

도로 배수용 그레이팅 구조의 개선에 관한 연구

김기선^{1*}, 이은종¹

A Study on the Development of Grating Structure for Drain of Water

Key-Sun Kim^{1*} and Eun-Jong Lee¹

요 약 그레이팅은 아스팔트 도로에 설치하여 배수를 할 수 있는 구조물이다. 본 논문에서는 그레이팅의 구조를 개선하여 토사의 쌓임을 방지 할 수 있는 신제품을 제안한다. 기존 제품은 프레임에 오물이 쌓여 있어 평상시 해충이나 악취가 발생하며 우천 시 배수가 원활하지 못해 물이 고이는 현상도 빈번할 뿐 아니라 역류하는 현상이 발생한다. 또한 기존 그레이팅이 프레임과 본체를 일체형으로 설치하여 파손 시 전체를 교체하여야 하는 단점이 있다. 본 연구는 그레이팅 본체와 프레임을 분리시킨 구조로 프레임을 맨 홀에 시멘트와 함께 기초공사 하여 고정한 후 그레이팅 본체는 장착탈이 가능한 구조로 개발하였다. 또한 분실 방지용 지그도 설치하여 이를 개선하였다.

Abstract Grating is an installed structure on the road for drain. This paper proposes a new product which can prevent the accumulation of earth and sand through the improvement of Grating structure. There were usually harmful insects and bad smell because of accumulated garbage in the frame of previous product. The product had a reverse-flowing sewage due to the bad draining in case of rain. The whole thing of the existing Grating installed with the one set of frame and main body should be changed when it was damaged. This study is to develop a structure which can separate grating main body from frame and grating main body can equip and separate after fixing frame to the manhole with cement. also install jig for the loss prevention and change for the better.

Key Words : grating, 그레이팅 high way, 고속도로 water drain, 배수

1. 서 론

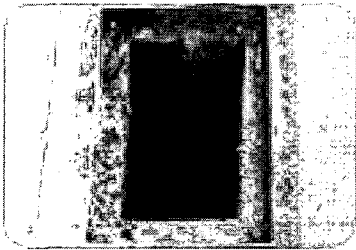
근래 문화 및 생활수준의 향상으로 하수의 배출량이 많아지고 있으며, 재래시장과 상가주변 식당가 등에서 버려지는 하수와 공업화로 인한 오, 폐수의 배출량이 증가되면서 발생하는 악취의 농도가 점점 심해져서 도로변 배수의 중요성이 대두되고 있다. 도로변에서 흐르는 배수를 지하 하수구로 보내는 흠발침를 배수용 그레이팅(grating)이라하며 그림 1과 같은 구조로 되어 있다. 기존 제품은 일체형으로 주물에 의하여 제작하였으나 최근에는 구조용강에 의한 스틸 제품의 그레이팅이 사용되고 있으며 이 스틸 그레이팅은 배수 능력이 우수하고 강한 충격에도 견딜 수 있는 내구성, 저렴한 가격 및 청소가

쉽다는 장점이 있어 상당부분 교체가 되었다. 그러나 현재 사용 중인 스틸 그레이팅의 가장 큰 문제점은 그림 1(b)과 같이 양쪽 베어링 바(bering bar) 사이가 토사로 막히고, 오물이 끼여 원활한 배수 기능을 저하시키는 현상이 발생하여 이로 인하여 배수 기능이 저하되면서 고속도로의 경우 중앙 분리대 측 부분의 집수정의 물고임 현상으로 위험을 초래하고 있는 실정이다.[1] 또한 주택가나 일반 도로변에 설치된 스틸 그레이팅도 마찬가지로 국지성 집중 호우나, 장마철 등 우수 량 증가 시 제 기능을 발휘 하지 못하는 결과가 발생한다. 아울러 그레이팅 맨홀 준설이나 청소 중 단단해진 토사와 오물로 그레이팅 뚜껑과 받침틀을 분리시키는 게 어렵고 시간과 비용이 증가하는 실정이다. 또한 기존 그레이팅이 프레임과 본체를 일체형으로 설치하여 파손 시 전체를 교체하여야 하는 단점이 있다. 본 연구는 이를 개선하여 그레이팅 본

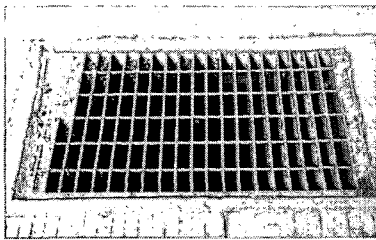
¹공주대학교 기계자동차공학부

*교신저자: 김기선(keysun@kongju.ac.kr)

체와 프레임을 분리시킨 구조로 프레임을 맨홀에 시멘트와 함께 기초공사 하여 고정한 후 그레이팅 본체는 장착탈이 가능하도록 한 구조로 양 프레임 끝에 막히는 현상이 없도록 프레임의 경사를 주어 막히는 것을 방지할 수 있도록 개발 하였다. 아울러 기존 분실이나 도난 방지가 잦은 제품들의 단점을 개선하여 설치가 간편하고, 분실, 도난을 예방 할 수 있는 비너를 설치, 그 기능을 향상시킨 신제품을 제안하였다.



(a) 탈착 시 맨홀



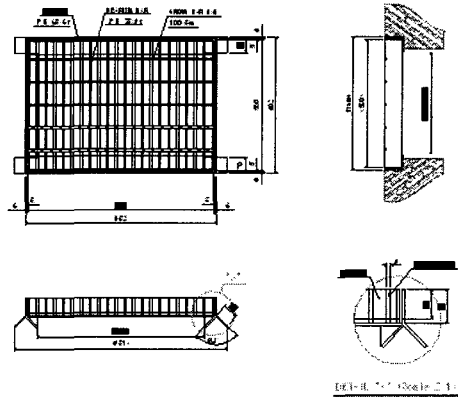
(b) 가장자리 막힘

그림 1. 기존 grating

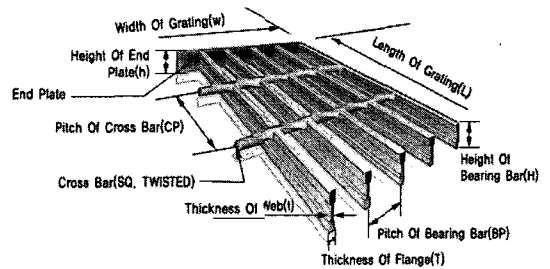
2. 구조 모델링

가능한 배수 능력이 적고 악취 차단과 하수 역류 방지 기능을 갖추었으며 설치와 교체가 어려운 기존 스틸 그레이팅의 단점을 보완하여 뚜껑과 받침을 분리해 시공한 뒤 뚜껑을 고정시키도록 설계되었다. 또 토압을 지탱하기 위해 5mm의 철판을 사용했으며, 도어에 모래나 이물질이 끼어도 작동에 문제가 없도록 했다. 파손된 경우 뚜껑만 교체하면 돼 시간과 비용 절감 효과도 볼 수 있게 하여 모델링 하였다. 아울러 기존 분실, 도난 방지기능을 가진 제품들의 프레임 설치시의 단점을 개선하여 설치가 간편하고, 분실, 도난을 예방 할 수 있는 비너를 설치, 그 기능을 향상 시켰다. 제품에 대한 구조는 그림 2 (a)와 같이 본체와 프레임의 분리형으로 하였으며 프레임을 시멘트에 공사시 기초 앵커 역할을 할 수 있도록 상세도 부분과

같이 끝부분은 기초 콘크리트 속으로 들어가 고정하였으며 그림 3 (b)에서 중앙부분은 안쪽으로 45도의 경사를 만들어 토사가 쌓이지 못하도록 하였다. 또한 제품이 하중을 받을시 신축이 가능하도록 그림 2 (b)와 같이 횡단봉을 스테이스트 바로 하여 신축성을 부여하였다. 한편 그림 3 (a)과 같이 기존 분실, 도난 방지기능으로 양쪽에 비너를 설치하여 기능을 추가하였다. 제품의 모델링은 CATIA[2]를 이용하여 3차원 형상 모델링을 한 후 조립 현상을 확인하였다.

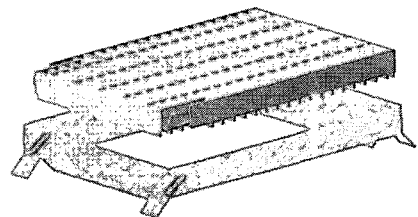


(a) 개선 부품의 구조도

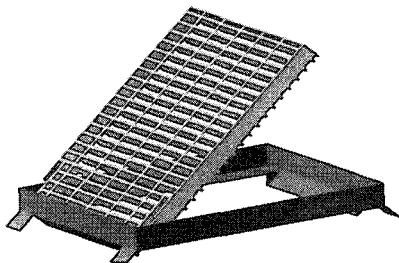


(b) 상세도

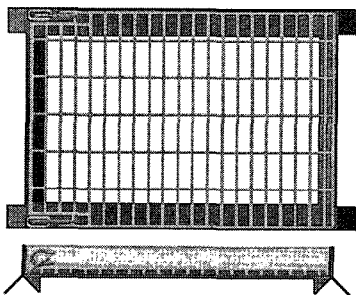
그림 2. 개선 제품의 구조



(a) 본체와 프레임



(b) 플레인의 경사면



(c) 조립도

그림 3. 개발품의 모델링

3차원 모델링 후 해석을 수행하였으며 구조해석은 ANSYS 10.[3-5]를 이용하여 하중인가에 따른 등가응력, 변형 및 변형율과 진동 모드 형상에 대하여 고찰하였다. 구조 해석은 <표 1> 과 같은 순서로 행하였으며 재료는 구조용 강판을 사용하였고 그 물성치는 <표 2> 와 같다. [6]

표 1. 해석 절차

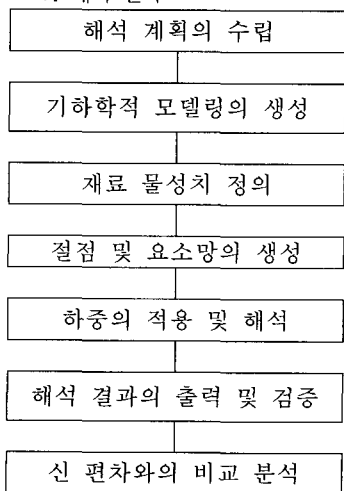


표 2. 재료의 기계적 성질

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 MPa
Compressive Yield Strength	250.0 MPa
Density	7.85×10^{-6} kg/mm ³
Poisson's Ratio	0.3
Tensile Yield Strength	250.0 MPa
Tensile Ultimate Strength	460.0 MPa
Young's Modulus	200,000.0 MPa

그림 4와 같이 모델링된 형상을 조립 상태로 요소를 생성 작업을 한 결과 노드수(NODES)는 95,803개 요소 분할수는 50,474개로 분할하였으며 그 제품의 무게 및 부피는 <표 3> 과 같다.

표 3. 요소 분할

Mass (kg)	Volume (mm ³)	Nodes	Elements
71.34	9.09×10^6	95,803	50,474

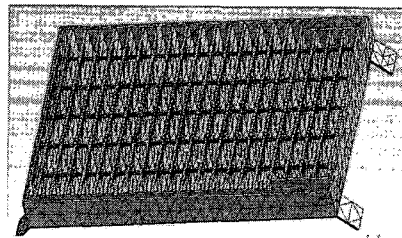


그림 4. 조립도 요소 생성

3. 결과 및 고찰

모델은 그레이팅 상판과 프레임을 조립한 상태에서 수행하였으며 프레임을 고정된 상태이기 때문에 바닥 시멘트 기초면의 변화가 없다고 가정하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 하여 보면 프레임 변화는 없기 때문에 상판의 변화에 대하여만 비교 해석하였다. 지지점은 프레임 과 접하는 면적으로 하였고 하중은 중앙에 200 mm * 400mm의 범위에 분포압력으로 인가하였으며 전체하중의 크기는 한 국도로공사 시험 규격에 의하여 기본하중인 20 TON를 적용하고 양 가장자리는 응력 집중을 막기 위하여 하중을 반으로 줄여 적용하였으며 그 분포는 그림 5 과 같다.

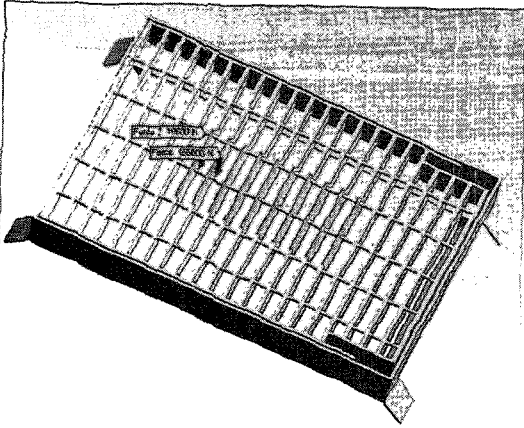


그림 5. 적용 하중 분포

첫째로 개선 전 부품의 등가 응력 결과가 그림 6에 보인다. 여기에서 중앙 부위는 50에서 100 MPa까지 골고루 분포하였으며 프레임이 겹치는 부분에서 응력 집중(최대응력 121 MPa)이 있었으나 이는 구속 조건 시 고정으로 인한 소성 변형 오차이기 때문에 실제로는 훨씬 작은 값이라 추정된다.

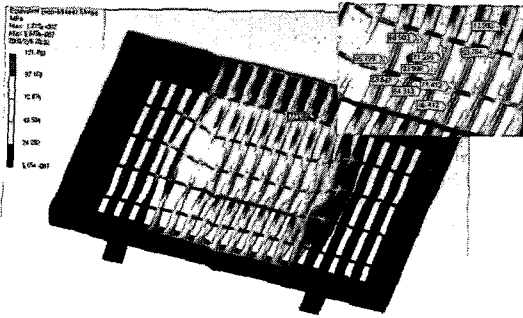


그림 6. 개선 전 등가 응력

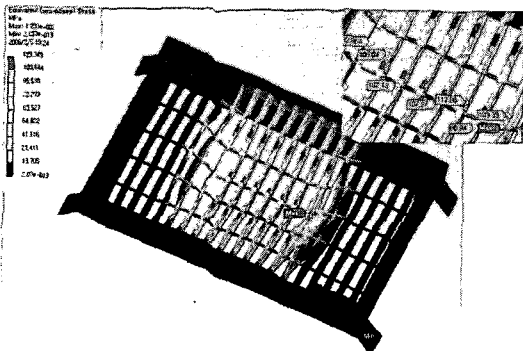


그림 7. 개선 후 등가 응력

개선 후 제품에서도 거의 개선 전과 유사함을 보였다. 개선전 최대응력이 121MPa이고 개선 후에는 123 MPa로 거의 같은 값을 나타냈다. 구조적으로 제품의 지지점 및 크기가 유사하기 때문이다.

둘째로, 그림 8과 그림 9는 개선전과 개선후의 등가 변형량에 대한 해석 결과이다. 여기에서 개선 전 제품인 경우 중앙 지점에서 최대 0.2mm 이며 중앙을 중심으로 조금씩 회복 되는 것을 볼 수 있다. 개선후인 경우 중앙의 최대 변위는 0.23mm로 거의 유사한 값을 보이고 있다.

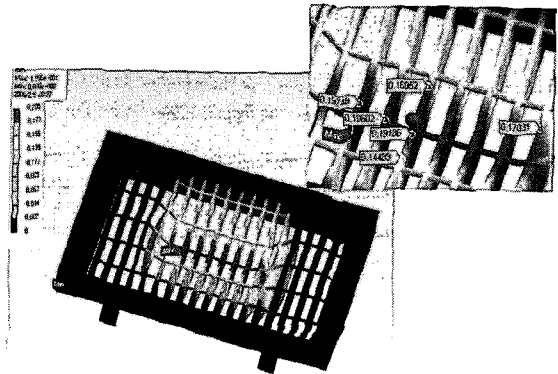


그림 8. 개선 전 변형량

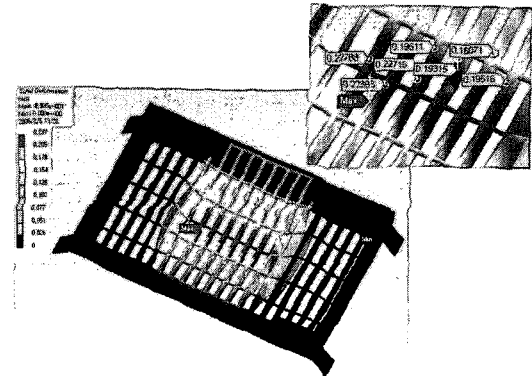
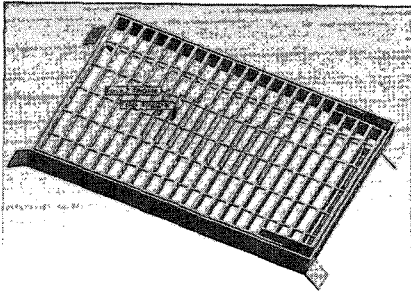
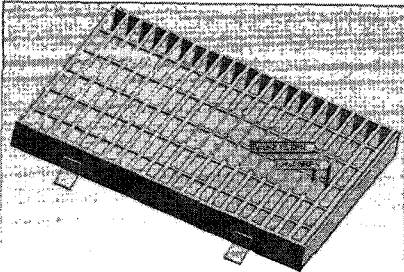


그림 9. 개선 후 변형량

세째로, 그림 10(a)와 같이 개선 후 제품이 중앙에 하중을 받았을 때와 그림 10(b) 앞면에 집중하중을 받았을 때의 변화를 비교한 결과이다. 그림 11은 해석한 응력 분포이고 그림 12는 등가 변형량 결과이다. 여기에서 응력의 분포 상태는 유사하나 앞부분에서 다소 집중하중을 받고 있는 것을 볼수 있었으며 변형량은 0.58mm정도가 최대로 유사함을 보였다.

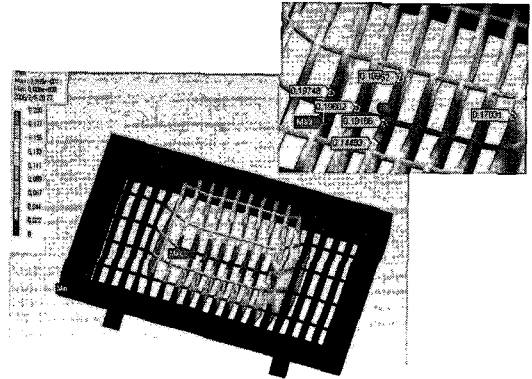


(a) 중앙 하중 분포(20ton)

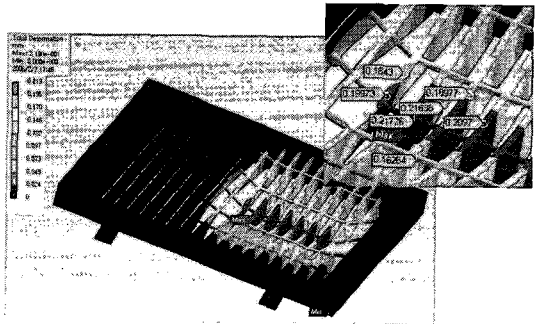


(b) 편중 하중 분포(20ton)

그림 10. 중앙 및 편중하중 비교

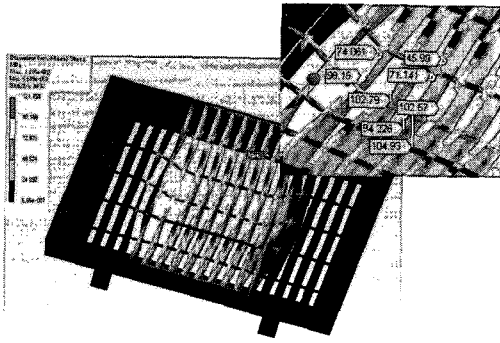


(a) 중앙 하중 인가시

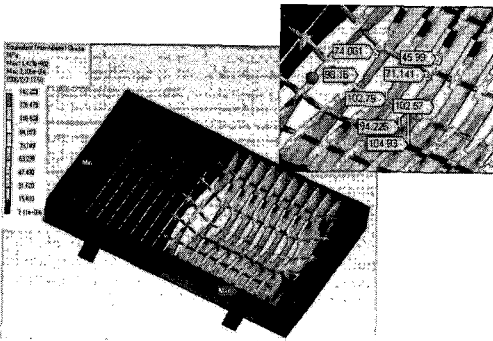


(a) 편중 하중 인가시

그림 12. 개선 전 등가 변형량

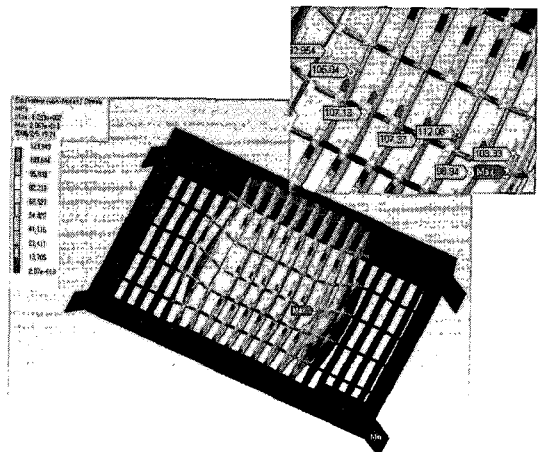


(a) 중앙 하중 인가 시

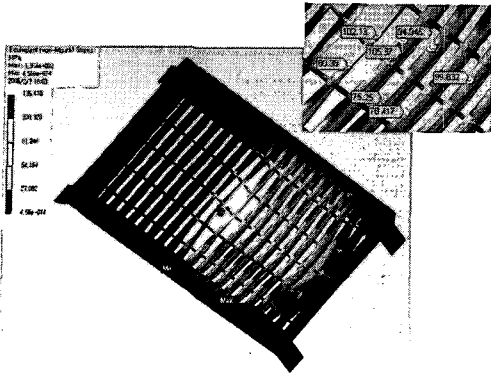


(b) 편중 하중 인가 시

그림 11. 개선 전 등가 응력

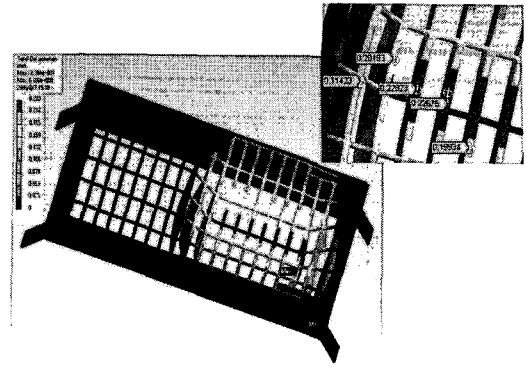


(a) 중앙 하중 인가시



(b) 편중 하중 인가시

그림 13. 개선 후 등가응력



(b) 편중 하중 인가시

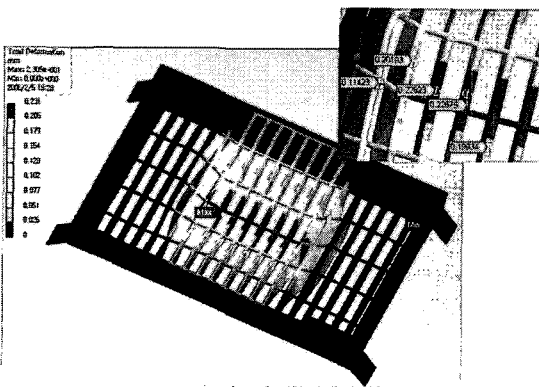
그림 14. 개선 후 등가 변형량 분포

마지막으로 그림 5와 같이 개선 후 제품이 중앙에 하중을 받았을 때와 앞면에 편중 하중을 받았을 때의 변화를 비교한 결과이다. 그림 13은 해석한 응력 분포이고 그림 14는 등가 변형량 결과 이다. 여기에서 응력의 분포 상태는 유사하나 앞부분에서 다소 집중하중을 받고 있는 것을 볼 수 있었으며 변형량은 중앙부분이나 앞부분이나 유사함을 보였다. 한편 설계의 적정성을 확인하기 위하여 진동 모드 형상 해석을 수행 하였으며 그 결과 <표 3> 과 같다. 개선 전 506 Hz에서 1ST 고유진동이 형성되어 있는 것이 개선 후에는 677 Hz로 거의 변화가 없었으며 2nd 모드 이상에서는 고 진동으로 분산되어 진동설계에서는 개선되었음을 볼 수 있다. 개선 전후의 1st 모드와 2nd 모드에 대하여 해석한 형상을 그림 15와 그림 16에 각각 도시하였다.

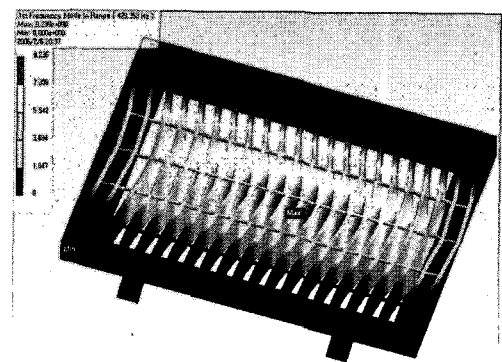
표 3. 해석 결과

Natural Frequencies	unit	개선전 Frequency	개선후 Frequency
1st Frequency Mode	Hz	506	677.67
2nd Frequency Mode	Hz	626	735.68
3rd Frequency Mode	Hz	630	1,025.27
4th Frequency Mode	Hz	636	1,160.84

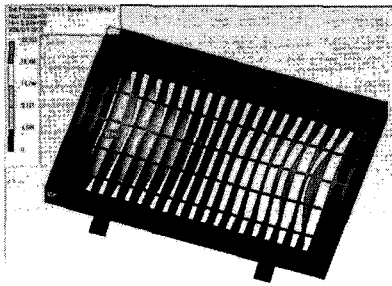
본 해석을 토대로 설계하여 시제품을 그림 17과 같이 제작하여 현재 각 도로에서 필드 시험 중이며 계절 변화에 따른 환경시험, 장마 시에 발생하는 역류 현상 등에 대한 연구가 진행 중이며 수년간의 검증 후 그 결과를 추후 발표 할 예정이다.



(a) 중앙 하중 인가시

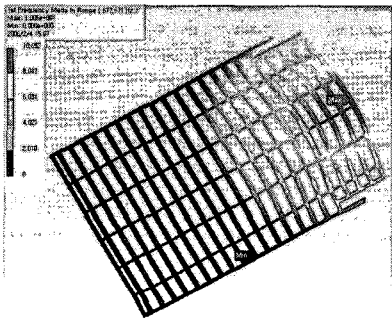


(a) 1st MODE

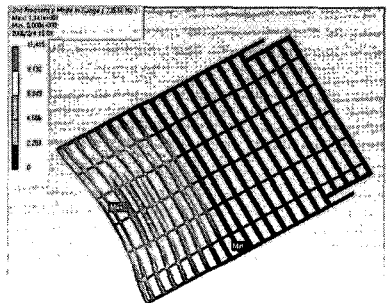


(b) 2nd MODE

그림 15. 개선 전 진동모드



(a) 1st MODE



(b) 2nd MODE

그림 16. 개선 후 진동모드

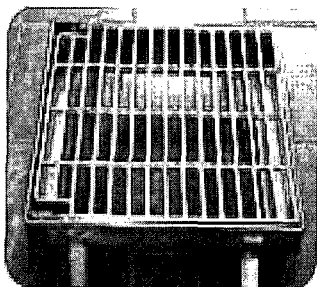


그림 17. 시제품 사진

4. 결론

그레이팅 개발품에 대하여 개선전과의 비교 구조 해석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모델링하고 유한요소하여 지진 시 각 부위에 걸리는 응력 및 변형률을 구하였고 설계시 보강 부위를 확인하였다
2. 개선 전 부품의 등가 응력 결과 중앙 부위는 50에서 100 MPa까지 골고루 분포하였으며 프레임이 겹치는 부분에서 응력 집중(최대응력 121 MPa)이 있었으나 이는 구속 조건 시 고정으로 인한 소성 변형 오차이기 때문에 실제로는 훨씬 작은 값이라 추정된다. 개선 후 제품에서도 거의 개선 전과 유사함을 보였다. 개선전 최대응력이 121MPa이고 개선 후에는 123 MPa로 거의 같은 값을 나타냈다. 구조적으로 재품의 지지점 및 크기가 유사하기 때문이다.
3. 개선전과 개선후의 등가 변형량에 대한 해석 결과 개선 전 제품인 경우 중앙 지점에서 최대 0.2mm 이며 중앙을 중심으로 조금씩 회복 되는 것을 볼 수 있다. 개선후인 경우 중앙의 최대 변위는 0.23mm로 거의 유사한 값을 보이고 있다.
4. 개선 후 중앙에 하중 인가시 0.231mm이고 편심하중을 인가한 경우 0.238mm로 동일한 처짐이 발생하여 끝단에도 개발전과 비슷함을 보였다.
5. 설계의 적정성을 확인하기 위하여 진동 모드 형상 해석을 수행 하였으며 그 결과 개선 전 506 Hz에서 1st 고유진동이 형성되어 있는 것이 개선 후에는 677 Hz로 거의 변화가 없었으며 2nd 모드 이상에서는 고 진동으로 분산되어 진동설계에서는 개선되었음을 볼 수 있다.

참고 문헌

- [1] Richard L., Experimental Methods for Mechanical Testing, SEM, PP53-65, 1997
- [2] 이석순, CATIA V3, 과학기술, pp55-102, 2006
- [3] ANSYS, Inc., Verification manual, pp141-192, 2001
- [4] ANSYS, Inc., Dynamics for ANSYSIS, pp50-62, 2005
- [5] Cyril M. Harris, "Resiliently of supported rigid body" Shock Vibration, McGRAW-HALL, pp71-76, 1998
- [6] J.Djub, Limit State of the Plate Elements of Steel Structures, VEDA, pp233-242, 1978

[7] H.O.Fuchs, Metal fatigue in engineering, JOHN WILEY & SONS, pp76-94,2001

[8] K.C.Rockey, The finite element method, Crosby Lockwood, pp77-94,1996

김기선(Key-Sun Kim)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 인하대학교 기계공학과(공학박사)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수
- 1991년8월 기계제작기술사

<관심분야>

지능형 재료응용 연구, 자동차부품 개발, 제조 전용기 개발

이은종(Eun-Jong Lee)

[정회원]



- 1988년 2월 : 단국대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 국민대학교 기계설계공학부(공학박사)
- 1988년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

생산공학, 정밀가공..