
()



()

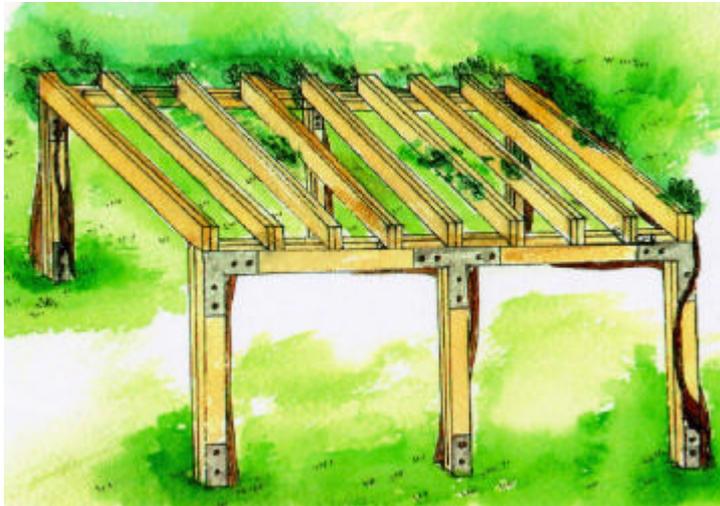


()



(2) 8

(가) 8 -



#102

() 7 -

2 207

: 130-012

: 961-2565

: 961-2570

97

:

##

() 2 - ,

1.
 - 1) : , ,
 - 2) : 3.6cm × 9cm
 - 3)
 - : 240cm - 12
 - : 240cm - 8
 - 180cm - 36
 2.
 - 1) : 9mm, 12cm - 46
 - 2) : 9cm - 500
 - 3) □ : 4
 - 4) T : 2
 - 5) : 6
 3. : , -
-
1. : , , ,
 2. : , , , ,
 3. (): , ,

() 3, 4 -

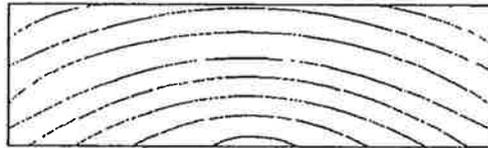
- 1)
- : 4m × 5m
- 가
- 2) 3.6m × 4.8m
- 가 6.4m가
- 3)
30cm 60cm
- 4)
30cm
10cm
- 5) , 가
- 3.6m × 9cm 2
- 9cm 30cm
30
- 3.6m 1.8m 가
2
90cm 2
- 6) 9mm
- 7) 가
- 가
- 8)
- , 가

(바) 5면 - 제작시 주의사항

제작시 주의사항

- 1) 못은 가능하면 녹슬지 않는 아연도금못이나 스텐레스못을 사용한다.
- 2) 갑판이나 기타 수평부재를 눕혀서 설치할 경우에 목재의 수피 부위가 위로 올라오도록 한다

수피부위



중심부위

- 3) 가로보 또는 세로보를 설치할 때 흰 부재는 불룩한 부위가 위로 올라오도록 한다.
- 4) 전동공구를 사용할 때 안전수칙을 준수한다.
- 5) 목재의 끝면으로 못질할 때에는 미리 천공기로 못의 직경보다 적은 구멍을 뚫은 후에 못을 박음으로써 목재의 갈라짐을 방지할 수 있다.
- 6) 톱질이나 전동공구의 사용은 옥외나 작업장에서 마스크를 착용하고 실시한다.
- 7) 전동공구를 사용할 때에는 눈을 보호할 수 있는 보호안경을 착용한다.
- 8) 방부처리목 폐잔재는 태우지 말고 일반 매립용 쓰레기와 동일하게 처리한다.
- 9) 방부처리목의 톱밥이 묻은 작업복은 다른 옷들과 분리하여 세탁한다.
- 10) 방부처리목과 직접 접촉한 신체 부위는 물로 깨끗이 씻어낸다.
- 11) 야외에서 전동공구를 사용할 경우에는 수분과의 접촉을 피한다.
- 12) 목재를 보관할 경우에는 비 또는 기타 수분과의 접촉을 차단하여야 한다.
- 13) 작업 후 공구들은 깨끗이 손질하고 말린 후 기름칠하여 보관한다.

1) 1: , ,

가) : 4

)

1	2	3	4
5	6	7	8

(1) (8) - , ,

(2) (8)

(가) 8 () - , , ,

() 7 () - , ,

) 98

: 000-00000-0000

() 1 -

() 2 - ,

() 3, 4 -

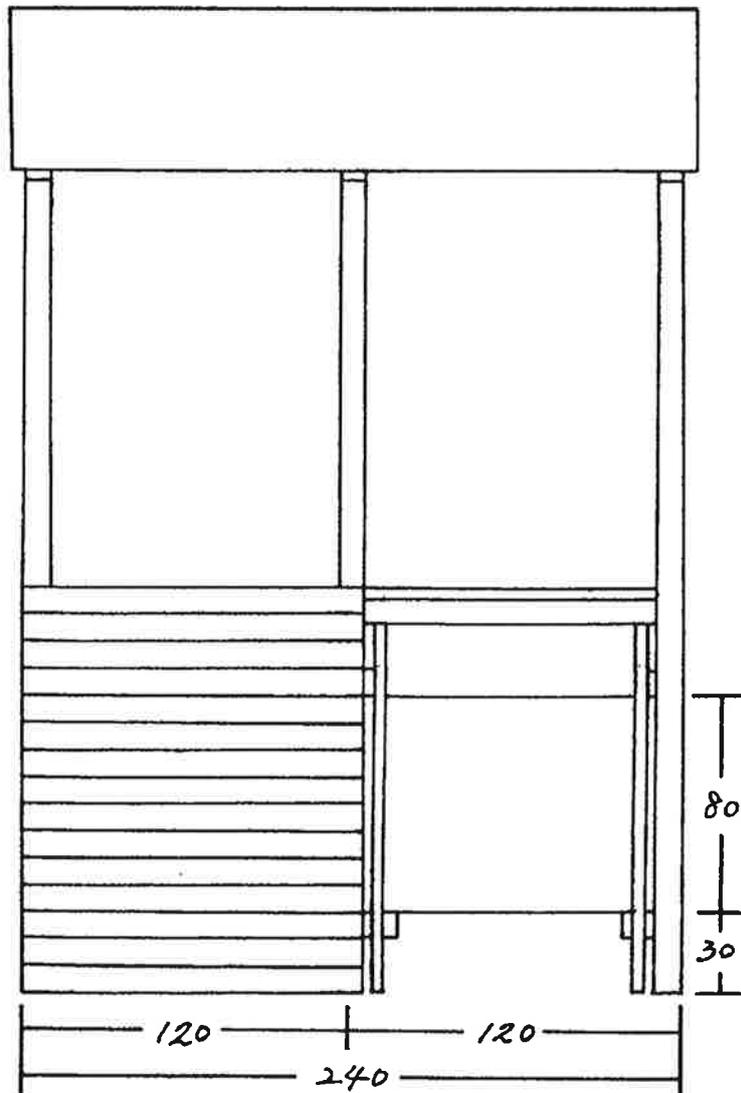
() 5 -

() 6 -

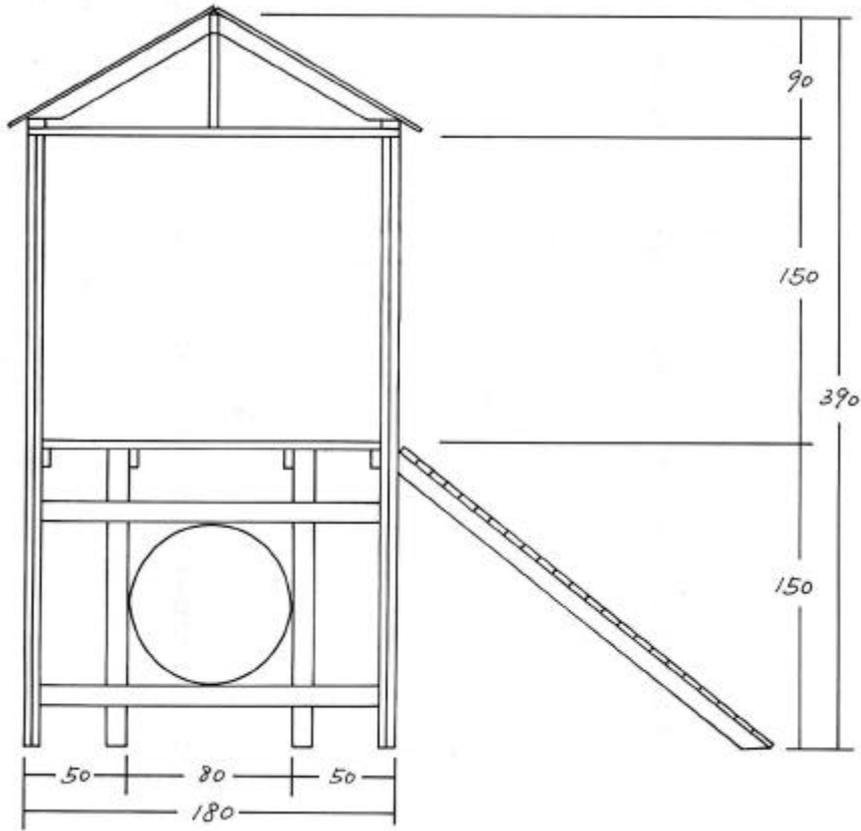
다) 내용

(1) 내부 8면 - 설계도면

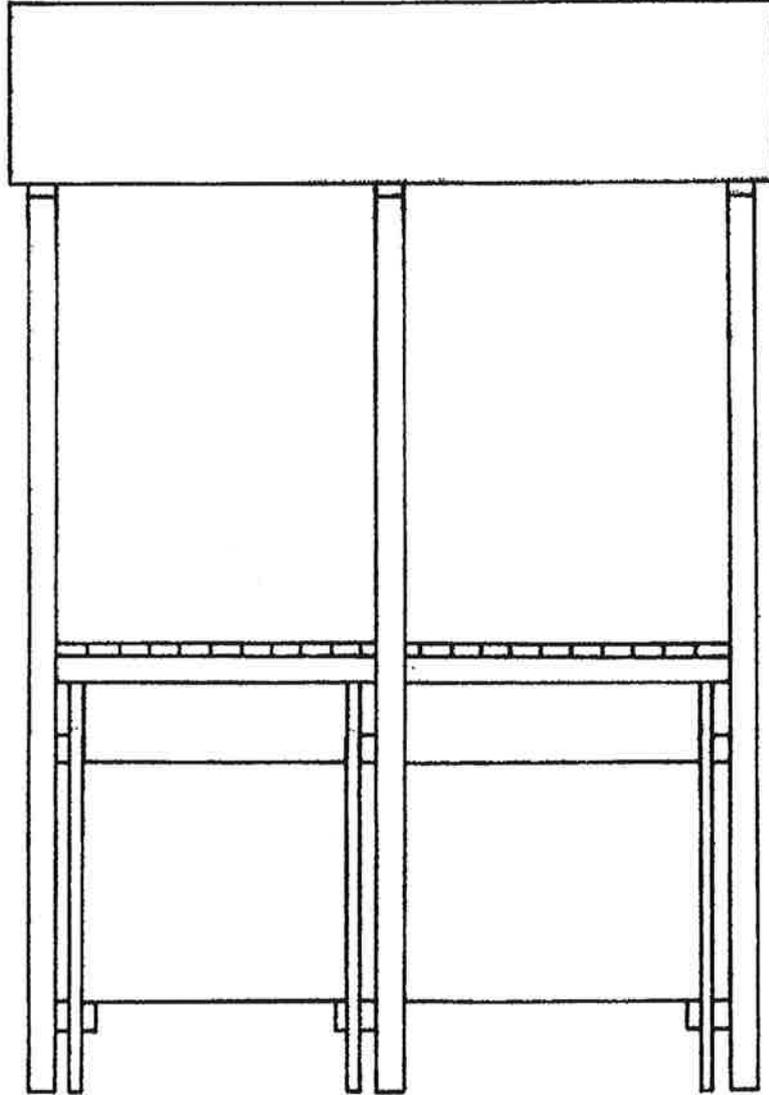
(가) 입면도: 정면



() :



(다) 입면도: 뒷면



(2) 8

(가) 8 -



, , ,



1

#103

() 7 -

2 207

: 130-012

: 961-2565

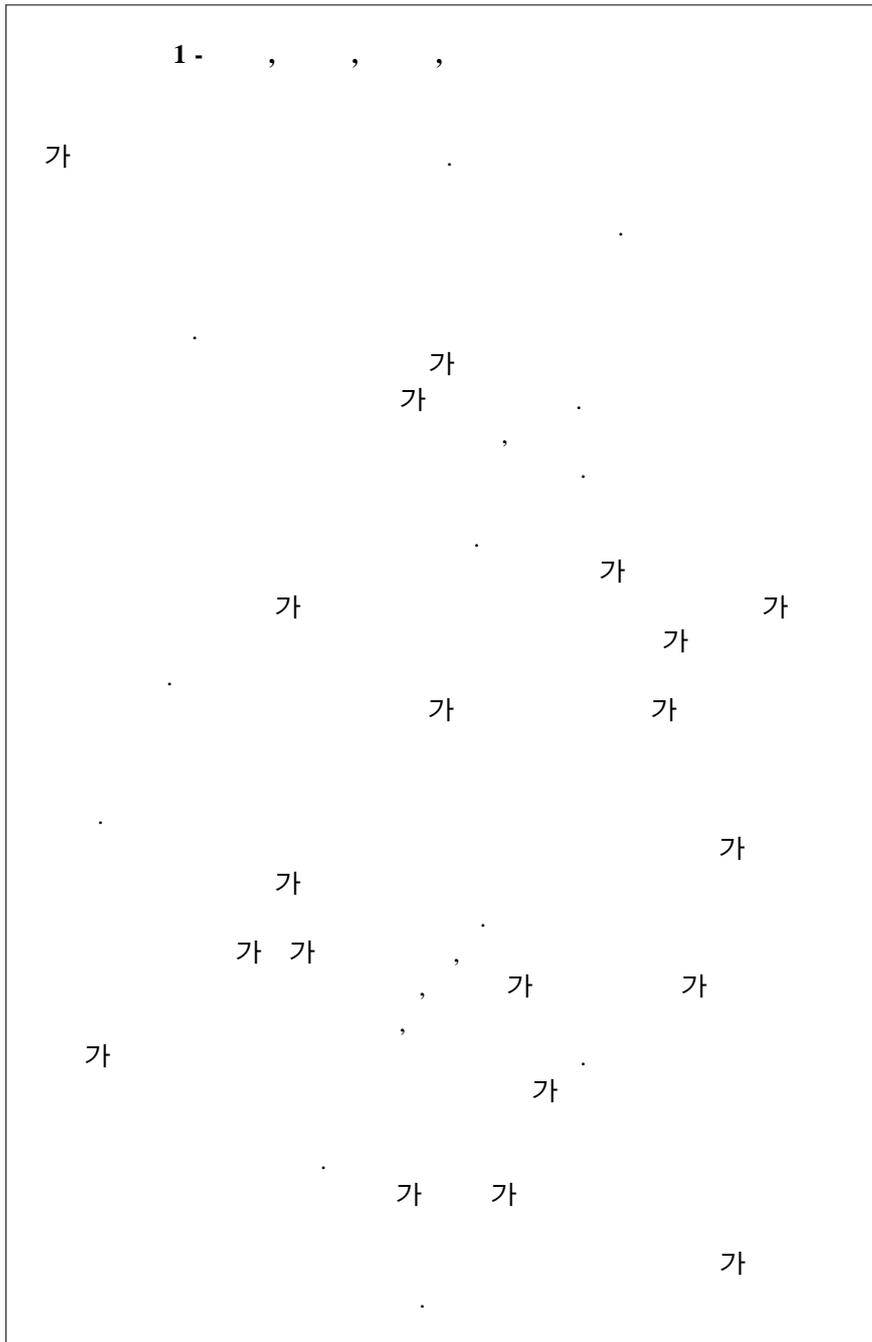
: 961-2570

98

:

##

() 1 -



() 2 - ,

()	: (cm)	()
	300	12
	240	7
	210	4
	180	35
	150	8
	120	25
	60	2
	4 × 8	2
	: 80cm	2.4m
	: 10cm	5kg
	: 15mm	10m
,		
		6
	: 12mm	12
	: 12mm	2

1. :
2. : , , , ,
3. (): , ,

() 3, 4 -

1)				
-	:	3m × 3m		
-		가		
2)				
3)	1.8m × 2.4m			
-		가	3m가	
4)			40cm × 40cm	50cm
5)				
6)		1.5m		
-		가		
-				
-				
7)				
-				
-				
8)				
-				
-				
9)				
-				
-				

(바) 5면 - 제작시 주의사항

제작시 주의사항

- 1) 못은 가능하면 녹슬지 않는 아연도금못이나 스텐레스못을 사용한다.
- 2) 갑판이나 기타 수평부재를 눕혀서 설치할 경우에 목재의 수피 부위가 위로 올라오도록 한다.

수피부위



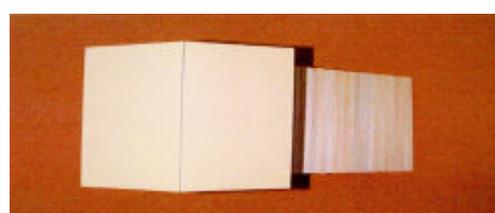
중심부위

- 3) 전동공구를 사용할 때 안전수칙을 준수한다.
- 4) 목재의 끝면으로 못질할 때에는 미리 천공기로 못의 직경보다 작은 구멍을 뚫거나 못끝을 무디게 하여 못을 박는 것이 좋다.
- 5) 톱질이나 전동공구의 사용은 옥외나 작업장에서 마스크를 착용하고 실시한다.
- 6) 전동공구를 사용할 때에는 눈을 보호할 수 있는 보호안경을 착용한다.
- 7) 제작 후 수분의 침투를 방지하고 작품을 보호하기 위하여 방수 도료를 도포하는 것이 좋다.
- 8) 방부처리목 폐잔재는 태우지 말고 일반 매립용 쓰레기와 동일하게 처리한다.
- 9) 방부처리목의 톱밥이 묻은 작업복은 다른 옷들과 분리하여 세탁한다.
- 10) 방부처리목과 직접 접촉한 신체 부위는 물로 깨끗이 씻어낸다.
- 11) 야외에서 전동공구를 사용할 경우에는 수분과의 접촉을 피한다.
- 12) 목재를 보관할 경우에는 비 또는 기타 수분과의 접촉을 차단하여야 한다.
- 13) 작업 후 공구들은 깨끗이 손질하고 말린 후 기름칠하여 보관한다.

() 6 -

		기	
1)	-		
2)	-		
3)		가	
4)			
5)		가	가
6)			
7)			
8)			
9)	가		
10)	()		가
##			!

)



2) 2: , ,

가) : 4

)

(1) (8) - , , (,),

,

(2) (8)

1	2	3	4
5	6	7	8

(가) 8 () - , , ,

() 7 () - , ,

) 98

: 000-00000-0000

() 1 -

() 2 - ,

() 3, 4 -

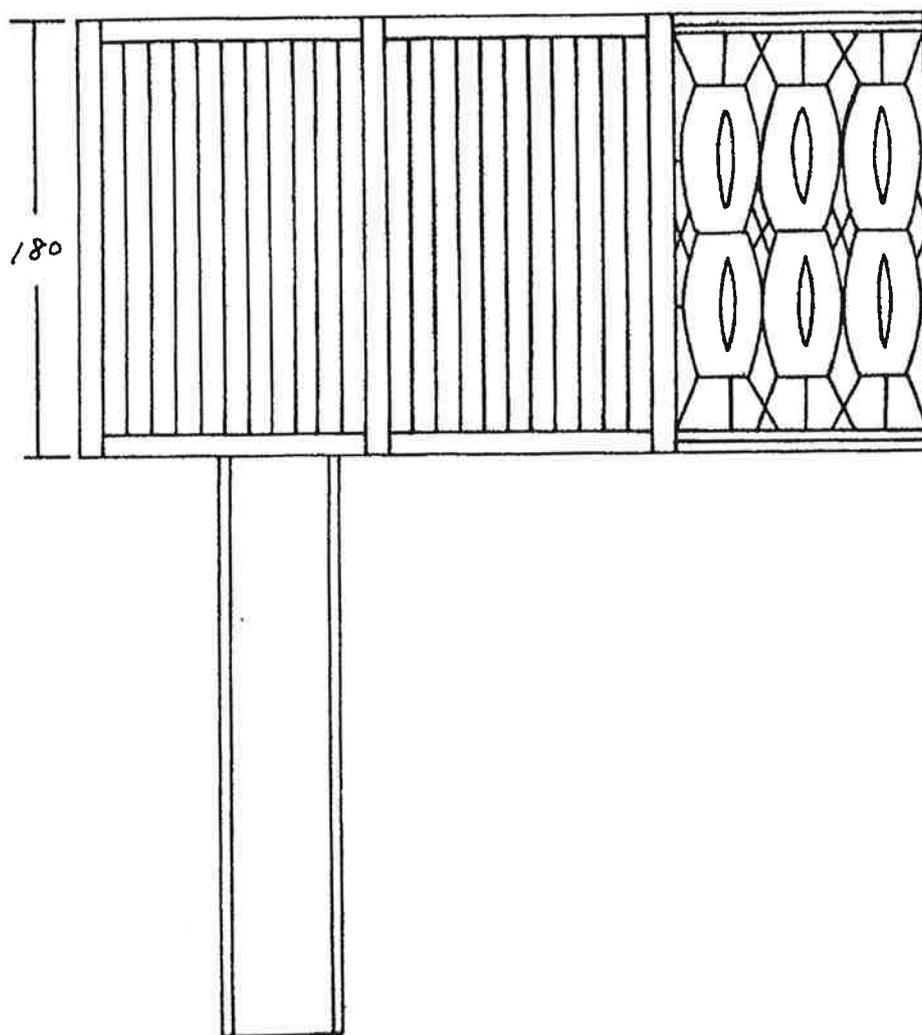
() 5 -

() 6 -

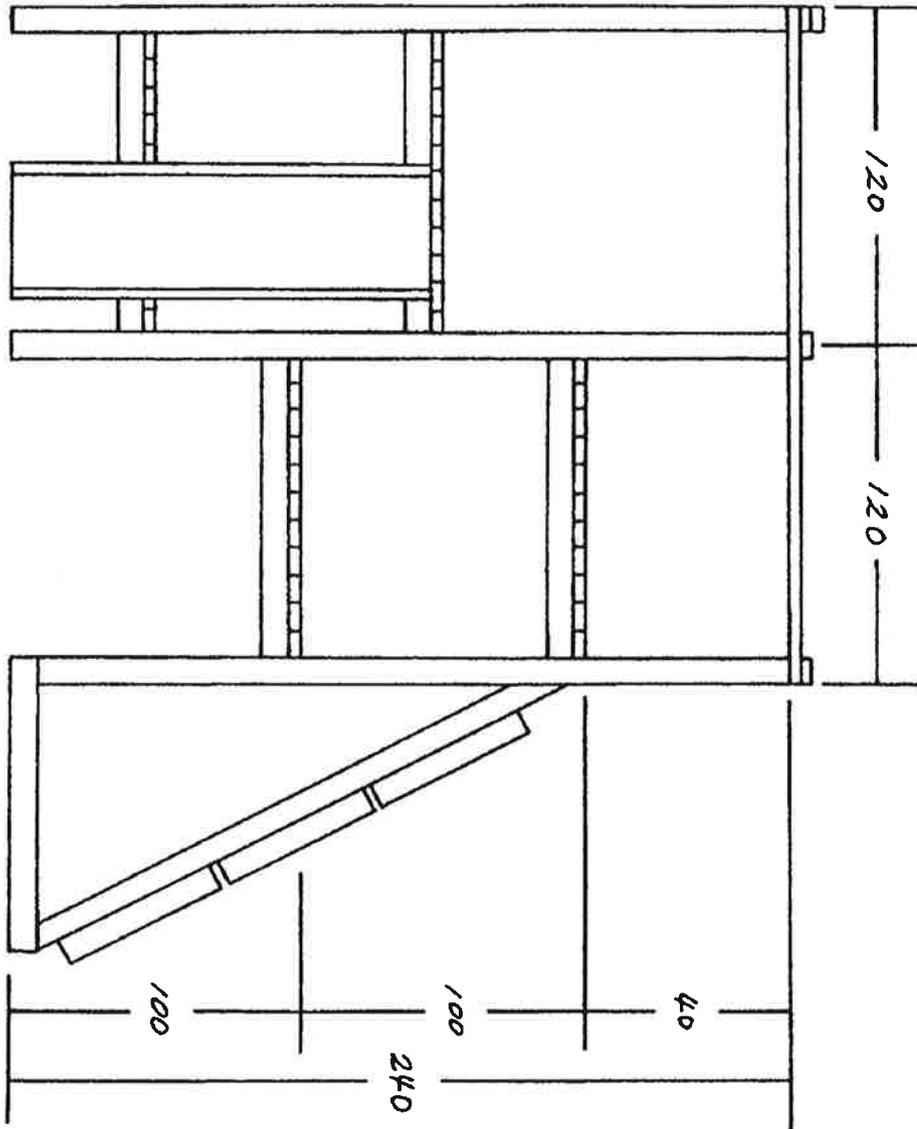
다) 내용

(1) 내부 8면 - 설계도면

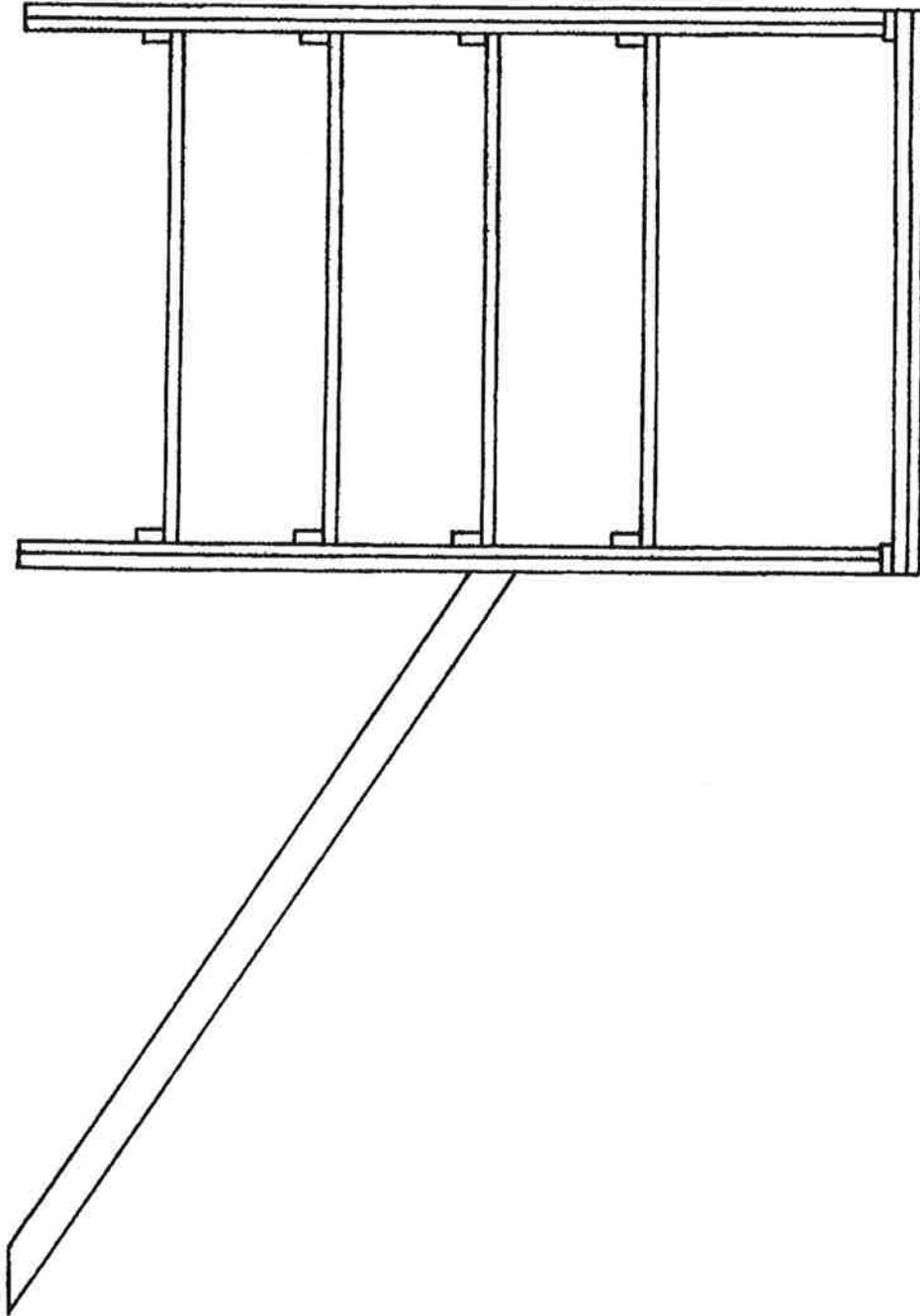
(가) 평면도



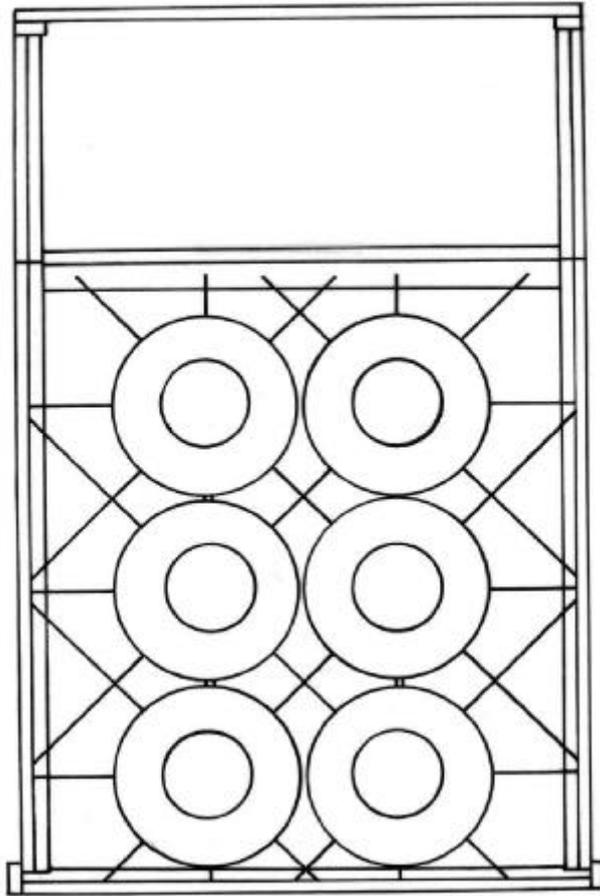
(나) 입면도: 정면



(다) 입면도: 좌측면



() :



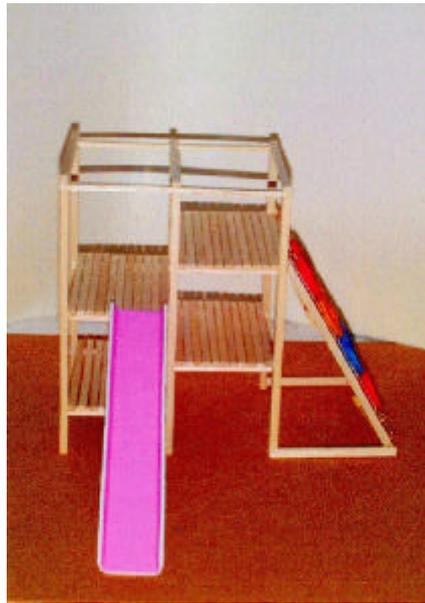
(2) 8

(가) 8 -



2

,



2

#104

() 7 -

2 207

: 130-012

: 961-2565

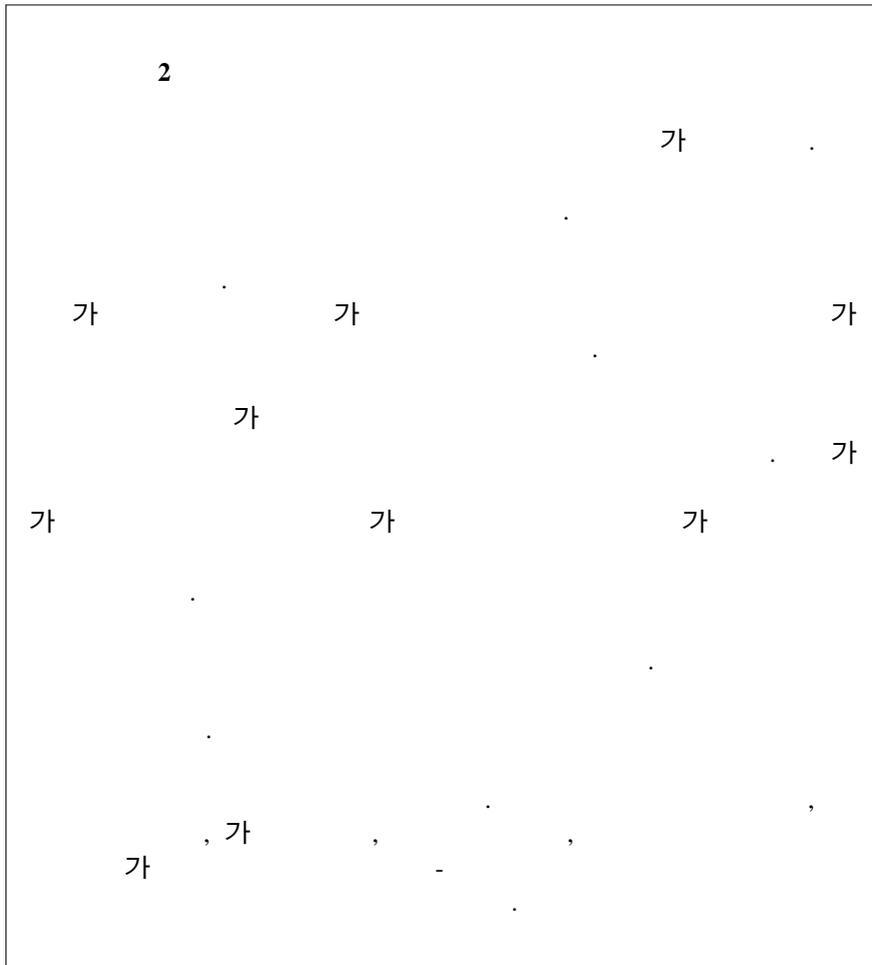
: 961-2570

98

:

##

() 1 -



() 2 - ,

	: (cm)	()
	240	20
()	180	50
	120	15
		6
	: 15mm	50m
	: 12mm	20
	: 10cm	5kg
,		
		6
	: (mm)	()
	12	12
	9	20
		1
	: 3m	

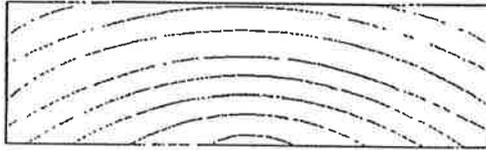
1. :
2. : , , , ,
3. (): , ,

(바) 5면 - 제작시 주의사항

제작시 주의사항

- 1) 못은 가능하면 녹슬지 않는 아연도금못이나 스텐레스못을 사용한다.
- 2) 갑판이나 기타 수평부재를 눕혀서 설치할 경우에 목재의 수피 부위가 위로 올라오도록 한다

수피부위

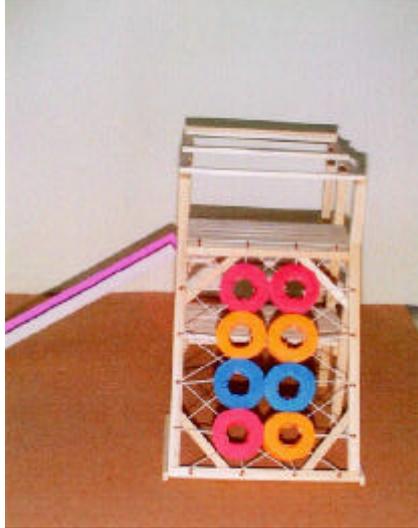
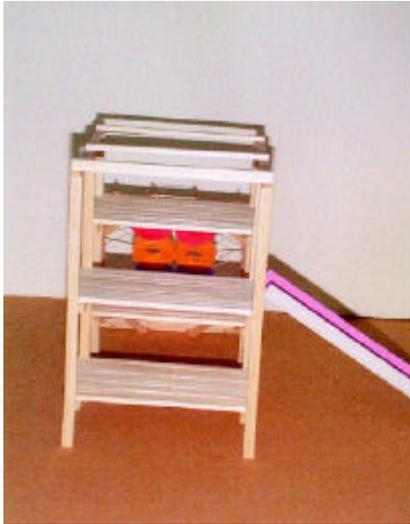


중심부위

- 3) 장선이나 서까래를 설치할 때 흰 부재는 볼록한 부위가 위로 올라오도록 한다.
- 4) 전동공구를 사용할 때 안전수칙을 준수한다.
- 5) 목재의 끝면으로 못질할 때에는 미리 천공기로 못의 직경보다 적은 구멍을 뚫거나 못끝을 무디게 하여 못을 박는 것이 좋다.
- 6) 톱질이나 전동공구의 사용은 옥외나 작업장에서 마스크를 착용하고 실시한다.
- 7) 전동공구를 사용할 때에는 눈을 보호할 수 있는 보호안경을 착용한다.
- 8) 제작 후 수분의 침투를 방지하고 작품을 보호하기 위하여 방수도료를 도포하는 것이 좋다.
- 9) 방부처리목 폐잔재는 태우지 말고 일반 매립용 쓰레기와 동일하게 처리한다.
- 11) 방부처리목의 톱밥이 묻은 작업복은 다른 옷들과 분리하여 세탁한다.
- 12) 방부처리목과 직접 접촉한 신체 부위는 물로 깨끗이 씻어낸다.
- 13) 야외에서 전동공구를 사용할 경우에는 수분과의 접촉을 피한다.
- 14) 목재를 보관할 경우에는 비 또는 기타 수분과의 접촉을 차단하여야 한다.
- 15) 작업 후 공구들은 깨끗이 손질하고 말린 후 기름칠하여 보관한다.

		기	
1)	-		.
2)	-		.
	가		
3)			
4)			
5)	가		가
		,	,
6)			
7)			
8)	가		
9)	()		
10)			가
##			!

)



3) 3: ,

가) : 4

)

(1) (8) - , , (,),

,

(2) (8)

1	2	3	4
5	6	7	8

(가) 8 () - , , ,

() 7 () - , ,

) 98

: 000-00000-0000

() 1 -

() 2 - ,

() 3, 4 -

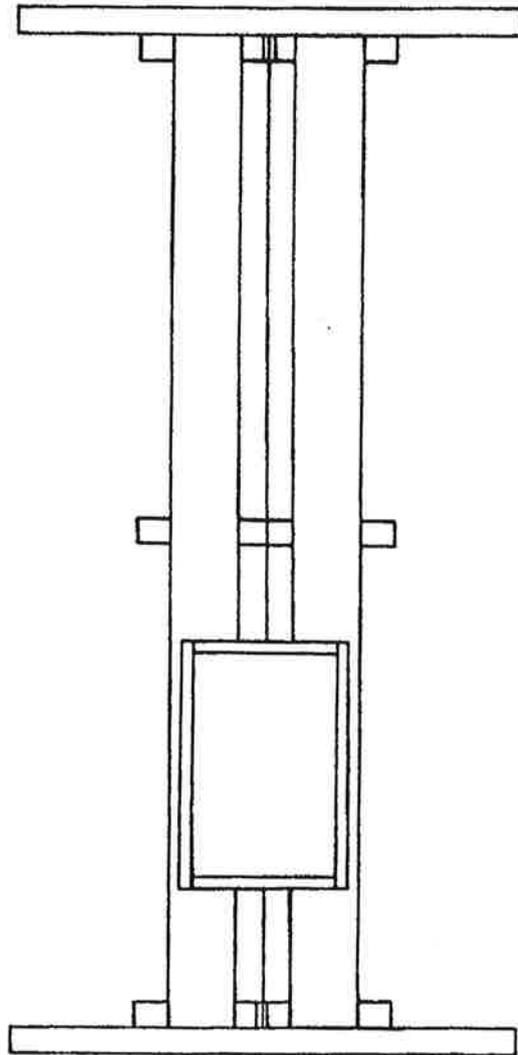
() 5 -

() 6 -

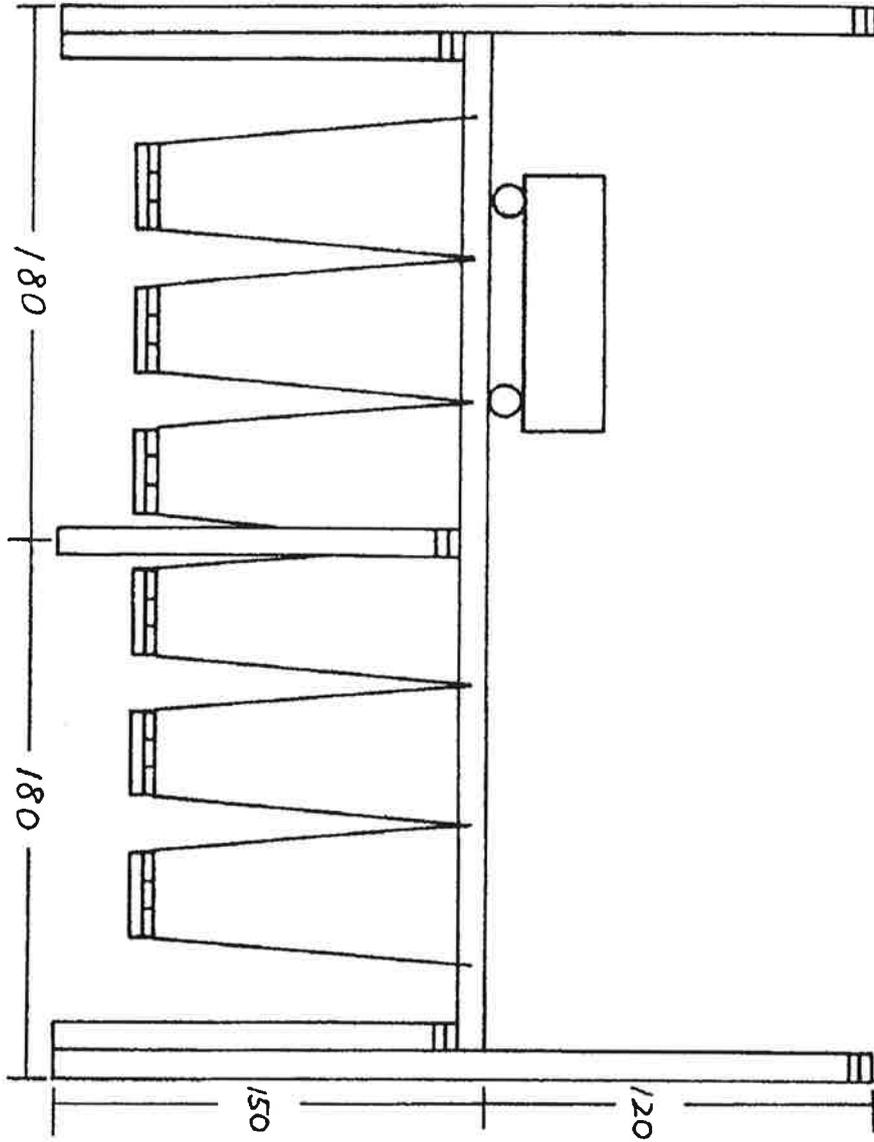
다) 내용

(1) 내부 8면 - 설계도면

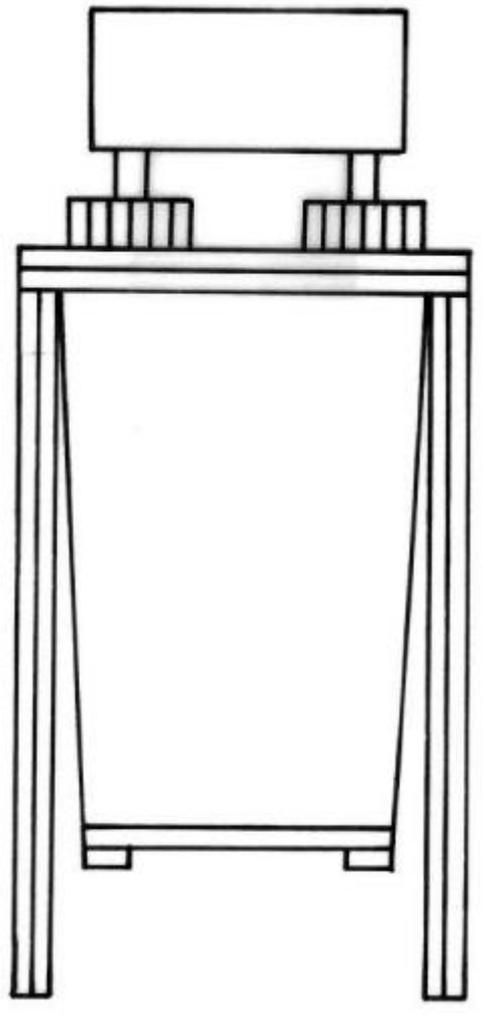
(가) 평면도



(나) 입면도: 정면



() :



(2) 8

(가) 8 -



3

,



3

#104

() 7 -

2 207

: 130-012
: 961-2565
: 961-2570

98

:

##

(다) 5면 - 제작시 주의사항

제작시 주의사항

- 1) 못은 가능하면 녹슬지 않는 아연도금못이나 스텐레스못을 사용한다.
- 2) 갑판이나 기타 수평부재를 눕혀서 설치할 경우에 목재의 수피 부위가 위로 올라오도록 한다

수피부위

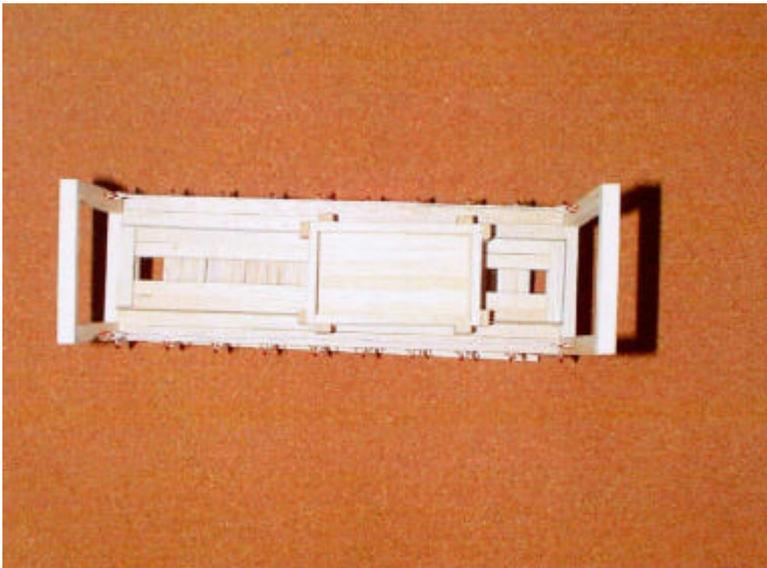


중심부위

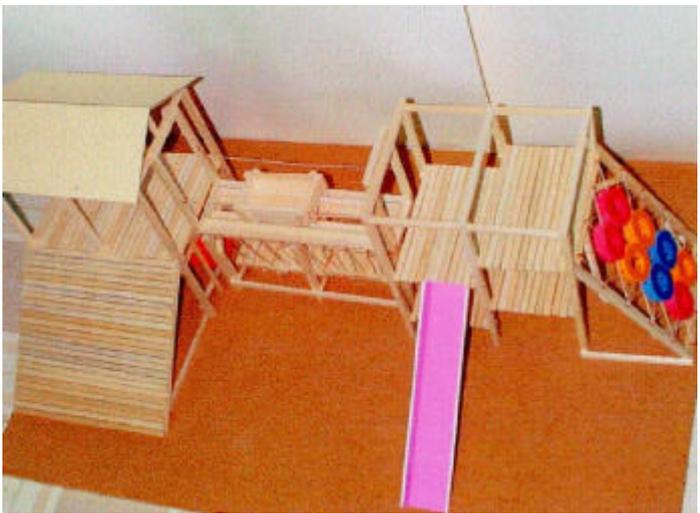
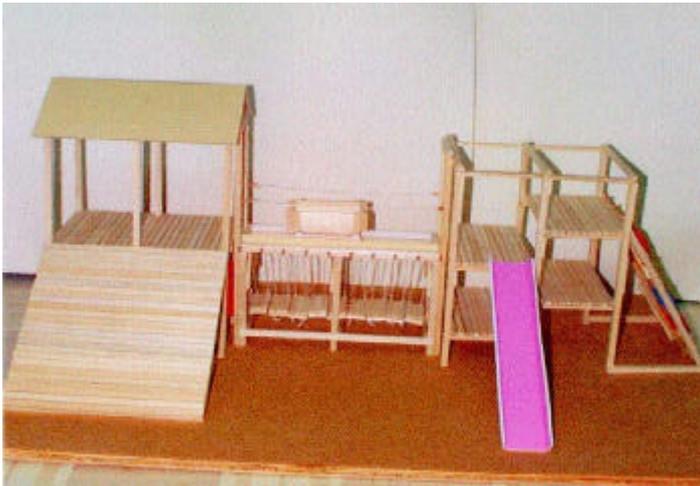
- 3) 장선이나 서까래를 설치할 때 흰 부재는 불룩한 부위가 위로 올라오도록 한다.
- 4) 전동공구를 사용할 때 안전수칙을 준수한다.
- 5) 목재의 끝면으로 못질할 때에는 미리 천공기로 못의 직경보다 적은 구멍을 뚫거나 못끝을 무디게 하여 못을 박는 것이 좋다.
- 6) 톱질이나 전동공구의 사용은 옥외나 작업장에서 마스크를 착용하고 실시한다.
- 7) 전동공구를 사용할 때에는 눈을 보호할 수 있는 보호안경을 착용한다.
- 8) 제작 후 수분의 침투를 방지하고 작품을 보호하기 위하여 방수도료를 도포하는 것이 좋다.
- 9) 방부처리목 폐잔재는 태우지 말고 일반 매립용 쓰레기와 동일하게 처리한다.
- 11) 방부처리목의 톱밥이 묻은 작업복은 다른 옷들과 분리하여 세탁한다.
- 12) 방부처리목과 직접 접촉한 신체 부위는 물로 깨끗이 씻어낸다.
- 13) 야외에서 전동공구를 사용할 경우에는 수분과의 접촉을 피한다.
- 14) 목재를 보관할 경우에는 비 또는 기타 수분과의 접촉을 차단하여야 한다.
- 15) 작업 후 공구들은 깨끗이 손질하고 말린 후 기름칠하여 보관한다.

		기	
1)	-		
2)	-		
3)		가	
4)			
5)		가	가
6)			
7)			
8)			
9)	가		
10)	()		가
##			!

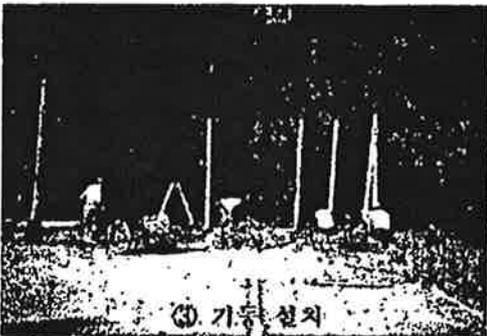
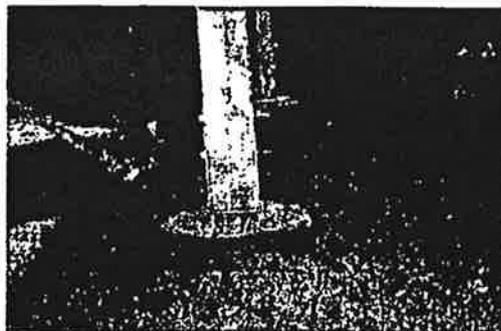
4)



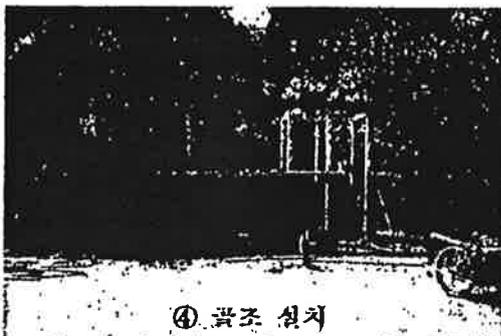
1)



2) 시작품 제작



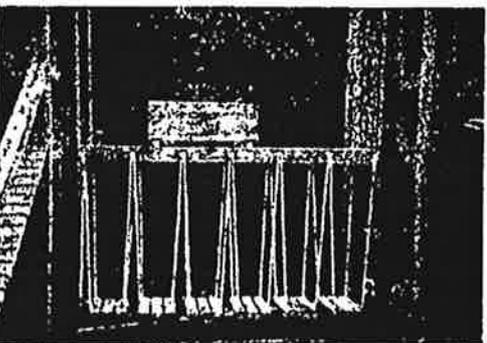
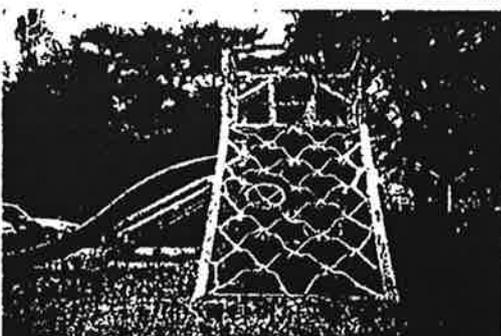
③ 기둥 설치



④ 골조 설치



⑤ 지붕 및 바닥 설치



⑥ 완성

4

1

가 .

가

,

가

.

.

· ,

,

· ,

.

,

,

가

가

.

. 96
sawn lumber)

가가

(solid

MOR

가

가

가

가

가

가

가

가

2

1.

가. 가

가가 ASTM D 3737-95

ASTIM 2555-95

ASTIM

가 .

ASTIM D 3737-95

5

51mm

12%(15%)가

가 .

(end-joint)

(transformed section method)

Matlab

), , (, , 가 가 가 가 , .

2. 가 가. 1)

$40\text{mm} \times 145\text{mm} \times 3.6\text{m}$

1995-27 ' , 6 가 .

가 , MSR

10 , 35mm 6 210mm , 130mm , 3m . ASIM D 198-94 4

, 가 . ,

2)

가) (,)

200 48mm × 148mm × 3.6mm
 12%(15%)
 40mm × 145mm × 3.6mm

) 가

가가 ASIM D 3737-95

1995-27 ‘
 1 , 2 , 3
 200 가 6
 194

MSR(machine stress rating)

(1)

Stress wave

long span MOE localized MOE

. Localized MOE 가

, 60cm
 3. 6π
 5
 , 60cm 3
 5 , 4 가
 , 60cm
 3 MOE

$$MOE_{sw} = \frac{D \times C^2}{g}$$

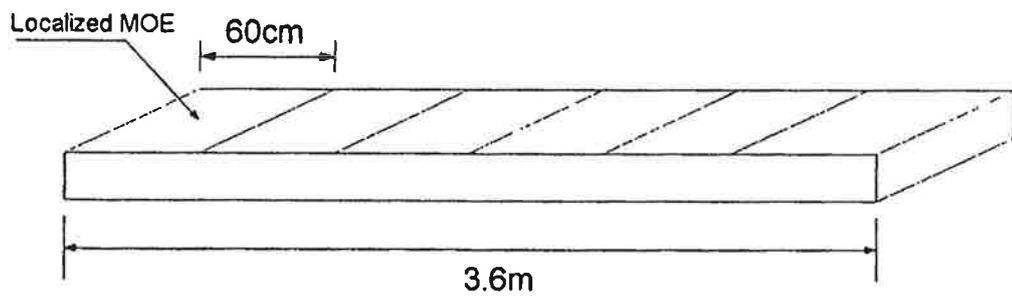
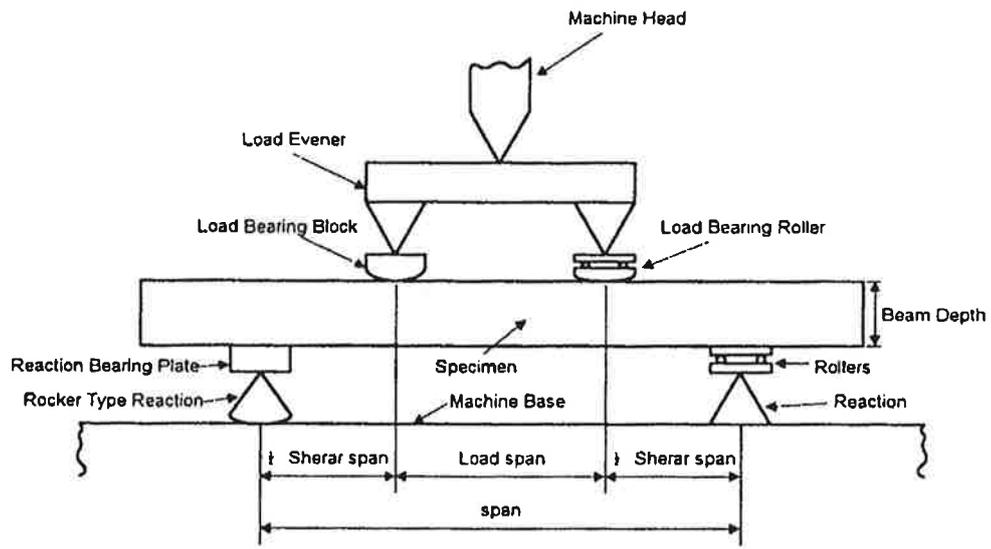
MOESW: stress wave MOE(kg/cm²),
 C : (cm/sec),
 D : (kg/cm²), g : 가 (= 980cm/sec²)

(2)

long span MOE ASTM D 198- 94
 3 3π
 Localized MOE

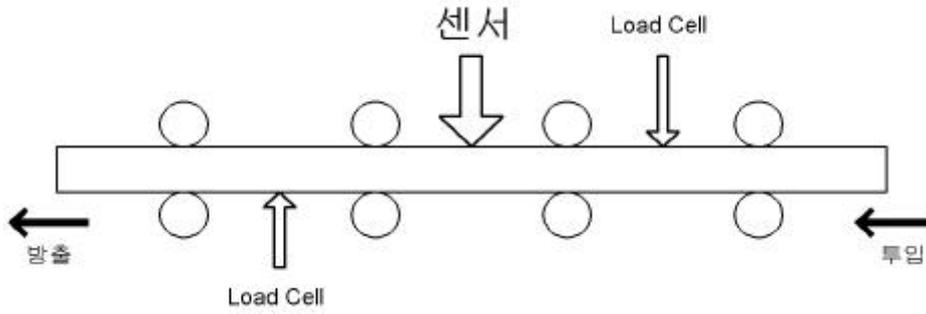
$$MOE = \frac{P \cdot a \cdot (3L^2 - 4a^2)}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \nabla}$$

, P : , a: 1/2 shear span, b :
 h: , L: , :



(3) MSR 시험법

Grading machine을 이용한 라미나의 탄성계수를 측정하였다. 15개의 시편을 이용하여 사전 sampling을 실시한 후 194개의 시편에 대해 탄성계수를 측정하였다. Load cell의 간격은 1.65m, 롤러 사이의 간격은 400mm이었으며 MSR 기계의 모식도는 다음과 같다.



)

10 ,

35mm 6 210mm ,

130mm , 3mm MSR

MOE 118 × 10³ kg/cm² 1 , 100 × 10³ kg/cm²

2 , 100 × 10³kg/cm² 3 .

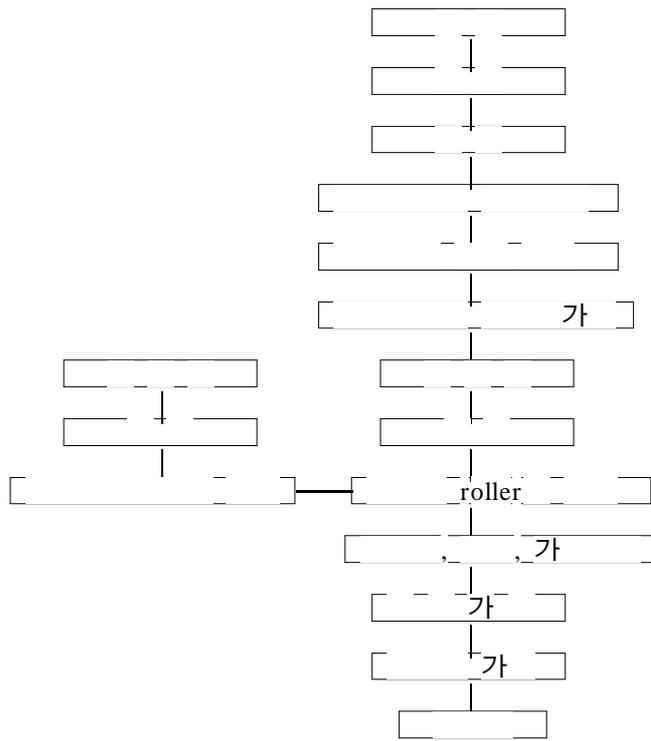
60 .

Deernol Base resin No. 40

Deernol Hardner OSHIKA SHINKO CO. Ltd. .

100g 15g 30 ,

65% .



)

ASTM D 198-94

4

)

3

1	2	3	4	5
3	2	2	1	2
3	2	2	2	3
3	2	3	2	3
3	2	3	2	3
3	2	2	2	3
3	2	2	1	2

6	7	8	9	10
1	1	1	1	1*
3	1	1	2	1
3	3	1	3	2
3	3	1	3	2
3	1	1	2	1
1	1	1	1	1

* MSR 가

1)

가

가

2)

가)

가

가

(1)

ASTM

A 307

1 2mm

가

가

가

가 A 307

A 325

A 307

A 307

70.31 kg/cm²(45 Ksi)

(2) Metal side plate

A 36, 9mm

(3)

가

, NDS

5d ,

2d ,

3d

(

) ,

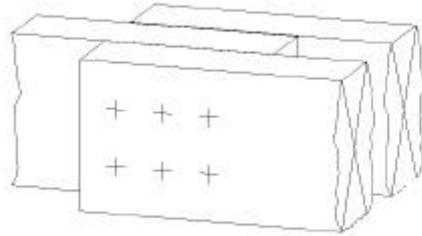
(A 36)

splitting

NDS

0.8mm(1/32), 1.6mm(1/16)

(4-1)



(4-1)

(4)

가 , 20 ± 3 , $65 \pm 3\%$

12%

12%

()

15mm

5 20

$1.0mm/min \pm$

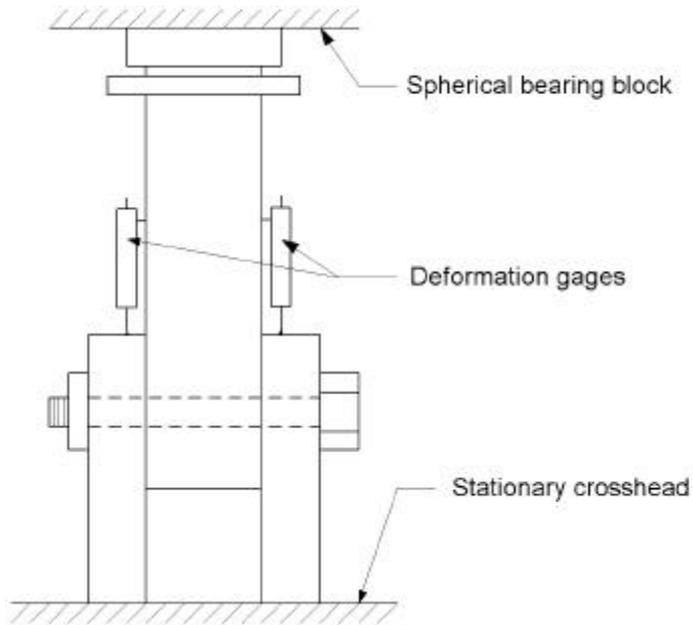
0.5mm

ASTM D 2395 D 4442

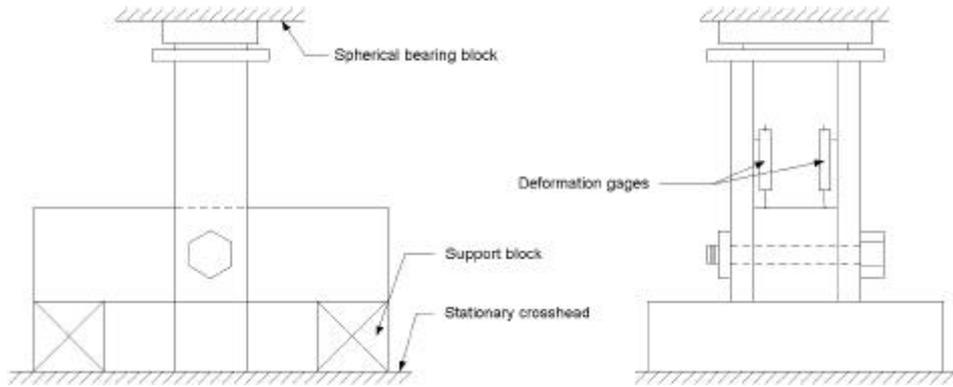
5%

offset line

(4-2, 3)



(4-2)



(4-3)

(5)

, 5가

, Z

$$Z = \frac{Dt_m F_{em}}{4K_\theta} \text{ MODE Im}$$

$$Z = \frac{k_1 Dt_s F_{es}}{3.6K_\theta} \text{ MODE II}$$

$$Z = \frac{k_2 Dt_m F_{em}}{3.2(1 + 2R_e)K_\theta} \text{ MODE IIIIm}$$

$$Z = \frac{k_3 Dt_s F_{em}}{3.2(2 + R_e)K_\theta} \text{ MODE IIIIs}$$

$$Z = \frac{D_2}{3.2K_\theta} \sqrt{\frac{2F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}} \text{ MODE IV}$$

$$, k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2(1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 R_e^3 - R_e(1 + R_t)}}{(1 + R_e)}$$

$$k_2 = -1 + \sqrt{2(1 + R_e) + \frac{2F_{yb}(1 + 2R_e)D^2}{3F_{em}t_m^2}}$$

$$k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2 + 2R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}}$$

$$R_e = F_{em} / F_{es}$$

$$R_t = t_m / t_s$$

$$t_m = \quad , \text{ cm}$$

$$t_s = \quad , \text{ cm}$$

$$F_{em} = \quad , \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{es} = \quad , \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{yb} = \quad , \text{ kgf/cm}^2$$

$$D = \quad , \text{ cm}$$

$$K_\theta = 1 + (\theta_{\max} / 360^\circ)$$

$$\theta_{\max} =$$

가

$$F_{e\theta} = \frac{F_{e\parallel} F_{e\perp}}{F_{e\parallel} \sin^2 \theta + F_{e\perp} \cos^2 \theta}$$

$$, \theta =$$

(6)

, Z , 3가

$$Z = \frac{Dt_m F_{em}}{4K_\theta} \text{MODE}_m$$

$$Z = \frac{k_3 Dt_s F_{em}}{1.6(2 + R_e)K_\theta} \text{MODE}_s$$

$$Z = \frac{D^2}{1.6K_\theta} \sqrt{\frac{2F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}} \text{MODE}$$

3.

가. 가

1)

가 가

. D+L 가

FOSM (First Order and Second Moment method) .

가 .

2)

가

가 . ,

.

.

가

가

가

.

가)

MOR

가

.

$$R = \frac{8FZ}{aL^2}$$

Stochastic random variable, $X = N_X \bar{X}$

F Z .

(, $F = N_F \bar{F}$

F effective MOR

κ_F σ_F

\bar{F} σ_F

available estimate

MOR, \bar{F} parallel redundancy

$N_F(\bar{N}_F, \sigma_F)$

.

$$\beta_R = \frac{8 \bar{N}_F \bar{F} \bar{N}_Z \bar{Z}}{aL^2},$$

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_F^2 + \sigma_Z^2} = \sqrt{q_F^2 + q_F^2 + q_Z^2 + q_Z^2}$$

)

10

.

)

$$: R < S \quad \ln \frac{R}{S} < 0$$

, R

S

가

$$: P_f = P_r[\ln \frac{R}{S} < 0] = P_r[H < 0]$$

$$\beta_H = \ln \frac{\beta_R}{\beta_S}, \quad \sigma_H^2 = \sigma_R^2 + \sigma_S^2$$

FOSM(First Order and Second Moment)

.

$$: \beta \approx \frac{\kappa_H}{Q_H} = \frac{\ln \frac{\kappa_R}{\kappa_S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}$$

1)

가

18mm × 130mm

10

9mm

2)

가)

12% (15%),

18mm × 130mm × 3.6m

400

300

100

300

70

25mm

. 70
 20
 50
) 가
 , 400
 MSR(Machine stress rating) MOE 가 . 300
 100
 가 MOE MOR
 . ASTM D198 : 21: 1
 1/3 .
) ()
 18mm 10
 (4-4) . 3 30
 MSR MOE
 114 (118.3 kg/cm²) 1 , 115 216 (99.9
 kg/cm²) 2 , 217 3

가

150mm × 130mm × 3.6n

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
1	1	1	2	2	3	2	2	3	3
1	1	1	2	2	3	2	2	3	3
1	2	3	2	3	3	2	3	3	3
1	2	3	2	3	3	2	3	3	3
1	1	1	2	2	3	2	2	3	3
1	1	1	2	2	3	2	2	3	3
1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
1	1	1	1	1	1	2	2	2	3

*1 The numbers mean grouping number with MSR results

(4-4)

)

가 ASTM D

198 1/3

3n

/ ASTM D 2915

$$E_{ai} = \frac{1 + k_1 \left(\frac{h_1}{L_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{E}{G}\right)}{1 + k_2 \left(\frac{h_2}{L_2}\right)^2 \cdot \left(\frac{E}{G}\right)} E_{ai}$$

, h: depth of beam, L: span between supports,

E: shear free MOE, G: modulus of rigidity(E/16),

Ki: values are given in ASTM

MOE MOR

- (1) - , 12% MC, 21 , 12 ~ (0.3n) 21: 1
 - 가 .
 (2) - 16%가
 . 16% (4-1) .

(4-1) 16%

Type of stress	wet-use factor
	0.800
	0.730
	0.800
	0.833
	0.875
	0.530
	0.875

- (3) - 10 ,
 . 1 -1.25, 1 -1.05, 1 -0.9, 1 -0.81, 1 -0.72, 1
 -0.68, 10 -0.63, 50 -0.6
 (4) - , 0.3n
 . (12/d) 1%, (0.3/d) 1%

(4-2, 3)

(4-2)

Loading conditions for simply supported beams	adjustment factor
	1.08
	1.00
1/3	0.97

(4-3) /

span-to-depth ratio	adjustment factor
7	1.06
14	1.02
21	1.00
28	0.98
35	0.97

(5) -

가 16%

10 ,

MOE $0.833 \times (0.3/0.15)^{1.5} \times 0.97$,

MOR $0.8 \times 0.63 \times$

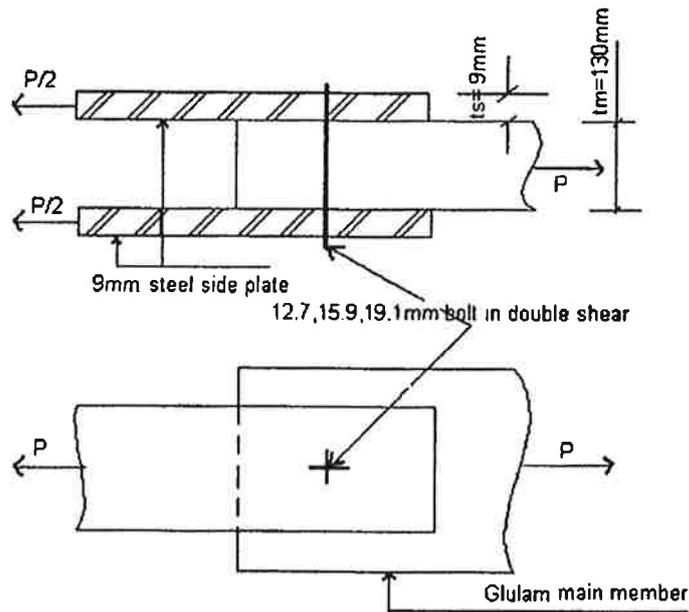
$(0.3/0.15)^{1.5} \times 0.97$

)

MOE MOR

바) 집성재와 강철판을 사용한 결합부 제조

(그림 4-5)처럼 2중 전단 결합부를 제작하였다. 사용 볼트는 12.7mm, 15.9mm, 19.1mm 짜리 A 307을 사용하였으며, ASTM D 5652-95에 따라 볼트 구멍은 각각 13.5mm, 17.5mm, 20.7mm로 뚫었으며, 주부재로 사용한 집성재는 집성재의 dowel bearing strength를 사용하기 위하여 기 제작한 집성재를 사용하였으며, 측면 부재로 사용한 강철판은 9mm두께의 A 36을 사용하였다. 볼트 구멍의 위치는 최소 끝면 거리를 고려하여 집성재는 80mm, 철판은 100mm의 위치에 좌우로 중심이 되는 위치에 뚫었다.



(그림 4-5) 목재-금속의 이중전단 결합부

사) 결합부의 성능 평가

ASTM D 5652-95에 따라 결합부의 압축실험을 실시하였다.

(1)

Type	Materials	Size(mm)	Density	MC	Fes*
Wood-to-Steel	Main member (Glulam)	130 × 200 × 210	0.45 (0.15)	12 (0.8)	-
	Side member (Steel)	9 × 200 × 300	-	-	4060 (kg/cm ²)

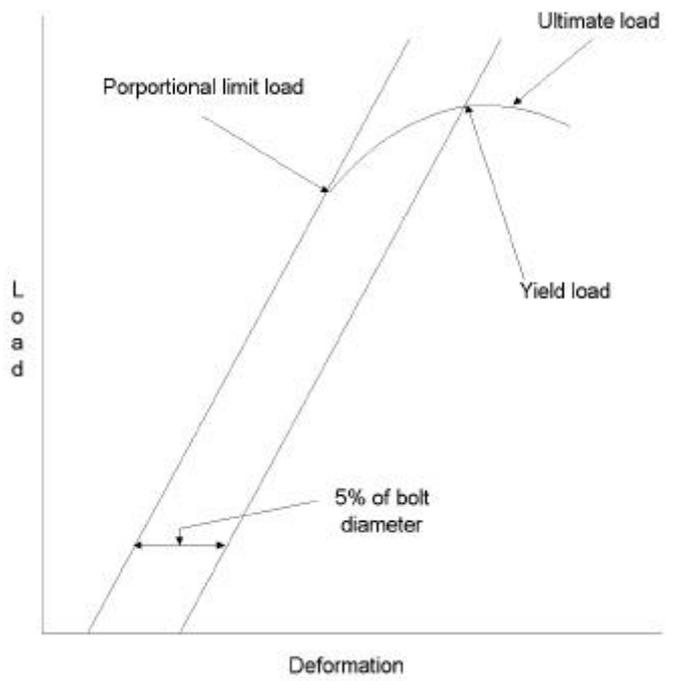
*Fes =

(2)

ASIM A 307

가 ASIM D 1761-88, 'Mechanical fasteners in wood' ASIM D
5652-95, 'Bolted connections in wood, wood-base products'

(4-6)



(4-6) -

)

(1)

$$N = A (10^{B\sqrt{L}} - 1)$$

, N = , = , A B =

, , 가

. N

(P)

(Q)

$$P = N \cos(\Theta), \quad Q = N \sin(\Theta)$$

Y

$$N = P \cos(\Theta) + Q \sin(\Theta)$$

$$, \quad N \quad P \quad Q$$

가

N

y 가

$$\nabla_{\parallel} = \nabla_{\Theta} \cos(\Theta + \alpha), \quad \nabla_{\perp} = \nabla_{\Theta} \sin(\Theta + \alpha), \quad \nabla_{\Theta} = \sqrt{(\nabla_{\parallel}^2 + \nabla_{\perp}^2)}$$

P, Q

:

$$P = A_{\parallel} (10^{B_{\parallel} \nabla_{\parallel}} - 1), \quad Q = A_{\perp} (10^{B_{\perp} \nabla_{\perp}} - 1)$$

$$, \quad A_{\parallel} \cdot A_{\perp} \cdot B_{\parallel} \quad B_{\perp}$$

$$\nabla_y = \nabla_{\Theta} \cos(\Theta) = [\sqrt{(\nabla_{\parallel}^2 + \nabla_{\perp}^2)}] \cos(\alpha)$$

$$, \quad \alpha = \arctan [\nabla_{\perp} \cos(\Theta) - \nabla_{\parallel} \sin(\Theta) / \nabla_{\perp} \sin(\Theta) + \nabla_{\parallel} \cos(\Theta)]$$

가

(2)

$$[\mathbf{K}(\mathbf{u})] \{\mathbf{u}\} = \{\mathbf{F}\}$$

$$, \quad [\mathbf{K}(\mathbf{u})] = \{\mathbf{u}\}$$

$$\{\mathbf{u}\} =$$

$$\{\mathbf{F}\} =$$

[K(u)]

$$[K(u)] = [Kf] + [Kc(u)]$$

$$, [K(u)] =$$

$$[Kf] =$$

$$[Kc(u)] =$$

$$[Kc(u)] = [C1] + [Cz(u)]$$

$$, [C1] = [Kf] + [C1]$$

$$[Cz(u)] =$$

가 .

$$([Kf] + [C1])\{u\} = \{F\} - ([Kc(u)] - [C1])\{u\}$$

$$([Kf] + [C1])\{u\} = \{F\} - ([Kc(u)]_f - [C1])\{u\}$$

$$\{u\}_f \quad (u)_f$$

$$\{u\}$$

가 10-5

(가)

가 . x

가 . 2 I E,

I 가 가 . ,

2 가 . , v

($\partial v / \partial x$) . 2 v

Y M 가 .

$$\begin{vmatrix}
 EA/L & 0 & 0 & -EA/L & 0 & 0 \\
 0 & 12 & r/L^3 & 6(Y\epsilon+2) & Y\zeta/L^2 & 0 \\
 0 & 6(Y\epsilon+2) & Y\zeta/L^2 & 12 & Y\zeta/L & 0 \\
 -EA/L & 0 & 0 & EA/L & 0 & 0 \\
 0 & -12 & r/L^3 & -6(Y\epsilon+2) & Y\zeta/L^2 & 0 \\
 0 & 6(Y\zeta+2) & Y\epsilon/L^2 & 6 & Gr/L & 0 \\
 0 & -6(Y\zeta+2) & Y\epsilon/L^2 & 6 & Gr/L & 0 \\
 0 & 6(Y\zeta+2) & Y\epsilon/L^2 & 6 & Gr/L & 0 \\
 0 & -6(Y\zeta+2) & Y\epsilon/L^2 & 6 & Gr/L & 0 \\
 0 & 6(Y\zeta+2) & Y\epsilon/L^2 & 6 & Gr/L & 0 \\
 0 & -6(Y\zeta+2) & Y\epsilon/L^2 & 6 & Gr/L & 0
 \end{vmatrix}$$

, :

$$\sin = \sin(\quad), \cos = \cos(\quad), N = EA/L, V = 12 \quad r/L^3,$$

$$V_m = 6(6 + 2) \quad \zeta/L^2, M_V = 6(3 + 2) \quad \epsilon/L^2, M_1 = 12 \quad \zeta/L,$$

$$M_2 = 12 \quad \epsilon/L, M_m = 6 \quad Gr/L, G_m = \quad \zeta \quad \epsilon, \quad = EI/(4-Gr),$$

$$m = 3 + 6 + \quad \zeta \quad 6,$$

$$\quad \zeta, 6: \quad 0, \quad 1.$$

$$L: \quad, E: \quad, A: \quad,$$

$$I: Z \quad.$$

Stiffness matrix for a group of connectors jointing two frame elements.

$$\begin{vmatrix}
 nKX & 0 & -Kl \ ayi & -nKX & 0 & Kl \ byi \\
 0 & nKy & Ky \ a\lambda i & 0 & -nKy & -Ky \ b\lambda i \\
 -Kl \ ayi & Ky \ a\lambda i & Ai & Kl \ ayi & -Ky \ a\lambda i & -Bi \\
 -nKX & 0 & Kl \ ayi & nKX & 0 & -Kl \ byi \\
 0 & -nKy & -Ky \ a\lambda i & 0 & nKy & Ky \ b\lambda i \\
 Kl \ byi & -Ky \ b\lambda i & -Bi & -Kl \ byi & Ky \ b\lambda i & Ci
 \end{vmatrix}$$

$$, \quad KX = X \quad ,$$

$$KY = Y \quad .$$

3

1.

가. 가 가 (

4-4) .

(4-4)

	(kg/cm ²)	(× 103 kg/cm ²)
1	738	130
2	603	125
3	531	122
	482	115

.

1)

. 1, 2, 3

.

가)

(1) (F_b, F_t, F_c, F_v, E)

(2) .

$$- I_K/I_G \quad ,$$

$$- (4-2) \quad .$$

(4-5)

1: 4		0. 27	0. 46
1: 6		0. 40	0. 56
1: 8		0. 53	0. 66
1: 10		0. 61	0. 74
1: 12		0. 69	0. 82
1: 14		0. 74	0. 87
1: 16		0. 80	1. 00
1: 18		0. 85	1. 00
1: 20		1. 00	1. 00

(3) - 가 .

$$E_h = 0.95 \frac{\sum(E_i I_i)}{I}$$

(4)

*

Finger joint - 75%

Scarf joint - 65 90%

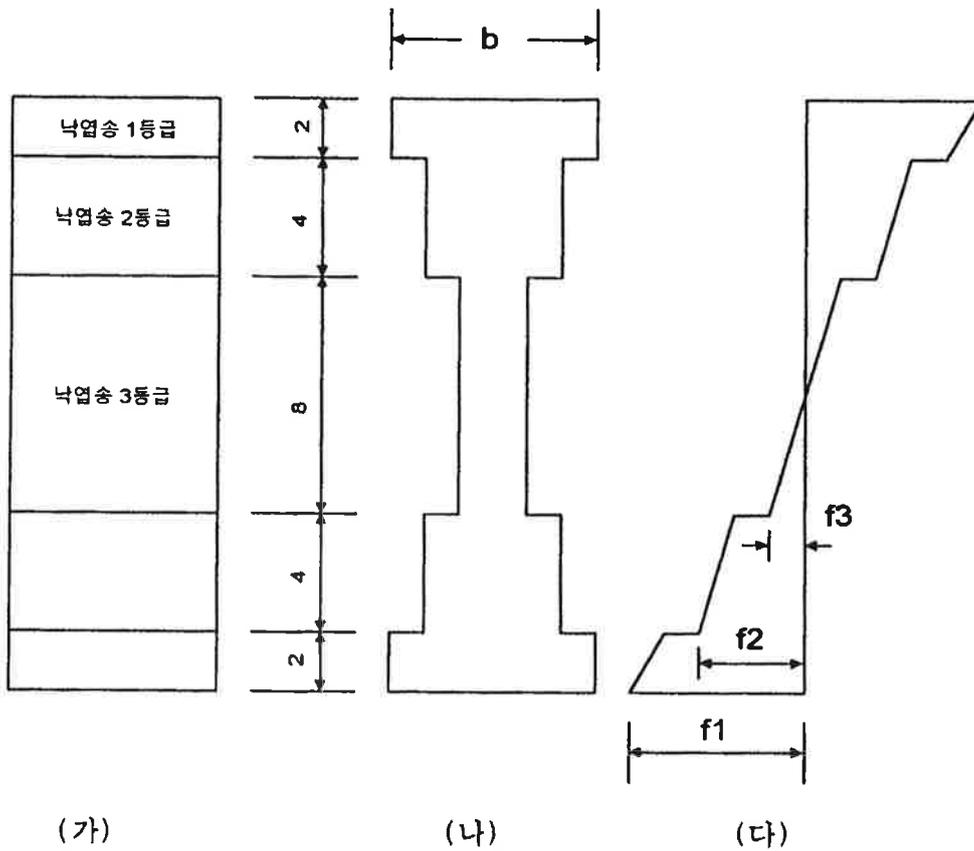
* AITC (0. 53 0. 88) .

(5) (Basic allowable stress) - (1)

(표 4-6) 라미나의 기본값 및 집성재의 조합

수종	등급	중립축에 대한 라미나의 수	기계적 성질	
			휨 강도 (kg/cm ²)	탄성계수 (× 10 ³ kg/cm ²)
낙엽송	1 등급	2 outer	738	130
	2 등급	4 inter	603	125
	3 등급	4 inner	531	122

나) 집성재의 휨강도 성능 예측



* 그림 (나) 처럼 MOE가 다른 재료를 변형 단면으로 모델할 수 있고 원래의 단면을 b 라 하면 변형 단면의 폭은 각각 b , $(E_2/E_1)b$, $(E_3/E_1)b$ 가 된다.

* () f_1, f_2, f_3

. f_1 .

*

(A, I, S) . f_1, E_1 F_b E

가 . , $F_b = f_1 T$, $E = 0.95 E_1 T$

* f_i (4-7) .

(4-7)

	R1=II/IG	(SR)	(kg/cm ²)	
			3	3, (kg/cm ²)
16-1an.	0.208	0.723	534	f1 = 534
8-1an.	0.230	0.683	412	f2 = 410(412 0. K.)
	0.490	0.500	266	f3 = 200(266 0. K.)

1

$$R = \frac{1}{\sum_0^{n_1} Z} \left\{ x_1 \sum_{n_2}^{n_1} Z + \left(\frac{E_2}{E_1} \right) x_2 \sum_{n_3}^{n_2} Z + \left(\frac{E_3}{E_1} \right) x_3 \sum_0^{n_3} Z + \left[h_1^2 \sum_{n_2}^{n_1} Z^2 + \left(\frac{E_2}{E_1} h_2 \right)^2 \sum_{n_3}^{n_2} Z^2 + \left(\frac{E_3}{E_1} h_3 \right)^2 \sum_0^{n_3} Z^2 \right]^{1/2} \right\}$$

2 $SR = (1+3R) (1-R) \xi(1-R/2)$

3 $f_i = f_1 (E_i / E_1) (d_i / d_1)$

$$T = 1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^3 \left(1 - \frac{E_2}{E_1} \right) - \left(\frac{d_3}{d_1} \right)^3 \left(\frac{E_2}{E_1} - \frac{E_3}{E_1} \right) = 0.98$$

, $F_b = 534 \times 0.98 = 523 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

$$E = 0.95 \times 130,000 \times 0.98 = 121,030 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

(D-Fir)

2. 가

가.

1) 가

1995-27 ‘ ,

. 200 가

6 194 .

(4-8)

1	26(13.4%)
2	57(29.4%)
3	85(43.8%)
	26(13.4%)

(4-9) .

. 가

(, , MSR)

(4-10) .

(4-9)

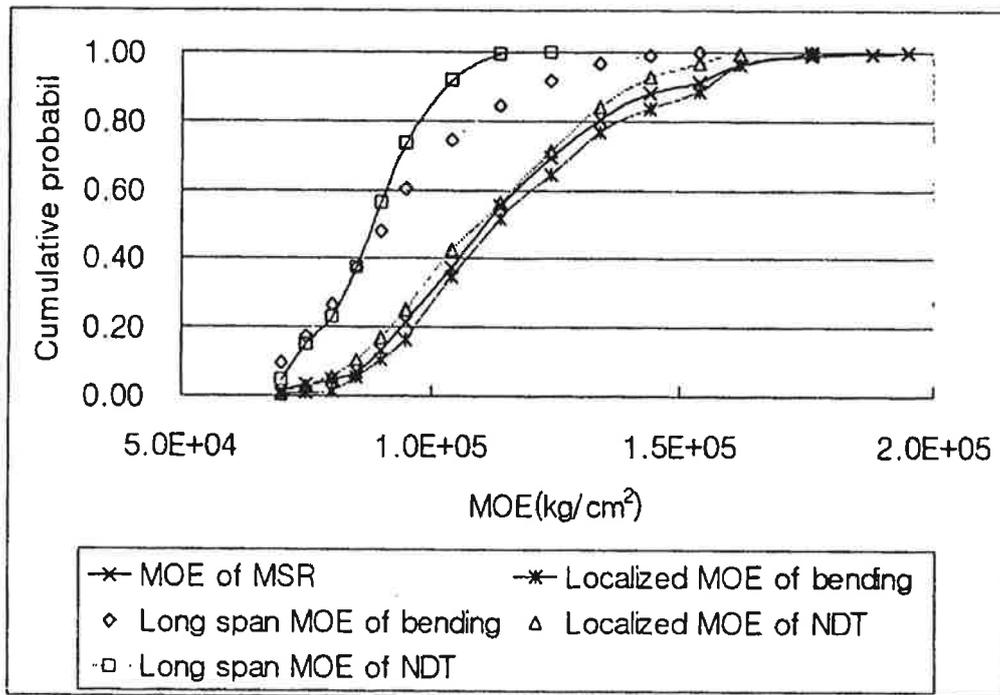
						MSR
		Long span MOE(kg/cm ²)	Local MOE (kg/cm ²)	Long span MOE(kg/cm ²)	Local MOE (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)
1	(13.4%)	110 × 10 ³ (23 × 10 ³)	140 × 10 ³ (28 × 10 ³)	90 × 10 ³ (9.9 × 10 ³)	110 × 10 ³ (73 × 10 ³)	130 × 10 ³ (30 × 10 ³)
2	(29.4%)	99 × 10 ³ (20 × 10 ³)	130 × 10 ³ (24 × 10 ³)	92 × 10 ³ (11 × 10 ³)	120 × 10 ³ (89 × 10 ³)	120 × 10 ³ (27 × 10 ³)
3	(43.8%)	90 × 10 ³ (15 × 10 ³)	110 × 10 ³ (20 × 10 ³)	89 × 10 ³ (11 × 10 ³)	110 × 10 ³ (90 × 10 ³)	110 × 10 ³ (20 × 10 ³)
	(13.4%)	78 × 10 ³ (11 × 10 ³)	97 × 10 ³ (13 × 10 ³)	81 × 10 ³ (10 × 10 ³)	99 × 10 ³ (71 × 10 ³)	100 × 10 ³ (16 × 10 ³)

(): Standard deviation

(4-10)

	A	B	C	D	E
A	1	0.94	0.80	0.91	0.76
B	-	1	0.72	0.89	0.75
C	-	-	1	0.81	0.84
D	-	-	-	1	0.76
E	-	-	-	-	1

A: MSR, B: Localized MOE of bending test, C: Long span MOE of bending test, D: Localized MOE of stress wave test, E: Long span MOE of stress wave test.



(그림 4-7) MSR에 의한 탄성계수의 누적확률분포

이상의 결과를 살펴보면 long span의 강도실험 결과와 localized MOE나 MOR의 결과 사이에는 상당한 차이가 있었다. 실제 생산현장 측면에서 보면 외관에 의한 등급구분보다는 MSR 등 기계적 등급구분을 따르는 것이 경제적이라는 점은 기존의 연구에서 강조된 바 있다. 본 연구에서의 결과 역시 MSR에 의한 결과와 각 방법에서 localized method간에 0.9 이상의 상관관계를 보였다. 따라서 라미나의 강도를 예측프로그램의 입력변수로 사용할때 long span에 의한 결과보다는 localized MOE나 MOR을 사용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

라미나의 MOR은 집성재의 제작에 라미나가 다시 사용되어야 하기 때문에 실제 측정을 하지 못하고 기존의 연구결과를 기초로 MOR을 계산하였다. 이미 long span 보다는 localized property가 더 타당함이 증명되었

(stress wave , MOR= 8.238 + 2.594

MOE)

MOR

2)

ASTM D 198-94 4

(4-11) .

(4-11)

	(mm)
	3000
1/2 Shear span	1200
Load span	600
	210
	130

3)

가

/

ASTM D 2915

가

(4-12, 13) .

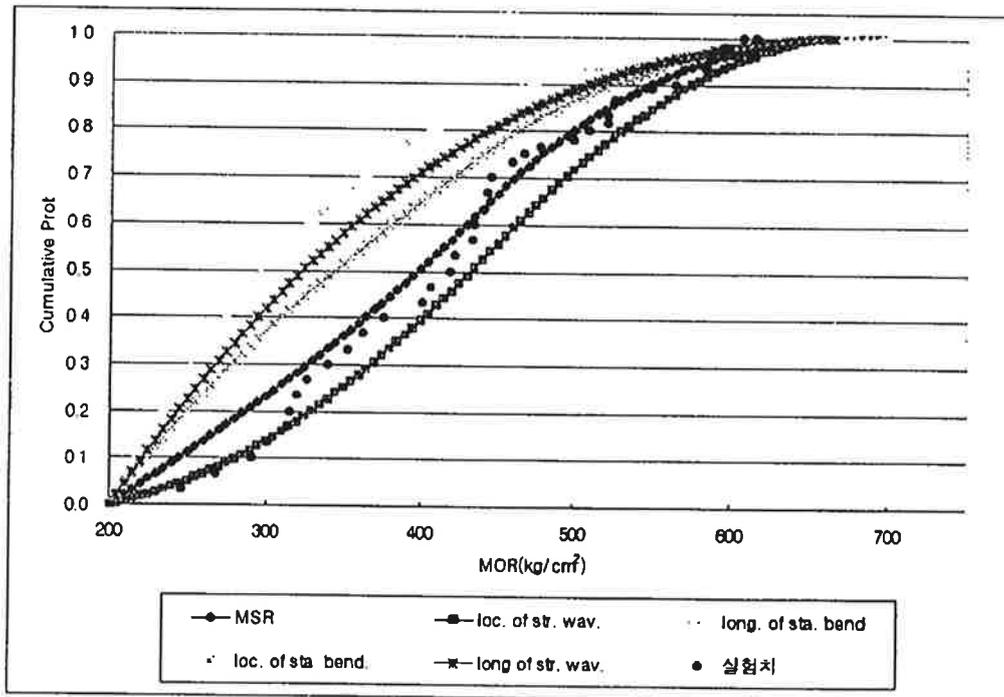
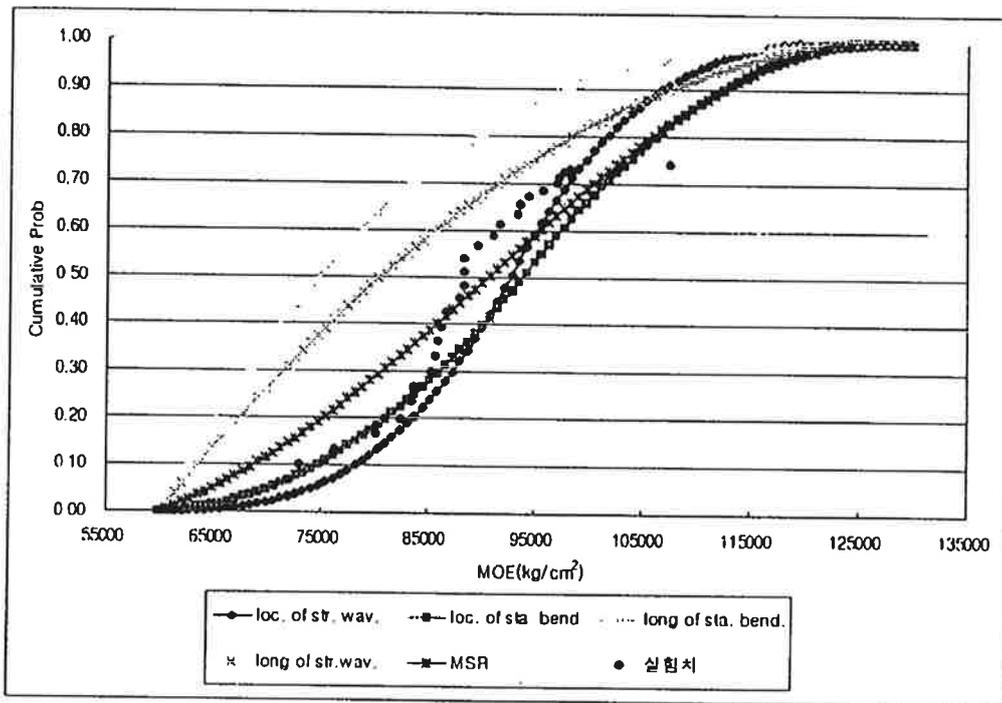
(4-12)

	MOE (× 103 Kg/cm ²)	Average	MOR(Kg/cm ²)	Average
1A	73. 1	75. 07	313. 60	276. 0
1B	71. 9		246. 05	
1C	80. 2		268. 24	
2A	83. 5	79. 3	300. 63	316. 0
2B	82. 5		326. 84	
2C	71. 9		320. 52	
3A	88. 4	83. 3	362. 76	365. 8
3B	76. 3		290. 98	
3C	85. 3		443. 55	
4A	86. 2	86. 8	441. 45	454. 8
4B	88. 3		401. 47	
4C	85. 9		521. 41	
5A	83. 8	85. 8	339. 84	421. 2
5B	85. 8		445. 96	
5C	87. 9		477. 72	
6A	91. 8	93. 7	565. 40	481. 5
6B	98. 3		525. 92	
6C	91. 1		353. 13	
7A	95. 9	96. 8	406. 45	454. 0
7B	97. 3		520. 99	
7C	97. 2		434. 56	
8A	88. 4	92. 8	315. 89	455. 3
8B	86. 9		434. 14	
8C	103. 0		615. 82	
9A	93. 7	93. 7	422. 55	419. 6
9B	89. 7		376. 70	
9C	97. 8		459. 65	
10A	107. 7	98. 6	587. 34	530. 3
10B	93. 5		583. 99	
10C	94. 5		419. 65	

(4-13)

Number of Glulam	Type of Failure
1A	Simple Tension
1B	Simple Tension
1C	Cross-Grain Tension
2A	Simple Tension
2B	Simple Tension
2C	Simple Tension
3A	Cross-Grain Tension
3B	Simple Tension
3C	Cross-Grain Tension
4A	Simple Tension
4B	Simple Tension
4C	Cross-Grain Tension
5A	Cross-Grain Tension
5B	Splintering Tension
5C	Simple Tension
6A	Splintering Tension
6B	Cross-Grain Tension
6C	Simple Tension
7A	Simple Tension
7B	Cross-Grain Tension
7C	Horizontal Shear
8A	Cross-Grain Tension
8B	Simple Tension
8C	Not Failure
9A	Cross-Grain Tension
9B	Cross-Grain Tension
9C	Simple Tension
10A	Cross-Grain Tension
10B	Simple Tension
10C	Cross-Grain Tension

10ton 가 (8C) 2
 (4B, 10B)
 , simple tension cross-grain tension
 가 . 가 MCR
 . MSR
 가 . , 가



MSR , ,

long span localized property가
 localized MOE MOR
 MSR 가
 가 MSR
 가
 (4-14, 15)

(4-14) MOE

	MSR		Stress wave	
MSR	1	0.85	0.87	0.95
	-	1	0.90	0.91
Stress wave	-	-	1	0.92
	-	-	-	1

(4-15) MOR

	MSR		Stress wave	
MSR	1	0.81	0.82	0.87
	-	1	0.79	0.85
Stress wave	-	-	1	0.90
	-	-	-	1

4)

(4-16)

Diameter	Dowel bearing strength			
	F _T (kg/cm ²)			F (kg/cm ²)
	1.27cm (1/2)	1.59cm (5/8)	1.91cm (3/4)	
Glulam (Sp. Gr. = 0.53)	300(± 22)	255(± 18)	220(± 20)	400(± 25)

3.

가. 가

1)

가

$$K_R = \frac{8 \overline{N}_F \overline{F} \overline{N}_Z \overline{Z}}{aL^2}, \quad \overline{\sigma}_R = \sqrt{\overline{\sigma}_F^2 + \overline{\sigma}_Z^2} = \sqrt{\overline{\sigma}_F^2 + \overline{\sigma}_F^2 + \overline{\sigma}_Z^2 + \overline{\sigma}_Z^2}$$

(4-17, 18) . F MOR

$$\overline{N}_F = 1.10, \quad \overline{N}_Z = 1.05,$$

$$\overline{F} = \overline{MOR} \times \frac{9}{16} = 502.7 \times \frac{9}{16} = 282.8 \text{ kg/cm}^2, \quad \overline{Z} = 487.5 \text{ cm}^3$$

$$a=100\text{cm}, \quad L=360\text{cm},$$

$$\varrho_F = 0.163, \quad \nabla_F = 0.045, \quad \varrho_Z = 0.04, \quad \nabla_Z = 0.024$$

$$, \quad \mu R = 0.0983 \text{kg/cm}^2, \quad R = 0.1754$$

2)

10 가

$$\overline{P_L} = 1319.2 \times 10^{-5} \text{kg/cm}^2, \quad \overline{\sigma}_L = 0.24$$

$$\overline{P_D} = 342 \times 10^{-5} \text{kg/cm}^2, \quad \overline{\sigma}_D = 0.10$$

$$, \quad \overline{\tau}_s = \overline{P_L} + \overline{P_D} = 1661.2 \times 10^{-5} \text{kg/cm}^2$$

$$\overline{\sigma}_s = \frac{1}{\overline{\tau}_{sQ}} \sqrt{\overline{P_L}^2 \overline{\sigma}_L^2 + \overline{P_D}^2 \overline{\sigma}_D^2} = 0.196$$

3)

$$\beta \cong \frac{\tau_H}{\sigma_H} = \frac{\ln \frac{\tau_R}{\tau_s}}{\sqrt{\overline{\sigma}_R^2 + \overline{\sigma}_s^2}}$$

(4-17) 가 3.6n

spacing(cn)	10	30	50	70	90	100
Beta	6.76	2.58	0.64	-0.64	-	-

(4-18) 가 2.0π

spacing(cm)	10	30	50	70	90	100
Beta	11.2	7.05	5.11	3.83	2.88	2.47

, 3.6π
 50cm
 . ,
 가 . ,
 . (4-18)
 2π 1π
 . ,
 가
 가

.
 .
 1)
 400 .
 2) 가
 (4-19) MOE 가
 가
 MSR

(4-19)

	MOE_MSR (10 ³ kg/cm ²)	MOE_static (10 ³ kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	MOE_MSR (10 ³ kg/cm ²)	MOE_static (10 ³ kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)
	112.4 (19.5)	121.1 (26.6)	577.5 (112.4)	110.7 (21.7)	119.5 (16.5)	750.9 (138.5)

MOR

가

. MOR 95%

MOR

가

75%

$(577.5/750.9) \times 100 = 77\%$

가

MOR

MOE

MOR

MOE MOR

MOR

3)

(4-20) MOE MOR

	MOE (× 10 ³ Kg/cm ²)	Average	MOR (Kg/cm ²)	Average	Failure node
1*	200.7	187.9	553.5	543.9	C
2**	190.3		572.0		S
3**	172.7		506.2		S
4*	190.5	194.1	590.5	572.8	S
5**	199.3		626.2		S
6**	192.5		501.8		S
7*	190.6	182.1	597.1	559.4	C
8**	190.0		514.9		C
9**	165.8		566.3		S
10*	199.0	185.8	629.0	480.5	S
11**	182.4		419.4		C
12**	176.0		393.0		C
13*	187.8	183.8	442.5	525.9	C
14**	183.7		591.0		S
15**	180.0		544.1		S
16*	166.7	176.0	490.4	545.2	S
17**	180.7		567.3		S
18**	180.5		577.9		SL
19*	156.2	158.5	501.3	447.1	S
20**	162.1		524.1		S
21**	157.2		316.0		C
22*	149.1	156.7	423.7	465.7	C
23**	162.7		485.2		C
24**	158.3		488.1		S
25*	164.2	159.8	522.2	473.1	S
26**	157.1		449.9		S
27**	158.2		447.2		C
28*	140.5	142.7	327.7	363.9	S
29**	-		-		-
30**	144.8		400.0		S

*:

**:

S: Simple tension, C: Cross grain tension, SL: Splintering tension H: Horizontal shear

1 , 2 , 3

가

29

가

. (4-20)

MOE

, MOR

, 1

MOE MOR

173. 7 × 103

kg/cm², 502. 7kg/cm²

(4-21)

(4-21)

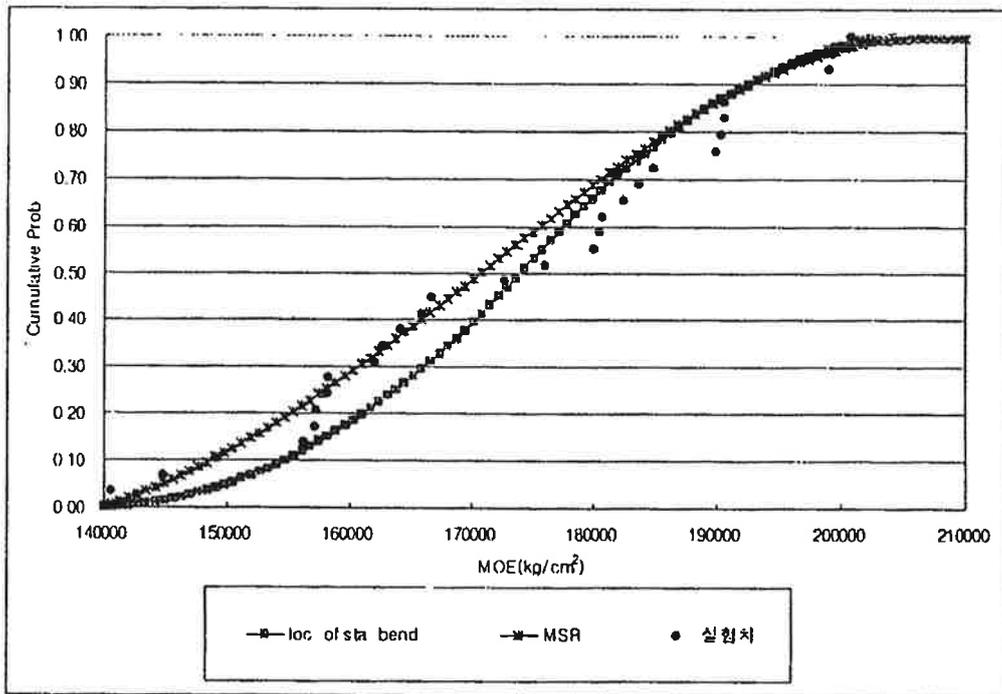
MOE

	Basic value (kg/cm ²)	M. C.	Load duration	Size factor	Loading condition	span-to- depth	Tempe- rature	Allowable Stress
MOE	173. 7 × 103	0. 83	-	-	0. 97	1	-	140. 4 × 103

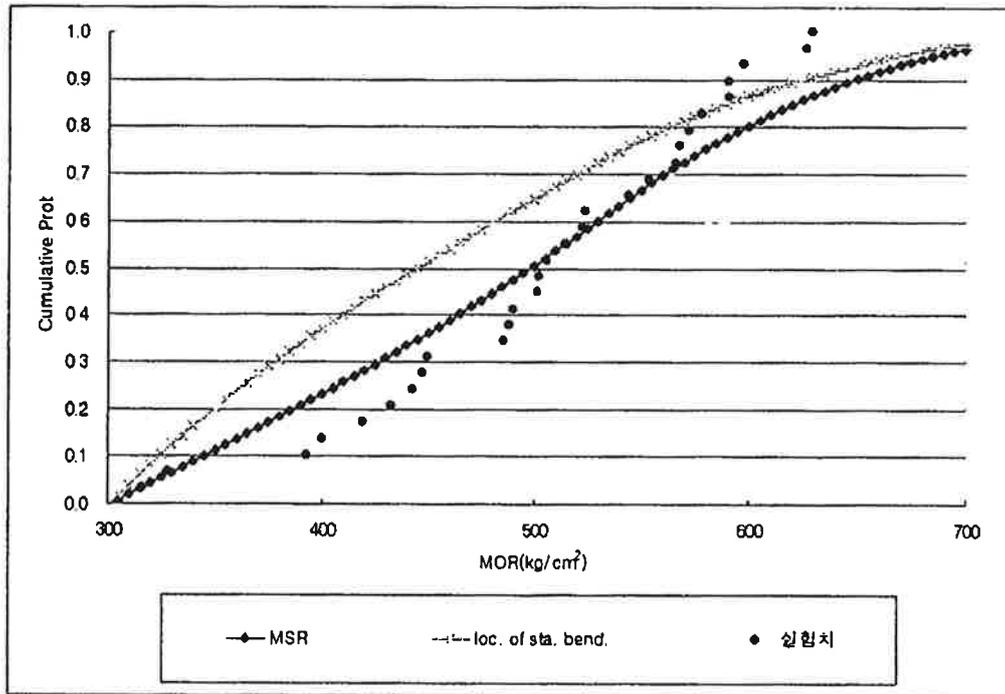
4) 강도시험 결과와 예측치간의 비교

가) 라미나의 MOE를 기본값으로 하여 예측한 집성재의 강도 성질

라미나의 MOE로 라미나의 MOR까지 예측한 후 각각의 값을 집성재의 입력변수로 하여 집성재의 MOE와 MOR을 예측하였다. 핑거 접합을 한 라미나의 강도 역시 관행적으로 사용되는 무핑거의 값에다 0.75를 곱한 것으로 가정하여 해석하였다. 라미나의 MOR 예측은 선형회귀를 통하여 계산하였으며 모든 집성재의 강도 성질 예측은 변형 단면법을 사용하였다.



(그림 4-8) 라미나 탄성계수로부터 예측된 집성재 탄성계수의 누적확률분포

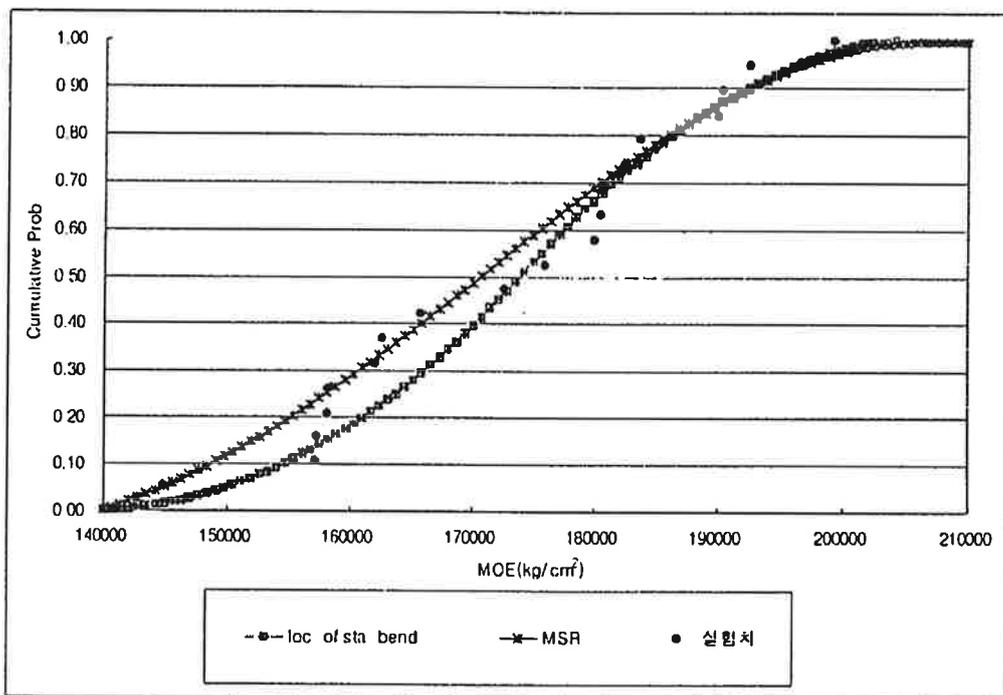


(그림 4-9) 라미나 탄성계수로부터 계산된 MOR을 이용하여 예측된 MOR의 누적확률분포

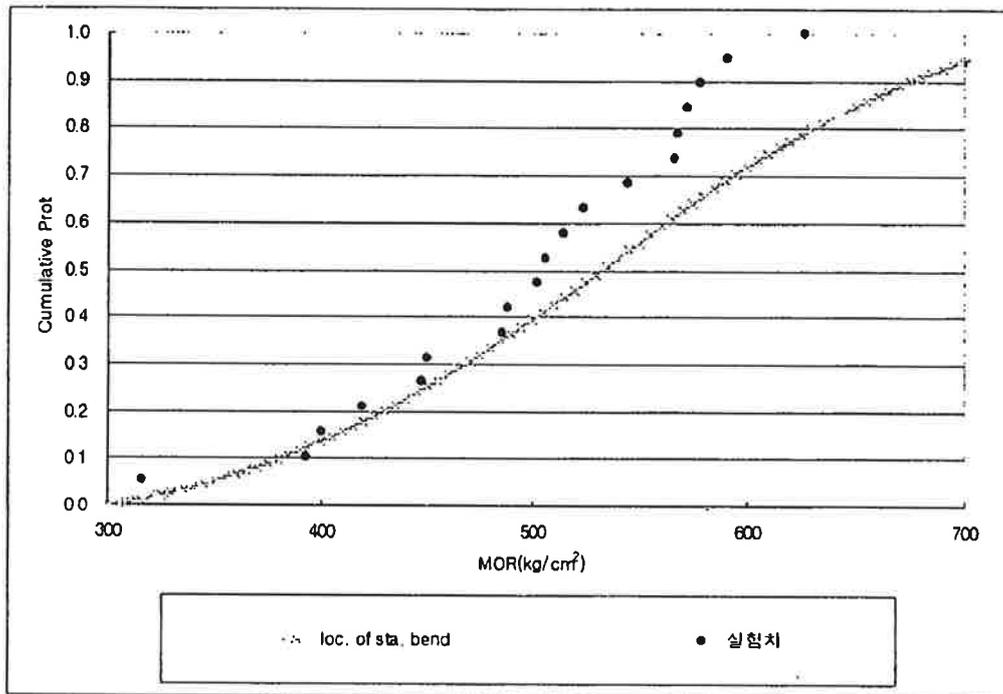
(그림 4-8, 9)에서 나타나듯이 MSR의 결과를 기본 입력변수로 하여 예측한 것이 휨시험의 결과를 사용한 것보다 실험치와 근사한 결과를 보여주었다. 하지만, MOR의 경우 중간 정도의 강도 부분에서는 예측치와 근사한 값이 나타나지만 낮은 값과 높은 값에서는 예측치와 많은 차이를 보여주고 있다. 이는, 라미나의 개수가 많아질수록 각 라미나의 영향하는 바가 누가적으로 증가하여 결국 최종 집성재의 강도 예측에는 상당한 차이가 발생할 수 있다고 생각된다. 특히, 라미나의 MOR이 변이가 많기 때문에 한 개체에서의 변이가 여러 개체에서 합해지면 그 변이는 상당히 증가할 수 있다. 따라서, 집성재의 MOR예측에는 좀 더 신중한 접근법이 필요하다고 여겨진다.

나) 라미나의 MOE와 MOR을 기본으로 예측한 집성재의 강도 성질

라미나의 휨 실험을 추가하여 직접 라미나의 MOR을 평가한 후 라미나의 용이에 대한 자료를 조사하고 라미나의 MOR을 입력변수로 하여 집성재의 MOR을 예측하였다. 본 항에서는 핑거 접합을 실시한 라미나로 제조한 집성재와 무핑거 라미나로 제조한 집성재의 MOR을 각기 분리하여 예측함으로써 핑거의 영향을 정확히 반영하고자 하였다.

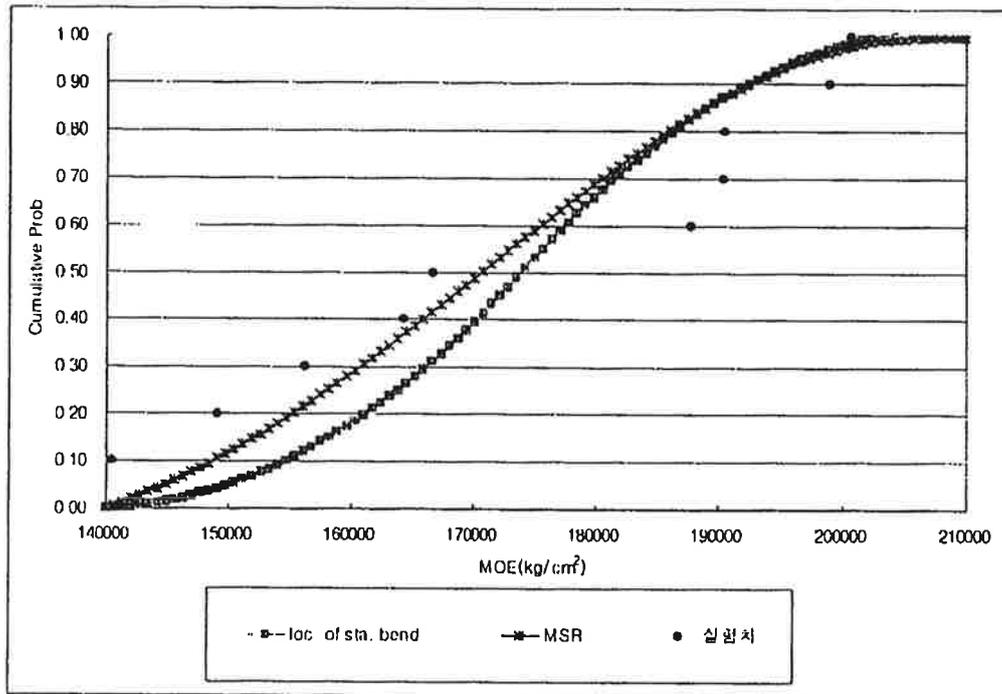


(그림 4-10) 라미나 MOE를 이용한 핑거접합 집성재의 예측 MOE 누적확률분포



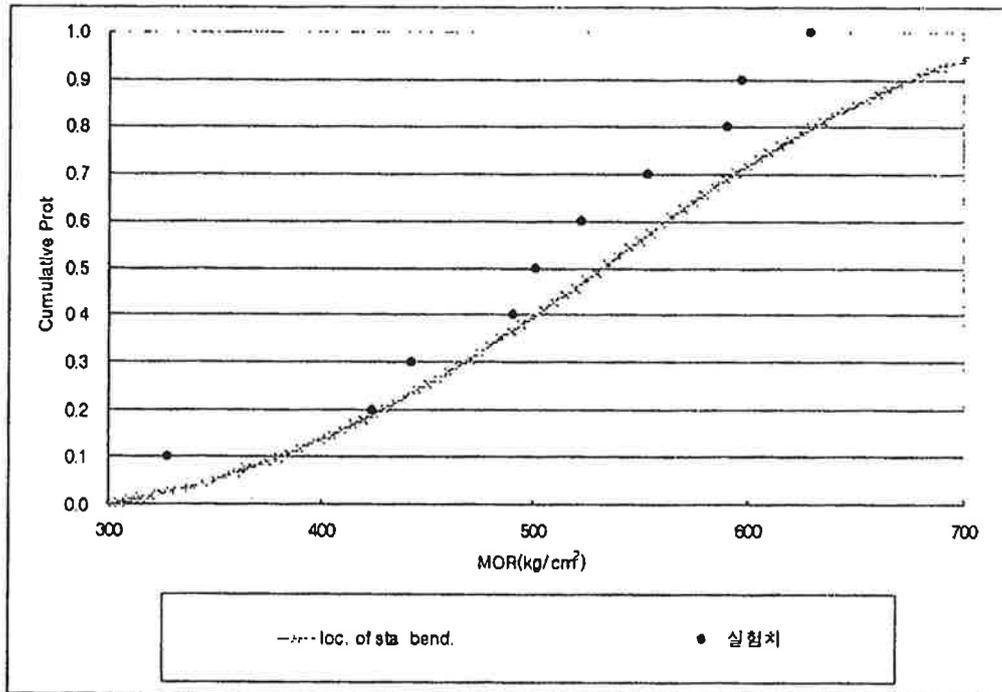
(그림 4-11) 라미나 MOR을 이용한 핑거접합 집성재의 예측 MOE 누적확률분포

(그림 4-10, 11)에서는 핑거 접합 라미나를 인장층에 배치하였을 경우 실험치와 예측치의 차이를 보여주고 있다. 집성재의 MOE는 인장층에 핑거 접합 라미나를 배치하여도 큰 영향을 받지 않는 것으로 보여지나 집성재 MOR의 경우에는 인장층에 핑거 접합 라미나를 배치하였을 경우(그림 4-11)와 달리 변이가 어느 정도 존재함을 알 수 있다. 이는 물론 핑거 접합 라미나의 MOR값이 상당한 변이를 나타내는 것에 기인하는 바도 있지만 그 보다는 용이에 대한 정확한 자료의 부족이 더 큰 이유라고 여겨진다. 미국 등에서도 집성재 MOR의 예측은 용이에 대한 자료의 문제로 귀결되고 있는 상황이다. 즉, 용이에 대한 많은 자료를 데이터 베이스화 하느냐에 따라 예측치의 신뢰도가 결정된다. 따라서, 국내에서도 하루빨리 용이에 대한 자료를 충분히 조사하여 정리하는 것이 필수적이다.



(그림 4-12) 라미나 MOE를 이용한 무핑거접합 집성재의 예측 MOE 누적확률 분포

인장층에 핑거 라미나를 사용하지 않은 집성재의 경우는 인장층에 핑거 라미나를 사용한 것보다 정확한 예측이 가능하였다. 이는 결국 핑거 라미나를 인장층에 사용하였을 경우에는 용이에 의한 영향과 핑거에 의한 영향 모두를 충분히 고려하여야 한다는 것이다.



(그림 4-13) 라미나 MOR을 이용한 무핑거접합 집성재의 예측 MOE 누적확률 분포

5) 결합부의 성능 평가 및 해석

(그림 4-6)에서 나타난 것처럼 항복 하중과 비례 한계 하중을 고려하여 집성재-철판 볼트 결합부의 성능을 설계치로 나타내었다. 항복모델을 적용한 결과와의 비교는 (표 4-22)에 제시하였다.

항복모델에 따른 결합부의 거동을 해석하고자 볼트의 직경과, 주부재의 다우얼 내력강도, 측면부재의 내력 강도, 볼트의 최대 인장 강도, 주·측면 부재의 두께 등을 입력 변수로 하는 프로그램을 개발해 성능을 해석하였다. (표 4-22)는 실험을 통해 구한 볼트 결합부의 성능과 항복 모델을 이용한 예측치간의 비교이다.

(4-22)

	Z (kg)			Z (kg)		
	12. 7mm	15. 9mm	19. 1mm	12. 7mm	15. 9mm	19. 1mm
	589. 5	699. 0	929. 5	720. 5	1097. 5	1508. 0
	554. 3	660. 7	901. 7	698. 7	1064. 9	1480. 3
	570. 2	681. 3	920. 1	710. 9	1088. 6	1494. 2
	600. 4	710. 6	943. 8	731. 9	1106. 2	1520. 1

가 .

,

.

가

가 . 가

A 36

A 307 가

.

,

가

가 가

가 .

가 가

,
가 .

4

가 .

.
.

1.

MOE

,
가

가

localized MOE long span MOE

가

MOE

가 가

2.

가 , -

.
.

3.

, 가
가 . ,
가 .
가 .
가 .
가 가 ,
가가
.

- Biblis E.J. and H.F. Carino. 1993. Factors influencing the flexural properties of finger-jointed southern pine IVL. *Forest Prod. J.* 43(1) 41-46.
- Breyer D. E. 1993. Design of wood structures. 3rd Ed. 189-207
- Chugg, W. A. 1964. *Glulam: The theory and practice of the manufacture of glued laminated timber structure.* Benn, London.
- Desch, H. E. and J. M. Dinwoodie. 1981. *Tinber: Its structure, properties, and utilization.* 6th ed., MacMillan Press, London.
- Fleischer, H. O. 1965. Heating rates for logs, bolts, and flitches to be cut into veneer. USDA For. Prod. Lab. Rep. No. 2149. Madison, Wisconsin.
- Foschi R. O., B.R. Folz., and F.Z. Yao. 1989. Reliability-based design of wood structures. Univ. of British Columbia. 239-244, 264-272.
- Gronala D.S. 1993. Practical application on reliability-based design concepts to wood scaffold planks. *Forest Prod. J.* 43(9) 29-34.
- Hernandez R., D.A. Bender., B.A. richburg., and K.S. Kline. 1992. Probabilistic modeling of glued-laminated timber beams. *Wood and Fiber Sci.* 24(3): 294-306.
- Kollmann, F. F. P., E. V. Kuenzi, and A. J. Stamm. 1975. Principles of wood science and technology. II. Wood-based materials. Springer-Verlag, Berlin.
- Kubler, H. 1980. *Wood as building and hobby materials.* John Wiley and

- Sons, New York.
- Kunesh, R. H. 1978. Micro=Lan: Structural laminated veneer lumber. For. Prod. Jour. 28(7):41--44.
- Laufenberg, T. I. 1983. Parallel-laminated veneer: Processing and performance research review. For. Prod. Jour. 33(9): 21--28.
- Lewis, E. E. 1987. Introduction to reliability engineering. John Wiley & Sons, Inc., 55-66.
- Murphy J.F. 1988. Load and resistance factor design for engineered wood construction. ASCE. 18-40, 58-81.
- Pahshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1980. Textbook of wood technology. 4th ed., McGraw-Hill, New York.
- Pooley B.D. 1994. Design of glued laminated timber. Wood Design FOCUS Vol. 5(1): 3-8.
- Sandoz J., P. rastigi., and M. Valgenwitz. 1994. Grading and reliability of glued laminated timber. Pacific Timber Engineering Conference Australia. 663-670.
- Smith, Chrles O. 1976 Introduction to reliability in design. McGraw-Hill, 3-9, 92-111, 208-221.
- Suddarth S.K. and D.A.Bender. 1995. Statistical fundamentals for wood engineering. Wood Design FOCUS Vol. 6(1): 3-11.
- Tsoumis, G. 1991. Science and technology of wood: Structure, properties, utilization. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Youngquist J.A., T. I. Laufenberg., and B. S. Bryant. 1984. End jointing of laminated veneer lumber for structural use. Forest Prod. J. 34(11/12) 25-32.

Youngquist, J. A. 1992. Strength properties of wood composites. In:
Vigo, T. L. and B. J. Kinzig(eds.), Composite applications-The
role of matrix, fiber, and interface: Chap. 15. VCH Publishers,
New York

5

1

65%

11%

가 , ,
가
가 가
가 가
가 가

가 , 가 가 .
1995

가 1 , ,
,
가 .

가 , , 가
가

가, 가 , ,

2

1.

가.

가 가
가 25mm,
110mm, 3.6mm 250 ,
,
(1995-27) 1, 2 3
.

가

. , ()
,
(Instron, Model; 4206-006), E- (METRIGUARD E-403;)
(90N, KAWASAKI ())
350cm(), 240cm(
240cm),
240cm(240cm),
E- 350cm(),
100cm 50 , 2cm

가 .

11cn) 2 1 (2.5cn)

1 (7.5cn) 가

가 16mm 18mm 2 ,

(/) 16mm (

5-4) 3 (96%, 138%, 148%), 18mm 4 (120%, 127%, 137%, 155%) 가

가

(5-1) .

, 100 15 가 .

40, 60, 80 100kg/cm² 가

1 가

, KS F 3118

가 .

(5-1)

		16mm	18mm
1		4.93	4.08
		1.11	0.89
		1.06	1.07
		16.01	17.75
2		4.96	4.14
		1.08	0.87
		1.49	1.19
		14.20	16.77
3		4.90	4.13
		1.11	0.83
		1.64	1.29
		13.23	15.95
4		-	4.12
		-	0.85
		-	1.08
		-	18.15

가

30

20mm

1)

가

가

가

가

가

가

(()

; KANON 2000 QLK)

가

Straightpoint

LOAD BLOCK(Serial # 4222(10t × 0.01))

가

가

가

$$FL = VR \frac{(fD+k)}{(D-fk)} = \frac{VD}{2} \times \frac{(fD+k)}{(D-fk)}$$

- , F = (kg)
- L = (cm)
- W = (kg)
- R = (cm)
- D = (cm)
- f = (0.2)
- k = (cm)
- = 3.1416

2)

40 45cm . 25, 30, 35,

, 25mm 2

, 300g/m²

, 100 15 가

. 10kg/cm² 12kg/cm² 2 2

3)

. 30cm ,
 250, 300g/m² 2 .
 8, 10kg/cm² 12kg/cm² 3 2 ,
 (5
 60 18 60
 5 70 18
 70 .) 가 .
 4)
 가 300g/m²,
 12kg/cm², 30cm .
 ,
 가
 가 KS F 3118 1
 .
 24cm, 30cm , 11cm,
 6.3π . 48 , 7
 가 10cm .
 3 2 .
 2.
 가.
 ,
 ,
 .

(5-2) .

2 가 30 50% 가

, 1 12 36% 가

가 1

가 .

1, 2 가 80%

, 가 , 가 가

1 가 가 , 2 3

. 가 가

2 가 53% 가 , 1

가 가 .

(5-2)

(: %)

		1	2	3
		13.7	50.8	35.5
	가	21.4	31.4	47.2
		11.7	29.4	58.9
		35.9	49.2	14.9
		50.8	26.2	23.0
		64.1	20.6	15.3
		39.5	52.8	7.7

.

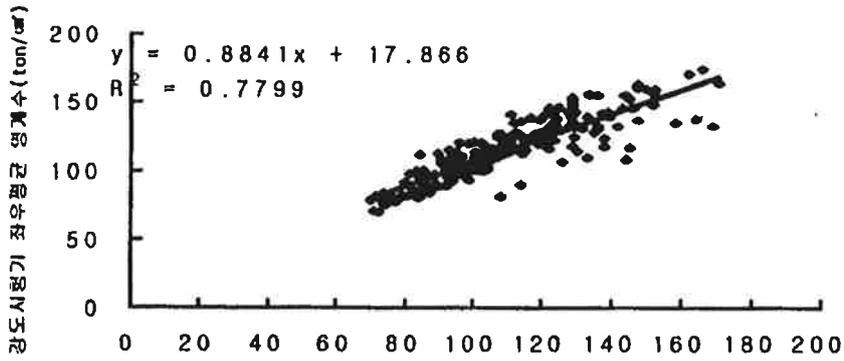
가

가

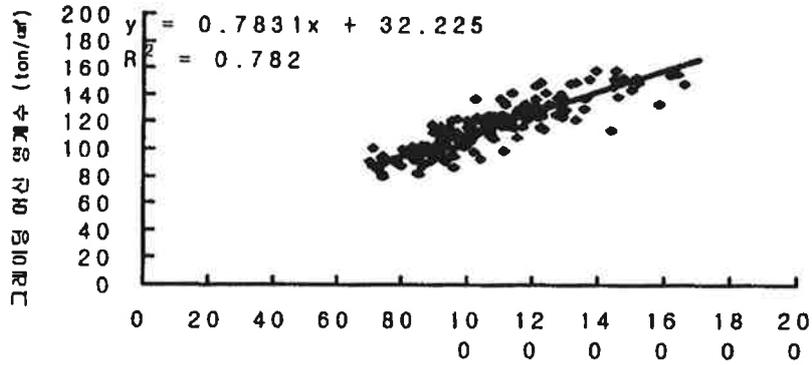
가

.

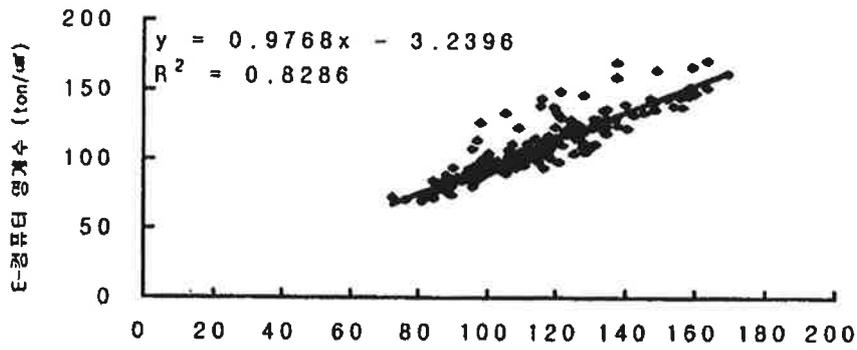
.
 , E- ,
 가 .
 가
 , (5-1) (5-9)
 . (5-1)
 120ton 124ton,
 126ton 4 6ton 가 .
 E-
 (5-10)
 . 70 180ton/cm² , 100ton/cm² 120ton/
 cm²가 가 .



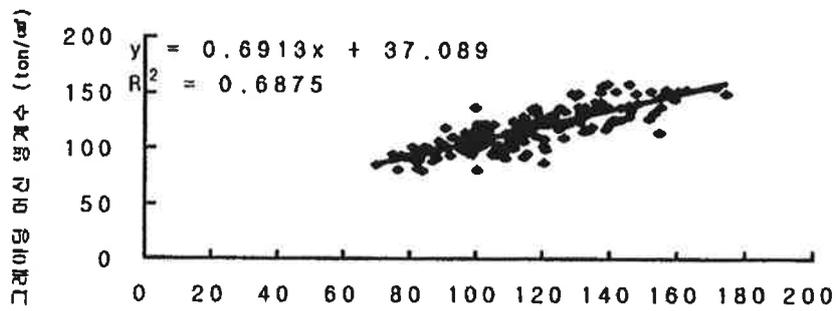
간 이 방법 좌우 평균 영계수 (ton/ha)
 <그림 5-1> 간 이 방법 좌우 평균 영계수 (스판:240cm)와
 강도시험기 좌우평균 영계수 (스판:240cm)와의 관계



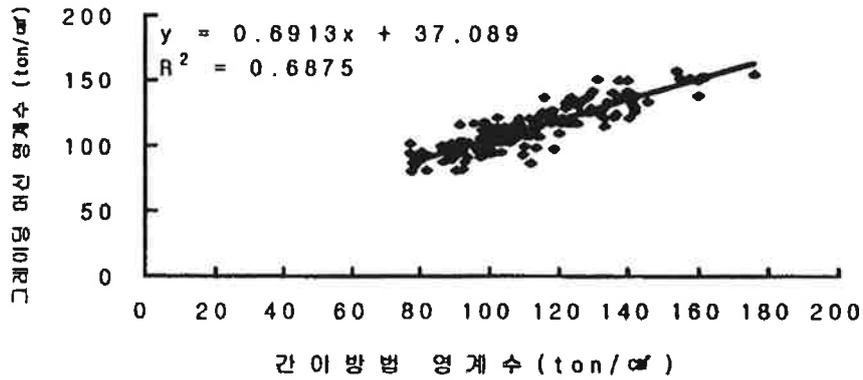
간 이 방법 좌우 평균 영계수 (ton/ha)
 <그림 5-2> 간 이 방법 좌우 평균 영계수 (스판:240cm)와
 그레이딩 머신 영계수와의 관계



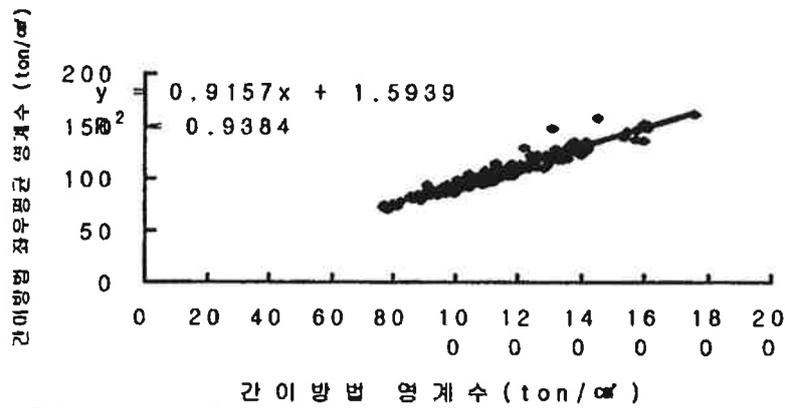
간이방법 좌우평균 영계수 (ton/ha)
 <그림 5-3> 간이방법 좌우평균 영계수 (스판:240cm)와
 E-컴퓨터 영계수 (스판:350cm)와의 관계



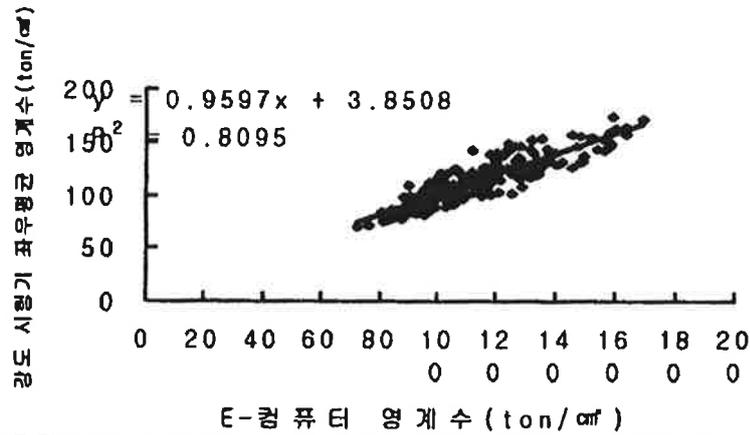
강도시험기 좌우평균 영계수 (ton/ha)
 <그림 5-4> 강도시험기 좌우평균 영계수 (스판:240cm)와
 그레이딩머신 영계수 (스판:350cm)와의 관계



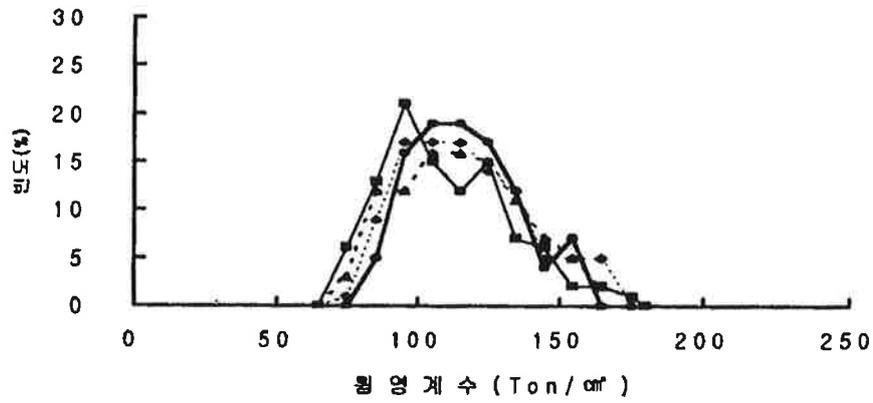
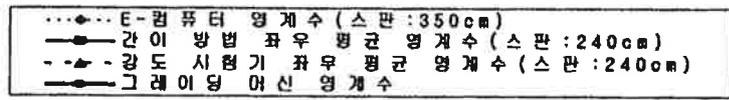
<그림 5-5> 간이방법 영계수 (스판:350cm)와 그레이딩 머신 영계수 (스판:350cm)와의 관계



<그림 5-6> 간이방법 영계수 (스판:350cm)와 간이방법 좌우 평균 영계수 (스판:240cm)와의 관계



<그림 5-9> E-컴퓨터영계수 (스판 : 350cm)와 강도 시험기 좌우평균 영계수 (스판 : 240)와의 관계



<그림 5-10> E-컴퓨터, 간 이 방법, 강도 시험기 좌우 평균 및 그레이딩 머신에 의한 월 영계수 도수 분포

(5-3)

(: %)

	(ton/cm ³)				
	(240cm)	(240cm)	(350cm)	E-(350cm)	
L 200	0	0	0	0	0
L 180	0	0.5	0	0.5	0.5
L 160(1)	3.7	2.9	3.1	2.8	0
L 140(2)	11.2	8.0	8.0	9.4	11.4
L 125(3)	18.7	13.2	15.4	19.7	18.9
L 110(4)	23.0	20.2	22.2	23.0	29.2
L 100	16.4	15.1	20.4	17.4	18.9
L 90	12.1	20.7	17.3	16.9	15.7
L 80	11.7	13.2	10.5	9.4	5.4
L 70	3.2	6.2	3.1	0.9	
L 60					
L 50					

18mm , 120%, 127%, 138%, 155% .

16mm (5-4), (5-11)

가 가 96% 가 가 72%

450kg/cm² , 가 가

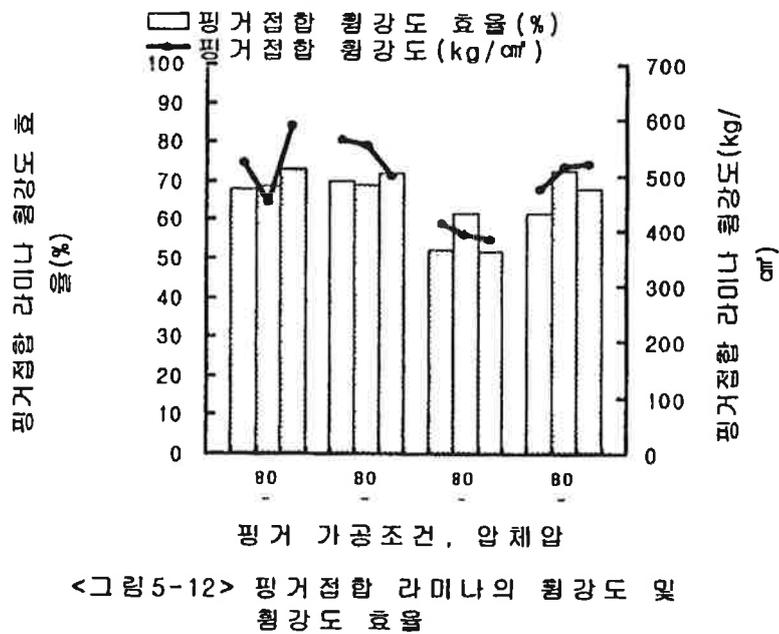
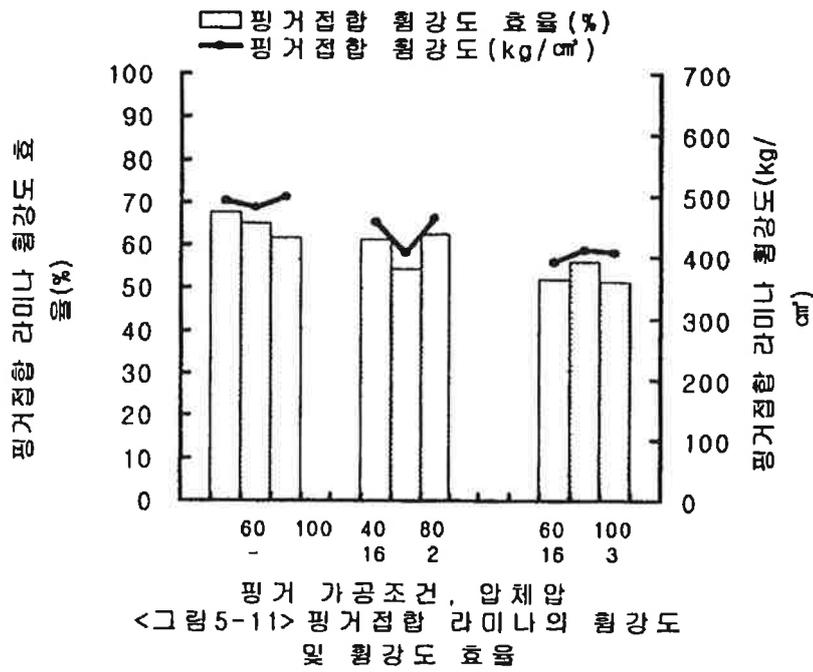
18mm (5-4) (5-12)

120% 137% , 70% , 450kg/cm²
 가 가
 가 155% 50 60% .
 18mm 16mm
 . 18mm
 120 135% , 80 100kg/cm²가 .
 16mm 18mm
 , 75%
 20mm

(5-4)

	(%)	(mm)	(mm)	(%)			
				(kg/cm ²)			
				40	60	80	100
16- 1	95. 50	- 0. 05	16. 01	71. 76	68. 85	69. 64	-
16- 2	137. 96	0. 41	14. 20	63. 23	54. 42	62. 51	-
16- 3	147. 75	0. 53	13. 23	-	51. 96	55. 90	50. 64
18- 1	120. 22	0. 18	17. 75	-	67. 96	68. 43	76. 19
18- 2	136. 78	0. 32	16. 77	-	71. 40	72. 32	75. 60
18- 3	155. 42	0. 46	15. 95	-	52. 08	61. 48	51. 57
18- 4	127. 06	0. 23	18. 15	-	63. 69	75. 16	69. 70

* : /



, ,
 (5-5)
 가 .
 3 12n, 30 60cm

, 190cm, 50cm ,
 20mm, 6.5mm .
 가
 . (1, 2)

, , (4.3n,
 12n X Y ,
) 가
 가
 1 가

가



(1)



(2)

(5-5)

		()		()
1		3		1
2		2		1
3		2		1
4		3	,	2
5	()	3 5	() () () ()	1 1 2 3 × 3 1
6		2		
7		3		1 1
8	가	2		1 3
9		3		1
10	가	2		1
11		2 4		
12		3 5		1
13		4 7		
14		5 ~ 9	() () ()	60 125m ² 2 2 1 2 2 1 2 2

		()		()
15		3		2 1
16		2	가	2 1 1
17		2		5
18	가	1		1
19		2		2
20		2	. 가	1 1 1 1
21	가	3 ~ 6	가	1 1 1
22		2		5
23		1		1
24		2		1 3 -
25		2		
26			200 30	1
27				1

1)

가
Load Block (5-13) .
(5-13)

$$y = 0.0026x - 0.4258, R^2 = 0.9995 .$$

1000kg · cm 가

3.0258ton 가 .

(

5-14) $y = 1.024x - 0.0862, R^2 = 0.9995 .$

가 . ,

5ton 가 5.0338

ton .

(5-15)

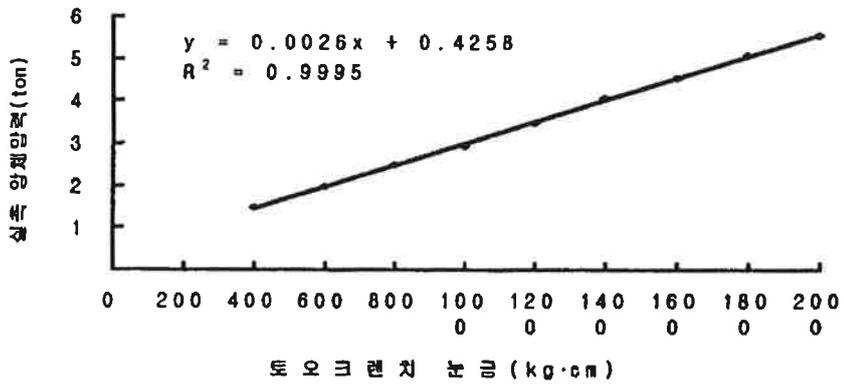
, (5-16)

가

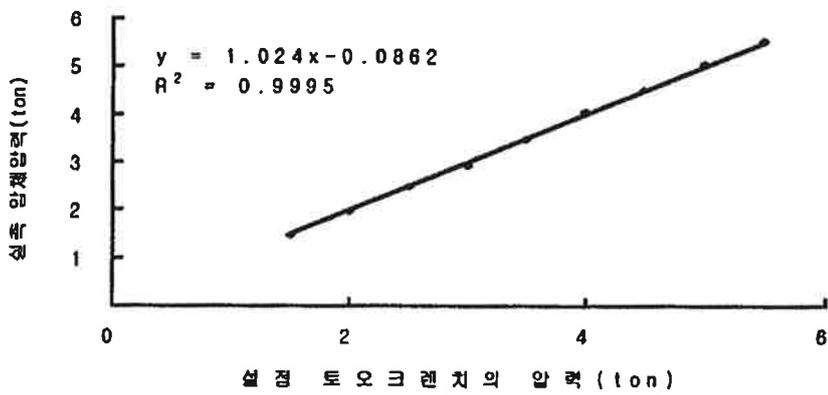
가 .

가 ,

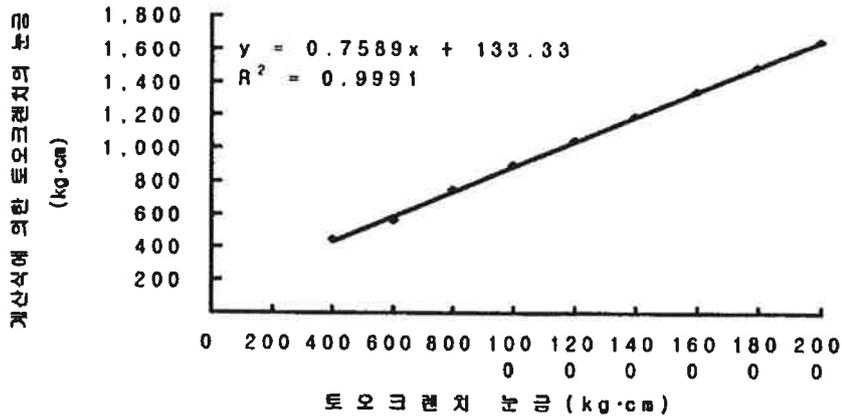
가



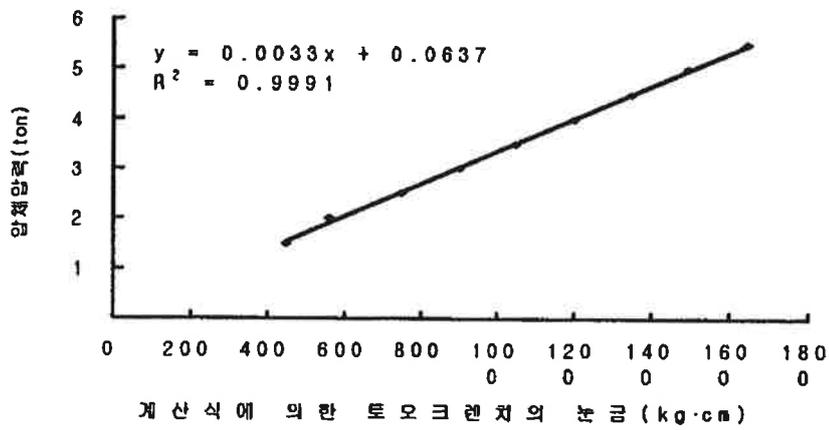
<그림 5-13> 토크의 상승과
 실측 압력과의 관계



<그림 5-14> 설정 토크의 압력과 실측
 압력과의 관계



<그림 5-15> 토오크렌치 노금과 계산식에 의한 토오크렌치의 노금과의 관계



<그림 5-16> 계산식에 의한 토오크렌치의 노금과 압축압력과의 관계

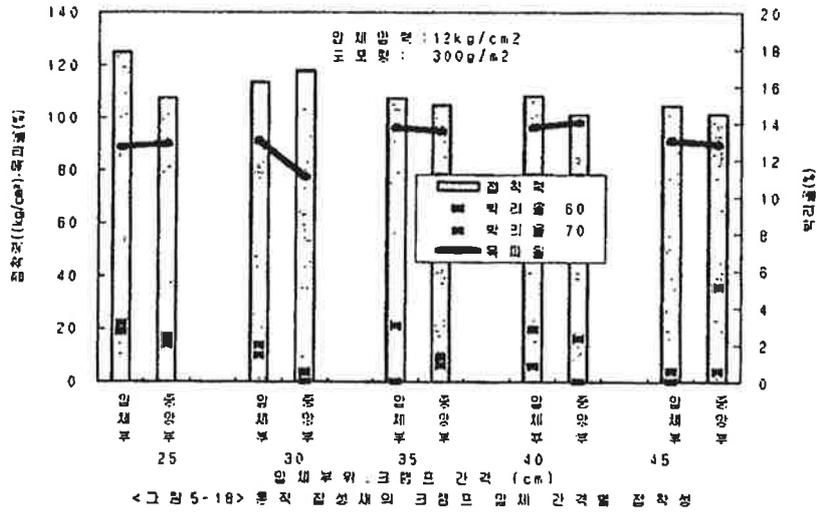
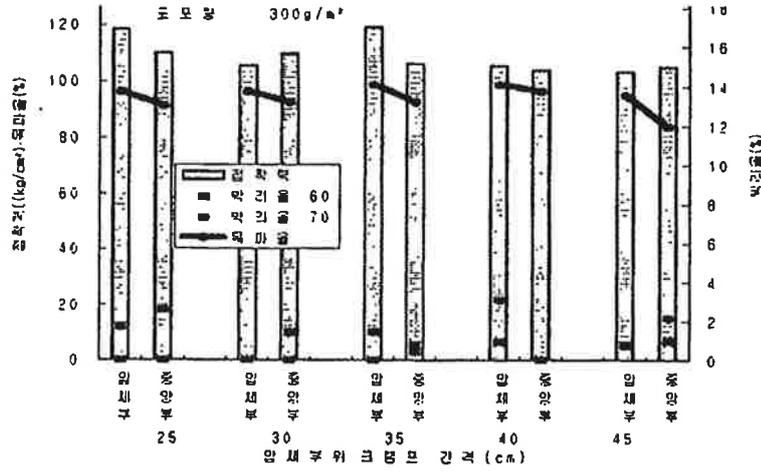
2)

(5-6), (5-17, 18) .

가 . 60
70 가 ,
45cm 40cm
40cm .
5cm .
가 ,
,
가 .
,
2 .

(5-6)

(cm)		25		30		35		40		45	
: 10 (kg/cm ³)	(kg/cm ³)	118.5	110.0	105.5	109.8	119.3	106.3	105.5	104.1	103.3	105.1
	(%)	96.3	91.3	96.3	92.5	98.8	92.5	98.8	96.3	95.0	83.8
	(%)	11.89	11.44	11.62	11.74	11.68	11.88	11.91	12.07	11.85	11.85
	60	0	0	0	0	0	0.81	0.95	0	0.80	0.97
		70	1.71	2.59	0	1.40	1.45	0.42	3.09	0	0.73	2.13
(%)											
: 12 (kg/cm ³)	(kg/cm ³)	125.0	107.4	113.8	118.0	107.7	105.0	108.4	101.4	104.9	101.5
	(%)	88.8	90.0	91.3	77.5	96.3	95.0	96.3	98.3	91.3	90.0
	(%)	11.37	10.95	11.17	10.91	10.94	11.18	11.21	11.28	11.12	11.00
	60	2.69	2.04	1.43	0	0	1.32	0.84	0	0	0.57
		70	3.13	2.39	1.94	0.50	3.04	0.89	2.82	2.34	0.58	5.10
(%)											



3)

(5-7)

110kg/cm²

70%

KS

8kg/cm²

250g/m²

가 가

가

가

(5-7)

	(kg/cm ²)	(g/m ²)	(kg/cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	8	250	118.4	87.6	3.6	5.2	13.6
2	8	300	123.6	92.6	0	6.9	14.1
3	10	250	138.3	70.4	0	4.8	12.9
4	10	300	121.4	92.3	2.1	3.4	13.8
5	12	250	108.7	97.4	4.8	6.4	14.5
6	12	300	133.6	78.7	2.3	4.1	14.1

4)

24cm 30cm

(5-8)

450kg/cm²

130ton

Ei Ii /I)

가

가

가

(5-8)

	(kg/cm ²)	(ton/cm ²)	Ei Ii /I (ton/cm ²)	/ (ton/cm ²)
T- 24	492. 9	138. 08	155. 32	112. 49
T- 30	455. 7	153. 01	161. 78	105. 73

3

1.

가.

13% 가 10,
15, 20, 25 35mm 가 115mm,
3.6m 가 .

가 8

10

2

10

20mm

, 300g/m², 350g/m² 2 .

12kg/cm²

30cm

4000mm

KS F 3118

25cm, 30cm, 35cm, 40cm

45cm

300g/m²,

12kg/cm²

5cm가

5

가 KS

, KS F 3118

가

15

가

5

30 .

30 1 .

KS F 3118

EiIi/I

2.

가.

(5-9) .

158ton/cm²,

68ton/cm²,

111ton/cm²

가

(5-9)

(mm)	(kg/cm ³)		
10	158,561	63,191	109,641
15	151,849	67,156	111,535
20	166,932	67,944	112,343
25	163,036	80,964	112,943
35	151,091	61,726	105,499
	158,299	68,196	110,719

10mm

(5-19)

800mm, 1000mm

가

1400mm

30mm

1600mm

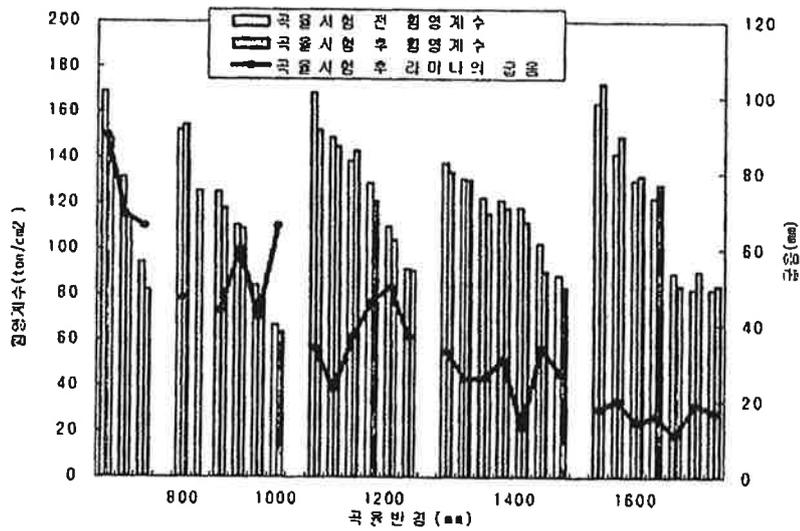
20mm

1200mm

가

1400mm

가



<그림 5-19> 두께 10mm 라미나의 적정 곡률반경

라미나의 곡률반경을 좌우하는 인자는 용이, 엇걸 및 라미나의 횡영계수였다.

다음 (표 5-10)에는 최소 곡률반경 시험결과에 의한 낙엽송 라미나 각 두께별 최소 곡률반경 및 일본과 캐나다 규격의 적정 곡률반경을 나타냈다. 두께 10mm와 15mm 라미나는 일본 및 캐나다의 적정 곡률반경보다 약간 컸으며, 두께 20mm 이상의 라미나는 다소 작은 곡률반경을 나타냈으나 큰 차는 없었다.

따라서 국산재의 최소 곡률반경이 구명되기 전까지는 낙엽송의 경우 또는 그 외의 수종도 일본이나 캐나다의 최소 곡률반경을 그대로 도입 적용하여도 문제는 없을 것으로 사료된다.

(5-10)

(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10	1600	1540	1400
15	2800	2670	3000(16mm)
20	3600	4000	3800(19mm)
25	4800	5625	6200
35	8000	9450	9500

(5-11)

가 , 가
 350g/m² 가
 300g/m² .

(5-11)

(g/m ²)	(kg/cm ²)	(%)	(%)
300	118.6	76	1.35
350	108.8	87	1.52

* 20mm, 4000mm, : 12(kg/cm²), : 30cm

.
 ,
 (5-12, 13) (5-20) (5-24) .
 10mm 1600mm
 , 가 ,
 . 1600mm
 35cm 가 .
 2800mm
 가 100kg/cm²
 90% , 40cm
 .
 5cm 가 .
 5%
 , 60 70
 KS .

(5-12)

		(cn)		25		30		35		40		45		
(mm) 1600	(kg/cm ²)	124.2	92.6	123.3	122.6	121.0	91.9	107.2	105.6	135.3	90.2			
	(%)	95	90	97.5	88.8	91.3	90	97.5	88.8	95	77.5			
	(%)	12.44	12.53	13.02	12.91	13.14	12.79	12.20	12.92	11.70	11.94			
	(%)	60	0	2.21	1.94	1.76	0	2.45	0	3.90	0	0.81		
		70	0.66	2.73	2.87	3.28	2.09	1.65	4.45	13.37	2.48	7.45		
(mm) 2800	(kg/cm ²)	97.4	125.6	109.9	114.7	110.5	110.3	117.5	117.5	97.74	115.6			
	(%)	90	86.3	86.3	96.3	91.3	92.5	81.3	97.5	76.3	90			
	(%)	12.08	12.16	11.59	12.22	11.65	11.82	11.67	11.68	11.58	11.74			
	(%)	60	0.47	0	0	0	0	0	0.68	0	5.27	0		
		70	0.98	2.22	0.64	0	0	1.27	1.12	0	1.55	0.90		
(mm) 3600	(kg/cm ²)	118.7	88.9	102.5	102.1	94.2	115.9	116.4	100.8	107.4	113.3			
	(%)	95	87.5	91.3	90	80	87.5	87.5	87.5	87.5	83.8			
	(%)	11.86	11.43	11.45	11.54	11.53	11.58	11.32	11.62	12.9	11.31			
	(%)	60	0	0	0	1.69	0	0	3.90	0	0	0		
		70	1.55	7.09	1.06	1.73	0	0.83	0.55	0.67	0.42	0		

() ; 300g/m², ; 12kg/cm²

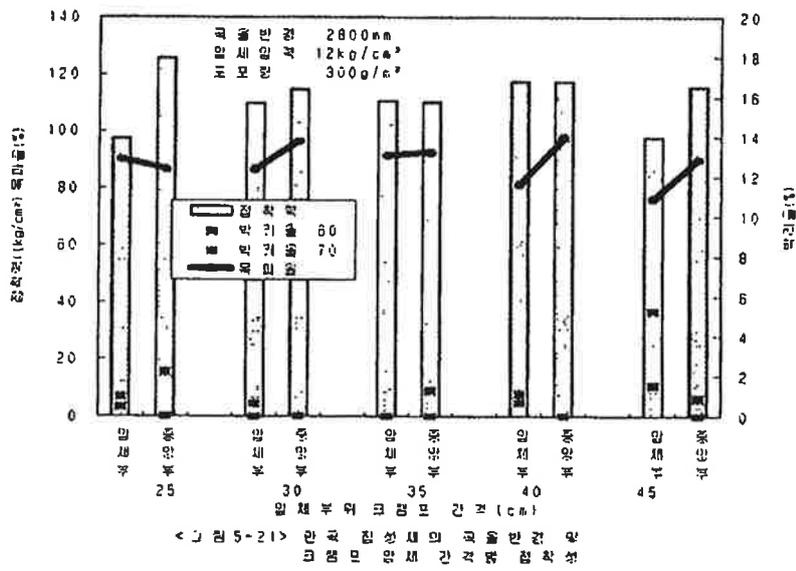
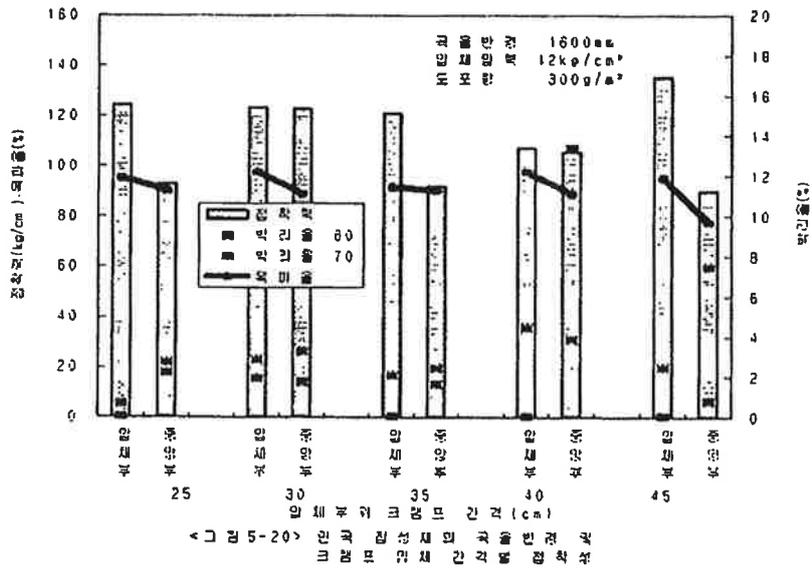
60 60 , 70 60

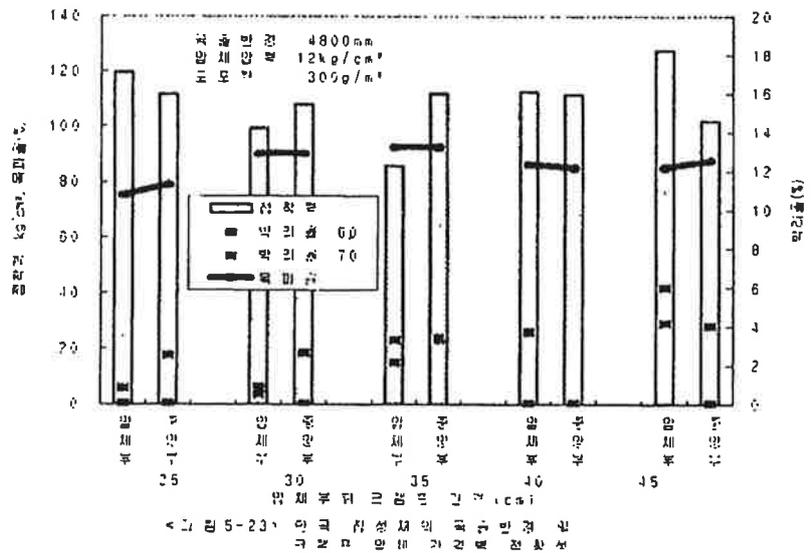
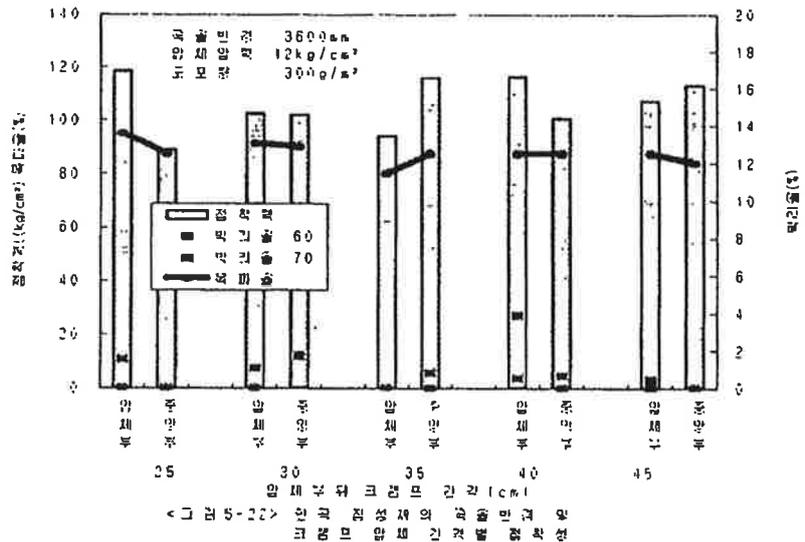
70 .

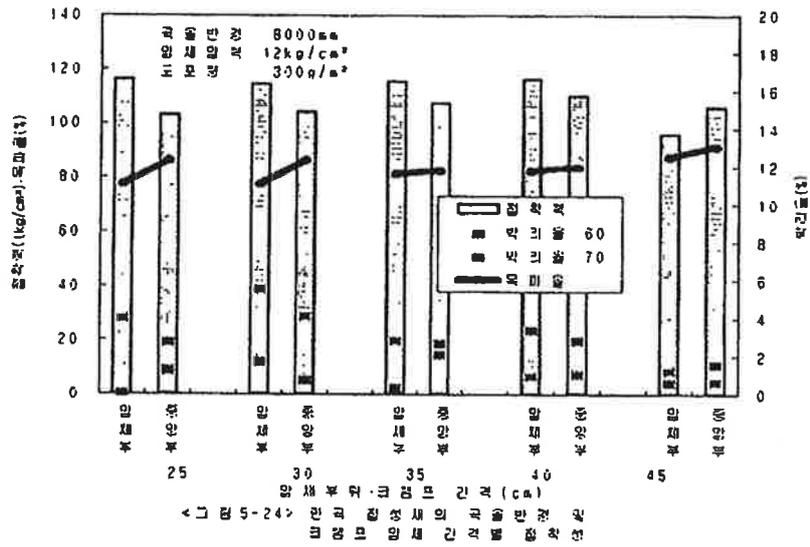
(5-13)

		(cm)		25		30		35		40		45		
(mm) 4800	(kg/cm ²)	119.6	111.5	99.3	108.0	85.7	112.1	112.6	111.6	127.7	101.9			
	(%)	75	78.8	90	90	92.5	92.5	86.3	85	85	87.5			
	(%)	12.33	11.60	11.36	10.85	11.18	10.38	10.96	10.79	10.93	11.30			
	(%)	60	0	0	0.50	2.64	3.29	3.40	0	0	4.15	0		
		70	0.80	2.49	0.86	0	2.14	3.31	3.71	0	5.98	4.03		
	(mm) 8000	(kg/cm ²)	116.3	103.0	114.6	104.4	115.6	107.5	116.2	110.2	96.0	106.0		
(%)		77.5	86.3	77.5	86.3	81.3	82.5	82.5	83.8	87.5	91.3			
(%)		11.82	11.90	12.06	12.04	11.90	10.96	11.24	10.71	10.97	11.04			
(%)		60	0	1.24	1.69	0.75	0.36	2.06	3.41	1.04	0.60	1.58		
		70	3.99	2.71	5.52	4.09	2.81	2.65	0.94	2.82	1.23	0.65		

() ; 300g/m², ; 12kg/cm²
 60 60 , 70 60
 70 .







(5-14) (5-25)

가 1%

1

2

가

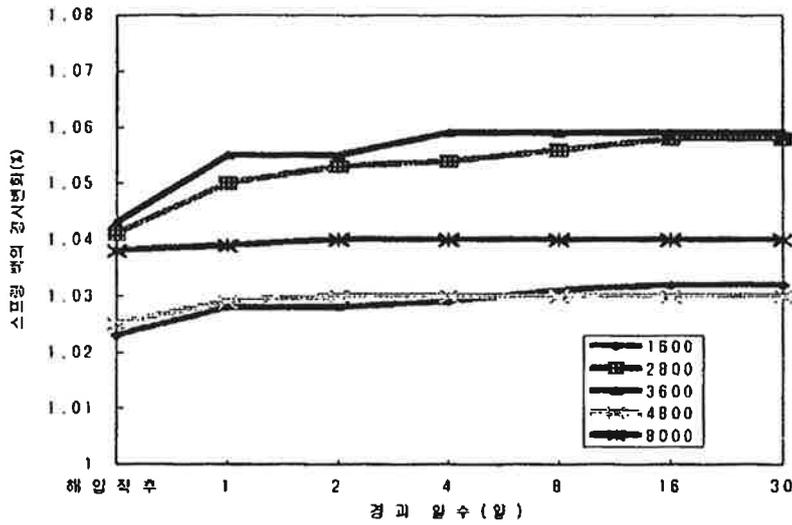
, 8000mm

1%

(5-14)

(mm)		()						
			1	2	4	8	16	30
1600	(%)							0.083
	(%)	1.023	1.028	1.028	1.029	1.031	1.032	1.032
2800	(%)							0.031
	(%)	1.041	1.050	1.053	1.054	1.056	1.058	1.058
3600	(%)							0.092
	(%)	1.043	1.055	1.055	1.059	1.059	1.059	1.059
4800	(%)							0.075
	(%)	1.025	1.027	1.029	1.030	1.030	1.030	1.030
8000	(%)							0.067
	(%)	1.038	1.039	1.040	1.040	1.040	1.040	1.040

() : /



<그림 5-25> 만곡 집성재 스프링 백의 경시 변화

마. 만곡 집성재의 곡률반경별 휨강도 및 휨영계수

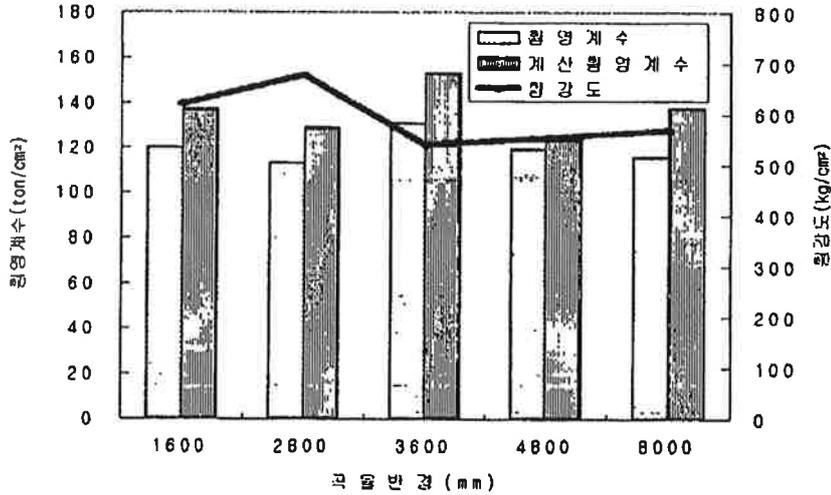
제조한 집성재의 각 곡률반경별 휨강도 및 휨영계수를 측정된 결과를 (표 5-15), (그림 5-26)에 나타냈다. 집성재의 평균 비중은 0.55였다. 휨강도는 $540\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 670\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타냈으며, 휨영계수도 113~131 ton/cm^2 로 매우 우수한 휨강도 성능을 나타냈다. 곡률반경별 휨강도는 1600mm와 2800mm 곡률반경의 집성재가 $600\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 비교적 높은 강도를 나타냈으며, 곡률반경 3600mm 이상의 집성재의 휨강도는 $500\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상으로 다소 낮았다.

계산에 의한 휨영계수는 실측 휨영계수보다 3~18% 높은 값을 나타냈으며, 평균 약 13%정도 높은 값을 나타냈다. 실측 휨영계수가 계산에 의한 집성재보다 다소 낮은 것은 라미나의 결점 등에 의한 것으로 사료되며, 금후 라미나의 휨영계수로부터 집성재의 휨영계수를 산출할 경우 $\sigma = E_i I_i / I \times 0.85 \sim 90$ 의 식으로 계산하면 실측치와 거의 일치하는 휨영계수를

산출할 수 있을 것으로 사료된다.

(표 5-15) 만곡 집성재의 곡률반경별 휨강도 및 휨영계수

곡률반경 (mm)	비중	휨강도 (kg/cm ²)	휨영계수 (ton/cm ²)	$\Sigma E_i I_i / I$ 에 의하여 계산 휨영계수 (ton/cm ²)
1600	0.55	619.6	119.9	137.1
2800		675.1	113.3	128.9
3600		539.7	131.1	153.4
4800		553.1	119.7	123.6
8000		568.6	116.3	137.7



<그림 5-26> 만곡 집성재의 곡률반경별 휨강도 및 휨영계수

4

1.

, KS ,
, JIS, ISO
KS

2.

가.

1)

(
,
,)
(
)

2)

() ,
,
.

가) 대칭구성 이등급구성 집성재

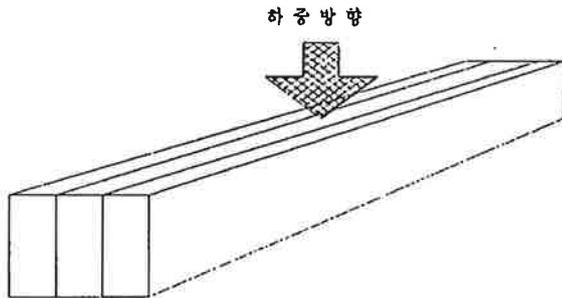
라미나의 품질(등급) 구성이 중위 축에 대하여 대칭인 집성재를 말한다.

나) 비대칭구성 이등급구성 집성재

라미나의 품질(등급) 구성이 중위 축에 대하여 비대칭인 집성재를 말한다.

3) 동일등급구성 구조용 집성재

구성하는 라미나의 품질(등급)이 동일한 집성재로서, 라미나의 적층수가 2매 또는 3매의 경우 및 보 등 높은 휨성능을 필요로 하는 부분에 사용하는 경우는 휨응력을 받는 방향이 적층면에 평행하도록 사용하는 집성재를 말한다.



4) 단변

집성재의 횡단면에 있어서 짧은 변을 단변이라 한다.

5) 장변

집성재의 횡단면에 있어서 긴 변을 장변이라 한다. 단, 횡단면이 정사각형의 것은 적층방향을 장변으로 한다.

6) 대단면 구조용 집성재

구조용 집성재중 단변이 15cm 이상, 단면적이 300cm² 이상인 집성재를 말한다.

7)

7.5cm , 15cm

8)

7.5cm , 15cm

9)

1

1

10)

1/16

11)

1/16

1/8

12)

1/4

13)

14)

1

19%

15)

2

16)

17) MSR

18)

1)

(5-16)

A	()	1	, , ()
B	, , , ()	2	, , ()
C	, , , ()	3	, , , , , ()
D	, , , ()	4	, , , , ()
E	, 가 , , , , ()	5	, 가 , , , , () ()
F	, ())	6	, ())

2)

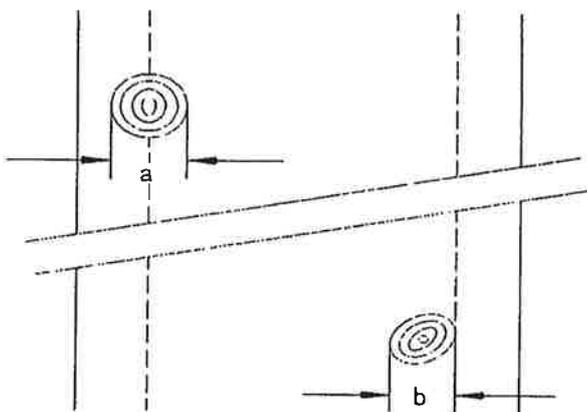
가)

(5-17)

		1	2	3	4
	1)	20%	30%	40%	50%
	2)	17%	25%	33%	50%
3)		1: 16	1: 14	1: 12	1: 8
4)					
5)					
6)					
7)					
(8)		6mm	6mm		
(9	19cm	50mm	50mm	50mm	가 1/4
	19cm	1/3 50mm	1/3 50mm	1/3 50mm	가 1/4

주) 1) 용이는 산용이, 죽은 용이, 빠진용이, 썩은 용이의 총칭이다. 용이 지름비 측정 방법은 라미나의 폭에 대한 용이의 지름비로 구하며, 구멍비도 라미나 폭에 대한 구멍 지름비로 구한다. 또한, 집중용이비는 라미나 길이방향 15cm 내에 존재하는 용이 및 구멍이 존재하는 재면 폭에 대한 백분율의 합계이다.

2) 폭면의 재연부 용이 지름비란 양 측면 선으로부터 폭방향 내측으로 10mm(폭방향으로 가공한 건조 라미나의 경우는 5mm)까지의 범위를 재연부라 한다.



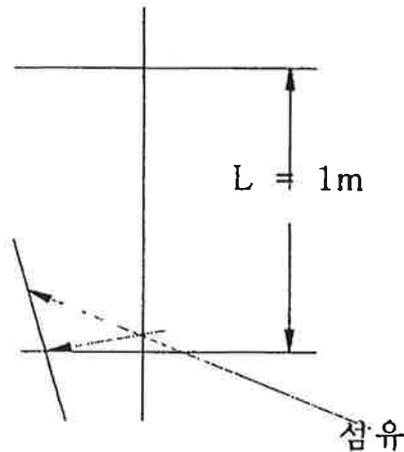
(그림 5-27)
용이 지름비 측정방법

용이 지름비란 용이 및 구멍이 존재하는 재면의 폭에 대한 백분율을 말하며, 그 측정방법은 (그림 5-27)과 같다.

장 식

$$\text{재면 재연부의 용이 지름비(\%)} = \frac{a \text{ 또는 } b}{w} \times 100$$

a, b : 용이 지름, w : 라미나 폭



(그림 5-28) 삼유주행경사 측정법

3) 삼유주행 경사비란 라미나 길이방향에 대한 삼유주행경사의 높이의 비를 말한다. 그 측정 방법은 (그림 5-28)과 같다. 또한 판목면과 같이 삼유방향의 경사가 확실하지 않은 경우는 영계수를 측정하여 이를 대체할 수 있다.

4) 부후란 부후균이 목질부에 침투하여 조직이 파괴된 상태를 말하며, 부후의 전구상태인 변색도 포함한다.

5) 할렬이란 건조에 의하여 발생한 할렬, 동적인 원인에 의하여 발생한 할렬, 횡렬 등을 총칭한다. "극히 경미할 것"이란 거의 눈에 띄지 않을 정도의 미세한 할렬을 칭하며, "경미할 것"이란 그 폭이 아주 좁고, 길이는 50mm정도 이하의 것으로 한다.

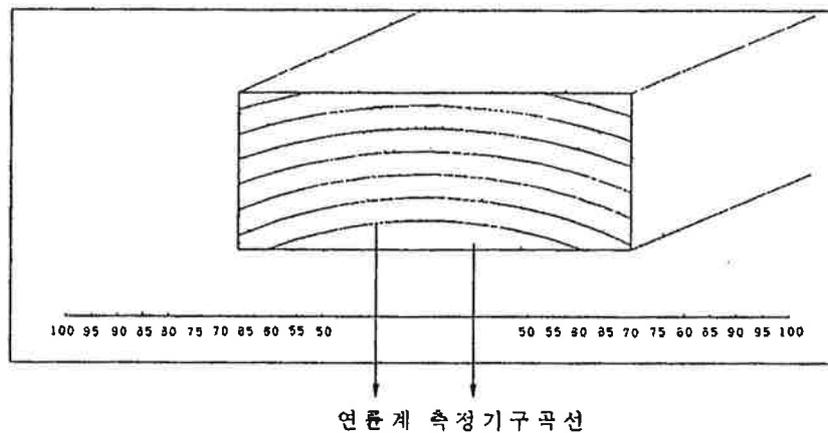
6) 변색이란 변색균에 의한 것, 부후균에 의한 것, 부후의 전구상태로서 변색된 것 등이 있으며, 일반적으로 재 고유의 색과 광택이 변화한 것으로서, 그 외에 건조에 의한 변색(그을음), 곰팡이 부착 등의 변색도 포

합한다. "경미할 것"이란 그다지 눈에 띄지 않는 것을 말한다.

7) 역목이란 대패면의 파임 또는 털 솟음상태를 말하며, 목섬유가 교차한 부분의 대패 및 섬유의 역 방향으로 대패할 경우 발생한다. 또한 대패날의 마찰 등 절삭불량에 의하여 발생한 파임도 이에 준하여 취급한다. "경미할 것"이란 외관상 거의 눈에 띄지 않을 정도의 것을 말한다.

8) 연륜이란 재의 횡단면에서 보았을 경우 1년의 성장층을 말하며, 연륜폭이란 그 폭을 말한다. 측정은 횡단면상의 연륜에 거의 수직방향의 동일 직선상에 있어서 연륜폭이 완전한 것 모두의 평균으로 한다.

9) 수심부는 다음 (그림 5-29)의 방법에 의하여, 투명한 플라스틱 판 등에 반경이 50mm~100mm까지 5mm단위로 반원을 그은 기구(이하 측정기구라 칭함) 등을 사용하여 횡단면상에서 수에 가장 가까운 연륜계 위에 측정기구의 반경이 50mm인 곡선의 부분을 합치시켜 측정기구의 반경이 50mm부터 100mm 사이에 있는 연륜계와 측정기구의 곡선을 대비하여 측정한다.



(그림 5-29) 수심부 측정법

)

(5-18)

	가
	(5-19)
(MSR)	가 * , 가 . ()

)

* 1/2

(5-19)

	L200	L180	L160	L140	L125	L110	L100	L90	L80	L70	L60	L50
(10kg/cm ²)	200	180	160	140	125	110	100	90	80	70	60	50

3)

가 5cm .
(5-20) .

(5-20)

(mm)	(mm)			
	(5-16)			
	5	6		
5	500(100)	525(105)	600(120)	625(125)
10	1,080(108)	1,300(130)	1,280(128)	1,540(154)
15	1,770(118)	2,280(152)	2,070(138)	2,670(178)
20	2,480(124)	3,400(170)	3,000(150)	4,000(200)
25	3,500(140)	4,750(190)	4,125(165)	5,625(225)
30	4,650(155)	6,300(210)	5,490(183)	7,440(248)
35	5,950(170)	8,050(230)	7,140(204)	9,450(270)
40	7,480(187)	9,920(248)	9,000(225)	11,600(290)
45	9,360(208)	11,925(265)	11,115(247)	13,950(310)
50	11,750(235)	14,000(280)	13,500(270)	16,500(330)

)

. ()

(%) .

4) 가

0.5mm ,

3π 10mm , 3π 0.5mm .

(5-21)

(5-21)

(mm)			
	100mm	150mm	200mm
10	1.50	3.00	5.00
20	0.75	1.50	3.00
30	0.50	1.00	2.00
40	0.25	0.75	1.50
50	0.00	0.50	1.00

5)

8 15% , 1
1 가
, ± 3% .

6)

1
(,)
,
, .

7)

1
4 , 2
.

8)

(
) (. 8 가)), ()
(. 8)), (. 8)
)) . (5-22) (5-23)
.
(5-22)

E170-F495	E160-F480	L200
E150-F435	E140-F420	L180
E135-F375	E125-F360	L160
E120-F330	E110-F315	L140
E105-F300	E100-F285	L125
E 95-F270	E 90-F255	L110
E 85-F255	E 80-F240	L100
E 75-F240	E 70-F225	L 90
E 65-F225	E 60-F210	L 80

(5-23)

4	3	2							
			A	B	C	D	E	F	
E190- F615	E190- F555	E190- F510							L200
E170- F540	E170- F495	E170- F450							L180
E150- F465	E150- F435	E150- F390	1						L160
E135- F405	E135- F375	E135- F345	2	1					L140
E120- F375	E120- F330	E120- F300	3	2	1				L125
E105- F345	E105- F300	E105- F285		3	2	1			L110
E 95- F315	E 95- F285	E 95- F270			3	2	1		L100
E 85- F300	E 85- F270	E 85- F255				3	2	1	L 90
E 75- F270	E 75- F255	E 75- F240					3	2	L 80
E 65- F255	E 65- F240	E 65- F225						3	L 70

가) ()

(1)

(5-22)

(5-16)

(5-24) 1 4

(5-24)

	A	B	C	D	E	F
I200	1					
I180	2	1				
I160	3	2	1			
I140	4	3	2	1		
I125		4	3	2	1	
I110			4	3	2	1
I100				4	3	2
L 90					4	3
L 80						4
L 70						
L 60						
L 50						

(2) ()

(5-25) ()

1	가	1			3
		G	1G	2G	4G
		17%	MSR 17%	MSR 25%	MSR 33%
2	가			3	4
		G	1G	2G	4G
		17%	MSR 25%	MSR 33%	MSR 50%
3	가		2	3	4
		G	1G	2G	4G
		17%	MSR 25%	MSR 33%	MSR 50%
4	가		3	3	4
		G	1G	2G	4G
		25%	MSR 33%	MSR 33%	MSR 50%

- (1) G (5-24)
- (2) 1G, 2G, 3G, 4G G 1, 2, 3, 4 (5-24)
- (3) (5-24) 1 1 가 1
- (4) MSR (5-24) 가 1
- (5)

)

(1)

(5-22)

(5-16)

(5-26) 1 4 .

(5-26)

	A	B	C	D	E	F
L200	1					
L180	2	1				
L160	3	2	1			
L140	4	3	2	1		
L125		4	3	2	1	
L110			4	3	2	1
L100				4	3	2
L 90					4	3
L 80						4
L 70						
L 60						
L 50						

(2)

(5-27)

1	가	2	2	3	3	3	가	가	가
		2G	2G	3G	4G	4G	2G	1G	G
	MSR	17%							
		25%	25%	33%	33%	33%	25%	17%	
2	가	3	3	4	4	4	3		
		2G	2G	3G	4G	4G	2G	1G	G
	MSR	17%							
		33%	33%	50%	50%	50%	33%	25%	
3	가	3	3	4	4	4	3	2	
		2G	2G	3G	4G	4G	2G	1G	G
	MSR	17%							
		33%	33%	50%	50%	50%	33%	25%	
4	가	3	3	4	4	4	3	3	
		2G	2G	3G	4G	4G	2G	1G	G
	MSR	25%							
		33%	33%	50%	50%	50%	33%	25%	

) (1) G

(5-26)

(2) 1G, 2G, 3G 4G G 1, 2, 3 4

(5-26)

(3)

(5-26)

1 1

가 1
 (4) MSR (5-26)

가 1

(5)

)

(1)

(가)

(5-23)

5-16) (5-26) 1 4

(5-28)

	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3

()

(5-23)

5-16) (5-29) 1 3

MSR

(5-29)

	A	B	C	D	E	F
L200	1					
L180	1	1				
L160	1	1	1			
L140	2	1	1	1		
L125	3	2	1	1	1	
L110		3	2	1	1	1
L100			3	2	1	1
L 90				3	2	1
L 80					3	2
L 70						3

(2)

(5-30)

가 1		1
		G
	MSR	17%
가 2		2
		G
	MSR	25%
가 3		3
		G
	MSR	33%

) G (5-29)

9)

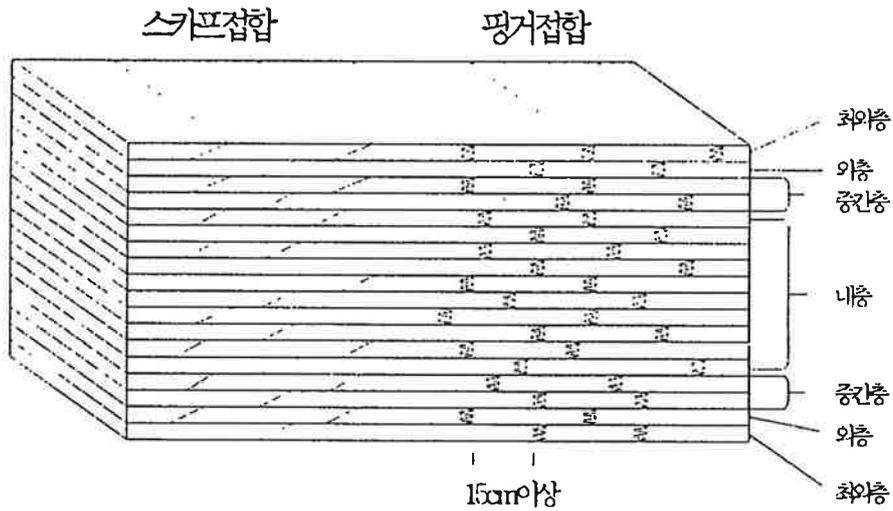
1/8

(5-30)

. , 15cm
. 15cm 2 가
1 , 2

힘을 받는 집성재의 압축측 라미나, 적층방향의 양 외측으로부터 두께 1/8 이상 떨어진 라미나 및 압축을 받는 집성재의 모든 라미나의 접합부 배치는 인접한 라미나의 이음부가 중첩되지 않도록 한다

단, 길이접합한 라미나가 보증하중시험기(길이접합 라미나의 보증하중검사)에 의하여 충분한 강도를 가지고 있다고 인정된 경우는 접합부의 배치를 고려하지 않아도 된다.



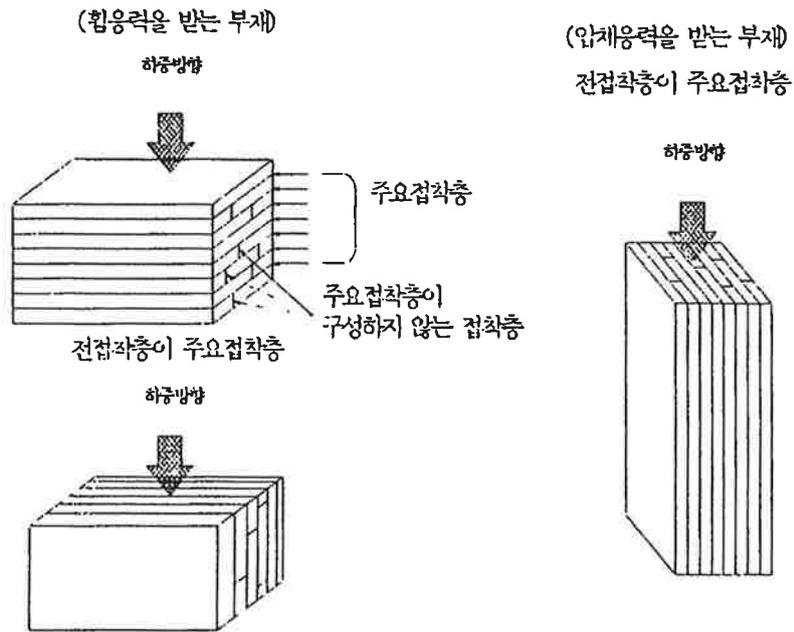
(그림 5-30) 핑거 접합부의 배치

.
1
가
,
.가

.
가 ,
가 ,
가 ,
가 ,

.
2
, (,
) 가 ,
.가

, , .
가 ,
. ,
, ,
가 ,
.



(그림 5-31) 주요 접착층을 구성하지 않는 접착층

주) (1) 주요 접착층을 구성하지 않는 접착층이란 다음 (그림 5-31)과 같다.

(2) 수성고분자 이소시아네이트 수지란 내화성능(재하 내화)시험에 적합하다고 확인된 접착제. 요소·멜라민 공축합 수지란 멜라민의 비율이 60% 이상의 것

.	
-1	
-2	
-3	
-4	
-5	
-6	
-7	
-8	
-9	가
-10, 11	
-12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	
-19, 20	가
-2, 3, 4	
-5	

1)

(, , (

))

() .

(5-18) (5-19)

.

().

2)

()

,

. 8 15%

1 가

. , ±3% 가 .

,

3)

,

,

. ,

4)

가 .

5)

1 , 2 , 3 , 4

(L200 L50)

.

6)

()

	5mm 3 .
, , , ,	75mm
, ,	1.8m ()
,	30cm

7)

,
가 ,
,

8)

,
가
,

가

.

9)

.

가

가

.

가

,

,

2mm

.

,

,

,

(.

4))

.

가

가

.

24

가

.

10)

(. 7) , (. 8))

.

11)

12)

.

.

,

.

,

.

.

13)

, 가

, 1 200 300g/m²

14)

15)

가)

I

. I ,

가

가

)

(

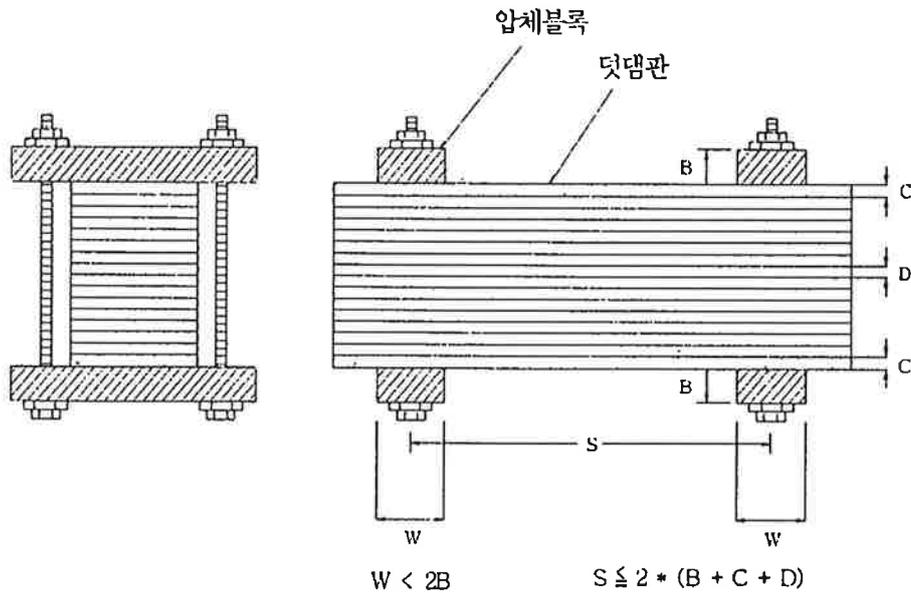
)

가

1

2

(5-32).



(그림 5-32) 압체블록

다) 기타 방법에 의한 압체

연속프레스 또는 기타의 방법에 의하여 압체하는 경우는 충분한 근거에 기초하여 압체압력 및 송재속도를 정하여야 한다.

라) 접착시 조임 금구류의 사용

라미나의 접착에는 못, 볼트 등을 사용하여 접착하는 것은 금한다.

16) 접착시의 압체압력

라미나를 서로 밀착시켜 균일한 두께의 접착층을 형성시키기 위하여 적절한 압체압력을 가하여야 한다. 압체압력은 침엽수의 경우 5~10kgf/cm², 활엽수의 경우는 10~15kgf/cm²을 표준으로 하며, 라미나의 수종 또는 접착제의 종류 등에 의하여 압체압력을 증감시킬 수 있다. 또한 클램프 압체 후 압체압력 저하에 의한 불량 발생을 방지하여야 한다.

17)

,
가
.
,
가

,
,
,
.
가

18)

,
.
,
(5-20)

,
가
가

19)

1/10, 1/15

. 가

1)

가

(5-31)

(5-31)

가

	$\pm 1.5\text{mm}$ $\pm 1.5\%$ (, $\pm 5\text{mm}$) $\pm 5.0\text{mm}$

2)

1/100

3)

()가

가 .

4)

()

.

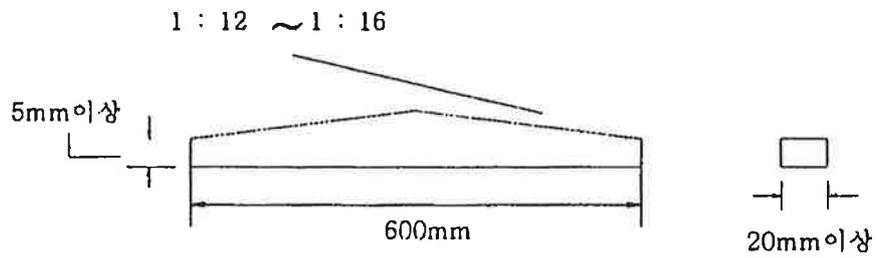
가 ,

(5-33) .

, 1/12 1/16 ((

경사비))의 해당 등급에 의한다. 또한 메움목의 제조, 가공 및 접착은 라항의 규정에 적합하여야 한다.

접착후 절삭면



(그림 5-33) 메움목 삽입 및 가공방법

5) 집성재의 외관 등급

집성재 마무리가공 후의 외관 등급은 (표 5-32)와 같다.

(표 5-32) 집성재 마무리가공 후의 외관 등급

항 목	기 준		
	1종	2종	3종
용이(산용이 제외), 구멍, 수지주머니, 입피, 갈라짐, 역목, 상처 및 접합 틈	없을 것 또는 메움목, 합성수지 접착제 등을 충전시켜 교묘히 보수한 것	경미할 것	
변색 및 오염	극히 경미할 것	경미할 것	경미할 것
미절삭 부분, 침출 접착제, 등근모	없을 것	없을 것	경미할 것

3.

10, 15, 20, 30mm 40mm

15cm, 3.6m .

3.6m

가

7m

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

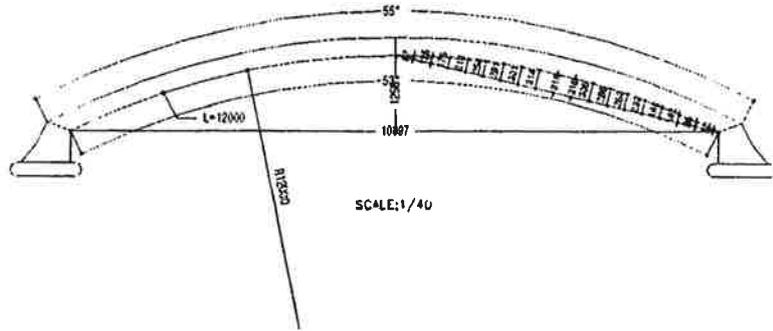
.

.

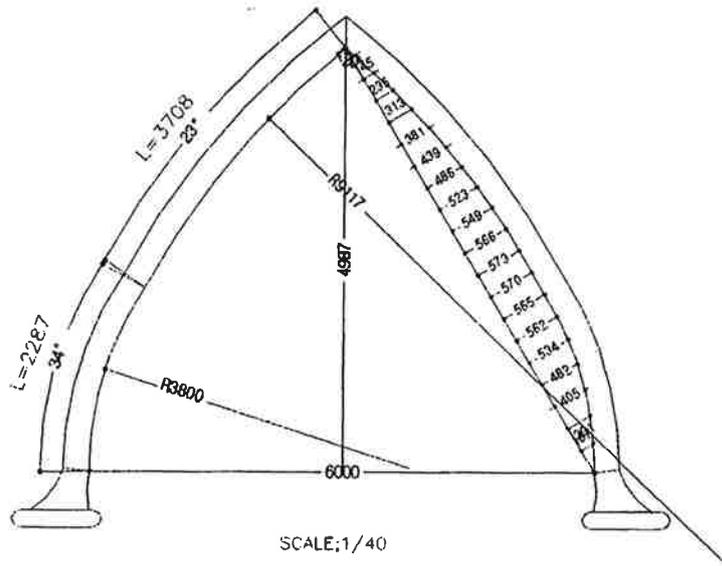
; 15cm, ;
 (10 가), ; 300g/m², ; 30cm,
 ; 10kg/cm², 20 , 48
 30cm, 15cm, 7m (3m)
 . (3) , (4)
 가 , (5) , (6) 가 1

14cm 6m 가 .
 A-Frane ,
 (5-34) Circular Arch (; 12000mm), (
 5-35) Segmental Arch (; 3800, 9100mm), (
 5-36) Parabolic Arch (; 3600, 7300mm), (
 5-37) Tudor Arch (; 1200mm) 1 (2)

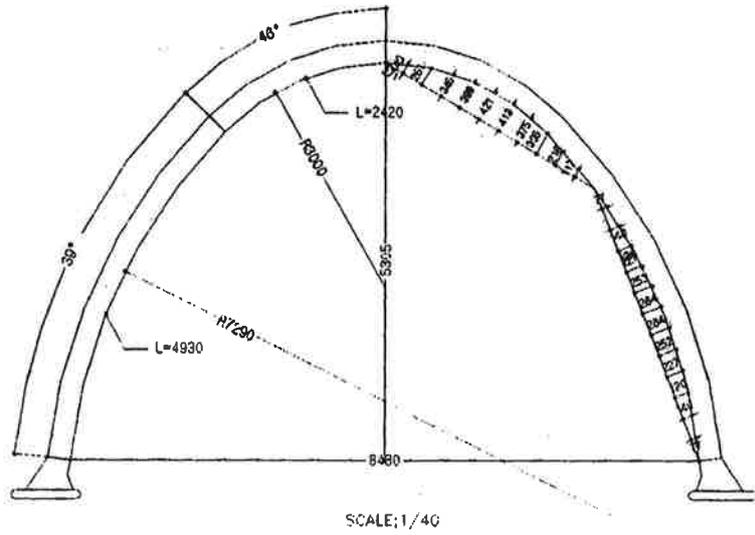
가 가



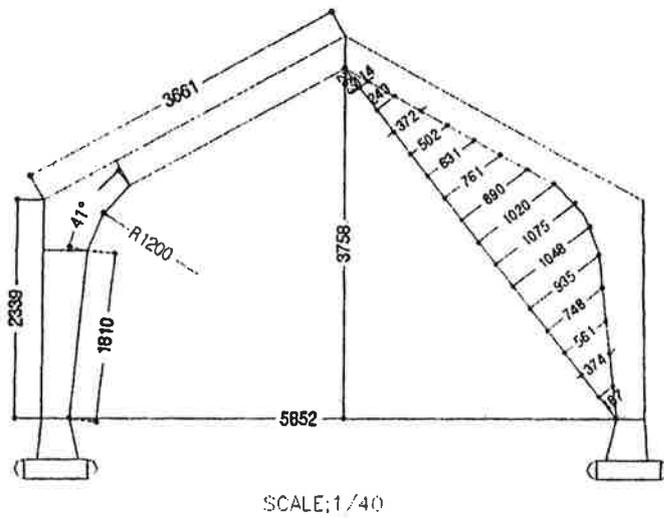
(그림 5-34) Circular Arch 도면



(그림 5-35) Segmental Arch 도면



(그림 5-36) Parabolic Arch 도면



(그림 5-37) Tudor Arch 도면



(3)



(4)



(5)



(6)

5

가가 ,

110ton/cm² 110

120ton/cm²가 가

, 4

50%

12%가

1

3%

1

70% , 16mm

96%가 가

70%

, 18mm

137%가

70 75%

75%

20mm

가

가

가

50mm

40cm 가 ,

100kg/cm² ,
 70% , 10%
 ,
 .
 110ton/cm² 150ton/cm² ,
 450 670kg/cm²
 가 106 153% , ,
 .
 가 가 ,
 ,
 (30 70cm, 13cm, 3 16.5n) ,
 가 .

6

- Canadian Wood Council. 1995. Wood Reference Handbook. 133-142.
- Canadian Wood Council. 1995. Wood Reference Handbook. 133 142.
- Canadian Wood Council. 1995. Wood Design Manual. 349 376.
- Forest Products Laboratory. 1987. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. USDA For. Service. Agri. Hdb. 72. 10-1.
- Gernan Gurfinkel. 1981. Wood Engineering(Second Edition). Kendall/Hunt Publishing Company.
- John J. Zahn and Douglas R. Ranner. 1995. Design of Glued Laminated Timber Columns. Journal of Structural Engineering /December: 1789-1794.
- Robert H. Falk and Francois Coling. 1995. Laminating Effects in Glued-Laminated Timber Beam. Journal of Structural Engineering /December: 1857-1863.
- Roland Hernandez, Julio F. Davalos, Somnath S. Sonti, Youngchan Kin, Russell C. Moody. 1997. Strength and Stiffness of Reinforced Yellow-Poplar Glued-Laminated Beams. USDA Forest Service. FPL-RP-554: 1-28.
- 工業調査會. 1973. 集成材建築設計便覽.
- 橋孤丈夫, 吉田孝久, 齊藤健, 武田孝志. 1996. カラマツ同等級ラミナ 構成集成材の強度性能()-實大材曲げ強度性能-. 日本木材學會大會 研究發表要旨集. 46 : 135.
- 嶋義彦, 山本幸雄, 鈴木滋彦. 集成材の強度計算モデルおよび確率モデル.

- 木材學會誌. (40) 11: 1172-1179.
- 文永堂出版. 1991. 木材の加工.
. 1997. .
- 三橋博三, 板垣直行, 伊藤彦紀, 鈴木藤. 1996. スギ集成材の力學的 性能設計のための解析モデル(第1報)- 積層による補強 果及び塑性領域 を考慮した集成材の曲げ破壊予測モデル-. 木材學會誌. 42(2): 122-129.
- 三北出版株式會社. 1965. 集成材.
- 城井秀幸, 河野貴可. 1998. 大分縣産スギ材による構造用集成材の研究 (1) -原木とラミナのヤング係數-. 日本木材學會大會 研究發表要旨 集. 48 : 118
- 日本建築センター. 1988. 大斷面木造建築物設計施工マニュアル.
- 日本建築學會, 1996. 木構造計算規準・同解説.
- 林業研究院. 1994. 韓國産 主要木材 性質 用途
- 林知行, 宮武 敦, 星 通. 1992. スギ複合集成材の強度特性(第2報)- フ ィンガージョイントされた低質ラミナとLVLから構成されたスギ複合集成材の曲げおよび引張強度-. 木材學會誌. 38(3): 247-255.
- 財團法人 日本住宅・木材技術センター. 1992. 木造化推進標準設計施工 マニュアル作成事業報告書.

제 6 장 결 론

전국토 면적의 65%이상이 산림인 우리나라에서 산림자원의 효율적 이용이 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 우리나라의 임목축적량은 지속적으로 증가하여 간벌재를 비롯한 국산재의 생산잠재력이 증대되고 있으나, 농산촌의 노동력 부족과 고임금 등에 의한 생산비 상승, 목재 유통구조의 문제점 등의 원인으로 인하여 국산재의 대외재 경쟁력이 취약한 실정이다. 또한, 현재 이용되는 국산재도 대부분 저부가가치 용도로 사용되고 있고 이용도도 낮아, 국산재에 대한 새로운 용도를 개발하여 국산재의 이용도를 증진하는 것이 임업의 산업화를 위한 가장 중요한 과제로 대두되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 국산재의 신수요를 창출할 수 있는 국산재의 새로운 제재이용과 국산재의 조립식 위락·놀이시설 개발, 구조용 집성재의 구조설계 및 제조 기술을 개발하고자 하였다.

제 1 절 국산재의 새로운 제재이용

국산 수종을 구조용 제재로 활용하기 위한 전제조건은 목조건축 및 시설의 구조설계에 필수자료로 활용될 수 있도록 대부분의 나라에서 건축 법규화되어 있는 수종별 허용응력 자료를 확보하는 일이다. 따라서, 국산 구조용 제재의 등급내 실대재 휨강도 시험과 무결점 소시험편의 강도시험 분석 결과로부터 구조용 제재의 허용응력을 산출하고, 구조용 제재의 허용응력 결정체계를 개발하여, 국산재를 구조용 제재로 효과적으로 사용하기 위한 필요조건을 충족시키고자 하였다.

국산 침엽수 구조용 제재의 등급내 실대재 휨강도에 대한 분포모형을 정규분포와 대수정규분포로 분석한 결과 정규분포 모형으로 추정하는 것이 합리적으로 판단되었고, 낙엽송 구조용 제재의 휨 허용응력은 미국목구조설계기준(NDS)에 제시된 미국산 침엽수 구조용 제재보다 크게 나타났으며, 잣나무와 소나무 구조용 제재는 비슷한 값을 나타내었다. 그러나, 구조용 제재의 등급내 실대재의 수효가 적어 분포모형의 정확성이 떨어지는 문제점도 있어, 실대재 휨강도 시험결과에 의하여 보다 정확한 허용응력을 산출하기 위해서는, 실대재의 시험편수를 증가시킬 필요가 있을 것으로 생각된다. 또한, 구조용 제재에 대한 강도 종류별 실대재 실험 자료를 활용하여 보다 정확한 허용응력을 산출하고, 이에 더불어 구조용 제재의 허용응력에 대한 치수인자와 장기하중 성능의 평가를 통한 하중기간 인자, 기타의 인자를 종합적으로 평가하고 표준화하는 연구가 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

국산 침엽수 구조용 제재로부터 제작된 무결점 소시험편 시험결과에 의하여 산출된 강도 종류별 허용응력은 실대재의 등급내 강도시험에 의한 허용응력보다 다소 작은 값을 나타내었으나, NDS에 제시된 미국산 침엽수 구조용 제재의 강도 종류별 허용응력과는 비슷한 값을 나타내었다. 따라서, 국산 침엽수 구조용 제재의 허용응력은 미국산 침엽수 구조용 제재와 큰 차이가 없어, 산림청 고시 “침엽수 구조용 제재 규격”의 수종군을 미국산 수종과 함께 구분 적용한 것은 합리적인 것으로 판단된다.

실대재 강도 시험결과를 활용하는 방법은 보다 정확한 허용응력치를 구할 수 있는 방법으로 이 방법을 국가 표준으로 적용하는 나라가 증가하고 있으나, 실대재 시험편 수를 상당히 증가시켜야 하기 때문에 많은 비용과 시간이 소요되는 단점도 동시에 지니고 있다. 무결점 소시험편 강도 시험결과를 활용하는 방법은 단시간내에 경제적으로 허용응력을 산출할 수

있는 장점이 있으나, 실험재 강도시험을 통한 방법보다는 정확성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 따라서, 우리나라의 허용응력 표준 산출방법 KS규격을 개발하기 위해서는, 장기적으로 검토되어야 할 실험재 강도 시험결과를 활용하는 방법과 단기적으로 바로 적용될 수 있는 무결점 소시편의 강도시험에 의한 방법을 동시에 규정하여 여건에 따라 적합한 방법을 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한, 목조주택의 조립부재로 손쉽고 경제적으로 적용될 수 있는 고도의 엔지니어링 제품인 경골 목조트러스를 개발하여, 우리나라 목조주택 산업에 적용하여 목조주택의 가격경쟁력을 향상시키기 위하여 연구를 수행하였다. 경골 목조트러스는 고도의 엔지니어링 구조부재로 지붕공사의 비용을 20-30%정도 절감하고 공기를 단축할 수 있는 시장성 좋은 건축용 조립부재이다. W형과 가위형 2종의 경골 목조트러스를 개발과 더불어, 경골 목조트러스의 구조설계기준(안)을 작성하여, 목조건축 업계에 보급하고, 건설교통부에서 제정중인 목구조 설계기준에 이 기준(안)을 포함시킬 계획을 추진중이다.

제 2 절 국산재의 조립식 위락·놀이시설 개발

국산재를 이용한 조립식 위락·놀이시설의 개발을 위한 기본 방향은 위락시설 및 놀이시설의 표준모델을 개발하기 위하여, 제작·조립이 간편한 자가제작(Do-it-yourself) 방식으로 설계하도록 하였다.

이상의 기본 방향을 설정하고 자료 및 현황을 조사하여, 가장 보편 타당성이 있는 위락시설 및 놀이시설의 목록을 작성하였다. 이 목록으

로부터 본 연구에서 개발할 시설을 선정하였으며, 위락시설로는 불판구이 식 야외용 의자, 정자 및 파고라를 선정하였고 놀이시설로는 복합놀이시설 1(정자, 터널 및 경사오름판), 복합놀이시설 2(기차 및 흔들다리) 그리고 복합놀이시설 3(계단놀이, 미끄럼틀, 경사오름판)으로 선정하였다.

각 시설을 선정한 후 해당 시설에 포함될 수 있는 기능을 찾아내고, 이를 형상화할 수 있도록 설계도면으로 작성하였다. 작성된 설계도면을 기본으로 하여 축소 모형을 제작하고, 축소모형 제작을 통하여 실물을 제작할 때 발생할 수 있는 문제점을 도출하여 설계를 완성하였다. 위락시설로는 야외용 의자와 정자를, 놀이시설로는 복합놀이시설을 하나로 묶어 시작품으로 조립실연하였다.

제 3 절 구조용 집성재의 구조설계 기술개발

구조용 집성재 건축물의 가장 기본적이고도 중요한 조건은 구조물의 구조안전성이다. 구조안전성을 확보하기 위하여 먼저 정확한 구조설계가 전제되어야 한다. 구조설계에는 재료의 강도 해석 및 구조물의 용도에 따른 하중 분석등이 포함되며, 최근들어 더욱 관심을 끌고 있는 다양한 외관의 확보등이 포함되는 경향이 있다.

구조용 집성재의 구조설계기술을 개발하기 위하여, 구조용 집성재의 강도를 예측 할 수 있는 프로그램을 MATLAB을 사용하여 개발하였다. 국산 낙엽송 제재 강도 실험을 통하여 라미나의 정확한 기본 강도값을 계산하여 이를 입력변수로 하여 구조용 집성재의 강도적 성능을 예측하였으며, 이 과정에서 라미나의 MOE 측정법에 따라 구조용 집성재의 강도 예측성능이 차이가 있어, 라미나의 강도예측 방법을 다섯가지로 다양화하여 최적

입력변수를 찾고자 하였다. 휨시험법과 응력파 시험법은 국부 MOE와 long span MOE를 따로 측정하고, 기계등급구분 실험 결과를 따로 하여 총 다섯 가지의 방법으로 라미나의 MOE를 측정하여 이를 입력변수로 집성재의 강도적 성능을 예측하였다. 이 과정에서 기계등급 구분 결과와 가장 입력변수로 적합한 것으로 나타났다. 구조용 집성재의 강도적 성능을 예측하려고 할 때에는 기계등급 구분 결과를 사용하는 것이 합리적일 것으로 생각된다.

구조용 집성재의 신뢰성을 평가하였고, 구조용 집성재 - 강철판 접합부의 정확한 성능을 예측할 수 있는 기존의 항복 모델보다 합리적인 반강성 이론에 근거한 접합부의 성능 예측 방법을 개발하였다.

제 4 절 구조용 집성재의 제조기술 개발

국산 낙엽송 판재의 휨영계수 평균은 약 $110\text{ton}/\text{cm}^2$ 로서 $110\sim 120\text{ton}/\text{cm}^2$ 가 가장 많은 분포를 나타냈으며, 4등급 이상의 라미나는 약 50%로서 낙엽송재의 품질향상이 필요하였다. 특히 최외층용 라미나는 12%가 필요하나 1등급 이상의 라미나는 약 3%로 매우 적은 분포를 나타내 1등급 라미나의 확보를 위한 대책이 필요하였다. 핑거접합 라미나의 휨강도 효율은 약 70%였으며, 16mm 핑거는 끼임도 96%가 가장 높은 약 70%의 접합효율을 나타냈고, 18mm 핑거는 끼임도 137%가 압체압력에 따라 70~75%의 접합효율을 나타냈다. 그러나 핑거접합 효율을 75%이상으로 하기 위해서는 길이 20mm이상의 핑거를 사용하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

너트 클램프에 의한 압체압력은 계산식으로 구한 압체압력을 토오

크렌치로 가압 조정할 경우 요하는 압력을 거의 정확하게 가할 수 있었다. 따라서 너트의 사용에 따른 마모를 고려하여 주기적으로 토오크렌치의 눈금과 압체압력을 체크할 경우 압체압력은 요하는 압력을 정확하게 가할 수 있을 것이다. 통직 및 만곡 집성재의 집성 압체시 적정 클램프 간격은 두께 50mm 덧댐판을 사용할 경우 40cm 이하가 적정하였으며, 이 경우 압체부위와 압체부 중앙부위의 접착성의 차는 없었다.

낙엽송재로 제조된 구조용 집성재의 최소 곡률반경은 일본, 캐나다 규격의 적정 곡률반경 범위 이내였다. 따라서 본시험에서 실험을 실시하지 않은 두께나 부분적인 곡률반경의 및 낙엽송 이외의 수종의 경우는 외국의 규격을 그대로 적용하여도 무방할 것으로 생각된다.

제조한 통직 및 만곡 집성재의 품질은 접착력 100kg/cm² 이상, 목파율 70% 이상, 침지 박리율 및 삶음 박리율 10% 이하로 우수한 접착성을 나타냈으나, 이는 외국의 접착제를 사용한 결과이므로 국산 접착제의 개발이 시급하였다. 통직 및 만곡 집성재의 휨영계수는 110ton/cm²~150ton/cm²였으며, 휨강도는 450~670kg/cm²로서 우수한 휨성능을 나타내 국산 낙엽송은 구조용 집성재용으로 적합하였다. 그러나 실측 휨영계수보다 계산식에 의한 휨영계수가 약 106~153% 정도 높아, 웅이 등의 결점인자, 핑거접합부의 품질 인자 등을 고려한 계산식의 개발이 필요하였다.

본 연구결과 낙엽송재를 이용하여 구조용 집성재의 제조기준안을 작성하였으며, 이 기준에 따라 구조용 집성재를 제조할 경우 품질이 우수한 집성재 제조가 가능할 것으로 생각된다. 연구결과를 기초로 하여 집성재 공장에서 낙엽송 통직 및 만곡 구조용 집성재를 제조하고, 임업연구원 산림과학관의 일부를 구조용 집성재 건축물로 시공하여 국민에게 홍보함으로써 구조용 집성재 건축물의 수요가 증가할 것으로 기대된다.