

기존 채널형 복공판과 새로운 복공판 모델에 관한 비교분석 연구

김두환[†] · 김영세

서울산업대학교 구조공학과
(2004. 3. 12. 접수 / 2004. 8. 3. 채택)

A Comparative Analysis of Existing Channel-Type Lining Board and New-Type Lining Board Models

Doo-Hwan Kim[†] · Young-Sei Kim

Department of Structural Engineering, Seoul National University of Technology
(Received March 12, 2004 / Accepted August 3, 2004)

Abstract : The channel-type lining board that partial welded on many partition frames is used to normal servicing lining board type. On this study is to investigate existing channel-type lining board's capacity by using the static loading test. From this study, to develop new-type lining board which reflect well cross section area and sectional modulus of existing channel-type lining board. Six types FEM model are adopted. The accumulated test results of stress conditions and deflections by section shapes will be used to analyzed the relation between the capacity and the section shape. With the comparing the results of static loading test and FEM analysis.

Key Words : channel-type lining board, loading test, FEM model

1. 서 론

도로하에 흙막이 가설을 하는 경우에 노면복공을 실시하는데 노면 복공은 가설교인 동시에 공공목적 을 가진 중요한 지하매설물(상하수도, 가스, 전기, 전화 등)의 피복방호의 역할을 하는 중요한 가설구조물이다. 노면 복공의 구조물 중 하나인 복공판은 노면복공으로 사용되고 있으며, 복공판의 용도로는 일반적으로 지하공사(지하철, 지하차도 공사, 지하상가 등), 연약 지반 시설용, 교량 공사용, 그리고 다 층 건물 토목 공사용으로 여러 현장에서 쓰이고 있다. 그러나 해마다 교통량과 대형차량의 혼입률의 증가로 말미암아 우수한 성능의 노면 복공판이 필연적으로 요구되어지고 있다.

기존의 전반적으로 사용하고 있는 복공판은 ㄷ형 강을 나란히 배열한 상판과, 상판의 배면과 측면의 강판 그리고 상판 아래로 내부에 횡방향으로 배치된 리브판 으로 제작하여 시공되어 왔고, 모든 구성 요

소들은 용접에 의하여 일체화 되어있다. 현재 사용되는 복공판들은 근래들어 과하중에 의한 국부적 파손 이 증가되어지거나, 여러 가지 형강을 용접 가공하기 때문에 제작하는 단계에서도 많은 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 기존 복공판에 대하여 정적 재하시험을 실시하고 시험 결과를 고찰하여 기존 channel형 복공판이 가지고 있는 문제점을 알아보기로 하고, 기존 channel형 복공판의 정적 재하시험 결과와 유한요소해석 프로그램으로 해석된 해석치를 비교·분석하고 기존 channel형 복공판과 동일한 단면적을 갖고 조립과 시공이 간단한 새로운 복공판 모델을 제시하여 기존 channel형 복공판과 비교·분석 하고자 한다.

2. 정적재하시험 및 시험결과 고찰

2.1. 정적재하 시험내용 및 측정방법

본 시험에 사용된 channel형 복공판의 형상은 Fig. 1과 같고 사용된 강재는 SS400 강재이며, 이의 화학 성분 및 기계적 성질 과 복공판의 제원 및 물리적 성질은 Table 1, 2와 같다.

[†]To whom correspondence should be addressed.
kdh6504@snut.ac.kr

Table 1. The chemical ingredients & mechanical properties of SS400

| 기호 Symbol | 화학생분 (%) | | | | | 기계적 성질 | | |
|--------------|----------|----|----|--------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|------------|
| | C | Si | Mn | P | S | 인장강도 (N/mm ²) | 항복점 (N/mm ²) | 연신율 (%) |
| SS 400 | - | - | - | 0.050 max | 0.050 max | 400-510 | 245min | 17min |

Table 2. Properties of channel-type lining board & physical properties

| 치수 (mm) | | | 복개면적 (m ²) | 개당무게 (kg/piece) | 단면적 (cm ²) |
|--------------------------------|------|-----|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| W | L | H | | | |
| 750 | 1990 | 200 | 1.5 | 280 | 138.06 |
| 단면 2차모멘트 (cm ⁴) | | | 단면계수 (cm ³) | 허용응력 (kgf/cm ²) | 비고 (kgf/cm ²) |
| 6,413 | | | 443 | 1,400 | 2,400 (항복응력) |

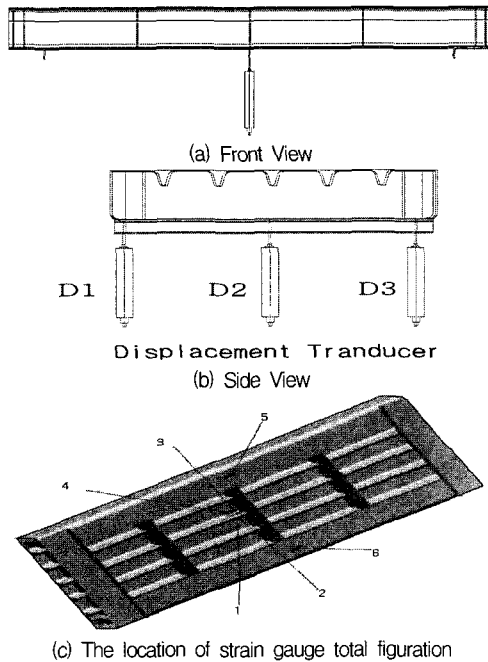


Fig. 1. Model of C type lining board with displacement transducer and strain gauge

정적 재하시험은 총 3회를 실시하였으며, 시험체의 압축부에 대해서 강재의 변형률이 극한 변형률에 도달할 경우를 파괴로 간주하였으며, 이후 재하중을 증가시켜 파괴점까지 시험을 실시하였다.

또한 기존 channel형 복공판 중앙부에 일점 가력을 하기 위하여 반력 프레임을 설치하고, Instron사의 100tonf급 actuator를 사용하여 복공판의 중앙부

에 가력판을 사용하여 가력을 실시하였고, 변위제어로 하중이 감소할 때까지 가력하였으며, 이후에는 하중제어로 1tonf씩 2mm/min의 속도로 재하하였다.

시험체의 중앙부 처짐을 측정하기 위하여 변위계를 설치하였으며, 복공판 전체 길이의 중앙선 상의 중앙에 한 개, 중앙선의 외단에서 각각 98.5mm, 70mm 떨어진 곳에 한 개씩 총 3개를 설치하고 변형률계는 응력이 크게 발생될 지점을 예상하여 중앙부의 상하부 플랜지 및 중앙 리브에 부착하였다.

2.2. 정적재하시험 결과 및 고찰

2.2.1. 정적하중 재하시 변위와 응력

기존 channel형 복공판에 대하여 정적재하시험¹⁾을 실시한 결과, 가력하중 25tonf~28.4tonf에서 파괴되었으며 시험체별 최대변위는 11.81mm~15.21mm로 측정되었고, 시험체 상부에서 발생하는 최대 인장응력은 -603.37kgf/cm²~-1327.10kgf/cm², 시험체 하부의 최대 압축응력은 1979.7kgf/cm²~3016.86kgf/cm²로 측정되었으며, 그 결과는 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

정적재하시험과 유한요소해석²⁾을 비교해 보기 위하여 얻어진 데이터에서 하중-변위 선도와 하중-변형률 선도가 선형인 구간 중 10tonf 재하시 시험체 하부의 변형률을 구하고 유한요소해석 결과와 비교하여 Fig. 2에 나타내었으며, Fig. 3에 변형형상을 나타내었다.

Table 3. Max. loading value versus deflection

| 구분 | 위치 | 변위 (mm) | 최대변위 (mm) | 최대하중 (tonf) |
|-------|----|---------|-------------|-------------|
| 시험체 1 | D1 | 11.81 | D1 11.81 | 25.0 |
| | D2 | 9.14 | | |
| | D3 | 10.35 | | |
| 시험체 2 | D1 | 11.14 | D3 12.34 | 28.4 |
| | D2 | 11.69 | | |
| | D3 | 12.34 | | |
| 시험체 3 | D1 | 15.12 | D1 15.21 | 27.2 |
| | D2 | 14.66 | | |
| | D3 | 14.96 | | |

Table 4. Max. loading value versus bending stresses

| 구분 | St.1 | St.2 | St.3 | St.4 | St.5 | St.6 | 최대 인장응력 | 최대 압축응력 |
|-------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|
| 시험체 1 | -602 | 556 | 719 | -572 | 2615 | 2012 | -603 | 2611 |
| 시험체 2 | -958 | 1396 | 1503 | -132 | 2824 | 3016 | -1327 | 3016 |
| 시험체 3 | -937 | 1633 | 1709 | -682 | 1979 | 1774 | -936 | 1979 |

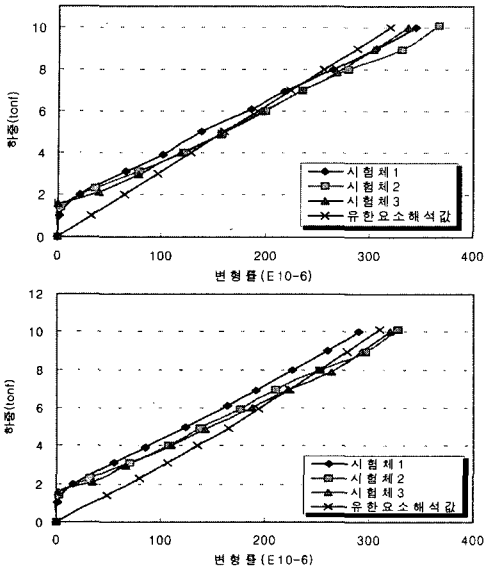


Fig. 2. Comparison of bottom flange strains at each specimen (under 10tonf)

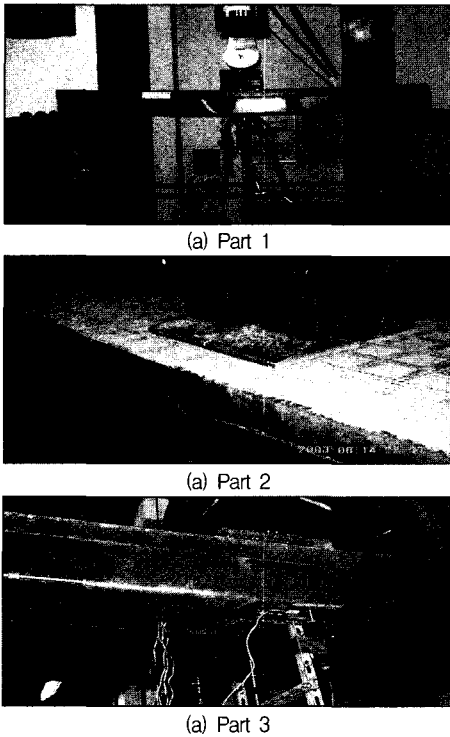


Fig. 3. Deformed shapes (under ultimate loaded)

3. 복공판 모델의 유한요소해석

기존 channel형 복공판과 새로운 복공판 모델들

에 대하여 상용구조해석 프로그램인 Midas/Civil로 해석하여 구조 및 단면형상에 따른 거동특성을 비교·분석하였다.

3.1. 복공판 모델의 조건 및 제원

유한요소해석을 위한 모델 조건³⁾은 다음과 같다.

- 1) 모든 모델은 기존 channel형 복공판과 같은 치수인 길이 199cm, 폭 0.75cm, 높이 20cm로 한다.
- 2) 강재는 SS400으로 동일하게 하였으며 단면적과 단면계수를 비슷하게 조절하였다.
- 3) 기존 channel형 복공판과 모든 모델에 대하여 상부플랜지와 하부플랜지에 해당하는 부재의 두께를 0.75cm로 가정하고 웨브와 횡방향 보강재에 해당하는 부재들의 두께는 0.6cm로 가정하였다.
- 4) 모델링된 모델들에 대하여 가력되는 부분의 넓이는 정적 하중재하 시험의 재하넓이와 같게 1400cm²로 가력하였고, 가력하중은 5tonf~30tonf으로 하였다.
- 5) 지점조건은 Fixed dx dy dz, Fixed dx dz, Fixed dy dz, Fixed dz로 하였다⁴⁾.

조건에 맞게 6개의 새로운 모델들을 제시하고, 모델 1,2,3을 Group 1, 모델 4,5,6을 Group 2로 나누었다. 제시한 6개의 새로운 복공판 모델들의 단면은 기성 형상들을 기본적으로 배치하여, 기존 channel형 복공판에 비해서 구조적으로 우수한 특성이 나타날 수 있게 구성하였으며, 부재별로 두께를 알수있도록 Fig. 4와 Table 5에 각각 부재별 두께와 모델별 단면형상을 나타내었다.

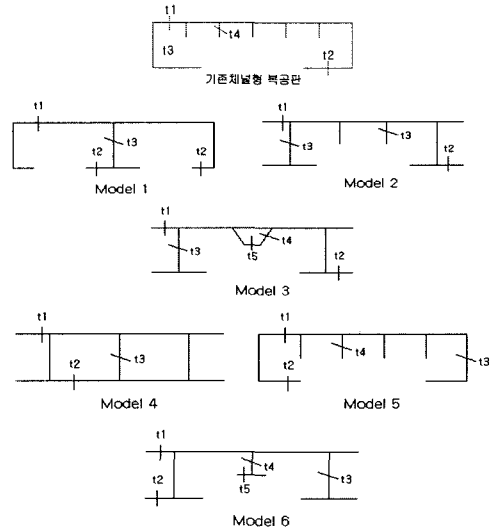


Fig. 4. The section shape of lining board models

Table 5. Thickness of members in each model's section

| Group 구분 | 모델 | 두께 | | | | |
|----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | t 1 | t 2 | t 3 | t 4 | t 5 |
| 기존형 | Channel | 7.5 | 7.5 | 6 | 12 | - |
| Group 1 | Model 1 | 7.5 | 7.5 | 6 | - | - |
| | Model 2 | 7.5 | 7.5 | 6 | - | - |
| | Model 3 | 7.5 | 7.5 | 6 | 6 | 6 |
| Group 2 | Model 4 | 7.0 | 7.0 | 5 | - | - |
| | Model 5 | 7.5 | 7.5 | 6 | 8 | - |
| | Model 6 | 7.5 | 7.5 | 6 | 12 | 12 |

Table 6은 복공판 모델별 단면의 제원과 구조해석 수행시의 절점의 수와 요소의 수를 나타내었다.

Table 6. Properties of several lining board models

| 모델명 Model Name | 단면적 cm ² | 단면2차 모멘트 | 절점수 Node | 요소수 Element | |
|-------------------|------------------------|-------------|-------------|----------------|------|
| Channel형 | 113.16 | 8246.22 | 8055 | 8120 | |
| Group 1 | Model1 | 131.70 | 8934.89 | 6145 | 6216 |
| | Model2 | 138.52 | 9008.08 | 6985 | 7007 |
| | Model3 | 129.74 | 8749.50 | 7571 | 7592 |
| Group 2 | Model4 | 142.25 | 10865.10 | 6157 | 6180 |
| | Model5 | 140.69 | 8564.82 | 6561 | 6616 |
| | Model6 | 127.65 | 8320.72 | 6195 | 6184 |

3.2. 복공판 모델의 유한요소해석 결과

기존 channel형 복공판과 새로운 복공판 모델에 대하여 정적 재하시험과 같은 조건으로 외부하중이 작용하게 모델링 하였고 5tonf~30tonf의 하중을 작용하여 각 Group별 처짐과 상하플랜지의 응력을 분석하였다.

3.2.1. 복공판 모델의 처짐비교

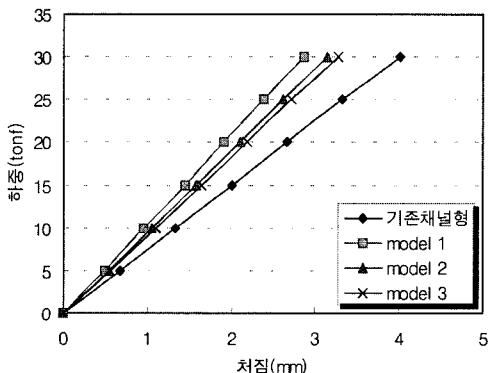


Fig. 5. Comparison of deflection in Group 1

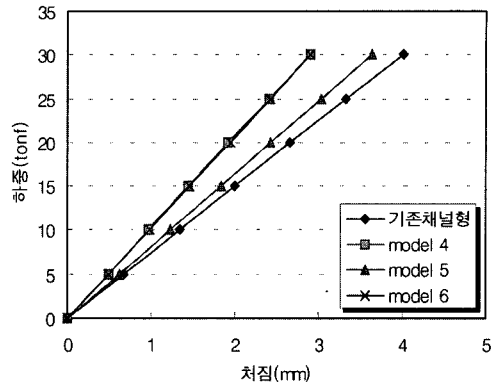


Fig. 6. Comparison of deflection in Group 2

Fig. 5와 Fig. 6에서 보이는 것과 같이 5tonf~30tonf의 하중이 작용했을 때 기존 channel형 복공판과 Group 1,2를 비교하면 0.35mm~1.13mm의 차이를 보였다.

3.2.2. 복공판 모델의 응력비교

Fig. 7과 Fig. 8에서 보이는 것과 같이 5tonf~30tonf의 하중이 작용했을 때 휨응력에 대하여 기존 channel형 복공판과 새로운 복공판 모델 Group 1,2를 비교하여 보면, 새로운 복공판 모델들은 기존 channel형 복공판과 비교하여 64%~82%의 응력이 발생하였다.

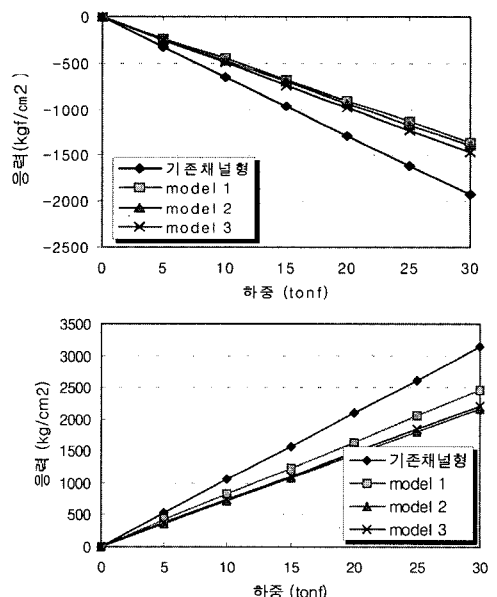


Fig. 7. Comparison of upper & bottom flange stresses in Group 1

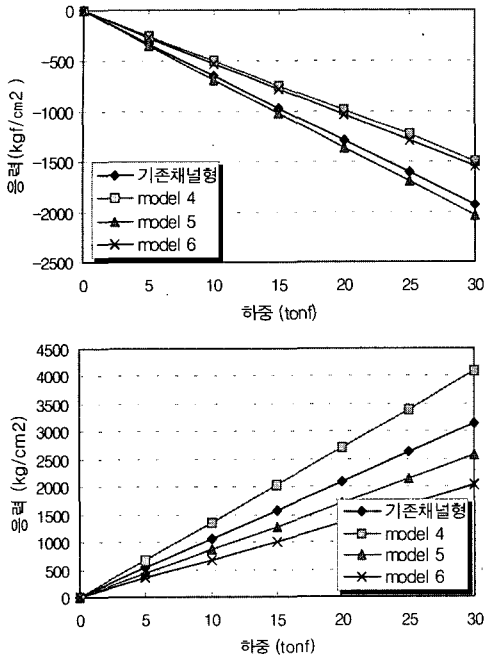


Fig. 8. Comparison of upper & bottom flange stresses in Group 2

기존 channel형 복공판과 새로 제시한 두 group 6 개의 모델들에 대하여 조건을 동일시하여 구조해석을 실시하였다. 동일한 조건으로 해석을 실시한 결과, 단면형상에 따라 처짐값과 응력값의 차이를 보였다.

기존 channel형 복공판은 새로운 복공판 모델들과 비교하여 30tonf의 하중이 가해지면 처짐에서는 0.35mm~1.13mm의 차이를 보였으며, 응력에서는 상부플랜지에서 -100.1kg/cm²~573.2kg/cm², 하부플랜지에서는 -945.9kg/cm²~1118.3kg/cm² 차이를 보였다.

3.3. 복공판 모델별 부재두께 보강 후 비교 분석

3.3.1. 부재두께 보강 후 처짐 비교분석

기존 channel형 복공판과 새로운 복공판 모델마다 부재두께를 50%씩 보강하여 유한요소해석을 수행한 후의 처짐을 Fig. 9~15와 같이 그래프로 나타내었다.

부재두께 보강 후 처짐을 분석한 결과, 웨브에 대하여 보강한 후 처짐은 하부플랜지와 크게 차이가 나지 않았다. 횡방향 보강재의 보강은 모든 복공판 모델의 처짐에 있어서 크게 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다.

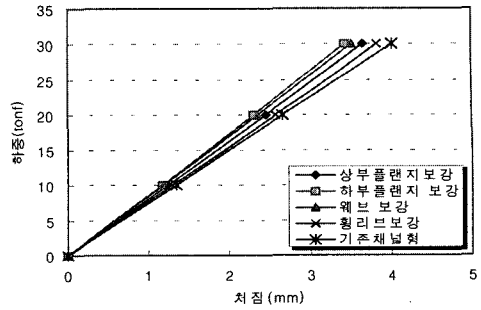


Fig. 9. Comparison of deflection according to reinforced members of existing lining board

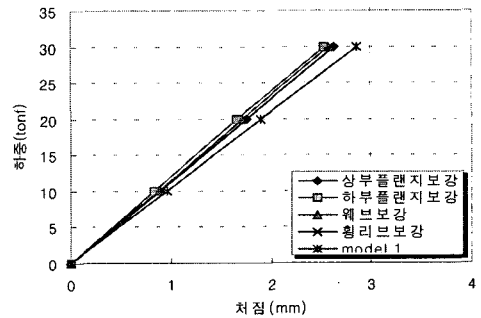


Fig. 10. Comparison of deflection according to reinforced members of model 1

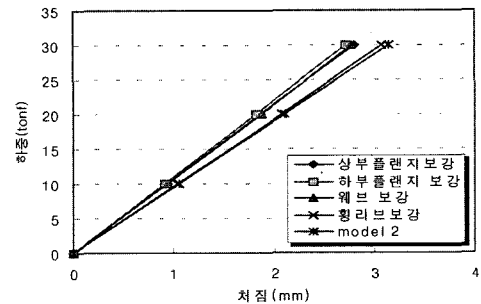


Fig. 11. Comparison of deflection according to reinforced members of model 2

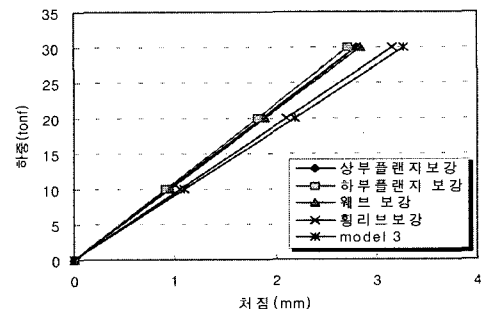


Fig. 12. Comparison of deflection according to reinforced members of model 3

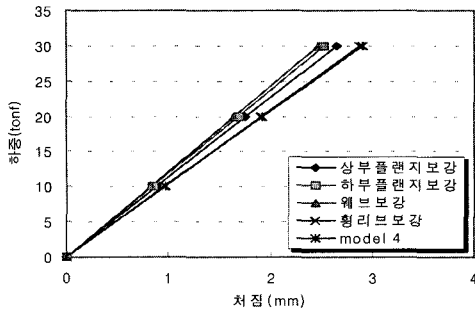


Fig. 13. Comparison of deflection according to reinforced members of model 4

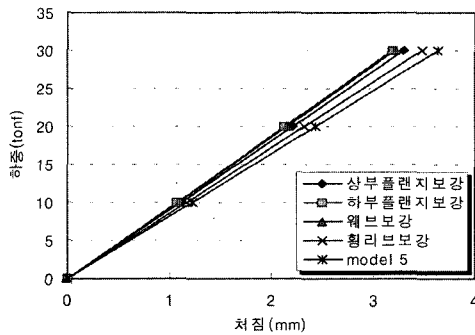


Fig. 14. Comparison of deflection according to reinforced members of model 5

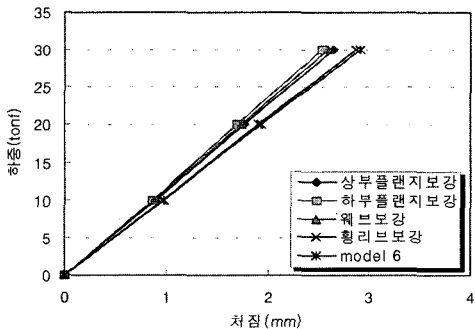


Fig. 15. Comparison of deflection according to reinforced members of model 6

4. 결론

본 연구에서는 기존 channel형 복공판의 정적재

하시험과 복공판 모델들에 대하여 유한요소 해석프로그램을 이용한 해석을 실시하고, 비교분석을 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 기존 channel형 복공판에 대하여 정적재하시험을 3회 실시한 결과, 모든 시험체가 web역할을 하는 외측 채널형강과 하부 L형강의 용접된 부위에서 형강사이의 틈이 크게 벌어지면서 부분적으로 용접된 부위에 응력이 집중되어 파괴가 일어났다.

2) 기존 channel형 복공판에 대하여 정적재하시험과 유한요소해석을 실시한 결과, 상부플랜지에서 받는 외부하중을 하부플랜지로 전달해 주는 web역할을 하는 형강의 보강이 필요한 것을 알 수 있었다.

3) 새로운 복공판 모델을 기존 channel형 복공판과 동일한 조건에서 유한요소해석을 하였을 때, 새로운 복공판은 기존 복공판의 72%~89%정도의 처짐이 발생하였고, 상부플랜지 응력에서는 64%~82% 정도의 응력이 발생하였다.

4) 복공판 모델들에 대하여 부재두께를 각 50%씩 증가시켜 유한요소해석을 실시한 결과, 하부플랜지와 웹의 두께를 증가하여 해석한 처짐값이 작았으며, 횡방향 보강재의 두께 증가는 처짐에 별다른 차이를 보이지 않았다.

감사의 글 : 본 논문은 서울산업대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

- 1) 도로교 설계기준·해설, 대한토목학회, 2003.
- 2) Timoshenko, S. P. and Gere, J. M., Theory of Elastic Stability, Mc Graw-Hill, New York, 1973.
- 3) Robert D. Cook, Finite Element Modeling. for Stress Analysis, Wiley, 1995.
- 4) Calladine, C. R., Theory of shell structures, Cambridge University Press, 1983.