

와이어메쉬 굴곡배치 타당성분석

Analysis of Bending Wire Mesh

김 춘 호* 정 대 석**
Kim, Chun-Ho Jung, Dae-Suk

Abstract

We conducted structural analysis to investigate disadvantage of wire-mesh arranged at the plane and to develop three-dimensionally bent U-type wire-mesh. In all case that distributed loading at the whole top slab and the half top slab, and the wire mesh was bent 45°, flexura tensile stress was the fewest in both positive moment and negative moment, and the wire mesh was bent 45° in crossway the shear stresss was the fewest. Therefore, by arranging wire-mesh with 45° more bent than plane, flexura tensile stress, shear stress, displacement will be reduced and structural function will be improved.

Keywords : wire mesh, bent wire mesh

1. 서 론

콘크리트 구조물은 압축강도의 1/10정도의 낮은 인장강도를 가지기 때문에 콘크리트 구조물의 취약점인 인장강도를 보완하기 위하여 콘크리트의 인장축에 철근을 사용한다.^{1,2)} 그 중 특히 슬래브 구조물에서는 온도, 습도 등 환경적 변화, 부등침하, 슬래브 저면 마찰, 그리고 시공 시 수화작용에 의하여 응력이 발생하고 균열을 수반한다. 이와 같은 응력과 균열을 완화시키고 조절하기 위하여 콘크리트 슬래브 단면 내에 철근을 설치하여 발생된 응력을 철근이 분담하도록 하여 균열 간격과 균열 폭을 조절하는 기능을 가지도록 한다. 콘크리트 슬래브 내에 사용되는 철근은 충분한 부착력을 발휘할 수 있는 이형표면을 가진 이형 봉강 철근을 사용한다.^{3,4)} 하지만 근래에는 항복강도가 높아 강재의 소요량 절감 및 경량화를 할 수 있고, 시공이 간편하고 배근 및 결속 시간 절약(철근대비 30~50%)이 가능하며, 사전 조립 용접으로 부재의 응력 분포가 균등하고 균열제어에 효과적이며, 또한 콘크리트 타설 시 배근 상태가 흐트러지지 않는 등의 장점을 가진 용접철망(wire mesh)을 사용하는 추세이다. 기존의 2차원 평면 배치인 용접철망(이하 wire mesh)은 배치면인 평면에 발생하는 인장응력에 대해서만 저항할 수 있다. 따라서 이러한 단점을 개선하고자 3차원으로 굴곡 배치한 와이어 메쉬를 개발하기위해 다양한 배치에 대한 구조해석을 실시하여

타당성과 최적의 굴곡각도를 분석하기 위해 본 연구를 수행하고자 한다.

2. 와이어 메쉬

2.1 기존 와이어 메쉬 용도

철선 또는 아연도철선 등을 사용하여 전기 저항 용접한 제품으로서 콘크리트 구조물의 취약점인 인장강도를 보강하기 위하여 콘크리트의 인장축에 철근 또는 그림1과 같은 와이어메쉬를 사용한다.

와이어메쉬는 슬래브 및 바닥판 콘크리트의 균열억제 및 보강용 철근, 콘크리트 도로 포장의 균열방지 및 보강근, 프리캐스트 콘크리트부재의 보강근, 옹벽 및 도로배수관 콘크리트용 보강근, 콘크리트 플룸관 보강근, 휴게소 및 주차장 포장 시 균열방지 및 보강근으로 활용하고 있다.⁵⁾

- 1) 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준 해설, 2003
- 2) 한국콘크리트학회, 토목구조물의 배근상세, 2000
- 3) Chu-Kia Wang, Reinforced Concrete Design, Wang Salmon, 1983
- 4) James G. Macgregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design", Prentice Hall, 1999
- 5) 건설교통부, 도로공사 설계적용기준, 2001

* 중부대학교 토목공학과 교수, 공학박사, 교신저자 (chkim@joongbu.ac.kr)
** 중부대학교 토목공학과 교수, 공학박사



그림 1. 와이어 메쉬

2.2 기존 와이어 메쉬 개선점

일반철근과 비교하여 전체가 격자망으로 용접되어 있기 때문에 조립 및 설치시간이 절약되고 기능공 및 숙련공이 필요 없기 때문에 인건비 절감이 되고 고강도 철선(설계기준항복강도 $F_y = 4500 \sim 5000 \text{kg/cm}^2$)을 사용하기 때문에 강재의 항복강도 및 인장강도의 증가로 재료가 절감된다. 일반철근에 비해 2~3배 정도 배근속도가 빠르기 때문에 공사용 장비 및 거푸집을 단시일 내에 타설공사에 활용 할 수 있기 때문에 공사시간을 단축 할 수 있다. 손으로 배근하는 철근에 비해 배근간격이 정확하기 때문에 현장 관리 측면에서 유리하며 작은 지름의 철선을 좁은 간격으로 사전 조립 용접하기 때문에 철근에 비해 응력분포가 균등하며 균열제어에 효과적이다.

하지만 평면배치로 인해 2차원으로 응력분포가 발생되므로 부등침하로 인한 정 부모멘트 부위에 각각 추가 배치가 필요하고 전단에 대한 저항능력이 미흡하므로 전단에 대한 전단보강이 필요하며 와이어메쉬의 부식방지를 위한 피복유지를 위해 스페이스설치가 필요하다. 또한, 도로 및 슬래브 콘크리트타설 시 와이어메쉬가 위로 솟는 경우 또는 아래로 처지는 현상 발생하므로 균일한 위치에 설치하기 어려움이 있고 와이어메쉬 상·하부 배치 시 스페이스 설치 및 기타 작업으로 시공이 복잡해지며 공기 단축에 어려움이 있다.

위와 같은 사항을 개선하기 위한 굴곡배치한 U형 와이어메쉬의 개발과 콘크리트제품의 적용에 관한 연구가 필요하다.

3. 와이어 메쉬 굴곡 배치 구조해석

3.1 개요

횡 방향과 종 방향으로 굴곡 배치한 wire mesh의 구조적 성능 향상을 분석하기 위하여 범용유한요소 프로그램인 MIDAS를 이용하여 구조해석을 실시하였다. 구조해석에는 단면크기 폭(b) : 3m, 1경간 길이(l) : 5m, 두께(t) : 0.2m인 2경간 슬래브를 사용하였고, 요소는 3차원 입체 요소인 Solid요소를 사용하였다. 그림 2, 그림 3는 슬래브의 형상과 슬래브의 단면도이다.

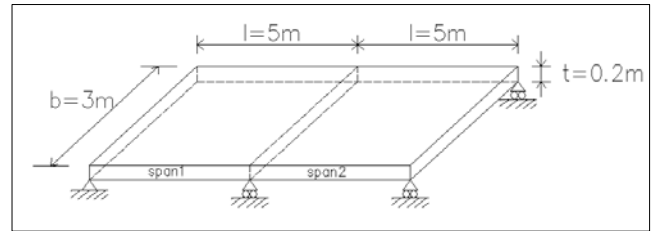


그림 2. 슬래브 형상

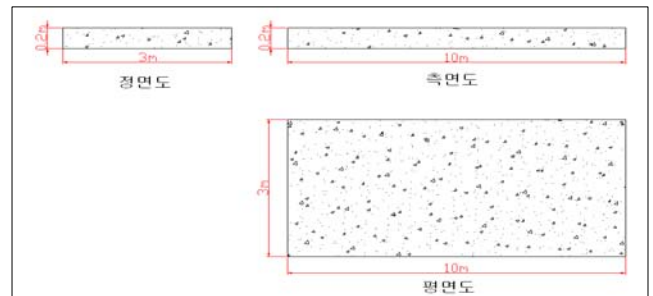


그림 3. 슬래브 단면도

하중은 그림 4와 같이 슬래브 상부 전체에 1tonf/m^2 등분포 하중이 작용하는 경우와 1경간 슬래브에 1tonf/m^2 등분포 하중이 작용하는 경우의 두 가지 경우에 대하여 해석을 실시하였다. 콘크리트의 인장응력이 발생하는 정모멘트 측과 부모멘트 측의 단면력을 구하여 기존 wire mesh($\theta=0^\circ$)와 wire mesh의 종방향 굴곡각도 $\theta=30^\circ$, $\theta=45^\circ$, wire mesh의 횡방향 굴곡각도 $\theta=45^\circ$ 를 비교 하였다. 그림 5는 wire mesh의 굴곡 형상이다.

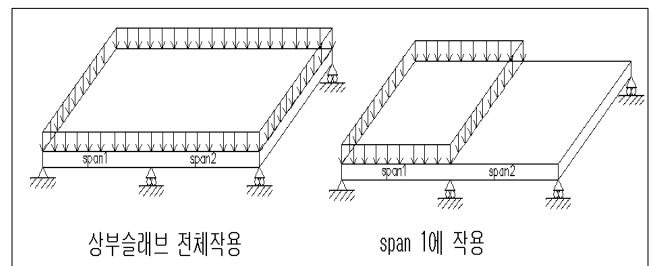


그림 4. 하중조건

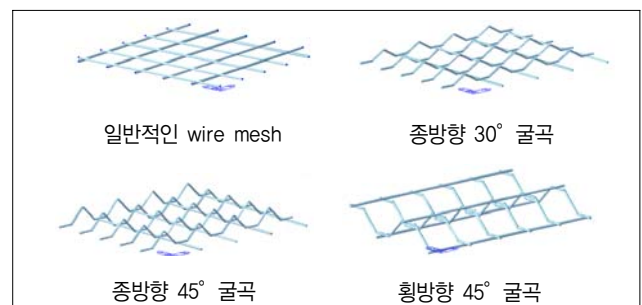


그림 5. 굴곡 각도별 wire mesh 형상

3.2 구조해석 모델링

구조해석에 사용된 슬래브의 Solid 요소는 isoparametric 4절점 사면체 요소, 6절점 오면체 요소, incompatible 8절점 육면체 요소중 incompatible 8절점 육면체 요소를 사용하였다. 각 요소는 전체 좌표계와 요소 좌표계에서 절점 당 3개의 자유도를 갖는다. 그림6과 같이 각도별 굴곡 요소를 모델링하였다.

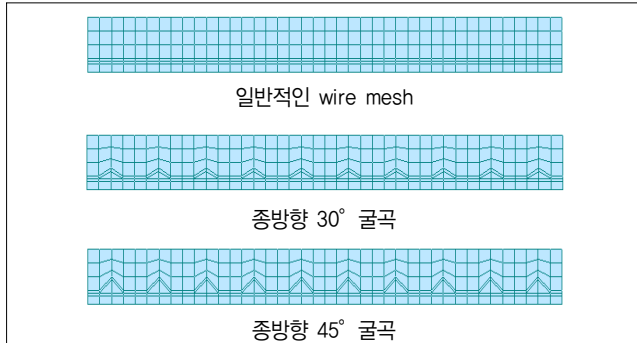


그림 6. 각도별 굴곡 요소 모델링

구조해석에 사용되어진 물성치(material property)는 표 1과 같다.

표 1. 구조해석에 사용된 물성치

	철근	콘크리트	환산단면
탄성계수(kg/cm^2)	2.0×10^6	2.1×10^5	4.0×10^5
인장강도(kg/cm^2)	45~61	27	-
압축강도(kg/cm^2)	-	270	-

wire mesh는 #4-0의 규격을 기준으로 지름 10mm, wire를 사용하였다.

경계조건은 그림 8과 같이 슬래브의 좌측에 힌지(hinge)지점을 적용하였고, 나머지 부분은 롤러(roller) 지점을 적용하였다.

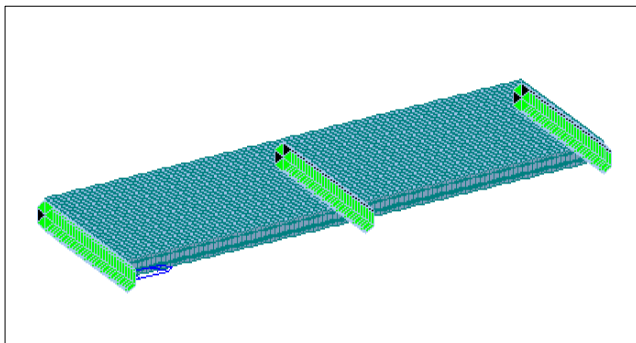


그림 7. 경계조건

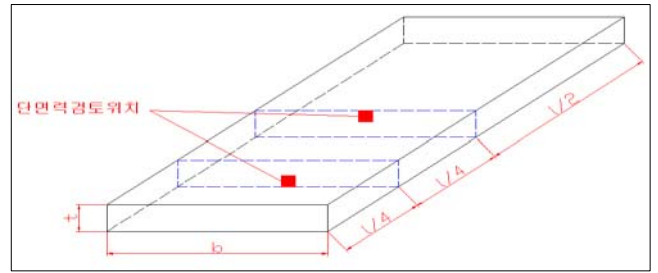


그림 8. 상부슬래브 전체에 하중작용 시 검토위치

단면력은 콘크리트의 인장응력이 발생하는 정모멘트 측과 부모멘트 측에서 구하였다.⁶⁾ 그림 9는 상부 슬래브 전체에 하중 작용 시 단면력 검토 위치를 나타낸 것이고, 그림 10은 상부 슬래브 좌측에 하중 작용 시 단면력 검토 위치를 나타낸 것이다.

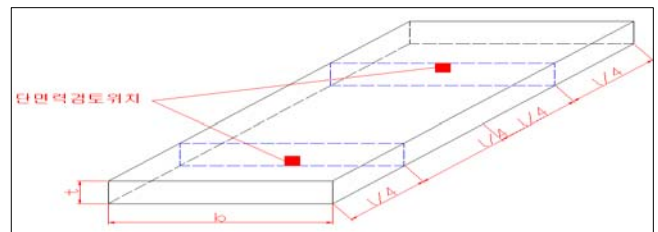


그림 9. 상부슬래브 좌측에 하중작용 시 검토위치

4. 구조해석결과 및 고찰

4.1 상부슬래브 전체 등분포(1ton/m²)하중 재하

종방향 굴곡 각도 0°, 30°, 45°, 횡방향 굴곡배치인 경우에 대하여 각각 비교하였다. 그림 11에서 종방향 0° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $45.47kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $45.83kg/cm^2$ 이다.

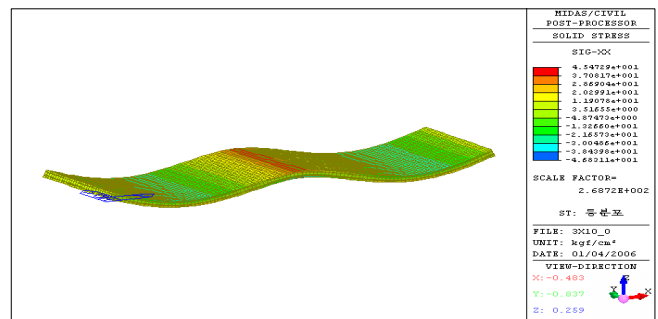


그림 10. 종방향 0°굴곡배치 응력분포도

그림 12에서 종방향 30° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $44.95kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $45.81kg/cm^2$ 이다.

6) Timoshenko, Mechanics of Materials, PWS Publishin, 1997

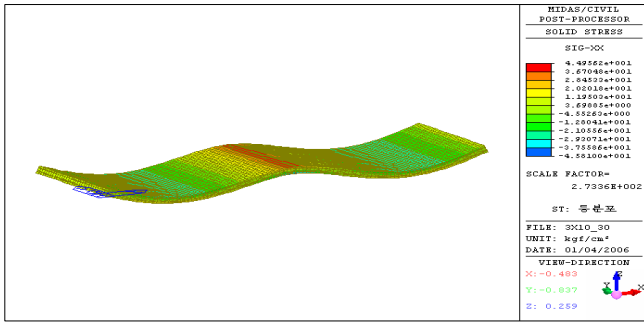


그림 11. 종방향 30°굴곡배치 응력분포도

그림 14에서 종방향 45° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $44.58kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $44.53kg/cm^2$ 이다.

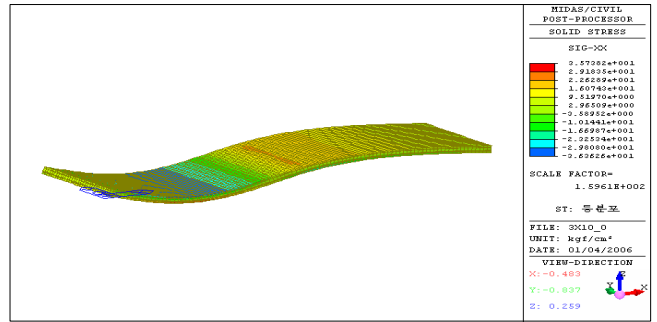


그림 14. 종방향 0°굴곡배치 응력분포도

그림 17에서 종방향 30° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $35.41kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $35.93kg/cm^2$ 이다.

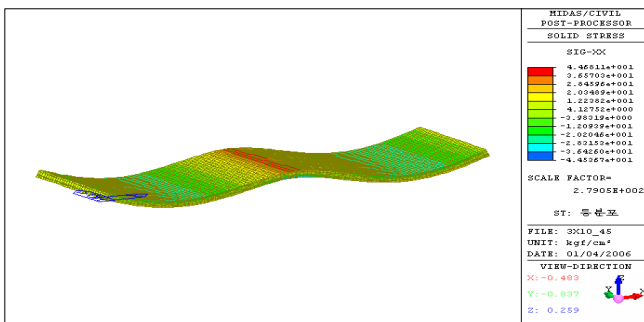


그림 12. 종방향 굴곡각도 45°전체 응력분포도

그림 15에서 횡방향 45° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $45.15kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $47.10kg/cm^2$ 이다.

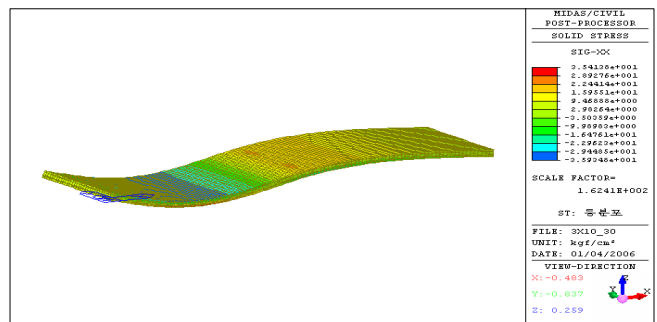


그림 15. 종방향 굴곡각도 30°전체 응력분포도

그림 18에서 종방향 45° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $34.35kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $35.73kg/cm^2$ 이다.

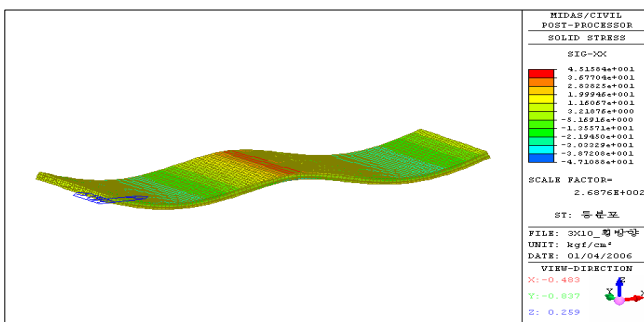


그림 13. 횡방향 굴곡 전체 응력분포도

4.2 상부슬래브 좌측 등분포(1ton/m²)하중 재하

종방향 굴곡 각도 0°, 30°, 45°, 횡방향 굴곡배치일 경우에 대하여 비교하였다. 그림 16에서 종방향 0° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $35.73kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $35.35kg/cm^2$ 이다.

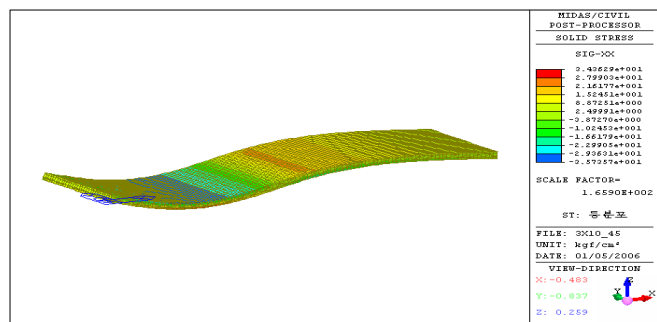


그림 16. 종방향 굴곡각도 45° 전체 응력분포도

그림 19에서 횡방향 45° 굴곡 배치한 경우 최대 휨 인장응력은 $35.04kg/cm^2$ 이며 최대 압축응력은 $35.05kg/cm^2$ 이다.

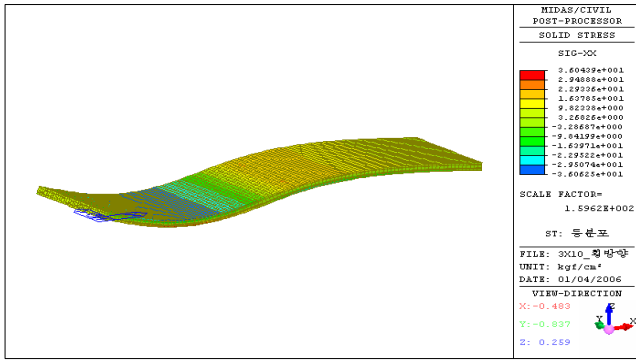


그림 17. 횡방향 굴곡 전체 응력분포도

4.3 결과 고찰

상부슬래브 전체 등분포하중을 재하 하였을 경우에 정모멘트구간의 휨인장응력은 표 2와 같이 wire mesh 배치각도 45° 에서 17.19kg/cm²로 가장 작고, 전단응력 또한 0.14kg/cm²로 가장 작다. 부모멘트구간의 휨인장응력은 표 3과 같이 휨응력은 wire mesh 배치각도 45° 에서 33.7kg/cm²로 가장 작고 전단응력은 횡 방향 굴곡 배치일 때 0.51kg/cm²으로 가장 작다. 변위는 표4와 같이 wire mesh 배치각도 45° 에서 변위는 0.1423cm로 가장 작다.

표 2. 배치각도에 따른 휨응력과 전단응력 및 감소율(정모멘트구간)

배치각도	0°	30°	45°	횡방향
σ_{xx} (kg/cm ²)	18.3	17.69	17.19	18.57
0° 에 대한 σ_{xx} 감소율(%)	0	3.33	6.06	-1.47
τ_{xz} (kg/cm ²)	0.13	0.15	0.14	0.14
0° 에 대한 τ_{xz} 감소율(%)	0	-17.05	-2.80	-3.03

표 3. 배치각도에 따른 휨 응력과 전단응력 및 감소율(부모멘트구간)

배치각도	0°	30°	45°	횡방향
σ_{xx} (kg/cm ²)	35.42	34.37	33.7	35.04
0° 에 대한 σ_{xx} 감소율(%)	0	2.96	4.85	1.07
τ_{xz} (kg/cm ²)	0.50	0.72	0.826	0.51
0° 에 대한 τ_{xz} 감소율(%)	0	-44.54	-64.83	-2.37

표 4. 배치각도에 따른 최대변위 감소율

배치각도	0°	30°	45°	횡방향
최대변위(mm)	0.1723	0.1662	0.1423	0.1724
최대변위 감소율(%)	0	3.54	17.41	-0.5

상부슬래브 좌측 등분포하중을 재하 하였을 경우에 정모멘트구간의 휨인장 응력은 표 5와 같이 wire mesh 배치각도 45° 에서 25.52kg/cm²로 가장 작고, 전단응력은 횡 방향 굴곡일 경우 0.06kg/cm²로 가장 작다. 부모멘트구간의 휨인장응력은 표6과 같이 wire mesh 배치각도 45° 에서 8.97kg/cm²로 가장 작고, 전단응력은 횡 방향 굴곡일 경우 0.07kg/cm²로 가장 작다. 변위는 표7과 같이 wire mesh 배치각도 45° 에서 0.29cm로 가장 작다.

표 5. 배치각도에 따른 휨 응력과 전단응력 및 감소율(정모멘트구간)

배치각도	0°	30°	45°	횡방향
σ_{xx} (kg/cm ²)	27.19	26.27	25.52	27.58
0° 에 대한 σ_{xx} 감소율(%)	0	3.38	6.14	-1.43
τ_{xz} (kg/cm ²)	0.06	0.071	0.06	0.06
0° 에 대한 τ_{xz} 감소율(%)	0	-17.07	-2.95	-2.94

표 6. 배치각도에 따른 휨 응력과 전단응력 및 감소율(부모멘트구간)

배치각도	0°	30°	45°	횡방향
σ_{xx} (kg/cm ²)	9.49	9.19	8.97	9.38
0° 에 대한 σ_{xx} 감소율(%)	0	3.20	5.54	1.21
τ_{xz} (kg/cm ²)	-0.08	-0.10	-0.09	-0.07
0° 에 대한 τ_{xz} 감소율(%)	0	-37.02	-23.44	3.53

표 5에서 wire mesh 배치각도 45° 에서 변위는 0.2869cm로 가장 작다.

표 7. 배치각도에 따른 최대변위 감소율

배치각도	0°	30°	45°	횡방향
최대변위(cm)	0.2979	0.2929	0.2869	0.298
0° 에 대한 최대변위 감소율(%)	0	1.67	3.69	-0.3

5. 결 론

기존의 평면으로 배치된 와이어 메쉬의 단점을 조사하고 이를 개선하기 위한 3차원으로 굴곡한 U형 와이어 메쉬를 개발하기 위한 타당성을 분석하고자 다양하게 굴곡시킨 경우에 대한 구조해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 상부슬래브 전체 및 편측 등분포하중을 재하 한 모든 경우에서 wire mesh 굴곡각도 45° 인 경우가 정모멘트구간 및 부모멘트구간 모두 휨인장응력은 가장 적게 발생된다.
- 2) 상부슬래브 전체 및 편측 등분포하중을 재하 한 모든 경우에서 wire mesh 횡방향 굴곡각도 45° 인 경우가 정모멘트구간 및 부모멘트구간 모두 전단응력이 가장 적게 발생된다.
- 3) 상부슬래브 전체 및 편측 등분포하중을 재하 한 모든 경우에서 wire mesh 종방향 굴곡각도 45° 인 경우가 변위가 가장 적게 발생된다.
- 4) 기존의 평면으로 배치한 와이어 메쉬보다 굴곡 시켜 배치하면 휨인장응력, 전단응력, 변위가 줄어들게 되므로 구조적으로 성능이 개선된다.
- 5) 와이어 메쉬를 45° 로 굴곡하는 것이 가장 구조적으로 유리하게 된다.
- 6) 와이어 메쉬를 굴곡하게 되면 스페이스 설치하지 않고 시공할 수 있으므로 시공성이 개선된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 도로공사 설계적용기준, 2001
2. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준 해설, 2003
3. 한국콘크리트학회, 토목구조물의 배근상세, 2000
4. Chu-Kia Wang, Reinforced Concrete Design, Wang Salmon, 1983
5. James G. Macgregor, Reinforced Concrete Mechanics and Design, Prentice Hall, 1999

6. Timoshenko, Mechanics of Materials, PWS Publishin, 1997

(접수 2009. 10. 30, 심사 2009. 11. 18, 게재확정 2009. 11. 25)

요 약

기존의 평면으로 배치된 와이어 메쉬의 단점을 조사하고 이를 개선하기 위한 3차원으로 굴곡한 를 개발하기 위한 타당성을 분석하고자 다양하게 굴곡시킨 경우에 대한 구조해석을 수행하였다. 상부슬래브 전체 및 편측 등분포하중을 재하 한 모든 경우에서 wire mesh 굴곡각도 45° 인 경우가 정모멘트구간 및 부모멘트구간 모두 휨인장응력은 가장 적게 발생되고 횡방향으로 45° 굴곡시킨 경우가 전단응력이 가장 적게 발생된다. 변위도 종방향 굴곡각도 45° 인 경우가 변위가 가장 적게 발생된다. 따라서 기존의 평면으로 배치한 와이어 메쉬보다 굴곡시켜 배치하면 휨인장응력, 전단응력, 변위가 줄어들게 되므로 구조적으로 성능이 개선되며 와이어 메쉬를 45° 로 굴곡하는 것이 가장 구조적으로 유리하다.

키워드 : 와이어 메쉬, 굴곡와이어 메쉬, U형 와이어 메쉬