

차세대 FPD용 Glass 이송 시스템의 카세트 최적 설계를 위한 처짐 해석 Deflection Analysis for Optimum Design of Next Generation FPD Transfer System

*황성현¹, 정광민¹, #최현창¹, 박성호²

*S. H. Hwang¹, K. M. Jung¹, #H. C. Choi¹(hcchoi@tu.ac.kr), S. H. Park²

¹ 동명대학교 메카트로닉스공학과, ²(주)트인텍

Key words : FPD (Flat Panel Display) Transfer System, LCD Panel, Deflection Analysis, Optimum Design, TCS System

1. 서론

국내 FPD(Flat Panel Display) 산업은 LCD 및 PDP를 중심으로 연구개발, 생산 및 지원이 이루어져 왔고, 이 분야에서는 선진국 수준의 기술과 생산량을 확보하고 있으며, 세계적으로 기술을 이끌어 나가는 추세에 있다. 반면 물류 자동화 시스템을 포함한 FPD 제조장비는 거의 대부분 일본, 미국으로부터의 수입에 의존하고 있으며, 극히 일부가 국내 기술에 의하여 개발되어 적용되고 있으나 미국, 일본 등의 선진 기술 수준과 비교할 때 초보적인 수준에 있다. FPD 공정에 있어서 국내에서도 현재까지 물류 운송 시스템 및 통합제어 시스템 등의 지속적인 시스템 개발이 이루어져 왔음에도 불구하고 외국 시스템과 비교하여 차세대 FPD 공장에서 요구되는 정밀도를 충족시키지 못하는 문제점을 갖고 있다. 특히, 글라스의 크기에 비해 두께가 매우 얇기 때문에 정밀도가 유지되지 않는 물류 방식은 오염, 손상 등 비효율적인 물류 시스템으로 인해 시간의 손실 등의 문제점이 발생할 가능성이 높다.

7세대 이상의 대형 패널을 손상없이 카세트에 출납시키는 방법, 카세트 내에서 대형 패널을 지지하기 위한 지지부에 대한 연구, 카세트내의 대형 패널의 처짐 현상 최소화, 카세트 이송시 진동으로 인한 패널의 손상 최소화, 카세트 내에서 패널의 불량 발생 시 이를 인식할 수 있는 방법 등 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 FPD 이송 시스템에서 카세트의 처짐 해석을 수행함으로써 글라스에 발생 될 수 있는 오염 및 손상을 최소화 하였다.

2. 실험

2.1 실험 방법

본 연구에서는 FPD 물류 시스템 중에 TCS(Timing Control Station) 시스템에서 대량 FPD가 적재되어 이송되는 카세트의 처짐 해석을 수행하였다. TCS 시스템과 카세트의 Analysis Model은 Fig 1(a), (b)에 각각 나타나 있다. 이 카세트는 FPD 저장고에서 대량의 FPD가 적재되어 있는 상태에서 이를 낱장으로 출력되는 버퍼 스테이션으로 운반되며 버퍼 스테이션에서 수평 비접촉 이송장비로 이어지는 과정을 거친다. 이 이송 중 저장고에서 TCS 시스템에 카세트가 적재 되는 과정에서 카세트의 처짐을 측정한다.

2.2 실험 결과 적용

카세트의 처짐해석은 프로토타입 모델에서 최대 처짐을 얻고 이를 상용 구조해석 툴인 ANSYS를 이용하여 실제와 유사한 구속 조건을 시뮬레이션을 통해 얻어진 결과를 이용하여 카세트의 처짐해석에 적용하였다. 실험에 사용된 TCS 시스템과 카세트는 Fig 3(e), (f)에 나타나 있다.

Table 1 Material Properties of Cassette & Glass

	Aluminum	Stainless Steel	Corning 1737 Glass
Young's Modulus	71 GPa	193 GPa	70.9 GPa
Poisson's Ratio	0.33	0.31	0.33
Density	2770 kg/cm ³	7750 kg/m ³	2.75 g/cm ³

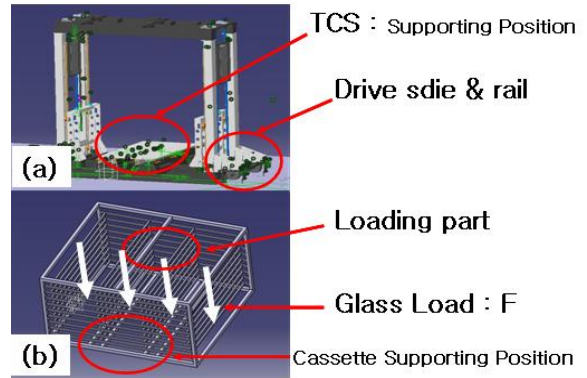


Fig 1 Design & Analysis Model ; (a) TCS System (Timing Control Station), (b) Cassette (Glass Loading Position)

실험에 사용된 소재는 알루미늄 프로파일로 제작된 카세트가 이용되었고 최대 처짐은 3.5 mm으로 측정 되었다. 이는 TCS 시스템 위에 카세트가 적재된 상태로 측정 되었으며, 상용인 툴인 ANSYS를 이용하여 자중에 의해 구조 해석된 최대 처짐 결과는 3.172 mm로 해석되었다. 실제 측정된 결과와 구조해석 결과를 비교 하여 실제 현상과 거의 동일한 구속 조건을 얻었다.

3. 처짐 해석

3.1 해석의 과정 및 결과

카세트의 처짐 해석은 각각의 소재를 이용하여 강도 및 처짐, 자중 등을 고려하여 해석을 수행하였다. 소재의 물성은 Table 1에 나타나 있다. 카세트는 처짐 해석의 결과 알루미늄과 스테인레스 스틸의 자중에 의해 각각 3.172 mm, 3.264 mm로 해석되었다. 자중에 의한 해석 결과는 Fig 2(a), (c) 나타나 있다. 글라스의 하중은 Fig 1.(b)에서 글라스 하중 F 지점에 실제 글라스가 적재 되었을 때 하중을 부여하였다. 글라스는 Corning 1737 Glass를 이용 적용하였다. 각 적재단에는 8Kg의 글라스가 10장씩 적재되며 이를 지지에 분포 하중으로 적용하였다.

해석은 카세트의 자체 처짐은 Fig 1(b) 부분을 보강하여 카세트 자체 처짐이 0.286 mm 이하가 되도록 하단 지지부에 가로 방향으로 4개 지지바를 추가하여, 1차로 모델을 개선하였다. 개선된 모델의 각 적재단에 자중과 글라스의 하중을 적용하여 처짐해석을 수행하여 8.412 mm, 4.881mm 최대 처짐을 얻었다.

해석 결과 발생한 처짐은 위쪽의 적재단의 지지부가 아랫쪽의 FPD에 접촉이 발생하는 것으로 나타났고, 이로 인해 오염 및 손상을 일으키거나 파손까지도 발생 시킬 수 있다고 판단되었다.

이를 보완하기 위해 최대 처짐량과 그 발생 지점에서 가로 지지바를 추가하고 지지바 수량을 증가시켜가며 해석을 수행하였다. 최대 처짐이 발생하는 적재단 가운데 지지바를 추가했을 경우 최대 처짐이 증가하는 결과를 보여 줬으며 이는 지지의 효과보다 자중의 증가효과가 더욱 크게 나타난 것으로 분석되었다.

지지바의 고정점을 메인 프레임이 고정하는 구조를 추가하여 하중의 지지력을 전체 카세트 프레임에서 고르게 받도록 모델을

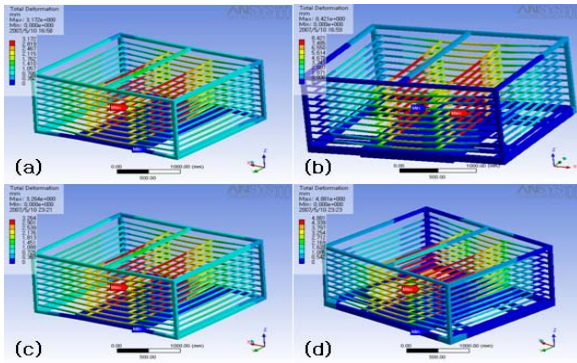


Fig 2 Deflection Analysis of Cassette ; (a) Aluminum Gravity, (b) Aluminum Gravity and Glass Load, (c) Stainless Steel Gravity, (d) Stainless Steel Gravity and Glass Load

수정하여 처짐해석을 수행하였다. 해석 결과 알루미늄과 스테인레스 스틸의 자중에 의한 처짐은 각각 1.028 mm, 1.058 mm, 글라스 하중을 적용한 최대 처짐은 1.513 mm 와 1.177 mm로 해석되었다. 알루미늄과 스테인레스 자중에 의한 처짐과 글라스 하중을 적용한 처짐은 Fig 3(a), (b), (c), (d)에 나타나 있다.

3.2 해석 결과 분석

처짐의 보완은 카세트 최하단부의 가로 방향으로 지지 바를 추가함으로써 카세트 전체의 처짐을 1 차적으로 보완하였고, 2 차적으로 각 적재단의 처짐을 보완하는 순서로 이루어졌다.

TCS 시스템에 적재단의 최대 처짐 허용치는 2 mm 이하다. 따라서 1 차적으로 개선된 카세트 구조는 알루미늄과 스테인레스 스틸의 경우 각각 8.412 mm, 4.881 mm로 처짐 해석되어 글라스를 적재한 상태로 적재단과 아래에 적재된 글라스와의 접촉이 발생하고 이로 인해 손상을 발생 시켜 카세트 구조의 개선이 필요하다고 판단되었다. 단순히 적재단의 최대 처짐부에 지지바를 추가했을때는 처짐 완화의 효과보다 자중을 증가시켰기 때문에 지지바를 카세트 메인 프레임에 고정 하여 지지를 보충하여 처짐을 완화시킬 수 있었다. 보완을 통해 얻어진 처짐은 Table 2에 나타나 있다.

알루미늄과 스테인레스 스틸의 최대 처짐을 비교하면, 처짐해석의 결과 스테인레스 스틸의 처짐이 좀 더 나은 결과를 보여 주고 있으나 Table 1 에 주어진 밀도 2770 kg/m³, 7750 kg/m³ 에서 알 수 있듯이 밀도가 3 배 이상의 차이를 보여 스테인레스 스틸로 제작 시 카세트 자중의 과도한 증가로 전체 TCS 시스템의 동작 부하를 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 개선된 구조의 알루미늄과 스테인레스 스틸의 처짐해석결과 각 재질의 처짐이 모두 안전하다고 판단되었기 때문에 전체 자중이 훨씬 가벼운 알루미늄이 더 적절하다고 판단하였다.

Table 2 Maximum Deflection of Cassette

Original Model	Aluminum	Stainless Steel
Gravity	3.172 mm	3.264 mm
Gravity + Glass Load	8.412 mm	4.881 mm
Improvement Model		
Gravity	1.028 mm	1.058 mm
Gravity + Glass Load	1.513 mm	1.177 mm

4. 결론

7세대 이상의 대형 FPD 이송 시스템은 이전의 이송 시스템과는 다르게 커진 FPD 사이즈와 무게를 지지하는 구조로 설계되어지며, 카세트 내에서 최소한의 처짐을 구현 오염, 손상의 가능성을 방지하는 구조 및 설계가 연구되고 있다.

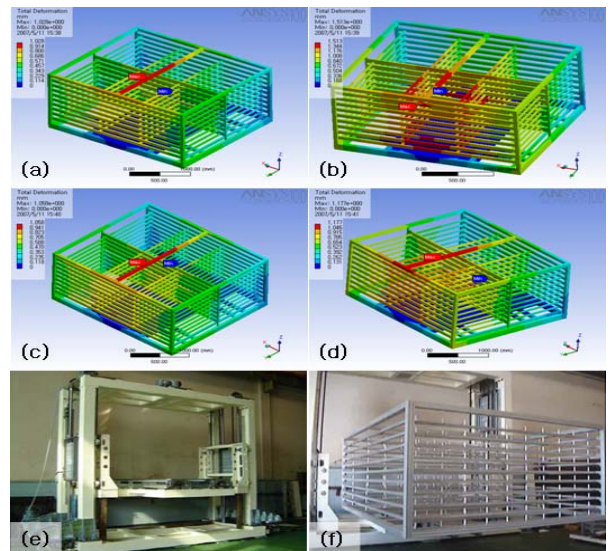


Fig 3 Deflection Analysis of Improvement Cassette ; (a) Aluminum Gravity, (b) Aluminum Gravity and Glass Load, (c) Stainless Steel Gravity, (d) Stainless Steel Gravity and Glass Load, (e) TCS System, (f) Cassette for FPD transfer System

본 연구에서 수행된 처짐해석은 신뢰성을 검증하기 위해실제 이송 TCS 시스템에 카세트에서 실험과 해석을 수행하였다.

TCS 시스템에 적재되어 이송되는 카세트의 최대 처짐은 중력 방향으로 크게 작용하고 Table 2 에 나와 있는 개선된 모델의 처짐해석의 결과를 통해 소재 및 1, 2 차에 걸쳐 카세트의 구조를 개선하여 TCS 시스템에서 카세트 처짐이 허용치 이내로 해석되었고, 카세트 내의 글라스는 안전하다고 판단되었다.

본 연구의 결과 앞으로 나올 7세대 이상의 FPD 이송 시스템 개발에 아주 중요한 자료가 될 것이며, 이송장비 응용분야에 크게 활용 될 것으로 보인다.

그러나 TCS 시스템의 이송장비의 신뢰성 연구에 더 큰 도움을 제공하기 위해서는 수평형 카세트뿐만 아니라 수직형 카세트에 관한 연구 및 로딩과 언로딩 시 발생하는 진동에 관한 실험과 연구를 통해 추가적인 검증이 필요하다.

후기

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 지역 산업 기술개발 사업의 지원에 의해 이루어 졌으며, 주관기업인 (주) 트인텍에도 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. J. S. HEO, " TFT - LCD 용 유리기판의 강건 최적 지지 위치의 선정에 관한 연구", 대한기계학회논문집, Vol 8, pp. 1001~1007, 2006
2. 김성원 외 3명, "Development of a FPD Stocker GUI", 반도체 장비기술 논문집, Vol. 2000, No.-, pp. 31~37, 2000
3. 탁태오 외 3명, "Vibration Attenuation Study for an LCD Panel Handling Robot", 産業技術研究, Vol. 24, No. B, pp. 73~81, 2004
4. M. S. Seo, M. Kim, H. Kim, "Study of Design Parameters for Semiconductor / FPD Cleanroom Focused on Airborne Contaminate", Key Engineering Materials, pp. 277~279,2005
5. 정병창, " Study on the optimal supporting positions of TFT-LCD glass panel ", 한국과학기술원 석사학위논문, 2003