

# 라멘교의 Haunch에 대한 응력 집중에 관한 연구

## An Study on the Stress Concentrations of Haunch with Rahmen Bridge

이 영 재\*  
Lee, Young Jae

이 윤 영\*\*  
Lee, Yoon Young

### ABSTRACT

Stress concentration at haunches of Rahmen bridges was evaluated by means of FEM analysis. The selected haunchs were of three different types; straight, skew and curved ones with 55° of angle respectively.

The result showed that the effect of stress distribution was the lowest at the curved haunch and the highest at the straight one.

Such a result could be used to provide some guidelines for revising related standard specifications.

### 1. 서 론

최근 국민경제의 확장으로 인한 급격한 도시화의 팽창과 복지시설물 건설에 따른 사회적인 욕구에 부응하기 위한 공간확보와 국토를 효율적 입체적 및 다기능적인 활용의 일환으로 지하상가, 지하주차장, 지하도, 지하에 설치된 각종 요식업소, 공동구, 지하차고, 각종 댐, 종말처리장, 원자력발전소, 핵폐기시설물등의 지하시설물과 같은 지중 구조물의 건설은 증가 일로에 있다. 이러한 구조물들은 국민들의 생활과 직접적인 관계가 있기 때문에 설계시 응력집중에(Stress Concentration) 관하여 특별히 구조해석적인 측면에서 세심한 검토가 요망된다. 균열(Crack)의 대부분은 구조물의 응력집중부위에서 발생되기 때문에 응력집중부에서 발생한 균열 또는 응력집중부 근처에 예상되는 균열발생문제는 現實적으로 대단히 중요한 문제를 가지고 있다. 지금까지 균열에 관련되는 연구분야는 응력집중의 원인 보다는 구조물의 시공과정중이거나 건설완성후가 관심 분야의 대부분이라고 할 수 있다. 특히, 철근콘크리트로 이루어진 라멘교는 복합재료의 구성체이므로 응력집중에 대한 연구가 새롭게 조명되어야 할 것이다. 應力の集中 또는 不規則性은 결코 그 물체의 넓은 범위까지 미치는 것이 아니고 그 원인이 존재하는 위치에서부터 떨어지는데 따른 그 영향은 감소하여 소멸해가는 성질이 있는 것이다. 즉, 응력집중은 국부적으로 작은 범위에 한정된다고 볼 수 있다. 일반적으로 응력집중 이라는 것은 구조물의 내구성을 저하시키는 요인이 되기 때문에 구조물 해석분야에서는 대단히 중요한 비중을 차지하고 있다. 장대교량, 터널, BOX라멘 구조물, 항공기의 기체

\* 상주대학교 이공학부 토목공학과, 공학박사 교수

\*\* 경남대학교 공과대학 토목공학과, 박사과정

부품 등에서 충분한 강도가 있다고 생각되는데 가끔 파손이 되는 경우가 있어 강도를 늘리기 위해 강성을 크게 하지만 이로 인해 重量이나 慣性力이 증가하기 때문에 구조체에 응용하기에는 일종의 취성 파괴의 위험성 때문에 應力緩和를 위한 연구가 불가피 하리라 본다. 應力集中과 疲勞破壞를 결부시킨 개념을 기본으로 한다면 안전율을 충분히 취하고 있다고 해서 즉, 유효 단면적이 크다고 해서 결코 안심 할 수는 없다. 비록 유효 단면이 크다고 해도, 집중 응력점에서 한번 발생한 작은 균열은 반복하중과 함께 진행하는 경우가 많기 때문에 최초의 국부적인 응력집중일지라도 종국에는 전면적인 파괴를 초래할 수 있다. 특히, 헌치(Haunch)는 보와 부재와의 접합부에서 응력집중의 완화와 지지부의 보강을 목적으로 단면을 크게 한 부분으로서 구조물의 도처에 존재하는 응력집중의 원인등은 재료의 疲勞現象에 결부되어 破損, 破壞라는 결과로 나타나는 경우가 빈번하므로 이들의 영향을 고려하여 구조검토에 고려하는 것이 매우 유효하리라 본다. 그러므로 應力集中點 부근의 구배 와 그것에 대한 疲勞破損의 발생이나 진행을 결부한 종합적인 응력집중으로 인한 강도를 명확하게 규명함으로써 설계 방법을 진전시킬 수 있을 것이다. 따라서, 본 연구에서는 응력집중에 의한 문제점을 개선시키기 위하여 라멘교의 단면과 높이의 변화, 경사(Skew)의 유(有)·무(無) 등을 비교·분석한 결과로부터 향후, 헌치부의 국부적인 부분으로부터 응력집중화 현상을 합리적으로 개선함으로써 이 분야의 시방서 개정을 위한 기초 자료를 제공하는데 있다.

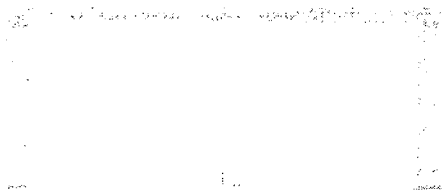
## 2. 연구방법

본 연구에서 고려한 라멘교는 1경간 12m, 두께 0.7m, 높이 9m이고 우각부에 헌치를 고려하지 않는 경우와 헌치를 고려한 경우 1:3 및  $y^2 = 4px$ 로 헌치부를 변화시킨 경우와 이러한 조건의 경사 를 가질 경우에 대한 판 해석을 실시하여 비교 분석하였다. 통과 하중은 DL-24를 적용하였고 벽체는 토압을 작용시켰다.

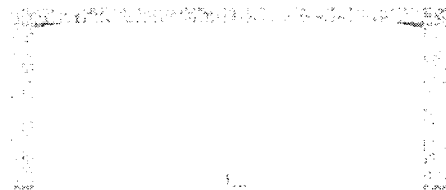
## 3. 해석 모델링

### 3.1 유한요소 해석 모델링

본 연구에서는 유한요소법에 의하여 상부 슬래브는 가로방향으로 268등분, 세로방향으로 12등분, 벽체는 가로방향으로 12등분, 세로방향으로 166등분으로 분할하였으며 그 해석 모델링은 그림 1 (a), (b), (c), (d), (e), (f)에 나타나 있다.



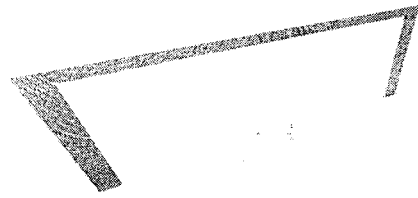
(a) 직교( 90° )에서 헌치가 없는 경우



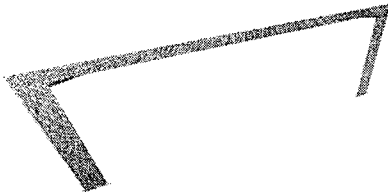
(b) 직교( 90° )에서 헌치가 사선인 경우



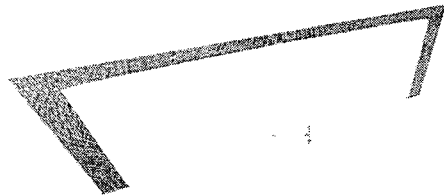
(c) 직교( 90° )에서 현치가 곡선인 경우



(d) 사교( 55° )에서 현치가 없는 경우



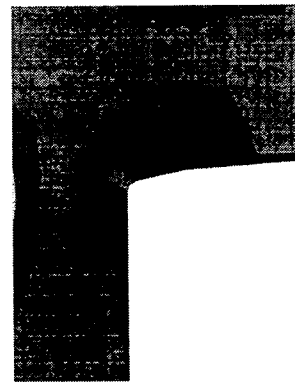
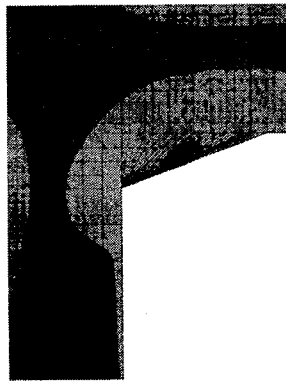
(e) 사교( 55° )에서 현치가 사선인 경우



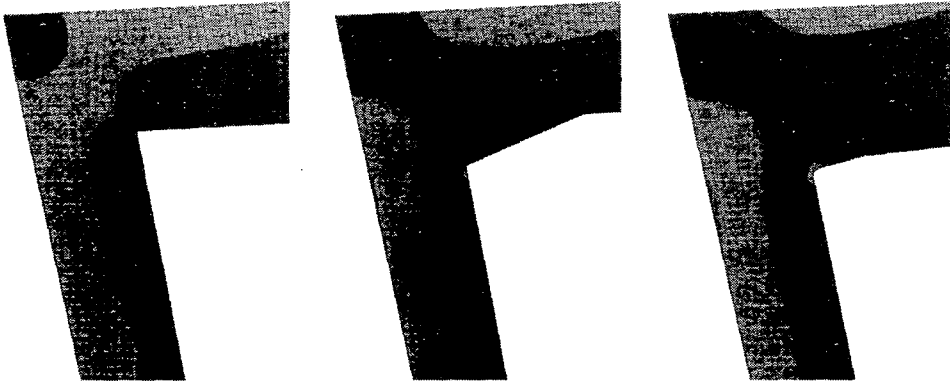
(f) 사교( 55° )에서 현치가 곡선인 경우

그림 1. 해석모델링

### 3.2 부분응력도



(a) 직교( 90° )에서 현치가 없는 경우 (b) 직교( 90° )에서 현치가 사선인 경우 (c) 직교( 90° )에서 현치가 곡선인 경우



(d) 사교( 55° )에서 현치가 없는 경우 (e) 사교( 55° )에서 현치가 사선인 경우 (f) 사교( 55° )에서 현치가 곡선인 경우

그림 2. 부분응력도

### 3.3 응력 표기 부위도

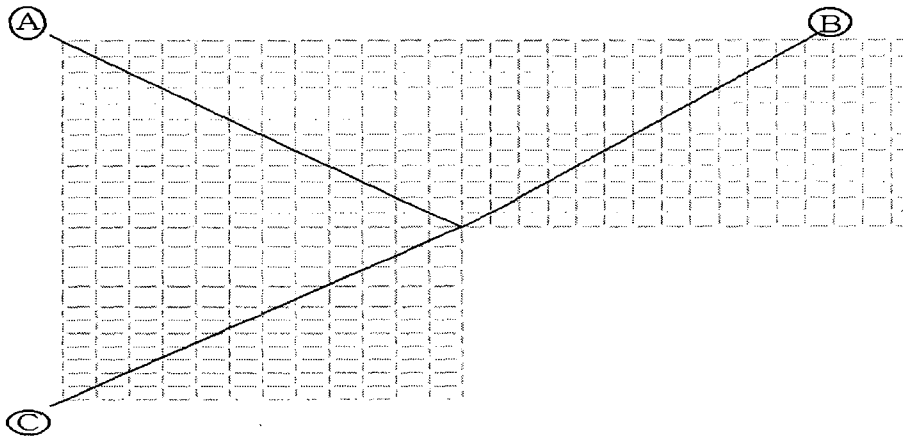


그림 3. 응력 표기 부위

## 4. 구조해석

표 1. (a) 직교( 90° )에서 현치가 없는 경우

|   | A        | B        | C        |
|---|----------|----------|----------|
| 1 | -8.03    | 2716.78  | 1775.44  |
| 2 | 476.42   | 1821.49  | 1316.55  |
| 3 | 1106.52  | 855.58   | 780.04   |
| 4 | 1147.54  | 64.28    | 296.79   |
| 5 | 463.59   | -88.60   | 24.91    |
| 6 | -1155.05 | -418.93  | -83.00   |
| 7 | -3994.66 | -3994.66 | -3994.66 |

표 1. (b) 직교( 90° )에서 현치가 사선인 경우

|   | A       | B       | C       |
|---|---------|---------|---------|
| 1 | -3.80   | 2321.74 | 2125.17 |
| 2 | 197.84  | 1484.58 | 1477.38 |
| 3 | 573.05  | 763.58  | 766.54  |
| 4 | 743.34  | 193.16  | 56.19   |
| 5 | 594.74  | -228.87 | -703.71 |
| 6 | 90.91   | -470.42 | -904.66 |
| 7 | -630.82 | -630.82 | -630.82 |
| 8 | -695.22 |         |         |

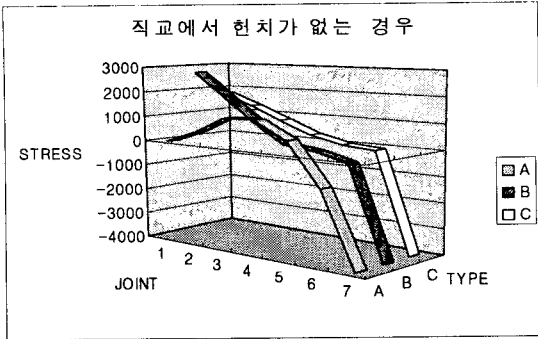


표 1. (c) 직교( 90° )에서 현치가 곡선인 경우

|   | A       | B       | C       |
|---|---------|---------|---------|
| 1 | -4.16   | 1795.81 | 2410.19 |
| 2 | 203.98  | 1278.60 | 1658.69 |
| 3 | 595.07  | 775.67  | 845.99  |
| 4 | 779.49  | 323.52  | 47.30   |
| 5 | 648.15  | -49.39  | -782.66 |
| 6 | 171.64  | -345.55 | -898.53 |
| 7 | -561.16 | -561.16 | -561.16 |
| 8 | -391.85 |         |         |

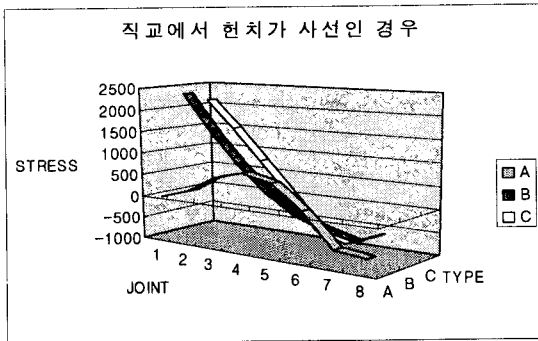


표 1. (d) 사교( 55° )에서 현치가 없는 경우

|   | A       | B       | C       |
|---|---------|---------|---------|
| 1 | 163.61  | 6924.47 | 7927.54 |
| 2 | 2099.24 | 5911.01 | 6852.18 |
| 3 | 3865.70 | 4799.95 | 5645.53 |
| 4 | 4849.83 | 3749.40 | 4418.23 |
| 5 | 5036.32 | 2798.87 | 3287.58 |
| 6 | 4563.14 | 1860.09 | 2239.75 |
| 7 | 1091.42 | 1091.42 | 1091.42 |

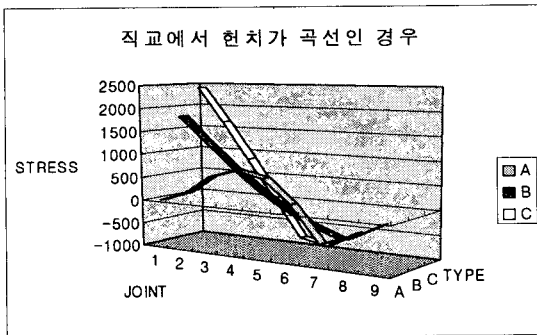


표 1. (e) 사교( 55° )에서 현치가 사선인 경우

|   | A       | B       | C       |
|---|---------|---------|---------|
| 1 | 56.86   | 3638.14 | 4823.44 |
| 2 | 754.15  | 2977.98 | 3949.83 |
| 3 | 1460.50 | 2417.66 | 3088.79 |
| 4 | 1942.86 | 1970.93 | 2360.76 |
| 5 | 2117.39 | 1637.84 | 1869.77 |
| 6 | 1954.81 | 1432.02 | 1681.97 |
| 7 | 1411.01 | 1411.01 | 1411.01 |
| 8 | 549.23  |         |         |

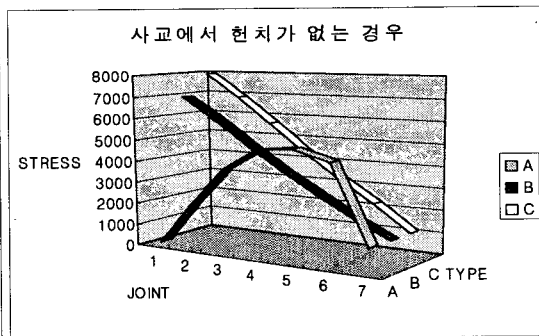
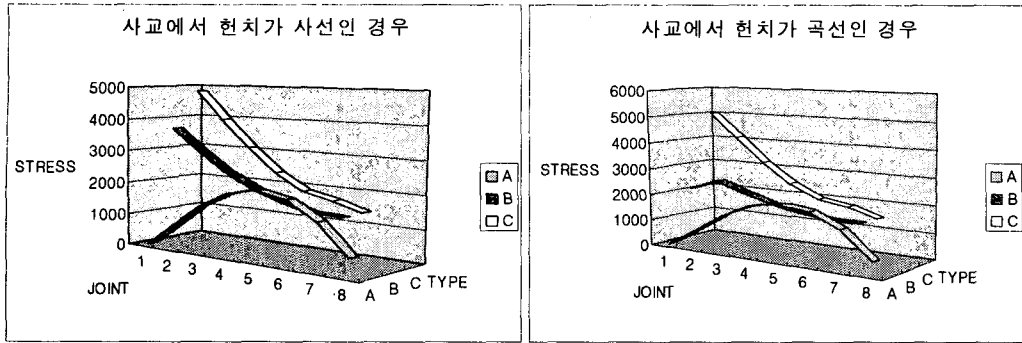


표 1. (f) 사교( 55° )에서 현치가 곡선인 경우

|   | A       | B       | C       |
|---|---------|---------|---------|
| 1 | 54.58   | 2092.55 | 5000.36 |
| 2 | 731.13  | 2499.58 | 4085.06 |
| 3 | 1427.24 | 2121.55 | 3176.05 |
| 4 | 1904.76 | 1816.94 | 2428.92 |
| 5 | 2088.24 | 1595.40 | 1941.07 |
| 6 | 1958.12 | 1464.59 | 1784.12 |
| 7 | 1456.96 | 1456.96 | 1456.96 |
| 8 | 472.08  |         |         |



## 5. 결 론

응력의 集中 또는 不規則性은 물체의 주변조건 즉, 형상과 하중에 의해 관련되어 왔다. 응력의 집중 또는 불규칙성은 결코 그 물체의 넓은 범위에까지 미치는 것은 아니고, 그 원인이 존재하는 장소로부터 멀어짐에 따라 영향은 감소하면서 소멸되어 간다. 응력집중은 국부적인 작은 범위에 한정되고, 먼 곳에는 미치지 않는다. 구조물의 강도의 관점에서 보면 응력집중 범위가 넓고 좁음은 그다지 중요하지 않으며 오히려 최대 집중 응력의 값 그 자체가 가장 중요하다. 응력 분포의 구배 및 두 개 이상의 응력 집중 요소의 간섭 응력 완화등을 관련해서 응력 집중의 확산에 중요하다. 따라서, 현치를 고려하지 않는 것보다는 현치를 고려한 것이 훨씬 유리하며 현치를 고려한 사선(1:3)보다는 곡선( $y^2 = 4px$ )으로 하여 응력을 완화된 것이 유리하다. 그러나, 과도한 곡률 반경은 무의미하거나 유해 할 뿐만 아니라 곡률부가 길어지는 경우에는 계산과정의 비능률적인 문제가 야기된다. 또한, 현치 곡률 반경의 한계에 대하여도 고려되어야 한다.

## 참 고 문 헌

1. 應力集中, 西田正孝, 기전연구사, 1995.
2. 철근 콘크리트, 문재길 외, 동명사, 2000, pp. 334~335.
3. 도로설계 실무 편람, 한국도로공사, 1996. 8, pp. 2-31 ~ 2-37.
4. 西田正孝, 應力 測定法, 常盤書房, 昭和 18年, pp. 180~182.  
J. P. Den Hartog : On the Hydrodynamic Analogy of Torsion. J. App. Mech. TAEME. vol. 57(1935) pp. A-46.
5. M. *Hetényi*, A Method for Calculating Stress Concentration Factors. J. App-Mech. Vol. 23, No.3 (Sep. 1856) pp. 451~457.
6. 能井豊二, 八角形孔を有する 板の 孔縁應力, 日本航空學會誌, 7卷, 68號(昭和 15年 12月) pp. 1140~1150.
7. 경상대학교 생산기술연구소 논문집 12호, 1996, pp. 104~107.
8. L. N. G. Filon, On an Approximate Solution for the Bending of a Beam of Rectangular Cross Section under any System of Load. Phil. T. Royal. Soc. London. S. A, Vol. 201, pp. 63~155. 또는 E. G. Coker and L. N. G. Filon: T. Photoelasticity. pp. 431~443.
9. M. Nisida, N. Hirai and H. Kim, Photoelastic Investigation on Stress Concentration in a Strip with a Rectangular Hole of Rounded Corners. Scient. P. I. P. C. R. Vol. 60, No. 4(Dec. 1966), pp. 212 ~ 225.