

세로형 스틸 그레이팅의 응력과 변형에 관한 연구

임경묵¹, 임병철¹, 박상흠^{2*}

¹공주대학교 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부

A Study on the Stress and Deformation of Vertical Steel grating

Gyeong-Muk Lim¹, Byung-Chul Lim¹, Sang-Heup Park^{2*}

¹Division of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju University

²Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요약 그레이팅은 건축, 토목에서 배수의 주목적으로 하는 구조물이다. 본 연구에서는 가로형 그레이팅보다 유속에 대한 저항성을 감소시킨 구조인 세로형 그레이팅의 3가지 모델(35.3형, 40형, 43형)을 시뮬레이션하여, 응력 분포 및 변형에 대해 연구하고 최적의 격자 간격의 그레이팅을 설계함이 목적이다. 세로형과 가로형 그레이팅에 하중에 대한 최대 응력 및 변형을 비교 분석하여 보다 나은 제품을 확인하였다.

Abstract The grating is the main purpose of drainage in civil engineering, architecture. This study examined the change and stress distribution by simulating three models of Vertical type grating structures that reduced the resistibility in respect of velocity rather than horizontal type grating and to design a grating with the optimal grating gap. The vertical type and horizontal type grating were compared in terms of the maximum stress and strain to identify the better product.

Keywords : Deformation, Steel grating, Horizontal type, Vertical type, Stress

1. 서론

도로변에 흐르는 물을 하수구로 보내는 흠받침을 배수용 그레이팅이라[1] 하며 기존 제품은 일체형으로 주물에 의하여 제작하였으나 최근에는 구조용강에 의한 스틸 제품의 그레이팅이 사용되고 있으며 스틸 그레이팅은 배수능력이 우수하고 강한 충격에도 견딜 수 있는 내구성, 저렴한 가격 및 청소가 쉽다는 장점이 있어 상당부분 교체가 되었다. 그러나 현재 사용 중인 가로형 스틸 그레이팅의 가장 큰 문제점은 장마철, 국지성 집중 호우가 발생하면 우수 량 증가 시 유속에 대한 저항이 커지는 현상이 발생하여 배수능력이 저하되고, 고속도로의 경우 중앙 분리대 측 부분의 집수정의 물고임 현상으로 위험을 초래하고 있는 실정이다.[2] 또한 주택가나 일반 도로

변에 설치된 스틸 그레이팅도 마찬가지로 국지성 집중 호우나, 장마철 등 강수량 증가시 스틸 그레이팅의 본질적인 기능인 탁월한 배수를 하지 못하는 결과가 발생한다. 본 연구는 이를 개선하여 I-bar의 위치를 기존의 가로방향에서 세로방향으로 스틸 그레이팅의 구조를 개선하여 유속에 대한 저항성이 감소하였고, 최적 설계를 위해 I-bar 간격을 달리하여 35.3mm, 40mm, 43mm로 3가지 종류를 비교하였다. 또한 기존의 제품보다 I-bar의 최소 적용으로 원가 및 공정 개선의 효과가 있는 구조로 개선하였다. 이에 대한 설계 자료를 위하여 제품 별로 비교 분석 후 결과를 고찰하였다.[3][4][5]

*Corresponding Author : Sang-Heup Park(Kongju Univ.)

Tel: +82-41-521-9283 email: weldpark@kongju.ac.kr

Received October 23, 2015

Revised January 4, 2016

Accepted February 4, 2016

Published February 29, 2016

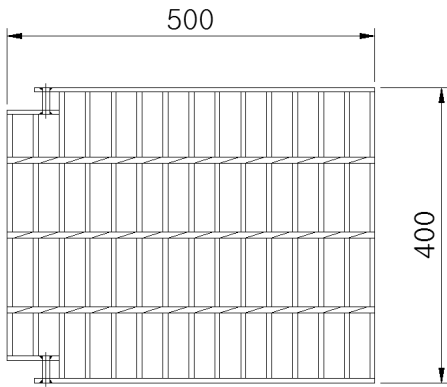


Fig. 1. Horizontal type grating shape

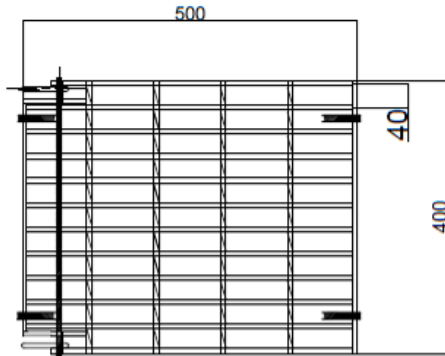


Fig. 2. Vertical type grating shape

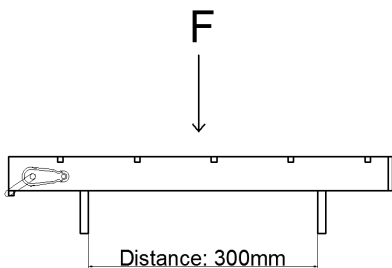


Fig. 3. Loading condition of steel grating

2. 연구방법

본 연구에서 사용한 그레이팅 모델의 구조는 Fig. 1과

Fig. 2와 같이 가로형 스틸 그레이팅 40형의 구조는 I-bar의 방향은 가로방향으로 위치해 있고 I-bar의 간격은 40mm 떨어진 구조이며, 세로형 그레이팅의 구조는 I-bar의 방향이 세로 방향에 위치한 구조이며 본 연구에 사용한 구조는 35.3형, 40형, 43형을 사용하여 비교분석하였다. 가로형과 세로형 스틸 그레이팅의 크기는 각각 500x400mm으로 SolidWorks를 이용하여 모델링하였고, ANSYS14.0를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 3은 스틸 그레이팅의 하중을 가하였을 때 I-bar에 작용되는 힘을 나타내며, 스틸 그레이팅 단체표준 (SPS-KMIC-007-2014)에 의거하여 도로형 스틸 그레이팅의 시험규격 하중치인 200,000N을 접지하는 타이어의 면적인 200x500mm의 범위에 분포압력으로 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 하중의 분포는 자동차의 타이어 압력과 유사하게 바퀴 중앙에는 큰 압력을 가장 자리는 작은 하중이 작용하도록 하여 실제 조건과 유사하도록 하였다. 또한 3가지 격자간격이 다른 세로형 스틸 그레이팅(35.3형, 40형, 43형)에 대하여 각각 시뮬레이션을 수행하여 응력과 변형의 분포를 가로형 스틸 그레이팅과 비교 분석 하였다.

3. 시뮬레이션 결과

본 연구에서 사용된 세로형 스틸 그레이팅 모델은 기존 가로형 스틸 그레이팅의 변형제품이다. 탄성계수와 푸아송비는 유한 요소 모델의 구성에 매우 중요한 영향을 미치며, Table 1에 스틸 그레이팅을 구성하는 I-bar의 기계적 성질을 정리하였다. Fig. 4은 mesh를 통해 얻은 격자구조이며, 격자는 tetra, inflation, sweep, mapped, 등 다양한 mesh기능을 사용하여 격자를 생성하였다. 스틸 그레이팅의 전체 입체 요소 모델은 59,382개의 노드와 27,691의 유한 요소로 구성되어 있다.

Table 1. Mechanical properties of I-bar

| Materials | Value |
|-------------------------------|--|
| Compressive Ultimate Strength | 0.0 MPa |
| Compressive Yield Strength | 250.0 MPa |
| Density | 7.85x10 ⁻⁶ kg/mm ³ |
| Poisson's Ratio | 0.3 |
| Tensile Yield Strength | 250.0 MPa |
| Tensile Ultimate Strength | 460.0 MPa |

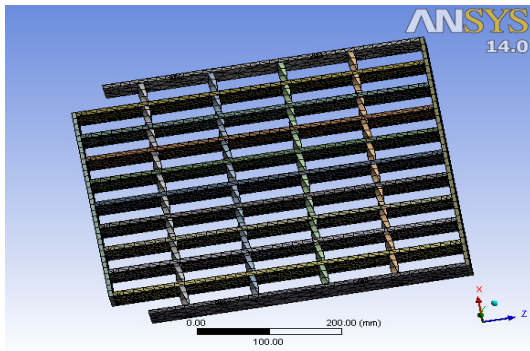


Fig. 4. Model of steel grating with meshing

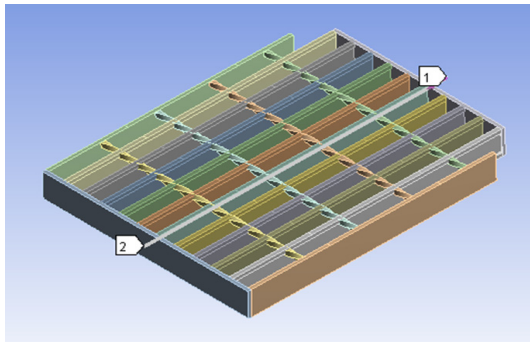
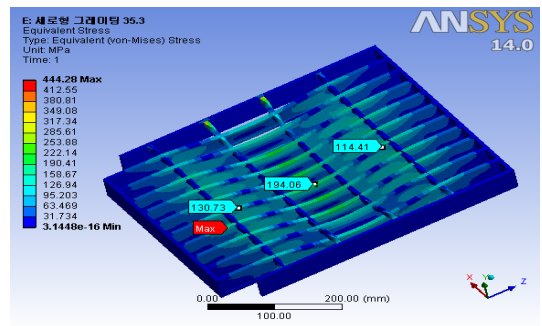


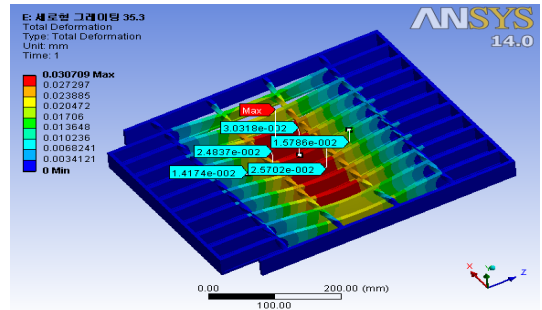
Fig. 5. Z-Z' profile

Fig. 5는 시뮬레이션에서 I-bar의 표면의 나온 응력과 변형량을 측정하기 위한 프로파일을 만든 것을 보여주며 스틸 그레이팅에 가장 많은 하중이 작용하는 중앙 I-bar에 Z-Z' 프로파일을 만들어 응력 및 변형의 값을 측정하였다.

Table 2는 시뮬레이션을 통해 나온 값을 Fig. 5의 프로파일을 따라 측정하여 표로 나타낸 것으로, Z-Z' 프로파일에 발생한 최대응력과 최소 응력 값을 보여주고 있으며 Table 3은 세로형 스틸 그레이팅과 가로형 스틸 그레이팅의 최대변형과 최소 변형을 보여주고 있다. Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8은 각각 세로형 스틸 그레이팅 35.3형, 40형, 43형의 해석 모형을 보여주고 있으며 Fig. 9은 가로형 스틸 그레이팅의 해석 모형이다.

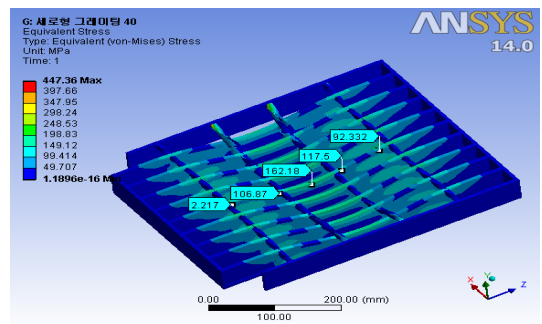


(a) Stress

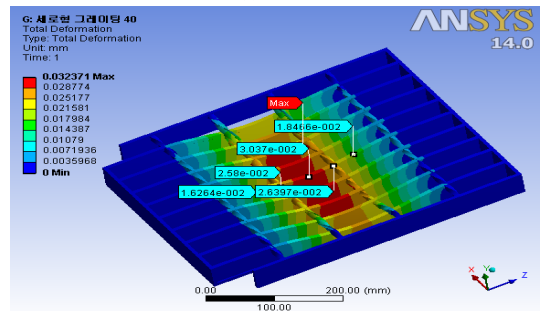


(b) Deformation

Fig. 6. Vertical 35.3 type stress and deformation in ceramic

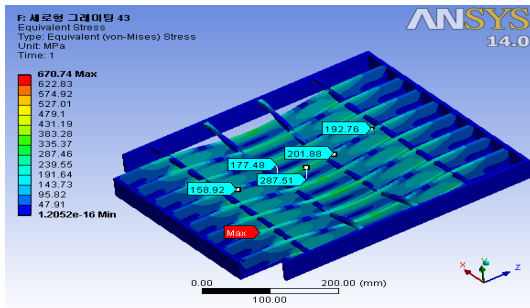


(a) Stress

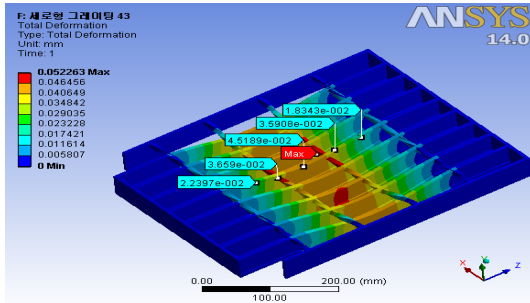


(b) Deformation

Fig. 7. Vertical 40 type stress and deformation in ceramic

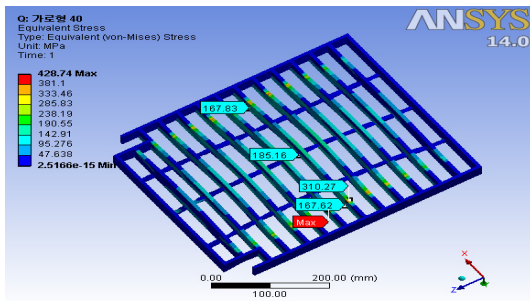


(a) Stress

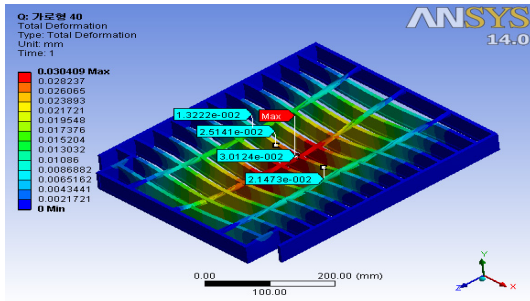


(b) Deformation

Fig. 8. Vertical 43 type stress and deformation in ceramic



(a) Stress



(b) Deformation

Fig. 9. Horizontal 40 type stress and deformation in ceramic

Table 2. Stress distribution in MPa

| Steel grating type | Stress | |
|--------------------|------------|---------|
| | Minimum | Maximum |
| Vertical 35.3 type | 3.1448e-16 | 188 |
| Vertical 40 type | 1.1896e-16 | 185 |
| Vertical 43 type | 1.2052e-16 | 288 |
| Horizontal 40 type | 2.5166e-15 | 160 |

Table 3. Deformation distribution in mm

| Steel grating type | Deformation | |
|--------------------|-------------|-----------|
| | Minimum | Maximum |
| Vertical 35.3 type | 0 | 3.07x10-2 |
| Vertical 40 type | 0 | 3.23x10-2 |
| Vertical 43 type | 0 | 5.22x10-2 |
| Horizontal 40 type | 0 | 3.04x10-2 |

Fig. 10은 Fig. 5에서 만든 Z-Z' 프로파일을 토대로 측정값을 그래프로 나타낸 것이다. (a)와 (b)는 세로형 스틸 그레이팅의 격자 간격에 따른 분류 3가지에 대한 응력 분포 패턴 및 변형을 그래프로 보여준다. 3가지 세로형 그레이팅의 변형량을 비교한 결과 변형의 분포는 3가지 모두 유사한 분포로 변형이 되었으며, 변형량의 해석 결과 최소 변형이 발생된 타입은 35.3형에서 0.0307mm로 해석되었고, 최대 변형은 43형에서 0.0522mm로 해석 되었다. 35.3형과 43형의 변형량의 차이는 0.02152mm로 미미한 차이를 보이고 있다.

발생 응력을 비교한 결과 세로형 스틸 그레이팅의 전체적인 구조는 동일하고 I-bar의 간격이 다르기 때문에 발생하는 응력의 분포는 유사하게 나타나고 있으며 하중을 가했을 때 최소의 응력이 해석되는 제품은 40형으로 짐수정과 I-bar의 접점에서 응력이 발생하며 크기는 447MPa로 해석된다. 최대 크기의 응력이 해석되는 제품은 43형에서 발생하며 크기는 670MPa로 40형과 같이 짐수정과 I-bar의 접점에서 나타난다.

Fig. 11은 세로형 그레이팅 종류 중에 발생하는 응력의 크기가 작은 40형과 가로형 그레이팅 40형과 응력을 비교한 결과 응력 분포는 세로형 그레이팅은 Cross bar의 위치부분에서 발생하며, 가로형 그레이팅은 I-bar와 End bar가 맞물리는 지점에 응력이 집중되는 분포가 나타난다.

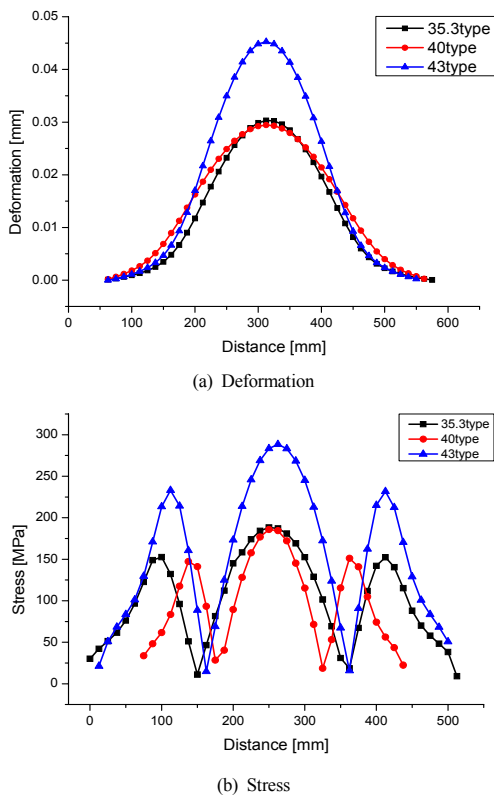


Fig. 10. Vertical type maximum stress & deformation in steel grating

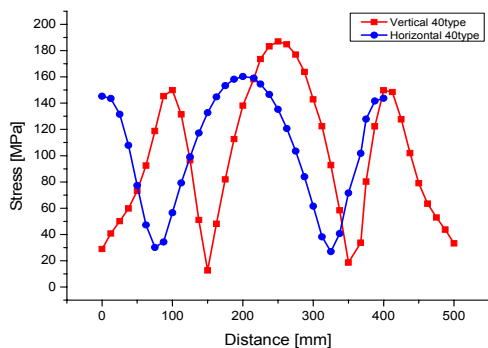


Fig. 11. Comparison of vertical grating and horizontal grating

4. 결론

본 연구에서는 세로형 그레이팅 격자 간격이 다른 3가지 모델을 응력 분포 및 변형에 대하여 비교하고 가

형 그레이팅과 응력분포의 차이를 분석하여 향후 개선된 그레이팅을 설계하기 위한 목적으로 진행하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 시뮬레이션 결과, 발생한 최대 응력은 세로형 그레이팅 43형에서, 최소 응력은 세로형 40형에서 발생한 것을 알 수 있었다. 마찬가지로 최대 변형은 세로형 그레이팅 43형, 최소 변형은 세로형 35.3형 변형량의 차이는 0.02152mm로 미미한 차이를 보이고 있다.
- 2) 세로형 그레이팅의 응력 분포 형태는 Cross bar에 의해 적용되는 힘이 상쇄되어 I-bar와 End bar의 접하는 부분에 집중하지 않고, 가로형 그레이팅은 접하는 부분에 응력이 집중하는 경향이 있어 더 큰 하중이 작용하면 End bar와 I-bar의 접점에서 파단이 일어날 가능성이 농후하므로 제품의 안정성은 세로형 그레이팅이 가로형 그레이팅보다 좋다고 판단된다.
- 3) 최대응력의 크기가 가장 낮은 세로형 그레이팅 40형과 가로형 그레이팅 40형의 응력 크기를 비교한 결과 최대 응력의 크기의 차이는 25MPa으로 세로형이 약 15% 높게 나타났지만 값은 미미하며 두 제품의 배수의 흐름은 세로형 그레이팅 40형이 가로형 그레이팅 40형 보다 좋게 나타나고 있으며 추후 실험을 통해 해석의 적절성을 검토할 것이다.

References

- [1] K. S. Kim, E. J. Lee "A Study on the Development of Grating Structure for Drain of Water" The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol-7 pp. 531-538, 2006.
- [2] Richard L., "Experimental Methods for Mechanical Testing", SEM, pp. 55-65, 1997.
- [3] T. W. Park, K. Kim, J. G. Ta, S. j. Bae "Deformation and residual stress of the frame by welding" The Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 87-91 2005.
- [4] J. S. Jeon, G. D. Kim, S. H. Oh, S. H. Song "Structural Performance Evaluation of New-type Grating." Architectural Institute of Korea, pp. 221-222 2011.
- [5] Y. S. Lee, T. O. Lee, Y. J. Moth, C. H. Choi "The Basic Design Notion for Steel Grate of Road Drainage" Korean Geo-Environmental Society, pp 235-238 2007

임 병 철(Byung-Chul Lim)

[준회원]



- 2015년 2월 : 공주대학교 기계시스템공학과 (공학사)
- 2015년 3월 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사과정)

<관심분야>

구조해석, 용접 자동화

임 병 철(Byung-Chul Lim)

[준회원]



- 2010년 2월 : 공주대학교 기계시스템공학과 (공학사)
- 2012년 8월 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 (박사과정)

<관심분야>

육성용접, 레이저용접

박 상 흘(Sang-Huep Park)

[정회원]



- 1984년 2월 : 단국대학교 기계공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 단국대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 홍익대학교 일반대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

용접시공 및 용접 자동화, 비파괴 검사