

# 슬라이딩 커버의 신뢰성 시험 및 구조개선 연구

송준엽\*, 강제훈\*, 김옥구#, 김태형\*\*

## A study on the Reliability Experiment and the Structural Improvement of Sliding Cover

Jun Yeob Song\*, Jae Hun Kang\*, Ok Koo Kim# and Tae Hyung Kim \*\*

### ABSTRACT

Recently, the high-speed and intelligence technology of machine tools are developed for the high efficiency of productivity. Under the operating condition from the high-speed of machine tools, the various failure modes can occur in core units of manufacturing system. Therefore it is for the reliability concept of machine tool to be required in a design level. And the above-stated technology must be accommodated in the feeding and spindle subsystem, etc those are the core units of machine tools. In this study, we are developed the test-bed of sliding cover (C-plate) in order to evaluating reliability and estimating failure modes of feeding subsystem under operating conditions. The reliability experiment using the developed test-bed and the additional structural analysis executed on single and double structure. We found out the weak parts of sliding cover and were able to predict a life cycle from the experiment results. In this study, we propose the new C-plate model with double link structure to apply the high-speed machine tool in the fundamental guideline.

**Key Words** : Sliding cover(슬라이딩 커버), C-plate(C-플레이트), Failure mode(고장모드), Weak parts(취약부), Reliability experiment(신뢰성 시험), Link-structure(링크구조)

### 1. 서론

최근의 공작기계와 같은 생산 제조 분야에서는 생산성과 기능성의 향상을 추구하고자 전세계적으로 고속화, 지능화를 위한 다양한 기술 개발에 관련된 연구들이 수행되고 있다.<sup>1</sup>

공작 기계류와 같은 생산가공 시스템 및 구조물은 다수의 유니트와 요소 부품 등으로 구성되고, 서로의 기능들이 관련되어 전체 시스템의 기능을

발휘하게 되므로 각 유니트와 부품의 신뢰성이 곧 전체시스템의 신뢰도를 결정하게 된다고 할 수 있다. 그러나, 시스템의 고속화, 지능화 구현에 있어 기존에 적용되었던 구성 유니트와 부품들의 기계적 특성치(강성, 강도 등)의 정보부족과 고장모드를 포함한 수명 측면의 내구성의 저하는 신뢰성이란 문제로 대두될 수 있다. 상용화되고 있는 기존의 고속가공시스템과 차별성 있는 차세대형 초고속가공시스템을 개발하기 위해서는 성능적으로 약 70,000 rpm 이상의 고속주축 뿐만 아니라 120m/min

... 접수일: 2004년 9월 6일; 게재승인일: 2005년 4월 15일  
\* 한국기계연구원 지능형정밀기계연구본부 지능기계연구센터  
# 교신저자: 한국기계연구원 지능형정밀기계연구본부  
E-mail sjy658@kimm.re.kr Tel. (042) 868-7144  
\*\* 두산인프라코어㈜ 공작기계연구실

이상의 급속 이송속도를 요구 받고 있다. 따라서 가혹한 운용 조건과 사용 환경 분위기 하에서 신뢰성 높게 적용할 수 있는 추천모델의 채택이 반드시 동반되어야 한다. 그러나 고속화에 대한 주축계의 성능평가 시험은 생산 제조사에서 대부분 전량 검사로써 제품의 신뢰성에 대해 판별하고 있지만, 이송계를 구성하고 있는 슬라이딩 커버의 경우에는 체계적이고 전문화된 신뢰성 시험평가가 수행되지 않고 있어 실제 적용상의 고장유형이나 내구성 및 운동 특성 등에 대한 정량적이고 객관적인 데이터가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 다량으로 강하게 공급되는 절삭유와 다량으로 배출되어 비산되는 칩 등으로부터 습동부를 보호하기 위하여 사용되어지는 슬라이딩 커버를 대상으로 QFD (Quality Function Deployment; 품질기능전개) 기법을 적용하여 가동 분위기에 따른 고장모드를 분류· 분석한다. 또한 신뢰성 시험평가용 Test-bed 를 개발하여 실용화 모델에 대해 가속시험을 수행함으로써 반복작동에 따른 누적피로를 고장모드 및 수명으로 연계 시키는 연구를 수행한다.

한편 고장모드와 시뮬레이션 해석결과를 비교, 평가함으로써 기존 작업자의 경험에 기초하여 정성적으로 수명을 판단하던 것을 정량적으로 수명을 판단할 수 있는 기준을 마련한다. 이상의 연구는 향후 차세대형 초고속 가공시스템에 적용할 슬라이딩 커버의 새로운 모델에 대한 신뢰성 높은 설계 데이터를 확보할 수 있는 기초적인 지침으로 제시코자 한다.

## 2. QFD 분석 및 신뢰성 평가장치 개발

### 2.1 QFD 분석

머시닝 센터(Machining Center)와 같은 가공시스템은 다수의 부품과 유니트들로 구성되며 이들이 지니는 각 고유기능이 전체 시스템의 성능에 영향을 줄 수 있어서 기계류, 부품에 대한 신뢰성 평가 및 고장모드 해석 등에 관한 연구<sup>5,6</sup>가 수행되고 있었다.

본 연구에서는 이송계를 구성하는 슬라이딩 커버를 대상으로 하여 고속화에 따른 가동 분위기 인자와 고장 모드간의 상호관계를 정량적으로 유추하기 위하여 QFD 기법<sup>7</sup>을 활용한 신뢰성 분석 기준을 Table 1 과 같이 마련하고, 주요 신뢰성 평

가항목을 설정하였다.

Table 1 Variable trouble status and failure mode of sliding cover occurred in life cycle

Failure mode Operating Condition	Low performance	Noise	Vibration	Wear	Brea- kage	Corro- sion
Repetitive motion	☆	○	○	☆	○	-
Vibration impact	○	○	☆	△	☆	-
Over-speed	☆	☆	△	△	○	-
Overload	○	△	△	△	☆	-
Explosion	△	-	-	△	△	○
Environment	○	△	○	○	△	☆
Coolant contamination	△	-	-	-	-	○
Score	29	17	17	16	26	15

(Weighting factor : ☆ 9, ○ 3, △ 1)

슬라이딩 커버는 Table 1 에 제시된 것처럼 다양한 작동 분위기의 인자들에 의하여 복잡하고 다양한 고장 모드가 발생할 수 있다. 즉, 왕복 운동에 의한 성능저하와 마모, 진동충격에 의한 과진동과 파단, 과속에 의한 성능저하와 소음, 과부하에 의한 파단, 내환경성에 의한 부식 등을 들 수 있다. 그 중에서도 반복운동과 진동 충격에 의한 고장모드는 구조물의 내구성과 직결되어 이송계의 수명에 지대한 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

일반적으로 내구성 측면에서의 신뢰성 인자는 소음과 진동요소를 주 대상으로 평가를 하게 되지만, 현재 사용되는 슬라이딩 커버의 수명은 정량적인 판단기준이 없어 생산현장 작업자의 노후성감지 경험사례를 기준으로 하여 7 시간/일 작업시간에 약 12~18 개월 정도를 사용수명으로 하여 주기적으로 교체하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 고속·지능형 가공시스템의 운전조건 하에서 예상되는 고장모드, 열화현상 등의 원인을 분석할 수 있도록 가속수명 실험용 슬라이딩 커버의 신뢰성 시험기를 설계, 개발<sup>2,3</sup>하였다.

### 2.2 신뢰성 평가 장치 개발

120m/min 이상의 급속 이송속도 하에서 슬라이딩 커버의 내구성 측면의 고장모드를 평가, 분석

할 수 있는 실험장치를 고안, 제작(Fig. 1 참조)하였다. 고안된 시험기는 공압 실린더를 이용하여 급속 이송운동을 반복적으로 수행할 수 있도록 하고, 양 끝단에서의 충격 하중을 흡수하기 위하여 스프링 쿠션에 의한 댐핑장치를 채용하였다. 부가적으로 기계식 댐퍼에 의존한 신뢰성 시험기<sup>3,4</sup>의 문제점을 보완하기 위해 솔레노이드 밸브와 근접 센서를 추가 장착하여 왕복 이송작동 시 센싱에 의한 에어 댐핑효과를 동시에 부여 반도록 하였다. 한편 공압 실린더에 의한 작용력의 불균형 문제점을 차단하고, 효율적인 밸런싱을 추구하기 위하여 더블 바 형태의 가이드를 채택하여, 다양한 재원의 슬라이딩 커버에 대한 적용실험이 가능토록 설계하였다. 유연성 높은 가이드를 구성함으로써 행정 길이의 변화에 적용이 가능하여 실제 현장에서 채택되는 다양한 사양에 대응할 수 있는 실험장치를 구성하게 되었다. 한편, 진동, 소음센서로부터 측정된 미세한 주파수 신호 출력치는 증폭기를 통하여 증폭한 후 필터링을 거쳐 전류 변환기에 의하여 변환된 신호를 Labview SW 를 이용하여 데이터를 수집하고, 추후 Time Domain 상에서 분석할 수 있도록 운영시스템을 개발, 탑재하였다.

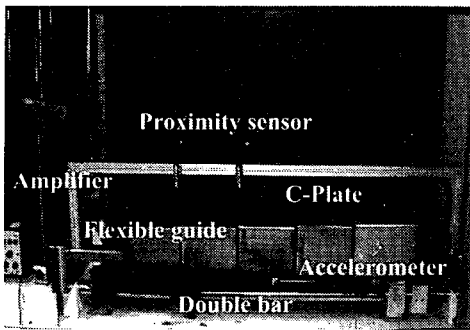


Fig. 1 Test Bed for life cycle test of sliding covers

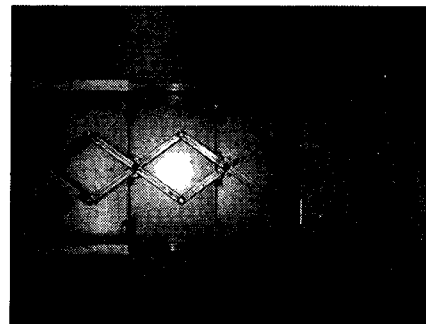
### 3. C-Plate 의 신뢰성 시험

#### 3.1 실험 방법

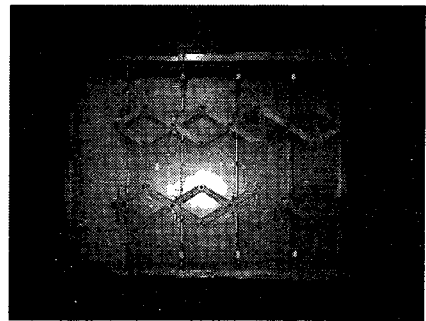
본 실험에서는 Fig. 2 에 제시된 것처럼 각각 4, 장의 일반 압연 강판(SPCC)으로 구성된 싱글 및 더블 링크형의 자바라식 축소모델 C-plate 를 사용하였다.

실험방법은 제작된 H/W Test-bed 에 상기 C-plate 를 장착하고, 공압 실린더를 이용하여 급속 전진과

귀환 방식의 반복적인 왕복 이송운동에 의한 가속 수명 실험을 수행하였다. 가속도 센서 (Accelerometer)는 C-plate 의 끝단 판재 상단에 부착하여 반복적인 운동회수의 누적에 따른 진동 성분의 변화를 측정하였다. 특히 고속 이송시 양 끝단에서의 진동 충격력을 흡수하기 위해 설치된 스프링 쿠션과 솔레노이드 밸브를 이용한 에어 댐핑 효과에 의해 안정적인 신호취득이 가능하였다.



(a) Single link type



(b) Double link type

Fig. 2 Structure of single & double link type C-plate

#### 3.2 싱글 링크구조의 가속수명 실험

본 실험에서 초기 지점에서 스프링 댐퍼가 있는 끝단까지의 급속 전진 이송시간은 약 0.5 초, 끝단에서 초기 지점까지의 급속 귀환 이송시간도 약 0.5 초 정도이며, 단위작동 내 중간 정지시간은 각각 2 초 정도이다. 이러한 실험조건은 이송거리 1m 를 급속 이송속도 약 120m/min 하에서 설정된 것으로 단위 주기(Stroke)시간은 약 5 초 정도이다. 일반적인 생산현장의 조사결과에 의하면 머시닝 센터의 운영 시 비가공 급속 이송시간은 전체 작

업시간의 약 10% 정도로 추정하고 있어, Fig. 3 에 제시된 싱글 링크구조 C-plate 에 대한 실험결과를 분석해 보면 총 56 시간의 연속 시험기간으로 약 7 시간/일 작업시간 기준으로 환산하면 약 3.5 개월 정도의 수명을 보인다고 할 수 있다. 따라서 생산 현장에서 잠정 수명주기로 추천하고 있는 약 12~18 개월의 약 1/4 정도 밖에 미치지 못하는 수명을 갖고 있다고 예측할 수 있다. 이러한 결과는 Fig. 4 에 나타난 바와 같이 시간경과에 따라 진동 성분의 주파수가 서서히 증가하고 있으며, 15% 이상 증가된 시점을 한계치로 설정한 기준에 의한 것이다.

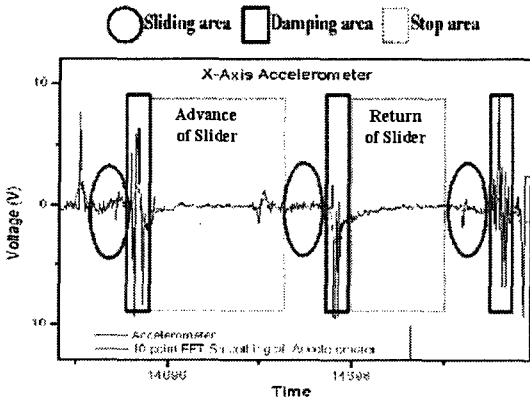


Fig. 3 Vibration characteristic of single link C-plate

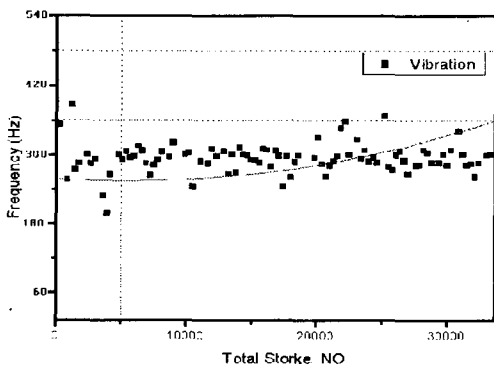


Fig. 4 Vibration signal variation of single link type C-plate in time domain

C-plate 의 소재는 냉간 압연강판으로써 중량이 상대적으로 큰 관계로 고속 이송속도의 조건 하에서 관성이 커져 시간이 경과함에 따라 진동 발생

측면에서 상대적으로 노화되는 경향이 뚜렷하게 나타난다는 것을 확인할 수 있었다. 임계시점을 명확하게 판별할 수는 없으나, 예측되는 수명도달 시점에서 C-plate 가 공압 실린더에 의하여 최종적으로 접혀지는 끝단 판재에서 Fig. 5 에 나타난 바와 같이 링크결합을 위한 브리지(bridge)의 Neck 부위에서 파단 현상이 발생하였다. 이와 같은 현상은 기계식 스프링 댐퍼에 의한 충격하중이 가장 크게 전파되는 부위에서 발생되었고, 실험에 사용된 싱글링크 구조 C-plate 의 허용 고속 이송속도 최대치가 약 60 m/min 인 점을 감안할 때 시험기에 공압 댐핑 방식을 병행시키고, 고속 이송용으로 후판의 더블 자바라 링크 및 리브 구조로 개선하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

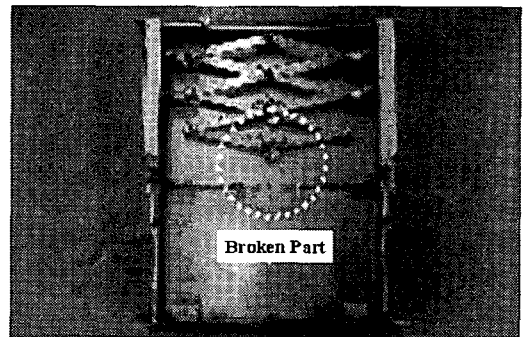


Fig. 5 Breakage form of single link type C-plate

### 3.3 더블 링크구조의 가속수명 실험

공압 실린더와 기계식 스프링 댐퍼 만을 장착하여 수행한 선행 연구<sup>4</sup>에서 과도한 충격력에 의해 나타나는 비정상상태의 파단현상을 억제시키기 위해, 솔레노이드 밸브에 의한 에어 댐핑효과를 부여하고, 보다 실용적인 조건, 즉 지속적인 반복 운동의 운용 분위기를 설정하여 더블 링크구조의 C-plate 를 대상으로 추가적인 실험을 수행하였다.

실험조건은 싱글 링크구조와 동일하게 초기 지점에서 스프링 댐퍼가 있는 끝단까지의 급속 전진 이송시간과 끝단에서 초기 지점까지의 급속 귀환 이송시간은 각각 약 0.5 초 정도이며, 단위작동 내 중간 정지시간은 각각 2 초 정도이다.

Fig.6 은 더블 링크구조의 C-plate 에 대한 진동 특성을 분석한 결과이다.

가속수명조건에 의한 총 310 시간의 반복운동

실험을 수행한 바에 의하면 Fig.7 에 나타낸 바와 같이 시간의 경과에 따라 진동 특성치가 전체적으로 초기 대비 약 15% 정도 증가하는 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

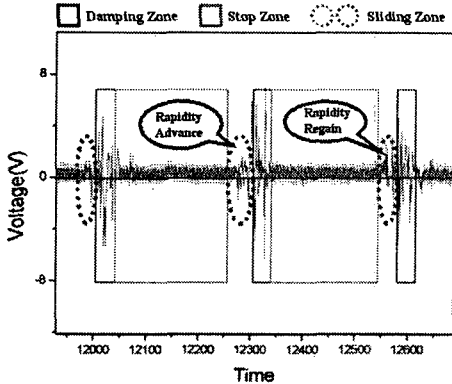


Fig. 6 Vibration characteristic of double link type C-plate

또한, 초기 대비 약 230 시간 정도의 경과(수명 14 개월 시점)까지는 평균값에 준한 특성을 나타내고 있어 이상현상을 파악할 수가 없었다. 그러나 약 250 시간의 경과시간(수명 15 개월 시점) 이후부터는 서서히 증가하는 현상을 확인할 수 있었는데, 이러한 현상은 순수한 슬라이딩 운동으로 인한 구조물의 노화현상으로, 급속 운동조건으로 인한 마모 및 재질의 반복운동에 의한 피로현상이 점차 누적되어 나타나는 현상으로 추정된다.

한편 Fig.7 에서 수명도달 임계시점(진동 성분 15%이상 증가시점)이 명확히 나타나는 않지만 C-plate 의 예측 고유 수명 주기인 약 18 개월의 시점에서 피로 현상만 나타내고 있어 실제 사용 시에 구조적인 문제점으로 인한 성능저하는 없을 것으로 추정된다. 이상의 실험결과, 총 310 시간의 연속 시험 기간은 7 시간/일 작업시간 기준으로 약 18.5 개월 정도의 수명주기로 환산될 수 있어 더블 링크구조는 고속가공시스템에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 4. C-Plate 의 구조해석

상기와 같이 급속 이송속도의 운동조건 하에서 C-plate 의 동특성 측면에서의 신뢰성. 평가시험의 결과에 의하면 양측 단 도달시점에서의 충격력에 의한 진동과 사용분위기로 인하여 싱글 링크형 구

조의 내구성은 잠정 수명주기보다 빠르게 저하되어 브리지의 Neck 부위에서 파단현상이 발생하였다. 반면에 더블 링크형 구조에서는 고유 수명주기를 상회하는 시점에서 피로현상이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

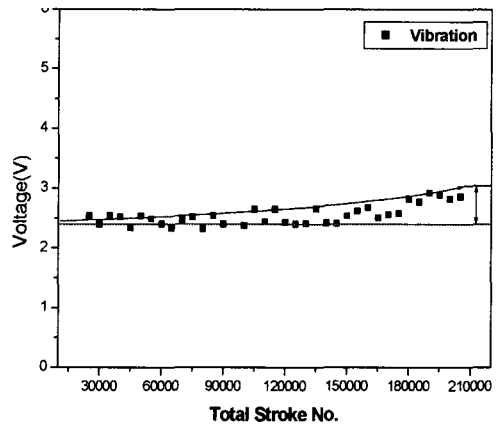


Fig. 7 Vibration signal variation of double link type C-plate in time domain

따라서 본 연구에서는 Table 1 에 제시된 가동 분위기에 따른 진동충격 및 반복 운동성 인자의 영향으로 발생한 고장모드를 해석적으로 검증하기 위해 본 실험으로부터 측정된 충격 하중치를 적용하여 취약부에 대해 구조해석을 병행하였다.

#### 4.1 충격하중 측정

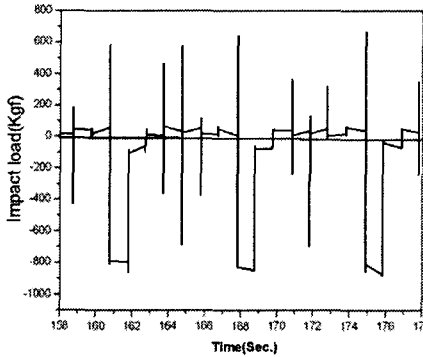
우선적으로 해석에 적용될 외력을 측정하기 위하여 예비실험에서 운동방향으로 초기 기준이 되는 판재의 수직면에 가속도계를 부착하여 모델에 따라 발생하는 충격 하중을 각각 측정하였다.

측정 결과에 의하면 Fig. 8 에 나타낸 바와 같이 싱글 링크형 구조에서는, 실제 운동하는 3 개 판재의 질량의 합인 9.5kg 에 대한 충격가속도가 약 85 G 정도 발생하였으며 이에 따른 충격 하중량은 약 810 kgf 정도로 측정되었다. 반면, 더블 링크형 구조에서는 실제 운동하는 4 개 판재의 총 질량인 19kg 에 대한 충격가속도는 약 60 G 정도 발생하였고, 이에 따른 충격 하중량은 약 1100 kgf 로 측정되었다.

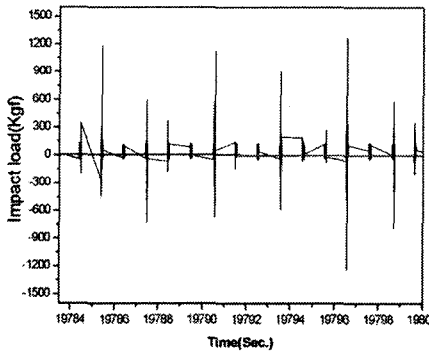
더블 링크형 모델에서 측정된 충격하중이 싱글 링크형 모델의 측정하중에 약 2 배가 되지 않는 이유는 C-plate 가 슬라이딩 되어 끝 단에 도달

할 때 사용한 댐핑 방식의 차이에서 나타난 결과이다. 즉, 싱글 구조에서는 스프링 댐퍼만을 사용한 반면 더블 구조에서는 슬레노이드 방식에 의한 에어 댐핑도 병행하였기 때문인 것으로 사료된다.

이상의 충격 하중량은 각각의 해석 모델에 적용토록 하였다.



(a) Single link type



(b) Double link type

Fig. 8 comparison of Impact load between single and double link type C-plate

#### 4.2 해석 방법

왕복이송 운동 시 실제 충격하중이 집중되어 응력 집중현상과 변형이 예상되는 부위에 대해 국부적인 모델링을 수행하여 싱글 링크형과 더블 링크형의 구조에 대한 유한요소 모델을 각각 완성하였다.

Fig. 9 에 나타낸 바와 같이 싱글 링크구조의 해석모델에 사용한 요소 수는 약 7,200 개, 절점은 약 9,000 개이며, 경계조건으로는 양단의 브리지 부

분을 고정하였고, 측정된 외력은 핀 삽입위치의 절점들에 대하여 충격 하중을 분산시켜 작용시켰다. 또한, 더블 링크구조의 해석모델에는 Fig.10 에 제시된 것처럼 사용한 요소 수 약 16,000 개, 절점 수 약 24,000 개이다. 경계조건으로는 양단의 브리지 부분이 고정되므로 브리지와 연결되어 있는 판재를 고정시키고, 판재의 슬라이딩으로 작용하는 충격하중은 두개의 링크에 의해 운동을 하는 구조물이므로 판재가 슬라이딩 되며 접촉될 때 실제 충격하중이 두 끝부분에서 양분하는 효과를 가지고 있어 이를 해석에 적용하였다.

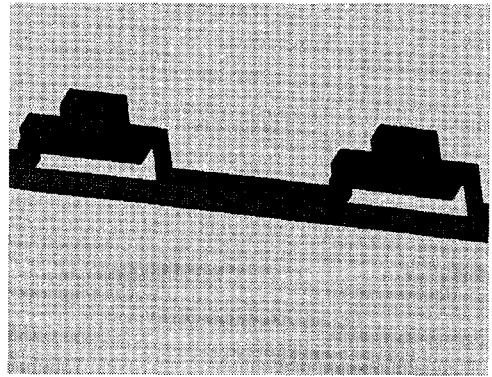


Fig. 9 FEM model of single link type C-plate

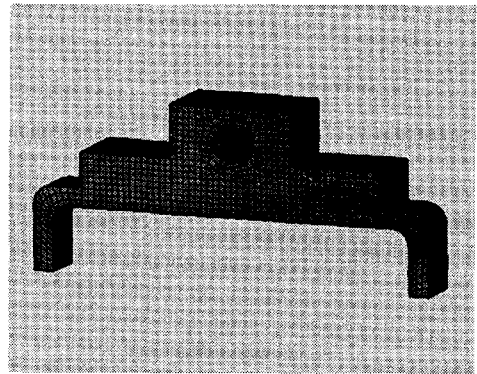


Fig. 10 FEM model of double link type C-plate

본 연구의 해석 툴로는 비선형 충돌 해석코드인 LS-Dyna 를 사용하였고, 슬라이딩과 댐핑시간을 고려해 충격 지속시간을 1 초 동안 작용시켜 해석하였다. Table 2 가 해석에 사용된 요소형태와 기계적 물성치이다.

Table 2 Material properties of C-plate (SPCC)

Element type Properties	Elastoplastic element
Poisson's Ratio	0.29
Density	7,870kg/m <sup>3</sup>
Shear Modulus	80 GPa
Young's Modulus	205 GPa
Bulk Modulus	140 GPa
Yeild Strength	206 MPa

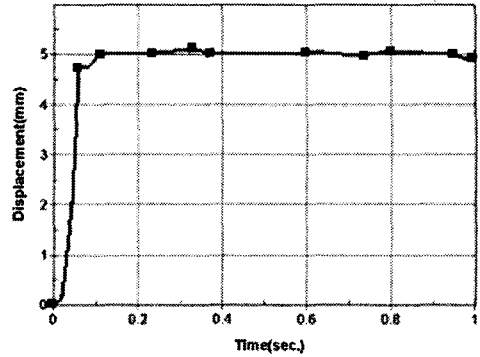


Fig.12 Displacement of single link type C-plate resulted in the acted impact load

### 4.3 싱글 링크구조의 구조해석

해석결과에 의하면 Fig.11 에 나타낸 바와 같이 국부적인 최대 응력 값이 소재의 고유 항복응력 값보다 약 2 배 이상 높게(약 500MPa) 발생하여 충격력에 의한 변형 상태의 변위량은 약 5mm 정도 발생하는 것을 확인(Fig.12 참조)할 수 있었다. 또한, Fig.11, 12 로부터 평가시험 과정에서 발생되었던 파단 지점의 이상상태를 해석적으로 검증할 수 있었다. 이러한 결과는 반복적인 피로현상과 충격력의 영향으로 인하여 발생되었다고 판단되므로, 싱글 링크구조를 고속 이송용으로 채용할 때는 취약 부분의 강성을 보강한 형태의 구조와 치수를 지닌 구조물의 재설계가 이루어져야 한다고 판단되었다.

있었고, 충격력의 영향이 지속되는 약 1 초간의 시간동안 변형 상태에 의한 변위량은 약 0.8mm 정도 발생하는 것을 Fig.14 의 변형량 추이에서 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 반복적인 왕복 이송운동에 의해 C-Plate 가 양측 단으로 접혀지거나 펼쳐질 때에 있어서 싱글 링크형 보다는 하중과 충격력이 더블 링크형의 구조로 인해 양분되는 효과의 결과라고 할 수 있다. 또한 소재의 고유 항복강도(203Mpa) 이내에서 최대 응력 값이 분포하게 되어 변형량에 있어서도 역시 상대적으로 적은 변위량이 나타나고 있는 것으로 분석되었다.

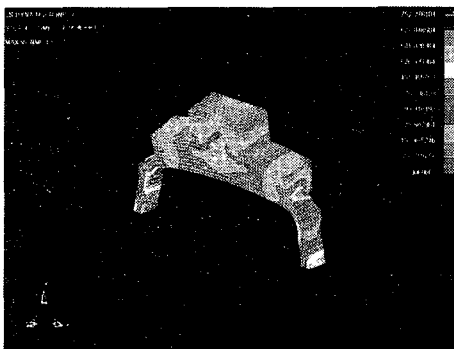


Fig. 11 Stress distribution of single link type C-plate resulted in the acted impact load

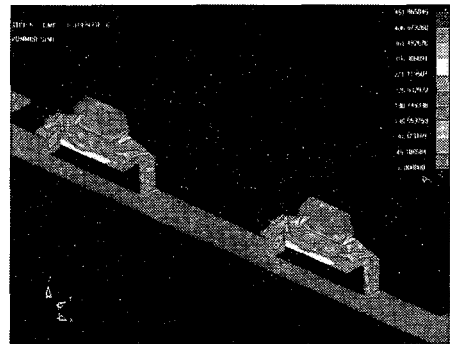


Fig. 13 Stress distribution of double link type C-plate resulted in the acted impact load

### 4.4 더블 링크구조의 구조해석

해석 결과에 의하면 Fig.13 에 나타낸 바와 같이 취약 부분인 브리지의 Neck 에 있어서 최대 응력 값이 약 120Mpa 정도로 발생하는 것을 확인 할 수

따라서, 반복적인 피로현상과 충격력의 영향으로 인하여 발생되었던 파단 지점에 대하여 구조적인 형태와 치수를 보강한 더블 링크구조의 C-plate 모델이 수명기준으로 한 고장 측면의 신뢰성이 다소 높은 것으로 분석되었다.

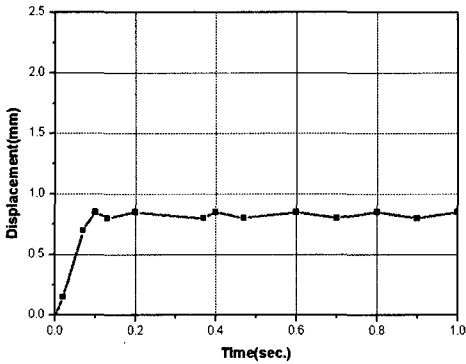


Fig.14 Displacement of double link type C-plate resulted in the acted impact load

4.5 더블 링크구조의 개선모델

싱글, 더블 2 모델에 대한 고장모드의 수명 측면에 대한 신뢰성 시험 및 구조해석 결과에 의하면 왕복 운동 및 과속 등의 운용 분위기 하에서 발생하는 구조적 성능저하 및 파단에 대해 커버 및 브리지의 사양검토, 와이퍼 재질, 링크 접합구조 등에 대한 보완을 제고하게 되었다. 그 결과 Table 3 에 제시된 개선모델이 이송계의 고속화에 대응한다면 구조적 성능향상과 강성 등을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3 Comparison of specification between conventional models and improved type C-Plate

Class / Element	Single C-Plate cover	Double C-Plate cover	High speed C-Plate (Improved)
Link Type	Single	Double	Double
Material	SPCC	SPCC	SPCC
Cover Thickness	1.2T	1.2T	2.0T
Wiper Material	TSA-E12	TSA-E12 HW-041	DSP-12 HW-041
Bridge Thickness	3T	3T	4T
Link Junction	Oilless B/G	Oilless B/G	Du Bush
Stepper	General	General	Noise prevention

5. 결론

본 연구에서는 차세대형 초고속가공시스템의 개발에 있어서 기존의 일반 고속 가공시스템에 상용화되어 채택되고 있는 C-Plate 모델을 대상으로 하여 급속이송속도(120m/min)를 적용하여 작동 시험을 수행함으로써 가동 분위기에 따른 고장모드를 판명하는 한편, 해석적인 방법에 의하여 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

1) 싱글 링크형의 구조적인 형태를 지닌 모델에 대하여 가속 수명시험과 해석을 수행한 결과에 의하면 약 3.5 개월 정도의 사용경과 시점에서 링크 브리지의 Neck 의 파단 현상이 초래되는 한편, 국부적인 변형량과 최대 응력 값이 과대하게 분포되어 급속이송속도의 조건 하에서는 신뢰성이 크게 부족한 것으로 판단되어 초고속가공시스템에 적용할 수 있는 모델로서는 적합하지 않을 것으로 판단된다.

2) 더블 링크형의 구조와 후판으로 결합부위의 강성을 개선한 모델을 대상으로 하여 실험과 해석을 수행한 결과에 의하면 약 15 개월 정도의 사용경과 시점 이후부터 피로현상을 나타내고 있어 고유 수명 주기(12~18 개월) 이내에서 순수한 급속이송운동의 반복적인 누적에 의하여 형성되는 한편, 비교적 적용성이 가능하다고 판단된다.

3) 싱글, 더블모델을 대상으로 고장모드에 대한 신뢰성 시험과 구조해석 결과를 토대로 개선된 모델을 제시하였으며, 개선된 모델에 대해서는 추후 신뢰성 시험을 수행할 예정이다.

따라서 본 연구에서 제시한 개선된 모델은 초고속 운용 조건 하에서 효율적으로 적용할 수 있는 Sliding cover(C-Plate) 모델 및 이송계에 대한 신뢰성 높은 설계 지침자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Song, J.Y., Park, H.Y., Kang, J.H., Lee, S.W., Lee, H.Y. and Lee, H.S., "Development of Reliability Evaluation Technology for High Speed and Intelligent System," A report of research, BSM 523-1112.M, MOCIE/KIMM, 2004.



2. Lee, S.W., Song, J.Y., Hwang, J.H. and Park, H.Y., "Method and Application of Reliability Evaluation for Core Units of Machine Tools," Proc. of kspe, pp. 43-46, May 2001.
3. Kang, J.H., Song, J.Y., Park, H.Y. and Lee, S.W., "Motion Characteristic Evaluation of Sliding Cover for High Speed Type Machine," Proc. of ksmte, pp. 446-449, October 2002.
4. Kim, O.K., Song, J.Y., Kang, J.H. and Park, H.Y., "Structure Analysis and Examination of Weak Parts for C-Plate Cover," Proc. of kspe, pp. 373-377, June 2003.
5. Wang, Y. and Smith, Y. J., "Failure Probabilistic Model of CNC Lathes," J. of Reliability Engineering and System Safety, Vol. 65, 1999.
6. Kim, B. S, Kim, J. S, Lee, S.H., Song, J.Y. and Lee, S.W, "A Study on Failure Mode Analysis of Machining Center," J. of KSPE, Vol. 18, No. 6, pp. 74 - 79, 2001.
7. Song, J.Y., Lee, S.W., Kang, J.H. and Park, H.Y., "Quality Function Deployment of Core Unit for Reliability Evaluation of Machine Tools," Proc. of kspe, pp. 59-62, May 2001.