

초소형 고집적 모바일 커넥터부품 구조해석

전용준¹ · 신광호¹ · 허영무[†]

한국생산기술연구원 금형기술실용화연구그룹^{1,†}

Structural Analysis of High-Density Mobile Micro-Connector

Yong-Jun Jeon¹ · Kwang-Ho Shin¹ · Young-Moo Heo[†]

Mold&Dies Technology R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology^{1,†}

(Accepted May 28, 2015)

Abstract : Recently, as small-sized display products such as mobile phones and digital cameras have become lighter and smaller, the size of electric signal delivery part, connector for the mobile display products, also, needs to become smaller, so high-density integration like shortening the distance between signal delivery media, conductors is necessary. With the micro and high-density integration of the connector, it is necessary to maintain contact to a certain degree for keeping intensity and delivering electric signal smoothly to prevent a defect with a specific impact. Accordingly, this study carried out a structural analysis according to the operating mechanisms of 0.16CHP Class Bottom Contact FPC Connector and 0.24CHP Class BTB Connector mostly used in small-sized mobile display products such as mobile phones and digital cameras. As a result of the analysis, both connectors had lower than 997MPa, yield strength of connector material C5240-XSH, so it is judged that permanent plastic deformation would not occur, and that a contact force between the connector and FPC film occurs to a certain degree, so that there would not be any defect in electric signal delivery.

Key Words : Structural analysis, Connector, Contact Force, FPC film

1. 서 론

커넥터는 휴대폰, 디지털 카메라 등의 소형 모바일 디스플레이 제품의 서로 다른 부품간 전기 신호를 전달하는 전기 부품이다.

최근 휴대폰, 디지털 카메라 등의 디스플레이 기기의 경량화, 두께감소, 화소 증대, 소형화 등의 추세로 제품이 개발되고 있어 모바일 기기의 내부 부품들 또한 소형화 및 고집적화가 요구 되고 있다. 이에 따라 모바일 디스플레이 제품의 전기 신호 전달 부품인 커넥터 또한 커넥터 크기 감소가 요구되어 신호 전달 매개체인 도체간 거리 감소 등의 초소형 고집적화가 요구되고 있다¹⁾.

커넥터의 초소형 고집적화가 됨에 따라 일정 충격에서의 불량 방지를 위한 강도 유지 및 원활한 전기 신호 전달을 위한 일정 이상의 접촉 유지가 요구되어 진다.

따라서 본 연구에서는 휴대폰, 디지털 카메라 등의 소형 모바일 디스플레이 제품에 주로 사용되는 연성기판 커넥터인 0.16CHP급 Bottom Contact 협피치 FPC 커넥터 및 모바일 기기 및 디지털 카메라 등의 기판대 기판을 견고하게 연결하기 위해 사용되어지는 0.24CHP급 BTB 커넥터 2종에 대하여 커넥터 및 FPC 간의 조립공정에서의 작동 메커니즘에 따른 구조해석을 실시하고 FPC 필름 조립시 발생하는 응력 및 커넥터와 FPC 필름간의 접촉력에 대해 확인 하여 조립공정에서의 제품 불량에 대해 예측해보고자 하였다.

1. 한국생산기술연구원 금형기술실용화연구그룹
† 교신저자 : 한국생산기술연구원 금형기술실용화연구그룹
E-mail : ymheo@kitech.re.kr

2. 커넥터 구조해석

2.1. 구조해석 모델 선정

2.1.1. 0.16CHP급 Bottom Contact FPC 커넥터

0.16CHP급 Bottom Contact FPC 커넥터 터미널은 Fig.1과 같이 Pitch 0.2mm, Hight 0.8mm, Depth 2.7mm로 61핀으로 구성되어 있다.

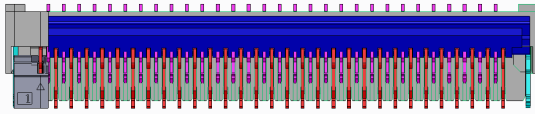


Fig. 1 0.16CHP Bottom contact FPC connector terminal

FPC 필름의 삽입 메커니즘은 Fig. 2와 같이 Actuator가 126° 회전하여 열리면 FPC 필름을 Odd Terminal 및 Even Terminal에 삽입을 하고 이후 Actuator를 다시 126° 회전하여 닫으면서 FPC 필름을 눌러주며 삽입 공정이 끝나게 된다.

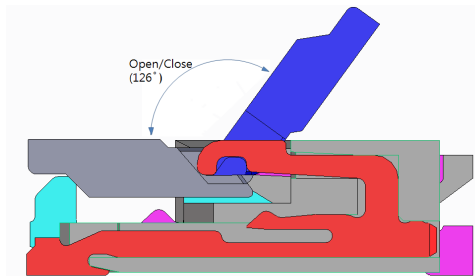


Fig. 2 FPC film insertion mechanism

0.16CHP급 Bottom Contact FPC 커넥터 터미널의 전체 모델의 경우 매우 많은 수의 터미널로 구성되어 있어서 전체 모델을 대상으로 해석할 경우 정밀도의 급격한 하락과 시간적 소모가 심하여 Fig. 3 같이 해석 모델을 간략화 하였다. 간략화 된 모델의 경우 Odd, Even Terminal 61개의 핀이 주기적, 반복적으로 배치되어 있고, FPC가 완전히 결합이 이루어진 최종 결합상태만이 결합력에 영향을 주고 있으므로 Odd Terminal 1개, Even Terminal 1개와 FPC를 Fig.3과 같이 해석 모델로 선정하였다.

2.1.2. 0.16CHP급 Bottom Contact FPC 커넥터

0.24CHP급 BTB 커넥터의 경우 Fig. 4와 같이 Plug, Plug Housing, Socket, Socket Housing으로 구성되어 있으며 Fig. 5와 같이 Pitch 0.4mm, Hight 0.6mm 71핀으로 되어 있다. 이 또한 작동 메커니즘을 확인하여 해석 모델을 간략화 하였다.

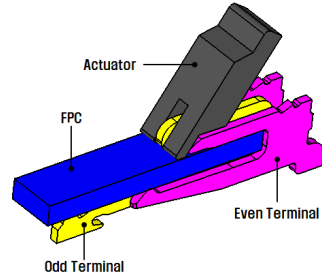


Fig. 3 Shape of the structural analysis model

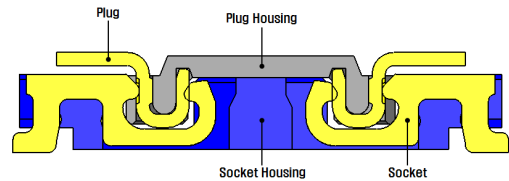


Fig. 4 0.24CHP급 BTB connectors construction

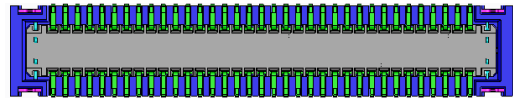


Fig. 5 0.24CHP BTB connectors

BTB 커넥터의 경우 71핀 모두 동일하게 배치되어 Fig. 6과 같이 Plug과 Plug Terminal이 하단부로 이동하여 Socket과 Socket Terminal 내부로 삽입을 하고 Plug와 Socket의 Terminal이 전기적, 기계적으로 결합하는 작동 메커니즘을 갖는 것을 확인하고, Fig. 7과 같이 Plug와 Socket 각각 1개조를 선정하여 해석하였다.

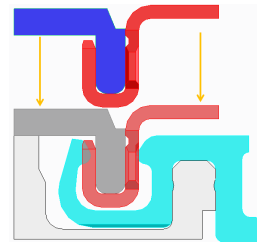


Fig. 6 Plug insertion mechanism

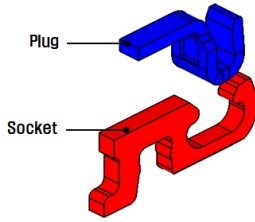


Fig. 7 Shape of the structural analysis model

2.2. 구조해석 조건

2.2.1. 소재 물성 조건

FPC 커넥터의 경우 Odd, Even Terminal은 인청동(C5240-XSH)를 적용하였으며 FPC 필름의 경우 폴리이미드(Polyimide) 소재를 적용하였다. 또한 FPC 필름을 눌러주는 역할을 하는 Actuator의 경우 강체 모델(Rigid body)로 설정하였다.

BTB 커넥터의 경우 Socket 소재를 앞서 FPC 커넥터의 터미널 소재와 동일한 인청동을 적용하였으며 Plug의 경우 강체모델로 설정하였다. 해석에 적용된 소재의 물성은 Table 1과 같다.

Table 1 Mechanical properties for structural analysis

	E (GPa)	ρ (kg/m ³)	ν	Ts (MPa)	Ys (MPa)
C5240-XSH	100	8780	0.34	1039	997
Polyimide	4	1430	0.3	164	57

2.2.2. 경계 조건

구조해석을 위한 경계조건으로는 Fig. 8, 9에서 보는바와 같이 각 커넥터의 조립 특성을 고려하여 각각의 하우징과 결합되는 부위와 바닥에 닿는 부위에 구속조건을 부여하였다.

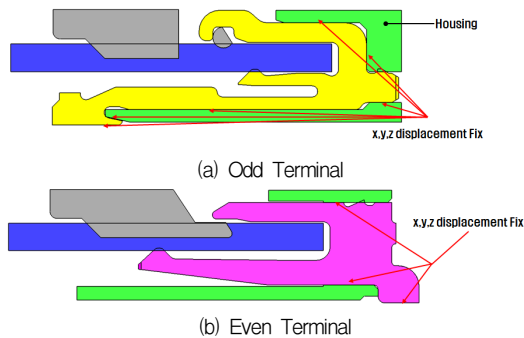


Fig. 8 Boundary conditions of the 0.16C_{HP} Bottom Contact FPC connector

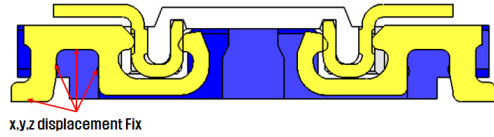


Fig. 9 Boundary conditions of the 0.24C_{HP} BTB connector

2.3. 유한요소 생성

구조해석을 위한 유한요소 모델링을 실시하였다. FPC 커넥터의 경우 FPC 필름은 정육면체 요소를 사용하였으며 터미널의 경우 사면체 요소인 Tetra mesh를 적용하였다. Actuator는 강체로 적용하기 위해 Surface로 모델링 하였다.

해석에 적용된 Mesh 수는 정육면체 요소 27,600개, 사면체요소 47,077개로 총 120,285의 요소를 생성하였다.

BTB 커넥터의 경우 Socket은 사면체 요소인 Tetra Mesh를 적용하였고, Plug의 경우 강체(Rigid body)로 적용하기 위해 Surface로 모델링 하였다. 3,544의 요소를 생성하였다. 유한요소를 생성 시 정밀도를 높이기 위하여 균일 메쉬를 생성하지 않고 응력 또는 경계조건이 집중되는 부위에 대하여 부분 조밀 메쉬를 생성하였다.

3. 커넥터 구조해석 결과

3.1. 응력 특성

앞에서 선정한 구조해석 조건을 부여하여 구조해석을 실시하였다. 구조해석을 위한 상용 프로그램으로는 Ansys Inc.사의 Ansys 14.5를 사용하였다.

3.1.1. FPC 커넥터 응력 특성

FPC 필름 조립공정에 의한 Terminal부의 변형형상은 Fig. 10의 응력분포와 같이 도시되어 있다. Actuator가 FPC 필름을 눌러줌에 따라 FPC 필름 및 Odd/Even Terminal이 변형됨을 확인할 수 있다.

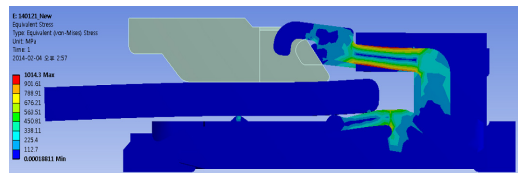
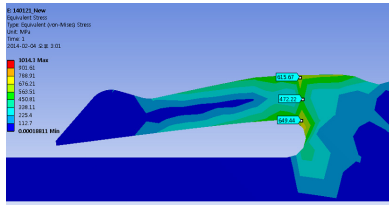
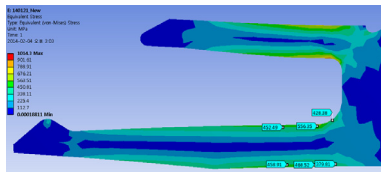


Fig. 10 Deformed shape of the structure analysis for 0.16C_{HP} Bottom Contact FPC connector

FPC 필름 조립에 의한 Terminal 부에 가해지는 응력 변화를 확인 하여 보면 최대 1014.3MPa의 응력이 발생됨을 확인하였다. 이는 Terminal의 소재인 C5240-XSH의 항복강도인 755MPa 보다 부분적으로 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 이를 좀 더 세부적으로 확인하기 위해 Fig. 11에서와 같이 Odd 및 Even Terminal 각각에서 가장 큰 응력이 발생하는 부위를 확인하였다. Odd 및 Even Terminal에서 각각 649.44MPa, 556.35MPa의 응력이 발생되었다. 이는 앞서 기술한 Terminal 소재인 C5240-XSH의 항복강도 보다 낮은 응력 값을 보여 터미널 전반에 걸친 영구 소성변형은 일어나지 않을 것으로 판단된다.



(a) Odd Terminal



(b) Even Terminal

Fig. 11 Stress distribution of the structure analysis for 0.16C_{HP} Bottom Contact FPC connector

3.1.2. BTB 커넥터 응력 특성

Plug 조립에 의한 Socket의 변형형상은 Fig. 12의 응력 분포와 같이 도시되어 있다. Plug 조립에 의해 Socket이 변형됨을 확인할 수 있다.

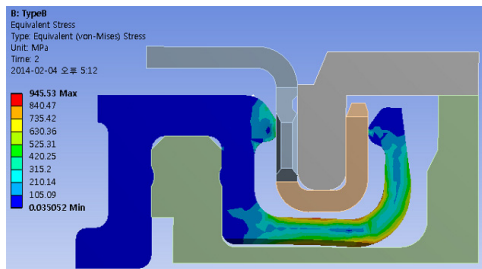


Fig. 12 Deformed shape of the structure analysis for 0.24C_{HP} BTB connector

Plug 조립시 Socket에 걸리는 응력의 경우 최대 945.5MPa이 발생되었다. 이는 Socket 소재인 C5240-XSH의 항복 강도인 755MPa 보다 높게 나타나고 있으나, 전반적인 터미널의 응력은 이보다 낮아 영구적인 소성변형은 일어나지 않는 것으로 판단된다. 최대응력 발생 부위는 Fig. 13에서 보는 바와 같이 Socket 하측 평면부에서 발생됨을 볼 수 있으며 이는 Plug 조립에 의해 Socket 접촉부위가 밀려나면서 변형이 발생되어 높은 응력이 발생됨을 판단하였다.

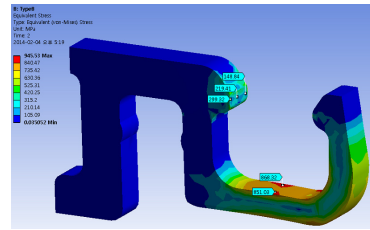


Fig. 13 Stress distribution of the structure analysis for 0.24C_{HP} BTB connector

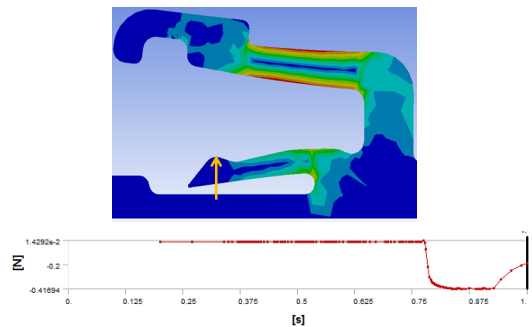
3.2. 접촉력 특성

앞서 명기한 바와 같이 커넥터는 전기 신호를 전달하는 역할을 한다. 이에 따라 각 부품간의 접촉이 매우 중요하다. 이에 따라 각 커넥터에서의 접촉부위의 접촉력에 대해 확인하였다.

3.2.1. FPC 커넥터 접촉력 특성

Terminal과 FPC 필름의 접촉부에서의 접촉력에 대해 확인하였다.

Odd 및 Even Terminal 각각의 FPC 접촉 지점에 대해 접촉력을 확인하였다. 각 Terminal에서의 측정 부위와 유도된 접촉력은 Fig. 14와 같다.



(a) Odd Terminal

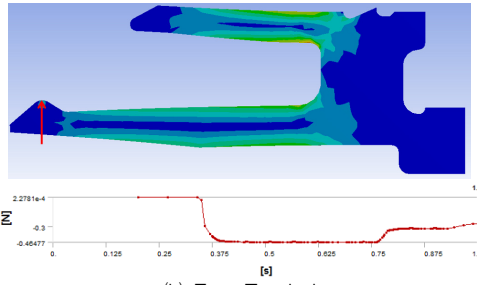


Fig. 14 Contact force of the 0.16C_{HP} Bottom Contact FPC connector

Actuator의 스트로크 변화에 따른 접촉력 변화를 확인 하여 보면 모든 부위에서 Actuator가 FPC 필름을 눌러줌에 따라 접촉력이 향상되는 것을 확인 할 수 있으며, Odd 및 Even Terminal 각각 0.192N, 0.272N의 접촉력이 발생되어 접촉에 의한 불량 발생되지 않음을 예측하였다.

3.2.2. BTB 커넥터 접촉력 특성

Plug와 Socket의 접촉부위에서의 접촉력에 대해 확인하였다. 접촉력 측정 부위는 Fig. 15에서 보는 바와 같이 Socket과 Plug가 결합된 후 접촉이 유지되는 부위를 선정하였다.

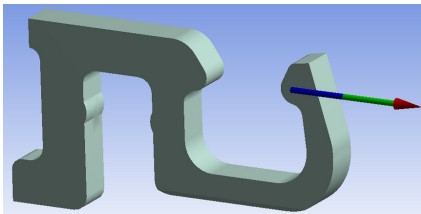


Fig. 15 Measuring point for contact force of the 0.24C_{HP} BTB connector

접촉력 측정 결과는 Fig. 16과 같이 Plug 삽입 스트로크 변화에 따른 접촉력 변화량으로 표시하였다. 스트로크가 진행됨에 따라 접촉력이 증가함을 확인 하여 최대 0.60688N이 발생됨을 확인하였다. BTB 커넥터 또한 접촉에 의한 불량이 발생되지 않음을 예측하였다.

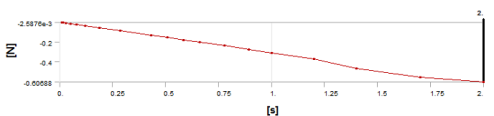


Fig. 16 Contact force of the 0.24C_{HP} BTB connector

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 초소형 모바일기기 신호전달용 부품인 초소형 고집적 커넥터 2종에 대하여 구조해석을 실시하고 부품 결합시 발생하는 응력 및 접촉력을 확인하여 제품 불량 발생에 대한 예측을 하였다.

1) FPC 커넥터의 경우 FPC 필름과 터미널간의 결합시 Odd 및 Even Terminal 각각 649.44MPa, 556.35MPa의 응력이 발생되었다. 이는 터미널의 소재인 인청동(C5240-XSH)의 항복강도인 997MPa 보다 낮아 영구적인 소성변형이 발생되지 않을 것으로 보인다.

2) BTB 커넥터 또한 Plug와 Socket 결합시 최대 945.5MPa의 응력이 발생되어 Socket의 소재인 인청동의 항복강도 보다 높으나 전반적인 터미널 응력이 인청동의 항복강도 이하이므로 영구 소성변형에 의한 불량은 발생되지 않을 것으로 판단된다.

3) 커넥터의 주역할인 전기신호전달에 대한 불량을 확인하기 위해 부품간 접촉력을 확인하였다. FPC 커넥터의 경우 조립 공정에서 Actuator가 FPC 필름을 눌러줌에 따라 Odd 및 Even Terminal의 접촉력이 증가하여 신호전달 불량이 발생되지 않을 것으로 판단된다.

4) BTB 커넥터의 경우 Plug 홈과 Socket 조립시 일정 이상의 접촉력이 발생되어 신호전달 불량이 발생되지 않을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 우수제조기술연구센터사업(과제번호:KF-12-0004)으로 연구 성과 내용의 일부로 게재되었습니다.

참고문헌

- 1) 신광호, 전용준, 허영무, “유한요소해석을 통한 모바일용 초소형 고집적 커넥터 불량예측”, 한국금형공학회 하계학술대회 논문집, pp. 123-127, 2013.
- 2) 박형서, “조정밀 협피치 FPC 커넥터의 체결해석 및 형상 설계”, 강원대, 석사학위논문, 2011.
- 3) 연복희, 조세훈, 노용준, 김유민, 김대기, 박완기, “고효율 자동차용 고전압 커넥터 개발”, 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 2399-2404, 2007.