

목재시료의 ISO 착화성시험

임 홍 순
 〈방재시험소 연구원〉

1. 서론

최근 목재의 안락한 느낌과 따뜻한 질감, 음향에 대한 반사나 잔향이 적다는 장점 때문에 목재의 선호도가 높아지고 있다.

그러나 건축재료로서 목재는 연소되기 아주 쉬워서 방화상 충분한 안전성 고려가 함께 필요하다.

본고에서는 통상 건축물에 쓰이는 목재 5종류에 대해 ISO / TC92위원회의 「건축재료와 구조체에 대한 화재시험」에 의거 개발된 ISO착화성 시험을 실시하여 목재의 연소성을 착화성 측면에서 검토한 결과를 소개한다.

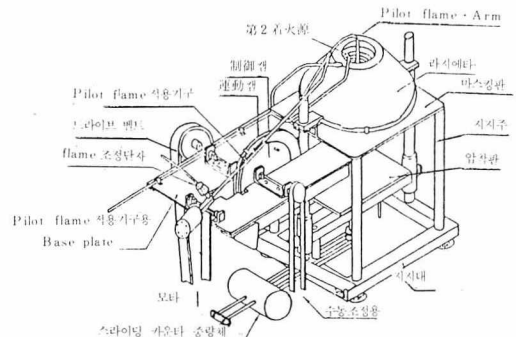
일본에서는 건축재료의 연소성 평가를 위한 방법으로 JIS A 1321 「건축재료 및 공법의 난연성 시험방법」 등이 있으나 이것은 고층건축, 지하가 등의 화재 안전상 특히 위험성이 큰 곳에서의 연소하기 쉬운 재료의 평가를 위한 시험방법으로 활발하게 이용되고 있다.

ISO 착화성시험은 개발되지 얼마되지 않아 데이터의 축적이 충분하다고 말할 수는 없으나 폭넓은 재료에 적용할 수 있어 현재 많은 나라에서 자국규격으로 채택이 검토되고 있는 단계에 있다.

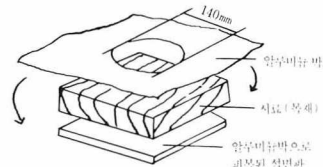
2. 시험방법

ISO착화성 시험장치의 주요부는 〈그림1〉에 나타난 바와 같이 라지에타형의 전열히터, 시료를 지지하는 기구, 시험체 표면부근에서 일정시간 동안 Pilot Flame 을 접점시키는 기구 등으로 구성된다.

알루미늄으로 포장된 165×165mm 크기로 자른 목재 석면판을 놓고 중앙부에 140mm 직경의 원을 도려



〈그림 1〉 착화성 시험장치 주요부



〈그림2〉 시험체 조립도

낸 알루미늄 호일로 전체를 포장하여 시험체를 만든다. 〈그림2〉

시험체는 전열히터의 아래에 설치되어 그 윗 표면에 일정한 강도의 방사열을 가열시킬 때 부터 표면 위 1cm 위치에 4초 간격으로 Pilot Flame을 근접시킨다. 그것을 지속하여 착화가 일어나거나 방사열 폭로(暴露)를 시작해서 15분 경과할 때까지 계속한다. 이 도중에 flash(지속적이 아닌 일시적인 불꽃)의 발생, 기타 관찰을 한다.

시험체에 가하는 방사열의 강도는 전열히터에 공급하는 전력을 가감하여 설정한다. 또한 Pilot Flame 버너에는 공기, 프로판가스가 각각 매분 200, 15ml씩 공급된다.

시험에서 다음 시험까지의 간격은 약40분 정도의

〈표1〉 방사열 강도와 착화시간, Flash회수 (삼나무, 나왕, 노송나무, 미송)

시료	1.5		2.0		2.5		3.0		3.5		4.0	
	착화시간 (sec)	Flash (회)	착화시간 (sec)	Flash (회)	착화시간 (sec)	Flash (회)	착화시간 (sec)	Flash (회)	착화시간 (sec)	Flash (회)	착화시간 (sec)	Flash (회)
삼나무 11mm	N·1	0	154	20	46	1	19	0	18	4	7	0
18mm	N·1	18	258	2	51	3	24	1	19	0	7	0
나왕 11mm	N·1	0	196	6	81	5	36	4	31	1	27	0
18mm	N·1	0	480	12	123	0	58	4	38	1	22	0
노송나무 11mm	N·1	0	210	14	73	7	28	5	24	2	19	0
18mm	N·1	30	146	18	104	17	29	0	36	3	22	4
미로 11mm	N·1	0	209	6	61	1	75	0	27	2	15	0
18mm	801	0	174	1	81	5	28	1	19	0	14	0

주1: 착화시간은 1.5W/cm²의 경우는 2회, 기타 경우 3회 측정의 평균임.

기호N·1는 착화되지 않은 경우를 나타냄.

주2: Flash 회수는 1.5W/cm²의 경우 2회, 기타 경우 3회의 측정에서 발생한 합계치를 나타냄.

시간을 두어 방사열의 강도 등이 충분히 안정되도록 한다.

금번 시험을 실시한 목재는 두께 11mm, 18mm의 삼나무, 나왕, 노송나무(편백), 미송(米栂) 및 두께 5.5, 12, 18, 24mm의 나왕 합판으로하며 전량 무처리되고 표면은 평활하게 마무리 했다.

이러한 목재는 시험에 앞서 20°C의 항온조에서 장기간 건조한 후, 나왕 합판을 제외한 대부분의 시료에 대해 전기저항기의 목재수분계에 의해 측정한 함수율을 시험시 5% 이하로 한다.

3. 시험결과 및 검토

가. 방사열의 강도와 착화시간과의 관계

시험체의 표면에 방사열을 가하면 청백색의 연기형태의 열분해생성물이 발생된 다음에 표면이 다갈색으로 변색되며, 이후 착화 또는 15분 경과할 때까지 열분해생성물의 발생은 계속된다.

착화 또는 15분 경과까지 시험체의 표면에는 커다란 갈라짐, 박리 등은 생기지 않았다. 다만 작은 갈라짐이 생긴다든가, 소량의 수분이 스며나오는 것이 발견되는 정도였다.

시험종료후 시험체 표면에 남는 탄화깊이는 그 경계가 명확치 않아 정확하게 수치를 나타낼 수 없으나 방사열이 3W/cm² 전후에서 최고깊이 약2mm 정도였다.

〈표2〉 방사열의 강도와 착화시간, Flash 회수 (나왕합판)

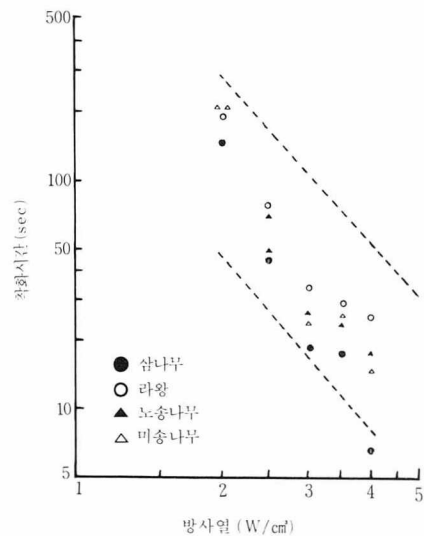
시료	2.0		3.0		4.0	
	착화시간 (sec)	Flash (회)	착화시간 (sec)	Flash (회)	착화시간 (sec)	Flash (회)
나왕합판 5.5mm	358	0.3	56	0.3	27	0
나왕합판 12mm	301	7.5	55	0	24	0
나왕합판 18mm	597	2.3	72	3.3	32	0
나왕합판 24mm	378	8.5	63	0.7	26	0

1) 착화시간은 2~4회의 측정, 평균치로 함.

1.5W/cm²로는 어떠한 두께에서도 착화가 없었음.

2) Flash 회수는 각 방사열의 강도에 이단 평균회수를 나타냄.

3) 평균의 비량은 0.60, 함수율은 8%임.



〈그림3〉 방사열과 착화시간

방사열의 강도가 약한 경우에는 열분해가 지연되고, 강한 경우에는 탄화가 진행되지 않은 상태에서 착화가 발생하기도 했다.

〈표1〉, 〈표2〉 시험체에 가한 방사열의 강도와 착화 시간, flash의 회수를 나타낸다.

〈표1〉에 나타난 결과에서 두께 11mm의 삼나무, 나왕, 노송나무(편백), 미송에 대해 방사열의 강도와 착화 시간의 관계를 〈그림3〉에 나타내고 있다. 〈그림3〉에서는 넓은 범위에 걸친 데이터를 동일한 도표에 표시하기 위해서 양 대수로 도시하였다. 두께 18mm의 경우도 포함하여 방사열의 강도와 착화 시간의 관계는 양 대수지상에 직선으로 정확하게 $3W/cm^2$ 를 경계로 구배를 달리하는 2분의 직선으로 되었다.

나. 관련 데이터와의 대비

〈그림 3〉에는 8종류에 대한 ISO착화성 시험보고에서 동일 방사열의 강도에 대해 가장 착화시간이 긴 하드보드(4.8mm)와 가장 착화시간이 짧은 인슈레이션보드에 대하여 방사열의 강도와 착화시간의 관계를 점선으로 나타내었다. 이외에 파티클보드(12mm), 아크릴판(3.8mm), 나이론카펫트(7.0mm), 보통합판(13.0mm, 5.5mm), 난연합판A(5.5mm)는 이 2개의 점선사이에 포함된다.

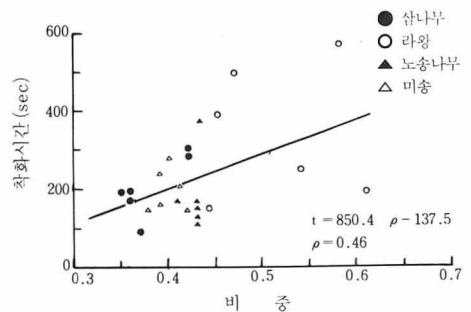
금번에 조사된 목재는 착화한계의 방사열의 강도, 방사열의 강도와 착화시간과의 관계를 나타내는 직선의 구배, 동일한 방사열에 따른 착화시간 등의 주요한 특징에 있어서 대개 동등한 경향을 나타내주고 있다.

무처리건조상태의 일본산 활엽수 7종류에 대한 방사열의 강도와 착화시간과의 관계를 ISO 착화성 시험의 결과와 비교하면 양 대수지상에 $3W/cm^2$ 를 경계로 구배가 다른 직선으로 비슷하게 나타나고 있으며, 방사열의 강도가 약해지면 flash회수가 증가하는 것에서는 금번 시험결과와 같은 경향을 보이고 있으나 동일한 방사열의 강도에 따른 착화시간은 훨씬 긴 시간이 보고되어 있다. $2W/cm^2$ 에 대하여는 7종류 모두 800초를 초과하고, $4W/cm^2$ 에서는 7종류중 착화시간이 가장 짧은 것도 평균착화시간이 38초이다.

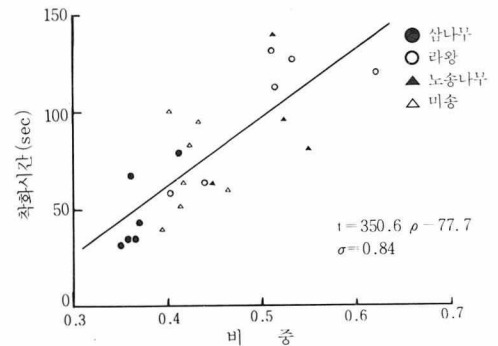
시험된 일본산 활엽수의 시료는 평균함수율이 12%나 되어 금번의 경우는 높은 편이나 비중이 큰 목재류가 포함되는 등의 이유로 해서 금후 더욱 검토를 필요로 한다.

다. 목재의 비중과 착화시간과의 관계

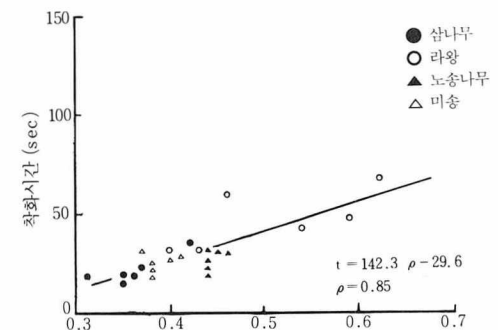
〈그림4〉의 (a)~(c)는 삼나무, 나왕, 노송나무, 미송에 대한 비중(ρ)과 착화시간(t)의 관련을 나타낸다. 착화시간은 〈표1〉에 나타난 바와 같이 평균치가 아닌 개별측정치이며, 동일한 방사열의 강도에 대하여 두께 11mm와 18mm의 쌍방의 측정치를 구별시켜 나타내었다. 또한 〈그림4〉에서는 비중과 착화시간과의 상관계수도 나타내었다.



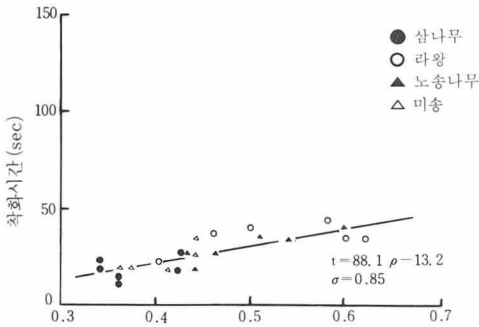
〈그림4〉(a) 비중과 착화시간 (방사열 : $2W/cm^2$)



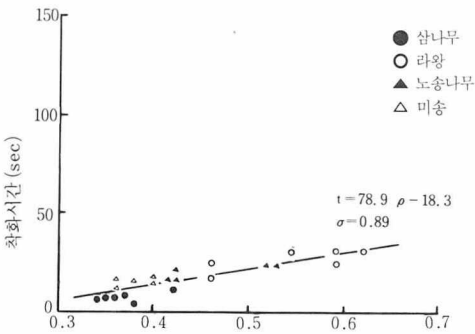
〈그림4〉(b) 비중과 착화시간 (방사열 : $2.5W/cm^2$)



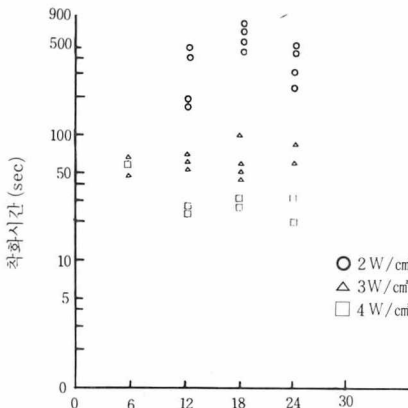
〈그림4〉(c) 비중과 착화시간 (방사열 : $3W/cm^2$)



〈그림4〉(d) 비중과 착화시간 (방사열 : 3.5W/cm²)



〈그림4〉(e) 비중과 착화시간 (방사열 : 4W/cm²)



〈그림5〉 라왕 합판 두께와 착화시간

이러한 〈그림4〉에서 방사열의 강도가 낮아짐에 따라 착화시간의 분산이 커지며, 또한 착화시간은 비중의 영향을 크게 받으며, 비중이 커짐에 따라 착화시간이 길어지는 것으로 나타난다.

방사열의 강도가 낮을수록 착화시간의 분산이 커지는 것은 목재 및 기타 재료에 대해서도 보고되고 있어

금번 시험결과와 공통적으로 나타난다.

방사열의 강도가 높아짐에 따라, 착화시간은 비중에 의 의존이 커진다. 그렇기 때문에 동일한 목재류에 대해서는 특히 주의하여 비중을 일치시킨 시료를 사용한 시험에 의해 착화시간의 분산을 줄일 수 있으며, 목재류에 따른 착화성의 차이는 그 비중에 영향을 받는 것으로 생각할 수 있다.

방사열의 강도가 동일한 경우, 착화시간과 비중의 관계에서 직선을 나타내고 있으며(그림4(a)~(c)), 그 구배는 방사열의 강도가 낮아짐에 따라 커진다. 이것은 방사열의 강도가 낮아짐에 따라 비중이 큰 목재류에 따라 착화시간은 길어지는데 바꾸어 말하면, 착화에 대해 안전하게 된다. 또한 약간의 비중의 차이가 착화시간에 큰 영향을 주는 것을 나타내고 있다.

라. 두께와 착화시간

〈표1〉, 〈표2〉에 나타난 결과에서, 금번 시험을 실시한 범위에서는 동일한 방사열의 강도에 따른 착화시간은 시료의 두께의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 〈그림5〉는 나왕 합판에 대하여 방사열의 강도의 각 수준에 따른 두께와 착화시간을 나타낸다.

4. 결론

통상 건축물에 사용된 목재류중 무처리건조목재에 대하여, ISO방식의 착화성 시험을 실시한 결과 여러 문제점이 있겠으나, 착화성에 대한 특징을 밝혀내는 일에 있어 금후 함수율의 영향, 난연화의 효과 등에 대한 기본적인 발판을 마련해야 할 것이다.

시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 통상적인 것, 특히 난연화가 되지 않은 재료와 같은 착화성을 나타낸다.

2) 두께 5~24mm의 정도에서는 착화시간이 두께의 영향을 받지 않는다.

3) 착화시간은 비중의 영향을 크게 받으며, 목재종류에 따른 차이는 그 비중의 차이로 일어난다고 볼 수 있다.

〈첨언〉

본문은 일본화재학회 연구발표회를 통해 발표된 내용을 또 다른 시점에서 정리하여 번역한 것임. ㉞