

TV용 패널 검사대 최적조명설계에 관한 연구

조 항준, 김 성환, 정 의승

포항공과대학교 산업공학과

ABSTRACT

To investigate the effect of illumination conditions on visual inspection performance for TV panel glasses, three dependent variables, inspection time, error, and preference, were measured and analyzed through two consecutive experiments. The first experiment for reflection inspection was conducted using two independent variables, position and brightness. The second experiment for transparent inspection was made using two independent variables, height and brightness. The summary of the results of the experiment for reflection inspection are as follows ; The inspection performance of the position right above the subject(Position 1) was the best among the conditions in terms of errors, while the performance of the position slightly in front of and above the subject(Position 2) was the best in terms of inspection times. Inspection time was statistically different according to the brightness conditions specifically at the position in front of the subject(Position 3). The results of the second experiment for transparent inspection are that the inspection performance at medium height(Height2) was the best among the three conditions in terms of errors while the performance at lower height(Height 3) was the best in subject preference. Based upon both results with respect to actual field conditions, two alternative inspection station designs were proposed for each lighting condition.

I. 서론

1.1 연구배경

제품을 찾는 시대에서 제품을 고르는 시대로의 변화에 이미 익숙해 있는 소비자들을 대상으로 제품을 생산하는 기업에서는 생산량만으로는 경쟁할 수 없게 되었으며, 소비자가 요구하는 품질 수준 이상의 제품을 생산하여야 기본적인 경쟁력을 갖출 수 있게 되었다. 따라서 품질과 직접적인 관련이 있는 검사과정은 기업 내에서도 중요도 측면에서 큰 비중을 차지하게 되었다.

이와 같은 검사과정은 다른 모든 생산과정들과 마찬가지로 기계적 보조수단을 사용하여 사람이 수행하는 경우가 대부분이다. 그러나 탐색과 판정이라는 두 가지 주요 요소로 구성되어 있는 검사작업에서 인간의 실수가 발생할 가능성은 항상 존재하는 것이며, 검사자가 완벽할 수 없으므로 검사작업을 수행하는 환경의 개선을 통하여 검사 수행도를 향상시켜야만 한다.

본 연구는 검사과정과 관련하여 TV 브라운관용 전면유리 또는 패널(Panel)을 구체적인 대상으로 하여 검사대 설계의 연구를 진행하였다. TV브라운관용 전면유리는 유리제품의 특성상 미세한 결점사항들을 빛을 이용하여 육안으로 검출해 내는 검사과정이 제품의 최종품질을 결정하게 되는 경우로서, 검사과정 전반에 관한 체계적인 분석 및 실험적 평가방법을 통한 검사대의 최적설계가 요망되고 있다.

1.2 연구의 필요성

TV브라운관용 유리는 전면유리(Panel)와 후면유리(Funnel)로 구성되며, 용해, 성형, 연마 등의 일련의 연속공정을 통하여 완성품을 생산하게 된다. 이러한 공정들이 진행되는 동안 패널에 이물이 포함되거나 흠집이 생길 수 있으며 브라운관의 전면 유리로 사용되었을 때 문제가 될 수 있는 기타의 불량사항들이 발생할 수 있다. 이러한 불량 사항들은 모두 패널내부 또는 표면에 존재하는 것들로서 검사자가 빛을 이용하여 찾아내고, 불량에 대한 주관적인 판정을 하게 된다. 이 때 조명을 비롯한 검사대 전반의 설계는 '검

사의 중요성' 측면에서 최적의 상태를 유지할 필요가 있다.

따라서 검사진행과정을 전체적으로 파악할 수 있는 모델을 설정하고, 검사설계요소들을 파악 분석 할 필요가 있으며 이 분석결과를 토대로 실험적 평가가 필요한 조명 설계요소에 관한 연구가 수반되어야 한다.

1.3 연구 진행 과정

검사대의 최적 설계를 위한 일련의 과정을 흐름도로 표현하면 그림 1과 같다. 이중에서 최적설계 대안의 제시까지를 본 연구의 범위로 정하였다.

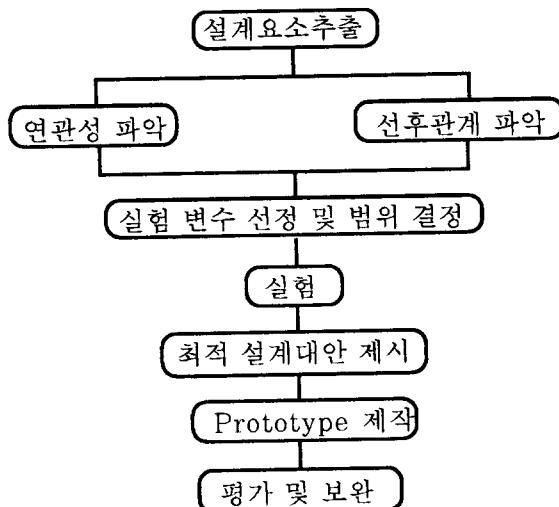


그림 1. 검사대의 최적설계를 위한 연구 진행 Flow

II. 검사모델 설정

검사대를 설계하기에 앞서, 검사작업의 진행방법과 필요한 요소작업들을 파악하여 기술하고, 이 내용들을 근거로, 단순화된 검사모델(Drury 1975, 1978)을 수정하여 Panel검사 모델을 설정하였다. 실제 작업에 대한 인간공학적 분석은 작업내용의 기술로부터 시작되며 기술된 작업내용들과 그들의 관련성을 도식화하여 하나의 모델을 설정하는 것은 전반적인 작업의 이해에 큰 도움을 줄 수 있다. 본 검사는 모든 Panel들이 연속하여 검사대로 공급되는 전수검사로서 다음과 같은 작업내용으로 이루어진다.

- 하나의 Panel에 대해 검사자세를 취한다.
- Panel을 탐색한다.
- 결점 또는 이상점을 찾아낸다.
- 발견사항에 대하여 양/불량의 판단을 한다.
- 검사한 Panel을 다음 위치로 보낸다.
- 필요한 부대작업(기록등..)을 수행한다.

위에 기술된 내용들의 관련성 및 순환성을 고려하여 주요사항들로 구성된 모델이 그림 2에 나타나 있다.

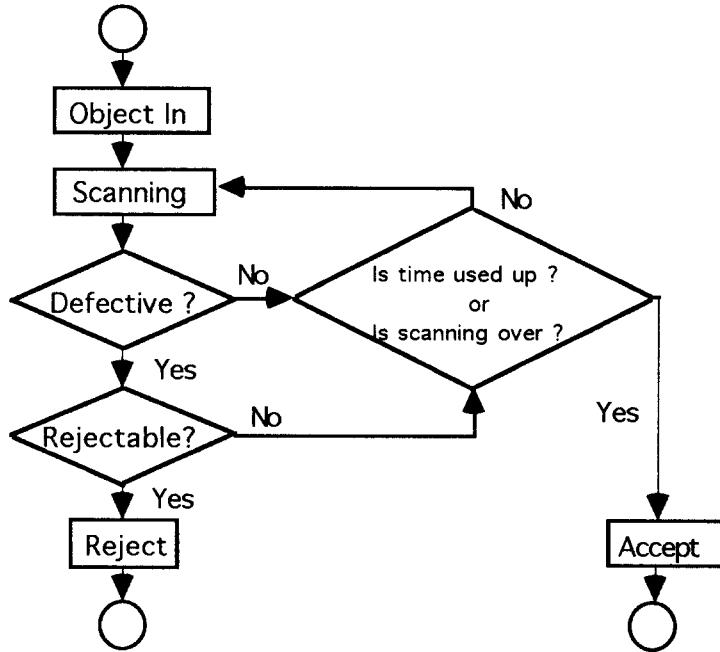


그림 2. 검사 모델 (A Model of Inspection)

III. 패널검사대 구성요소 및 설계요소

조명기구의 최적 설계대안 도출을 위하여 연구대상으로 선정된 검사대에 관하여 구성요소 및 설계 요소에 관한 전반적인 분석을 실시하고 실험적 평가를 필요로 하는 변수를 선정하였다. 검사대는 검사자가 적절한 조명을 이용하여 패널을 검사하는 공간으로서 세부적인 설계요소들을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 검사대의 구성요소와 설계요소

검사대 구성요소	설계요소
검사자	시선각도, 검사자세, 필요동작범위, 인체측정치수
패널	검사높이, 검사거리, 패널크기, 이동경로
조명	종류, 거리, 밝기, 각도

IV. 실험 방법

4.1 반사 조명 실험

4.1.1 모의 검사자 (Subject)

본 실험과 유사한 검사작업의 경험이 없는 총 12명의 모의검사자들이 조명실험에 참가하였다. 피실험자들은 포항공과대학교 및 대학원에 재학중인 24-26세의 남학생들이었으며 색약이나 색맹이 아닌 정상시력으로서 좌우 각 0.8, 0.8 (2명), 1.0, 1.0(10명)이었고, 평균 신장은 173cm이었다.

4.1.2 반사조명실험 환경

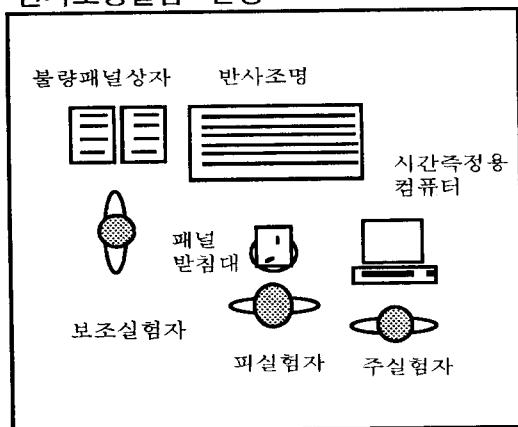


그림 3 .반사검사실험 환경 구성도(평면도)

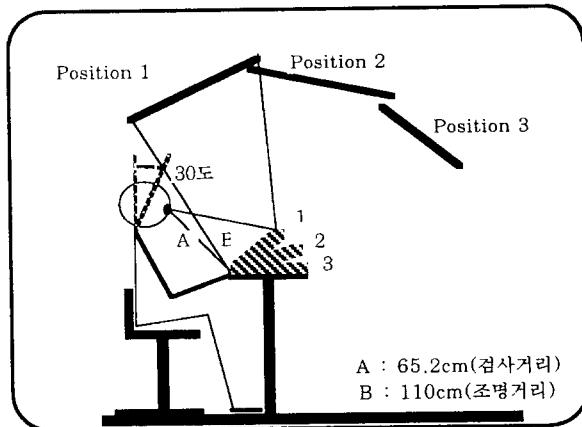


그림 4. 반사조명의 위치와 기본 검사자세

실험환경의 차이를 최소화하기 위하여 실제와 동일한 크기의 Booth를 설치하고 조명 장치등을 제작하여 실제 검사환경과 유사한 환경을 조성하였다. 전반적인 실험환경 및 장비는 반사검사와 투과검사에서 동일하게 사용되었으나 조명장치, 불량패널, 그리고 패널을 지지해주는 장치인 Chuck의 사용이 투과검사에서 새롭게 적용되었다.

4.1.3 실험계획

반사검사 실험은 형광등의 갯수와 조명의 위치를 변수로 하는 2 Factor Within-Subject Design으로 구성하고, 모든 피실험자들이 각 실험조건에 대해 모두 192회의 검사를 수행하도록 하였다. 실험의 진행은 정해진 조명위치에서 조명의 밝기에 대한 순서를 랜덤화하여 모든 조명 밝기에 대한 실험을 마친 후 다음의 조명 위치로 이동하는 Randomized Block Design을 이용하였다.

1) 독립 변수

조명의 위치

불빛이 검사자의 머리부분을 비롯한 신체부위에 의하여 방해를 받지 않고, 반사되어 검사자의 눈에 도달할 수 있는 곳이 조명의 배치가 가능한 공간이다. 패널의 위치가 정해지면 조명의 배치가능공간을 빛의 직진성에 의한 입사각/반사각의 관계에 의해 수리적으로 계산할 수 있다. 그러나 검사작업시 검사자는 패널을 회전 및 이동시키면서 검사를 수행하게된다. 이때 패널면 전체를 통하여 불빛이 반사되는 경우를 기본적으로 고려하였으며, 불빛이 검사자에게 방해를 받지않는 범위내에서 받침대에 놓인 상태로부터 최대한으로 회전이동한 최대각도까지를 회전 범위로 설정하고 패널의 각도를 최소각도(0도), 최대각도(36도) 그리고 최대각도의 1/2에 해당하는 중간각도(18도)로 유지하였을 때 반사조명의 좌표를 계산하여 본 실험에서 위치변수의 3가지 수준으로 사용하였다.

실험에서 사용될 조명의 위치(3 Levels)

- Position 1: 패널이 최대각도일 때 (36도), 패널의 각도가 더 커질 경우 필요한 조명 위치는 검사자에 의해 가리게 되어 조명의 배치가 불가능하다.
- Position 2 : 패널이 중간각도일 때 (18도), 최대각도와 최소각도의 중간위치이다.
- Position 3 : 패널이 최소각도일 때(0도), 패널의 각도가 더 작아질 경우 반사조명을 이용할 수 없다.

조명의 밝기

조명 장치에 부착된 8개의 형광등을 이용하여 조명의 최적 밝기를 알아본다.

표 2. 조명의 밝기(8 Levels)

형광등의 점등갯수	1	2	3	4	5	6	7	8
밝기 (lux)	400	700	1050	1350	1600	1900	2100	2400

조명거리 110cm를 유지하는 상황에서 조명 Frame의 중심으로부터 점등시켜갈 때, 밝기변수의 8 가지 수준에 해당하는 형광등의 점등갯수별 밝기는 표 2 와 같다.

2) 종속변수

반사조명 실험과 투과조명실험에서 육안검사의 검출력을 평가하기 위한 검사시간과 검사오류를 측정하였으며, 실험을 진행하는 동안 주관적 선호도를 함께 측정하였다.

검사시간

피실험자는 패널이 공급되었을 때, 검사대 높이의 오른쪽에 위치한 컴퓨터 자판(key board)의 space bar를 누른 후에 검사를 시작하고, 검사가 끝난 후, 다시 space bar를 누른다. 이와 같은 방법으로 전체 검사시간이 자동적으로 file에 저장될 수 있도록 하였다.

검사오류

평균 검사시간 및 실제 검사상황을 고려하여 임의의 시간제약조건을 부과하였을 때 불량을 양품으로 판정하게 되는 Type II Error의 빈도를 측정하였다. 이것은 분석과정에서 검사시간을 이용하여 구할 수 있다.

선호도

각 실험조건에서의 최종검사가 끝났을 때 피실험자들에게 선호도를 점수로 평가하도록 하였다.

4.1.4 실험 절차

피실험자는 실험에 앞서 교육 및 훈련과정을 거친 후, 랜덤화된 순서로 보조 실험자에 의하여 공급되는 패널들에 대해 검사를 실시하고 시간을 기록하며 각 조명조건에 대한 선호도를 제시한다. 이때 주 실험자는 검사결과를 불량지도를 이용하여 확인하면서 실험을 진행시키고 각 조명조건에 대한 선호도를 기록한다.

4.2 투과 조명 실험

제반 조건들이 반사조명실험의 경우와 동일하며 부분적으로 투과조명실험에서 달리 적용된 사항들에 대해서만 정리하였다.

4.2.1 모의 검사자 (Subject)

본 실험과 유사한 검사작업의 경험이 없는 총 6명의 모의검사자들이 조명실험에 참가하였다.

4.2.2 투과조명실험 환경

그림 5는 투과검사실험이 진행되는 상황을 위에서 본 그림이다. 그림 6과 같이 투과조명의 위치는 눈높이의 변화에 의해 결정된 3가지 조명높이가 실험이 진행됨에 따라 조절된다. 투과검사를 진행할 때 검사자의 신체적 피로를 줄이고 검사효율을 높이기 위한 보조기구로서 패널을 지지하는 장비인 Chucker를 이용하였다. 이 장비는 패널을 회전시킬 수 있고, 필요에 따라 Chucker Frame도 좌우 회전이 가능하도록 제작되었다.

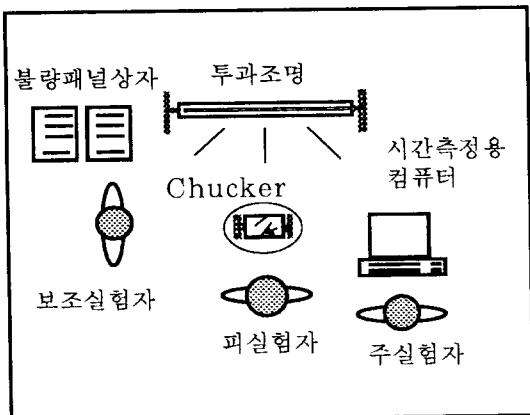


그림 5. 투과조명 실험환경

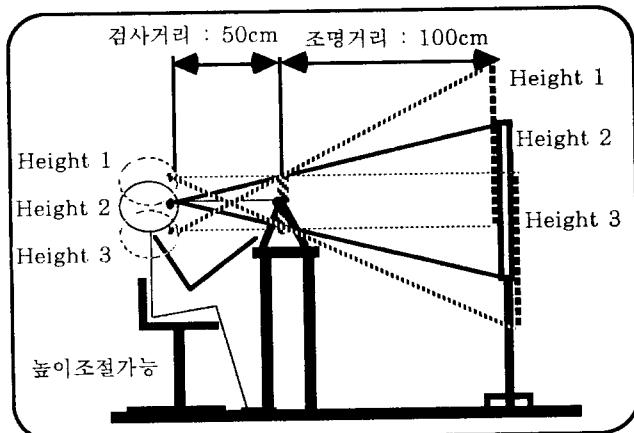


그림 6. 투과조명의 위치와 기본 검사자세

4.2.3 실험계획

투과검사 실험은 조명의 밝기와 조명의 높이를 변수로 하는 2 Factor Within-Subject Design으로 구성하였으며, 피실험자 1인당 총 120회의 검사를 수행하도록 하였다. 실험의 진행은 정해진 조명높이에서 조명의 밝기에 대한 순서를 랜덤화하여 모든 조명 밝기에 대한 실험을 마친 후 다음의 조명 높이로 이동하는 Randomized Block Design을 이용하였다. 또한 패널에 대해서도 번호를 부여하고 난수를 이용하여 패널의 공급순서를 랜덤화하였다. 이와 같은 방법으로 조명 높이 3개의 6가지 변화순서에 대하여 모두 6명의 피실험자를 대상으로 실험하였다.

1) 독립 변수

조명의 높이

패널중심의 높이와 투과조명장치 중심의 높이가 일치되는 높이인 Height 2 (조명 Frame 중심 높이 : 111.5 cm)를 기준으로 하여 상하 31cm씩 높이가 조절되어 각각 Height 1, Height 3의 조명높이가 된다. (그림 6).

조명의 밝기

조명장치에 부착된 형광등을 이용하여 모두 5개의 밝기수준을 정하였다. (표 3)

표 3. 조명의 밝기 (5Levels)

형광등의 점등갯수	1	3	5	7	9
밝기(lux)	400	1050	1700	2200	2600

2) 종속변수 (반사검사참조)

V. 실험결과

5.1 반사조명 실험결과

5.1.1 분산 분석

검출력에 대한 3가지의 척도 즉, 검사시간, 검출오류, 그리고 선호도에 관하여 분산분석을 실시한

결과를 변동요인에 따라 요약하면 다음과 같다.

표 4. 조명의 위치에 대한 ANOVA 결과 비교

Measure	DF	SS	MS	F	P-value
Time	2	253.68	126.84	2.89	0.077 *
Type II Error	2	0.084	0.042	3.81	0.038 **
Rating	2	0.328	0.164	1.67	0.211

* : $\alpha = 0.10$, ** : $\alpha = 0.05$, *** : $\alpha = 0.01$

전체 실험자료들을 조명의 위치에 대하여 분산분석한 결과 선호도의 차이는 유의하지 않았으나 검사시간과 검사오류에 대한 결과들은 표 4에 나타난 바와 같이 유의한 것으로 나타났다.

표 5. 조명의 위치와 밝기의 교호작용(Pos x Lgt)에 대한 ANOVA 결과 비교

Measure	DF	SS	MS	F	P-value
Time	14	222.91	15.92	1.85	0.036 **
Type II Error	14	0.099	0.007	1.43	0.144
Rating	14	0.384	0.027	3.22	0.000 ***

* : $\alpha = 0.10$, ** : $\alpha = 0.05$, *** : $\alpha = 0.01$

표 5에 나타난 바와 같이 전체 실험자료들을 조명의 위치와 밝기의 교호작용에 관하여 분석한 결과 검사오류에 있어서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 선호도와 검사시간에서는 유의한 차이가 나타났다. 이러한 교호작용의 구성인자들에 대하여 각각의 Simple Effect 를 알아보기 위하여 실험결과들을 조명의 위치와 조명의 밝기에 대하여 분류하고 전체적인 오차항(Subject x Position x Light)의 MSE로 검정한 결과들을 정리하면 다음과 같다.

표 6. 조명위치별 밝기의 Simple Effect 분석 결과 (종속변수 :검사시간)

Subject*Position*Light에 대한 MSE = 8.5965 df=154

Group	df	MS_light	F	Pr>F(7,154)
Position1(P1)	7	8.449	0.983	0.446
Position2(P2)	7	9.867	1.148	0.336
Position3(P3)	7	23.168	2.695	0.012 **

* : $\alpha = 0.10$, ** : $\alpha = 0.05$, *** : $\alpha = 0.01$

조명의 위치가 검사자로부터 가장 앞쪽에 위치한 Position 3의 경우에 조명의 밝기에 따라 검출시간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(표 6).

조명의 밝기가 1에서 5까지는 전반적으로 조명의 위치에 따라 검사시간이 유의한 차이가 존재하였으나 밝기의 수준이 높은 L6, L7, L8의 경우는 위치가 달라져도 검출시간의 차이는 유의하지 않은 것으로 나타났다(표 7).

표 7 조명밝기별 위치의 Simple Effect 분석 결과 (종속변수 :검사시간)

Suject*Position*Light에 대한 MSE = 8.5965 df=154

Group	df	MS_light	F	Pr>F(2,154)	
Light1개(L1)	2	48.014	5.585	0.005	***
Light2개(L2)	2	21.517	2.503	0.085	*
Light3개(L3)	2	38.110	4.433	0.013	**
Light4개(L4)	2	51.115	5.946	0.003	***
Light5개(L5)	2	63.639	7.403	0.001	***
Light6개(L6)	2	2.844	0.331	0.719	
Light7개(L7)	2	2.263	0.263	0.769	
Light8개(L8)	2	10.794	1.256	0.288	

* : $\alpha = 0.10$, ** : $\alpha = 0.05$, *** : $\alpha = 0.01$

5.2 투과검사 실험결과

5.2.1 분산 분석

검출력에 대한 3가지의 척도 즉, 검사시간, 검출오류, 그리고 선호도에 관하여 분산분석을 실시한 결과를 변동요인에 따라 요약하면 다음과 같다.

표 8. 조명의 높이에 대한 ANOVA 결과 비교

Measure	DF	SS	MS	F	P-value
Time	2	2443.01	1221.51	2.68	0.117
Type II Error	2	0.2861	0.143	3.08	0.091 *
Rating	2	0.3410	0.171	5.59	0.023 **

* : $\alpha = 0.10$, ** : $\alpha = 0.05$, *** : $\alpha = 0.01$

전체 실험자료들을 조명의 높이에 대하여 분산분석한 결과 검사시간의 차이는 유의하지 않았으나 검사오류와 선호도에 대한 결과들은 표 8에 나타난 바와 같이 유의한 것으로 나타났다.

표 9. 조명의 밝기에 대한 ANOVA 결과 비교

Measure	DF	SS	MS	F	P-value
Time	4	1629.18	407.30	2.06	0.125
Type II Error	4	0.0750	0.019	0.67	0.619
Rating	4	0.4254	0.106	2.43	0.081 *

* : $\alpha = 0.10$, ** : $\alpha = 0.05$, *** : $\alpha = 0.01$

전체 실험자료들을 조명의 밝기에 대하여 분산분석을 실시한 결과, 선호도의 측면에 있어서만 유의한 차이가 나타났다(표 9).

VI. 논의

6.1 반사검사

6.1.1 조명의 위치

조명의 위치가 Position 3일 때 검사시간이 가장 길고 검사오류가 가장 많으며 선호도가 가장 낮은 결과가 나왔다. 이 위치는 패널이 받침대에 놓인 상태로 반사불빛을 이용할 수 있는 위치로서 낮은 각도로 불빛을 제공하여 표면상의 돌출부에 대한 그림자를 표현하기에는 가장 효과적인 조명위치이나 검사작업시 검사자 시선과의 각도가 낮아 눈부심(Glare)이 가장 심한 위치이고 패널을 들어 회전시켰을 때에는 곧 반사불빛이 사라지는 조명위치이다. 한편 Position 1은 검사자의 시야에 광원이 존재하지 않으므로 광원에 의한 직접적인 눈부심(Glare)은 없지만, 반사각도가 가장 큰 곳으로서 다른 위치들에 비해 패널을 가장 많이 들어 올려야 반사조명의 불빛을 볼 수 있는 위치이다. 실험결과로는 검사오류가 가장 적은 위치로 나타났으며 검사시간이 가장 빠른 Position 2보다 평균적으로 0.06초 긴 4.17초가 검사작업에 평균적으로 소요되어 검사시간상으로는 거의 비슷하였으며 선호도면에서는 Position 2보다 낮은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 Position 3의 위치는 바람직하지 못하며 Position 1과 Position 2에 대하여 보다 구체적인 사항들(공간제약, 검사특성,...)을 반영하여 조명의 위치가 결정되어야 된다.

6.1.2 조명의 밝기

조명수준들 가운데 비교적 낮은 밝기에 해당하는 형광등 2 - 3개의 밝기(700 - 1050 lux)에서 검사시간과 검사오류 측면의 수행도가 높은 것으로 나타났다. 그러나 검사 수행도에 대한 3가지 척도 모두에 대하여 밝기는 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

6.1.3 조명위치와 조명밝기의 교호작용

검사시간과 선호도에 대하여 조명의 위치와 밝기의 교호작용이 유의한 것으로 나타났다. Simple Effect를 분석한 결과, Position 3에 위치하는 경우에만 조명의 밝기가 변화할 때 검사시간상의 차이가 유의하게 나타났으며 L1 - L5까지의 조명밝기에 대해서만 조명위치의 변화가 검사시간에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이것은 밝은 조명에 대해서는 평균값에 근사한 값으로서 수행도의 차이가 크지 않은 실험결과를 뒷받침해 준다. 한편, 선호도의 경우는 모든 위치에서 밝기변화에 대해 다른 선호도를 나타내고 있으며, 밝기수준 L2,L6을 제외한 모든 밝기에 대해서도 위치의 변화에 따라 다른 선호도를 나타내었다. 전반적인 분석에서 위치와 밝기에 대하여 유의한 차이를 보이지 않는 선호도는 실제 조명조건의 변화에 대해서는 가장 민감한 반응을 나타내고 있는 종속변수임을 알 수 있었다.

6.1.4 반사검사오류의 기준시간별 분석

평균검사시간에 가까운 짧은 시간을 기준으로 하여 검사오류에 대한 발생빈도를 분석한 결과 조명의 위치와 밝기는 검사오류에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며 교호작용도 존재하는 것으로 나타났다. 그러나 각 기준시간별 분석결과에 나타난 순위에는 전반적으로 큰 차이가 없었으며 특히 최적안과 관련이 있는 조명조건들은 일관적으로 상위 순위를 유지하였다.

6.1.5 조명조건의 최적대안 선정기준

2가지의 독립변수와 3가지의 종속변수들을 이용한 분석에서, 조명설계 대안들은 다양하게 제시될 수 있다. 이때 최적조건의 기준들에 대한 정의와 우선순위의 결정을 필요로 한다. 이러한 기준들은 실제의 현장 상황과 과거의 경험이나 기술적인 Know-how등 검사조명과 관련된 제반 요소들의 복합적인 관계들을 고려하여 객관적으로 평가된 결과에 의해 결정되어야 한다. 본 연구에서는 최적 대안의 도출을 위한 최적 조명조건의 기준 및 우선순위를 다음과 같이 정의 하였다.

첫째, 검사시간은 연속 생산공정상의 시간제약 조건을 초과해서는 안된다.

둘째, 검사오류는 제품의 품질과 직결되는 요소로서 우선적으로 최소화하여야 한다.

세째, 선호도는 검사자의 주관적인 평가를 검사환경의 설계단계에서 반영하기 위한 것으로서 높은 경우를 선택하기 위한 것이 아니라 낮은 경우를 피하기 위한 참고자료로서 활용한다.

6.1.6 최적 대안

실험결과 및 결과들의 논의를 통한 종합 분석내용과 최적대안 선정기준에 의하여 다음과 같은 반사조명의 최적설계 대안들이 도출되었다.

대안 1. Position 1 - Light 2 조명조건

이 조건(그림 7)은 검사오류가 발생하지 않은 경우이며 검출시간에 있어서도 평균적으로 3위의 순위를 나타내었으며 선호도 측면에서는 전체 24개 조건들 가운데 5위에 해당하므로 전반적인 분석결과, 최적의 조명설계대안으로 선정되었다.

대안 2. Position 2 - Light 3 조명조건

평균 검사시간이 가장 짧은 조건(그림 8)으로서 지속적이고 반복적인 검사환경을 고려할 때 작업의 용이성은 정신적, 육체적 피로의 감소를 도모할 수 있을 것으로 기대되며 결과적으로 전체적인 검사수행도를 향상시킬 수 있는 조명설계대안으로 선정되었다.

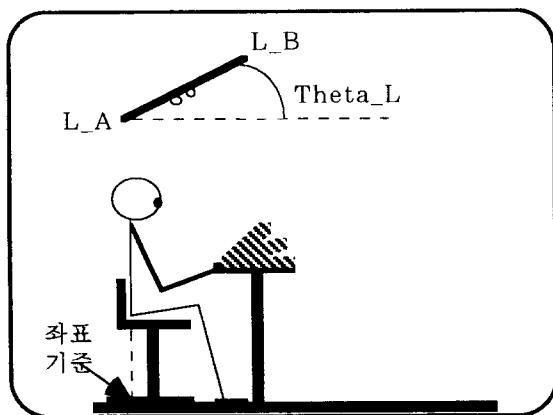


그림 7. 반사조명의 최적 대안 I

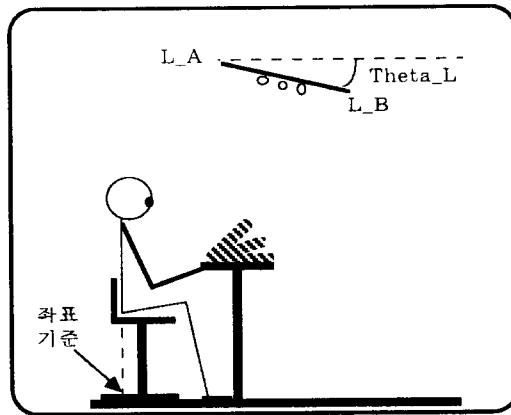


그림 8. 반사조명의 최적 대안 II

6.2 투파검사

6.2.1 조명의 높이

투파조명의 높이를 결정하기 위한 전반적인 분석결과에 따르면 Height 1의 높이는 바람직하지 못하며 Height 2 과 Height 3에 대하여 보다 구체적인 제약조건들(공간제약, 검사특성,...)을 반영하여 조명의 높이를 결정하여야 한다.

6.2.2 조명의 밝기

3가지 종속변수 가운데 선호도에 대해서만 조명의 밝기에 따라 유의한 차이를 나타냈다. 즉 밝은 조명일 수록 선호도가 높게 나타났다.

6.2.6 최적 대안

실험결과 및 결과들의 논의를 통하여 종합한 분석내용을 초기의 기준으로 정하고 위의 대안 선정기준 및 우선순위의 정의에 의해 최적대안을 선정한 결과 다음 그림 9와 그림 10과 같은 투파조명의 최적설계 대안들이 도출되었다. 평균 검사시간이 짧은 조건으로서 검사오류가 적고, 선호도가 나쁘지 않은 기준을 적용하여 대안 1, 2를 선정하였다. (그림 9, 10 참조)

대안 1. Height 2 - Light 3 조명조건

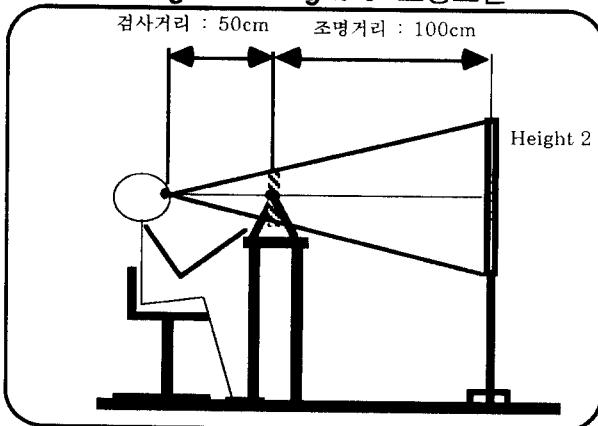


그림 9. 투파조명의 최적 대안 I

대안 2. Height 3 - Light 3 조명조건

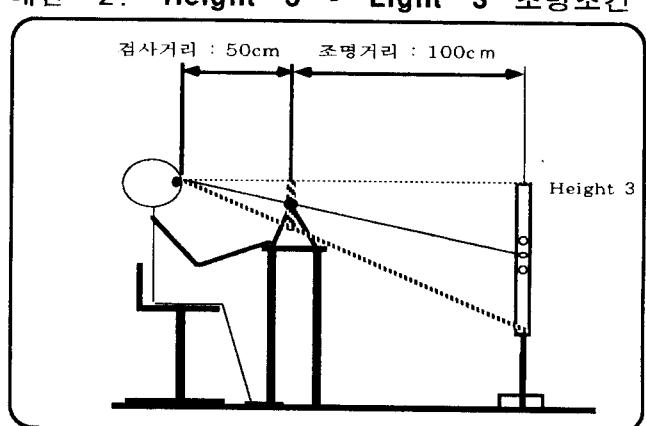


그림 10. 투파조명의 최적 대안 II

이상과 같은 두 대안을 비롯한 여러 대안들 가운데 실제의 제약조건을 반영하여 최종적인 대안이 결정되어야 할 것이다.

VII. 결론

TV 브라운관 전면유리 검사장을 구체적인 대상으로 선정하여 육안을 이용하는 반사검사와 투파검사의 최적조명조건에 관한 연구를 진행하였다. 먼저 실제의 검사과정에 대한 검사 모델을 설정하고, 검사자를 포함한 검사의 구성요소를 파악한 후, 상호 연관관계를 분석하여 실험평가를 필요로 하는 조명조건의 변수로서 조명의 밝기와 위치(반사검사), 높이(투파검사)를 선정하였으며 검사수행도의 다각적인 검토를 위하여 각기 다른 특성을 갖는 3가지의 종속변수 즉, 검사시간, 검사오류 그리고 조명조건에 대한 검사자의 주관적인 선호도를 측정하였다. 모의 검사장을 제작하고 실제의 불량 패널을 이용하여 실시한 반사조명실험과 투파조명실험으로부터 얻은 결과들을 요약하면 다음과 같다.

1) 반사조명실험

- 검사오류는 Position 1에서 가장 적게 발생하였다($P=0.04$).
- 검사시간은 Position 2에서 가장 짧았다($P=0.08$).
- 검사시간은 Position 3에서 밝기에 따라 유의한 차이를 나타냈다.
- 검사오류에 의한 분류에서 검사시간과 선호도는 반비례 관계를 나타냈다.
- 검사시간은 L1부터 L5까지의 밝기일 때, 위치변화에 따라 유의한 차이를 나타냈다.

2) 투파조명실험

- 검사오류는 Height 2에서 가장 적게 발생하였다($P=0.09$).
- 선호도는 Height 3에서 가장 높았다($P=0.02$).
- 선호도는 L1에서 가장 낮은 것으로 나타났다($P=0.08$).
- 선호도에 의한 분류에서 검사시간과 검사오류는 비례관계를 나타냈다.

위와 같은 실험결과들을 종합하여 최적 조명조건에 관한 대안들을 제시하였다. 한편 현장적용을 위해서는 현실제약조건을 고려하여 최종적으로 조명조건을 결정하여야 한다. 또한 최적대안들을 근거로, 현재의 조명조건들에 대한 평가 및 개선이 실현될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 이 철웅, “육안검사작업에서의 Glare양과 노출시간이 Visual Fatigue에 미치는 영향에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울대학교 1994.
- [2] 지 철근, 최신 조명공학, 문운당, 서울, 1986.
- [3] Drury C.G., "Inspection of sheet materials - Model and data", Human Factors, 17, 257-265, 1975.
- [4] Drury C.G., "Integrating human factors models into statistical quality control", Human Factors, 20(5), 561-572, 1978.