

산업차량 설계의 최적화

Design Optimization of Industrial Vehicle

이 주 호, 유 한 중, 최 형 우, 이 승 구
 J. H. Lee, H. J. Ryu, H. W. Choi, S. K. Lee



이 주 호
 • 1966년 3월생
 • 구조해석 3차원 설계
 • 대우중공업(주) 중앙연구소
 CAD/CAM팀



유 한 중
 • 1963년 5월생
 • 산업차량설계
 • 대우중공업(주) 산차본부 산
 차제품기술부



최 형 우
 • 1960년 3월생
 • 구조해석, NVH
 • 대우중공업(주) 중앙연구소
 CAD/CAM팀



이 승 구
 • 1953년 7월생
 • 설계자동화
 • 대우중공업(주) 중앙연구소

만가는 환경규제, 다품종 소량생산에 따른 생산의 유연성 강화, 제품 수명주기의 단축등으로 매우 어려운 상황에 직면해 있다. 따라서 효율적인 설계 방법론을 통한 개발기간의 단축 및 적시에 저가, 고품질의 제품을 시장에 출시하는 것이 기업의 시환이 걸린 중대한 문제로 대두되게 되었다. 이러한 난제들을 극복하기 위한 노력으로 기업에서는 제품의 초기 개념설계 단계에서부터 상세설계, 해석, 시험, 가공, 생산 및 품질관리, 마케팅 등의 모든 제품 개발공정을 공동의 데이터베이스 환경으로 통합하고, 이를 이용하여 각 단계별 개발공정을 동시에 추진 및 관리하는, 이른바 동시병행설계(Concurrent Engineering)적 개념을 도입한 기업 교유의 제품개발 시스템 구축에 주력하고 있다.

아울러 급속도로 발전하고 있는 오늘날의 컴퓨터와 소프트웨어 및 네트워크 분야의 기능향상은 기업마다 추구하고 있는 동시병행설계적 제품개발 시스템 구축을 실질적으로 가능케 하고 있다. 특히 80년대 중반이후 본격적으로 소개, 보급되기 시작한 3차원 솔리드모델링 기법은 그동안 꾸준히 발전 및 저변 확대를 이룩하여 최근에는 종래의 주종을 이루던 2차원 위주의 CAD시스템의 개념을 뛰어넘어 CAD의 기본 개념으로서 자리를 잡아 가고 있다. 본고에서는 지게차 설계를 위해 3차원 설계기법 및 동시병

1. 서 론

오늘날의 기업환경은 극심한 경쟁체계, 높아

행설계 기법을 적용한 사례와 그 효과에 대해 논하고자 한다.

2. 3차원 설계기법에 의한 개발공정의 최적화

과거 제도판에서 수작업으로 행해지던 설계업무가 2차원 CAD 시스템의 등장으로 설계효율이 획기적으로 향상되었고 도면관리 및 검색, 설계 변경 등에 효과적으로 이용되고 있으나 설계개념 자체가 변경된 것은 아니다. 80년대 중반부터 보급되기 시작한 3차원 CAD 시스템도 3차원 설계개념에 대한 충분한 사전 검토 및 개선없이 2차원 CAD와 동일한 개념하에서 운영됨으로써 생산성 향상에 기여는 하고 있으나 기대만큼 큰 성과는 올리지 못하고 있는 실정이다. 예를 들면, CAM(Computer Aided Manufacturing) 공정에서 3차원 NC(Numerical Control) Tool Path 생성 및 NC가공이 기존의 수작업에 의한 NC 프로그래밍을 혁신적으로 자동화 시켰으나 3차원 CAD를 독립적으로 CAM에만 적용하는 경우가 대부분이다. CAE(Computer Aided Engineering) 공정에서도 유한요소법(Finite Element Method, FEM)을 이용한 설계해석으로 설계검증 및 최적화에 많은 공헌을 해온 것이 사실이다. 그러나 해석을 위한 모델링 작업이 설계와 독립적으로 진행되기 때문에 많은 시간과 노력이 소요되는 문제점이 있다.

이처럼 기업에 따라 정도와 수준의 차이는 있겠지만, 3차원 CAD가 제품개발 공정의 최적화를 위한 도구로서 아직 정착되지 못하고 있는 이유는, 첫째로, 3차원 설계에 대한 인식 부족으로 기존의 2차원적인 설계개념에서 탈피하지 못하고 각각의 공정에서 개별적으로 적용하려는 사고때문이다. 따라서 개발공정마다 많은 시간과 노력이 요구되므로 개발일정에 쫓기는 제품개발에서 각종 컴퓨터 원용 3차원 설계기법들이 외면을 당하기 쉽고, 혹은 일부 공정에만 적용하는 사례가 빈번하다. 둘째로, 3차원 설계기법의 도입을 위해서는 설계조직 및 공정의 대폭적인 개편이 불가피하고 2차원 설계에 익숙한 설계자들에 대한

교육과 사고전환이 선행되어야 한다.

이에 대한 대책으로는 먼저 선행연구그룹과 같은 조직에서 3차원 설계개념과 기법에 대한 연구 검토와 기업 고유의 개발환경과 적합한 개발공정의 최적화 방안수립 등의 충분한 사전 검토가 완료되어야 한다. 또한 결재권을 갖고 있는 상급자들을 대상으로 홍보활동을 펼쳐 3차원 설계의 불가피성에 대한 이해를 구하고 아울러 조직개편, 교육 및 도입 등의 정책적인 결단을 도출해 내야 한다. 처음부터 모든 조직을 3차원 설계조직으로 전환시키는 데는 많은 애로사항들이 있을 것으로 예상되므로 시행 초기에는 특정 개발팀을 선정하여 그 팀에 집중 투자하고 초기 프로젝트를 통해 3차원 설계 데이터의 데이터베이스화를 유도하고 연관공정에서 공유함으로써 각 공정 및 전체 공정에서 생산성 향상에 대한 효과파악 등의 관찰이 필요하고 점차적으로 3차원 설계기법을 확장시킴으로써 최적의 개발공정 시스템을 완성시켜 나가는 것이 바람직 하다고 판단된다.

이와같은 3차원 설계기법을 이용한 개발공정의 최적화 방법에 대한 필자들이 참여했던 지게차 설계과정을 사례로 설명하겠다.

3. 3차원 설계기법을 이용한 지게차 개발

앞장에서 설명한 3차원 설계기법을 이용한 지게차의 설계과정을 소개하고자 한다. 당사에서 동시병행 설계 개념을 도입한 지게차 제품개발 시스템의 구현을 목적으로 추진해 온 본과제의 제1단계로서 3차원 설계기법 및 공통의 설계 데이터를 이용한 제품설계, 해석 및 도면작성까지의 공정별 상세과정에 대해 서술하고자 한다.

3.1 3차원 설계기법의 필요성

지게차는 제품설계 공정에서 필수적인 설계부품들간의 간섭 및 조립성 검토도 중요하지만 지게차의 기능이 물체를 들어 올려 원하는 위치로 그 물체를 이동, 배치시키는 일이 주목적이므로 물체의 하중을 직, 간접적으로 받는 부위들의 강도 및 내구성 평가, 화물의 총 적재중량을 지

행해 주는 카운터웨이트(Counter Weight)의 중량설계를 포함하여 차량 안정성을 고려한 전체 구조물의 무게 분포 등이 가장 중요한 설계인자라 하겠다. 또한 최근들어 중장비 사용자들의 복잡, 다양해진 구매요구와 국내외적으로 치열한 경쟁 국면에 대처하기 위해서는 중장비 설계에서도 인간공학을 고려한 내장설계와 심미적인 외관디자인이 중시되고 있다.

2차원 CAD 시스템으로는 설계중량의 예측, 설계해석용 3차원 모델구축 및 산업디자인 측면의 외관디자인 등과 같이 지게차 개발의 위와같은 설계목적을 만족시킬 수가 없다. 따라서 3차원 설계기법만이 단계별 설계 생산성의 극대화는 물론, 모든 설계목적들을 만족시킬 수 있다. 3차원 설계의 경우에도 제작을 위한 2차원 도면화 작업이 필요한데 이 역시 3차원 솔리드모델을 2차원으로 투영시키는 기법을 이용하여 용이하게 할 수 있을 뿐 아니라 2차원 CAD 시스템으로는 표현하기 힘들었던 Isometric View 및 임의의 단면형성 등도 쉽게 표현할 수 있으므로 도면을 통한 3차원 형상이 쉽게 이해될 수 있다.

3.2 개발공정별 상세 내용

앞에서 설명한 3차원 설계기법을 이용한 지게차의 개발 공정상 주요 설계과정들에 대해 기술하고자 한다.

3.2.1 차량 구조물의 설계중량 예측 및 외관 디자인

구조물의 설계중량 예측과 외관디자인은 다른 설계인자이지만 중량설계 측면에서 구조물의 제원과 형상에 따라 중량이 결정되므로 설계단계에서 같이 고려되어야 한다. 여기서는 지게차 중량설계에서 가장 핵심적 구조물인 카운터웨이트의 설계를 예로 들어 설명하기로 한다.

카운터웨이트는 지게차 중량설계에서 가장 중요한 부분으로서 총 적재중량 및 차량 안정성을 고려하여 정확한 무게와 무게중심의 산출이 필요하다. 설계 단계에서 이 설계중량의 예측이 필수적이므로 설계중량이 목표중량과 허용오차 범위내에서 일치할 수 있도록 3차원상의 설계 제한조건을 기준으로 형상을 수정해가는 시행착

오 방법이 필요하다. 기존의 구모델 지게차같이 단순한 형상의 카운터웨이트를 설계할 경우에는, 카운터웨이트 각 부분의 무게를 수작업으로 계산하여 이를 가감해 나감으로써 전체 카운터웨이트를 설계할 수가 있었다. 그러나 최근의 지게차에는 앞에서 설명한 바와같이 산업디자인 개념이 도입되면서 미적인 외관형상을 강조하여 매우 복잡한 자유곡면으로 구성된 카운터웨이트의 설계가 요구되므로 2차원 위주의 수작업으로는 불가능하게 되었다. 3차원 설계기법에서는 설계자가 의도하는 외관형상의 3차원 설계가 가능하고 완성된 솔리드모델에 재료의 밀도만 입력함으로써 무게, 무게중심 및 질량관성모멘트(Mass Moment of Inertia) 등이 자동 계산됨으로써 설계된 카운터웨이트의 중량을 예측할 수 있다. 또한 예측된 설계중량을 기준으로 설계자는 간단히 솔리드모델을 변경하여 목표중량과 일치시킬 수 있다.

산업디자인 측면의 외관디자인에 대해 부연설명을 하면, 카운터웨이트의 솔리드모델을 설계해 나가는 과정에서 Shading 등의 그래픽 처리기법을 통해 설계된 형상을 3차원으로 실물처럼 볼 수 있으므로 산업디자인 전문가와 설계데이터를 공유하여 미적으로 수려한 외관형상으로 모델을 수정해 나갈 수 있다. 이때 종래와 같이 수작업에 의한 별도의 Mockup을 제작할 필요없이 컴퓨터 모니터상에서 그래픽 처리된 솔리드모델만으로도 외관디자인이 가능하므로 개발 생산성은 대폭 향상될 수 있다. 이와같이 외관디자인이 완료되고, 설계목적상, Mockup 제작이 필요할 경우에는 완성된 3차원 설계 데이터를 이용한 SLA(Stereo Lithography Apparatus) 기법으로 빠르게 시제품을 자동적으로 제작(Rapid Prototyping)할 수가 있다. Fig1은 완성된 카운터웨이트의 솔리드모델이다.

3.2.2 간섭 및 조립성 검토

지게차는 수많은 부품들로 이루어진 산업용 차량으로서 이들 각 설계부품들은 3차원적으로 조립되고 배열되기 때문에 부품들간의 간섭 및 조립성 검토도 설계단계에서 이루어져야 한다. 특히 차량성능이 고도화되고 다기능화되면서 차

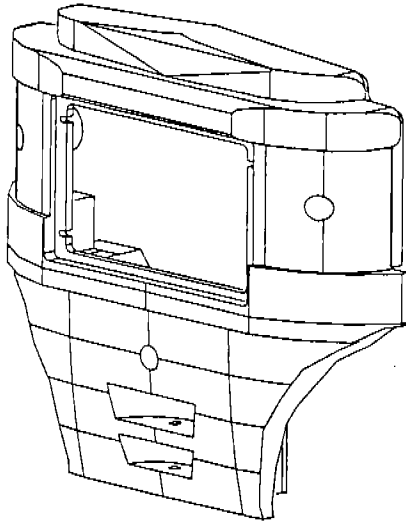


Fig.1 Solid Model of Counter Weight

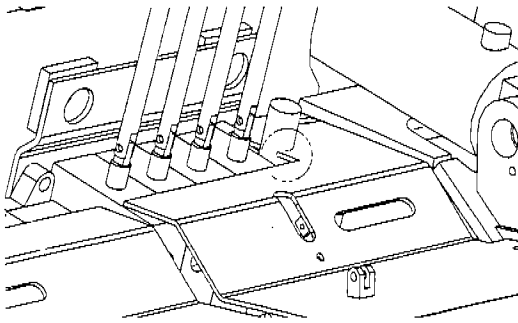


Fig.2 Interference Check of Floor Plate Ass'y

량 차체는 오히려 컴팩트화 되고 있는 추세이므로 각 부품들은 매우 정교하고 복잡한 조립기준에 의거하여 조립되어야 한다. 따라서 간섭 및 조립성 검토는 3차원 설계기법을 이용해야 한다.

설계단계에서 3차원으로 설계된 부품들의 솔리드모델들을 이용하여 전체 차량의 3차원 어셈블리 모델을 구축함으로써 설계된 부품들간의 정적 및 동적인 간섭 여부가 확인 가능하고 같은 방법으로 조립성 및 간단한 기구학적 거동도 평가할 수가 있다. 이와같은 설계부품들에 대해 간섭과 조립성을 설계단계에서 검증하여 문제점

의 조기 발견 및 대책 수립 등이 가능하므로 생산성 향상에 기여하는 바가 크다. Fig.2는 바닥판(Floor Plate) 조립부의 간섭검토 과정에서 확인된 간섭부위를 나타낸 그림이다.

3.2.3 설계 해석

앞에서 설명한 바와같이 최근의 지게차의 개발추세는 고성능성 및 다기능성을 보유하면서 컴팩트하게 설계되고 있으므로 고성능성과 다기능성을 만족시키기 위해서는 기존의 지게차에 비해 가혹해진 조건들을 극복할 수 있도록 구조물에 대한 강도설계가 보강되어야 한다. 또한 컴팩트한 설계를 위해 주요 기능 부품들을 포함한 모든 구조물의 설계는 경량화, 소형화 설계가 필수적이다. 이와같이 극단적으로 상호 모순되는 설계 개념을 만족하는 제품설계를 위해서는 설계해석을 통한 설계 보완으로 최적화 설계를 유도해야 한다.

구조물에 대한 설계해석은 FEM을 이용한 해석이 가장 보편화 되어 있고, 실제로 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 범용 및 전문해석용 FEM 소프트웨어들이 널리 보급되어있다. 현재 이들 FEM 소프트웨어들은 컴퓨터의 급속한 성장과 함께 지속적인 발전을 거듭하여 설계해석의 영역을 무한히 넓혀 나가고 있고 해석결과에 대한 신뢰성도 매우 높다. FEM 해석에서도 3차원 설계의 역할이 절대적이다. 그 이유는 FEM 해석에서 요구되는 유한요소모델을 FE Modeler(Pre & Post Processor)을 이용하여 구성할 경우, 매우 복잡하고 많은 시간과 노력을 요하므로 이 과정을 이미 3차원으로 설계된 구조물의 솔리드모델을 이용하면 간단히 유한요소모델을 자동 생성할 수 있기 때문이다. 따라서 중복된 모델링 작업 과정을 삭제하고 쉽게 유한요소모델로 설계검증을 위해 필요한 해석분야의 설계해석을 수행하고 그 결과를 즉시 설계에 반영함으로써 설계 생산성을 증대시키는 물론, 최적화 설계를 완성할 수 있는 것이다. Fig.3는 최적화 설계목표로 수행한 지게차 Overhead Guard의 솔리드모델이고 Fig.4는 설계된 Overhead Guard의 안전성 평가를 위해 비선형 충돌해석 충돌해석 전문 소프트웨어를 이용한 낙하충돌해석 결과이다.

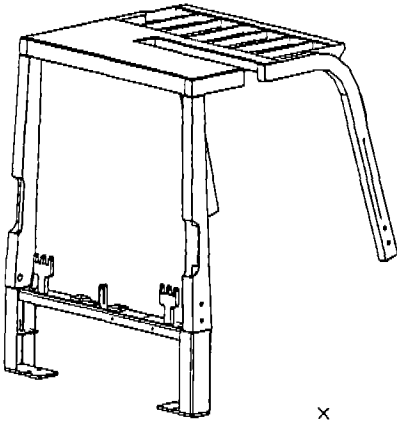


Fig.3 Solid Model of Overhead Guard

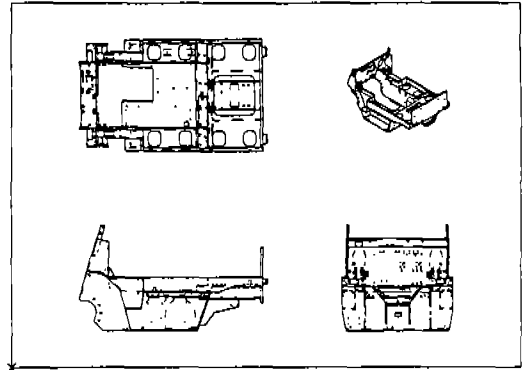


Fig.6 Layout Drawing of Frame

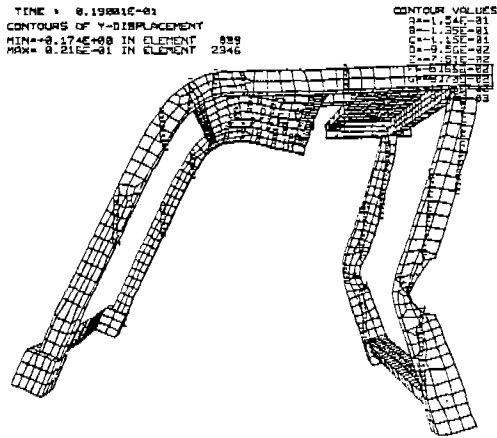


Fig.4 FOPS(Falling Object Protection Safety) Analysis Result of Overhead Guard

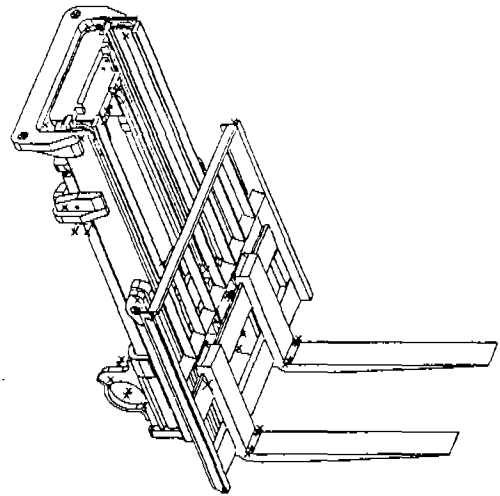


Fig.7 Solid Model of Mast

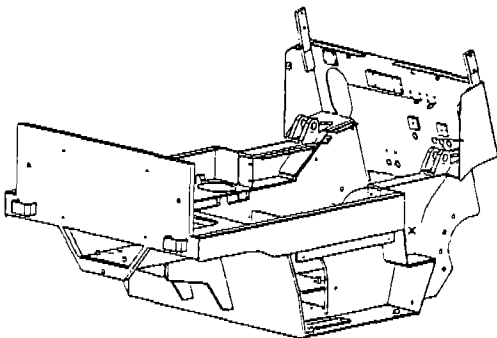


Fig.5 Solid Model of Frame

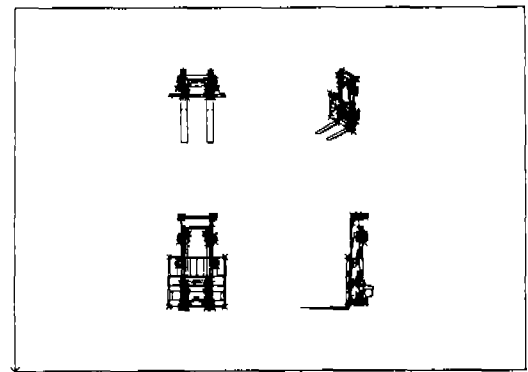


Fig.8 Layout Drawing of Mast

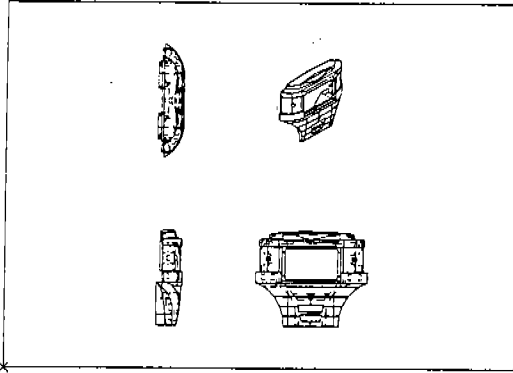


Fig.9 Layout Drawing of Counter Weight

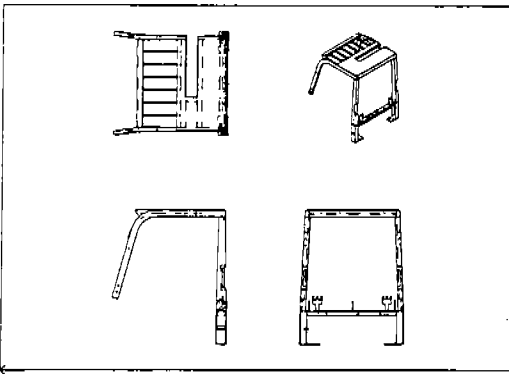
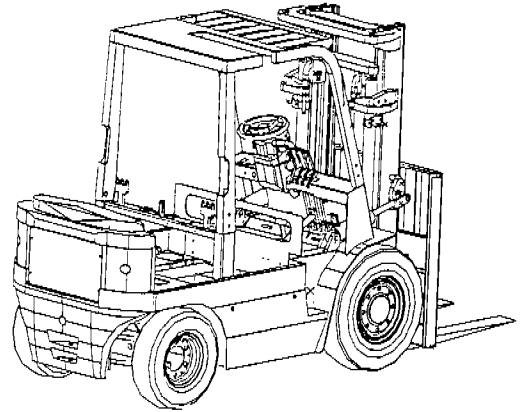


Fig.10 Layout Drawing of Overhead Guard

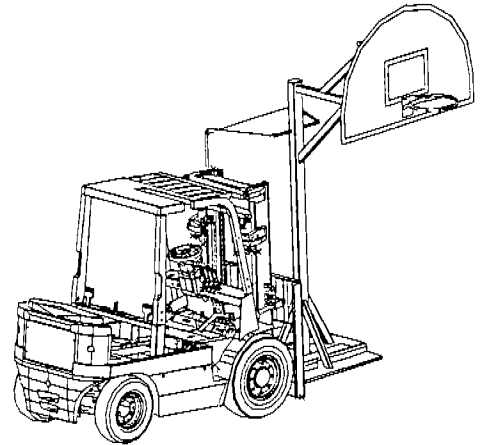


Fig.11 Solid Model of Forklift Ass'y

3.2.4 도면화

기존의 설계개념에서는 제도판, 또는 2차원 CAD 시스템을 이용하여 설계자가 의도하는 제품설계를 2차원으로 도면화하고 여기에 근거하여 단계별 개발공정에 따라 개발업무를 진행하면서 발생된 문제점들을 설계도면에 반영(설계반영)하여 양산을 위한 최종도면을 완성하는 것이다. 이 방법의 문제점은 설계단계에서 충분한 설계검증을 거치지 않고 다음 개발단계로 이관하기 때문에 설계 오류의 조기 발견이 불가능하고 발견된 설계 오류에 대한 대책 수립 및 재설계에 많은 비용과 시간이 소요되는 것이다.

반면에 3차원 설계개념은 처음부터 2차원 도면을 작성하는 것이 아니라 초기 설계단계에서

완성된 3차원 설계 데이터를 활용하여 앞에서 언급한대로 개발단계별 업무를 수행하면서 설계검증을 조기에 완료하고 최종 완성된 제품의 솔리드모델을 2차원으로 투영시켜 도면화 작업을 하는 것이다. 따라서 경제성있는 제품 도면화 작업이 가능하다. Fig.5는 3차원으로 설계된 지게차 프레임(Frame)의 솔리드모델이고 Fig.6는 프레임의 2차원 도면배치도(Layout Drawing)이다. Fig.7은 마스트(Mast)의 솔리드모델이고 Fig.8은 마스트의 도면배치도이다. 또한 Fig.9은 Fig.1의 솔리드모델을 이용한 카운터웨이트의 도면배치도이고 Fig.10은 Fig.3을 이용한 Overhead Guard의 도면 배치도이다. 여기서 도면배치도란 완성된 솔리드모델에서 2차원으로 투영시킨 각 방향 그

림들을 도면화를 위해 원하는 위치로 배치시킨 그림이고 이를 근거로 치수, 공차, 주기 등을 기입함으로써 최종 도면이 완성되는 것이다. 설계 변경이 일어나 솔리드모델이 수정되면 자동적으로 도면배치도와 최종 도면의 내용도 변경된다.

Fig.11은 지게차 개발과정 최적화를 통해 3차원으로 설계된 지게차 부품들을 조립하여 완성된 지게차 어셈블리의 솔리드모델이다.

4. 결 론

21세기를 향한 치열한 국내외 경쟁에서 생존하고 나아가서 선두 지위의 확보를 위해 기업들은 저마다 부단한 노력을 경주하고 있다. 그 노력의 일환으로 앞에서 서술한 바와같이 제품 개발의 생산성 극대화를 위해 동시병행설계 기법을 통해 최적의 개발과정 시스템 구축에 주력하고 있는 것은 주지의 사실이다.

이와같은 명제를 놓고 그동안 기업에서는 개발혁신을 위한 새로운 개발 도구들, 즉, 컴퓨터, 각종 응용 분야의 전문 소프트웨어 및 네트워크 등의 선정 및 통합된 개발 환경 구성을 위해 수많은 시행착오를 거듭하며 고심을 해 왔다. 그리고 부분적으로나마 이러한 개발 환경하에서 제품개발의 성과를 올리고 있다. 그러나 아직도 국제시장에서 우리 제품은 여러모로 열세에 놓여 있는 것이 사실이다.

따라서 경쟁력있는 제품의 개발을 위해서는 기업들마다 각기 고유의 개발 환경 구축을 위해 보유하고 있거나 필요한 각종 개발 도구들이 통합된 엔지니어링 데이터베이스를 중심으로 원활히 상호 데이터의 교환과 공유가 가능한 제품 개발과정시스템을 완성해야 한다. 여기서 통합 엔지니어링 데이터베이스의 구축이 핵심 과제이다. 이러한 배경하에서 본고에서 지게차 개발사례를 중심으로 당사가 추진하고 있는 일련의 개발 내용들을 소개하였다.

참 고 문 헌

1. John R. Hartley, "Concurrent Engineering", Productivity Press, 1992.
2. J.Encarnacao, R. Schuster, & E. Voge, "Product Data Interfaces in CAD/CAM Applications", Springer-Verlag, 1986.
3. Otis Port, Zachary Schiller, & W. King, "A Smarter Way to Manufacture", Business Week, pp.64-69, Apr. 30, 1990.
4. 東 正則, "실천 CIM 구축법", 하이테크정보출판부, 1991.
5. 삼성휴렛팩커트, "CIM 실천전략(I), (II)", (주)컴퓨터엔지니어링, 1993.
6. SDRC, "I-DEAS User's Guide", SDRC, 1992.
7. John O. Hallquist, "DYNA3D User's Manual", Lawrence Livermore Laboratory, 1982.