*Journal of Korean Society of Steel Construction*
Vol. 24, No. 5, pp.605-612, October, 2012
DOI http://dx.doi.org/10.7781/kjoss.2012.24.5.605
ISSN(print) 1226-363X ISSN(online) 2287-4054

# 표준공과 과대공을 갖는 고장력볼트 접합부의 강도변화

양 승 현[1)*]
[1)] 이사, 우영기술단

# Change of Strength of High-Strength Bolted Connection Depending on Standard and Over Bolt Hole

*Yang, Seung Hyun*[1)*]
[1)] Director, Wooyoung Engineering & Construction, Gwangju, 502-832, Korea

ABSTRACT : A tension member that has a high-strength bolt fastened to a standard bolt hole increases structural resistance but causes problems from workability or economic perspectives. In this research, a total of 28 samples that have standard and over bolt holes as the tension member's high-strength bolted connection were made and a tension test was conducted. The change of strength of the connection has been confirmed by comparing the tension load of standard and over bolt hole samples obtained from the test results with the design strength due to net section and end distance. Samples made with over bolt holes had a lighter tension load than that of samples made with standard bolt holes, exceeded the design strength of present design standards, and although decrease in strength was inevitable due to the over bolt hole, their safety was satisfactory.

KEYWORDS : high strength bolt, end distance, net section, standard bolt hole, over bolt hole, structural resistance

## 1. 서 론

기간산업에서의 강재는 사용빈도가 매우 높은 구조재료로서 특히, 장대교량에서 강교를 채택하는 비율은 점점 증가추세에 있다. 강재의 용접에 의한 연결은 용접설비의 자동화와 작업조건의 평균화를 통해 품질에 대한 신뢰성이 확보되나 현장용접은 품질에 대한 신뢰도가 공장용접에 비해 상대적으로 떨어지므로 사용성에 제한이 따르게 된다. 더구나 해상에 건설되는 장대교량은 환경적 요인으로 인하여 용접보다 고장력볼트에 의한 연결이 광범위하게 사용되고 있으며 볼트 이음부는 공용중에 이완 및 부식으로 인하여 볼트를 교체하거나, 강교에 발생한 단면결손이나 균열을 고장력볼트를 사용하여 보강판을 보강하는 경우가 종종 발생하게 된다.

일반적으로 고장력볼트 이음부의 내력에 영향을 미치는 요인은 이음부재의 마찰면 상태, 볼트의 도입축력 및 축력의 변화, 볼트의 크기 및 배치, 볼트의 크리프와 리랙세이션, 부재판두께의 차이, 과대공이나 구멍간의 불일치 등이 있다. 부재간의 볼트구멍은 기존 구조물에 새로운 부재를 연결시키는 경우, 구조물의 제작에 있어서 용접 등에 의한 변형량을 정확하게 예측할 수 없거나 지보공이 충분하지 않은 경우 등에서 일치하지 않는 경우가 발생하게 된다[1],[2].

볼트를 원활하게 체결하기 위하여 부득이하게 과대 볼트구멍으로 연결부를 제작하면 인장부재의 단면이 감소하게 되어 구조물의 안전성을 저해할 소지가 있게 된다. 연단거리와 볼트의 간격에도 변화가 일어나게 되어 구조내력은 감소하지만 시공성이나 경제성 측면에서 장점을 가지게 된다. 이러한 필요성에 의해 최근 외국의 시방기준에서는 고장력볼트 이음부에서 어느 정도의 범위까지 과대공을 허용하는 규정을 두고 있으나 국내의 경우에는 아직 과대공에 대한 규정이 없다[3],[4].

본 연구에서는 M22와 M24인 고장력볼트를 이용하여 인장부재를 체결할 때 모재 및 덮개판의 볼트구멍을 표준공 및

Note.-Discussion open until April 30, 2013. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on July 28, 2012; revised August 29, 2012; approved on September 25, 2012.
ⓒ KSSC 2012

* Corresponding author
Tel. +82+62-650-6400; Fax. +82-62-650-6405
E-mail: ttury@daum.net

과대공으로 하는 총 28개의 시험편을 제작하여 인장시험을 실시하고 순단면적을 고려한 최대하중과 연단거리를 고려한 최대하중을 시험하중과 비교함으로써 과대공에 따른 강도변화를 확인하고 이음부의 효율성에 과대공이 미치는 영향을 검토하고 과대공의 허용과 강구조물의 안전성, 경제성 및 효율성의 관계에 대하여 연구하였다.

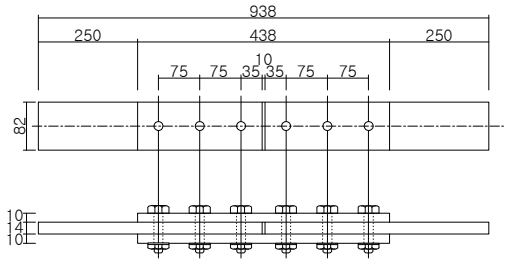
## 2. 인장실험

### 2.1 시험편 제작

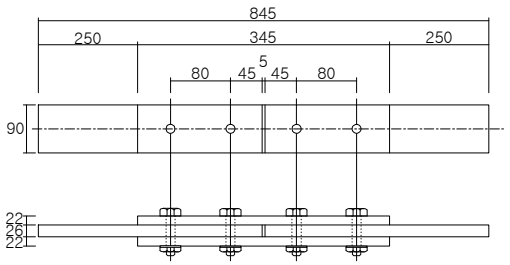
시험편은 M22 및 M24의 F10T 고장력볼트와 SM490B의 강부재를 2면 전단방식으로 연결하고 모재 및 덮개판에 대하여 표준구멍과 과대공으로 가공하여 제작하였다. 이때 볼트의 간격과 연단거리는 강구조설계기준을 만족하는 범위에서 결정하였으며, 시험결과에 대한 신뢰도를 높이고자 동일한 재료와 제원의 시험편을 각 2조씩 제작하였다.

Table 1. Test Specimens

| Specimens | Base Plate Hole Diameter (mm) | Cover Plate Hole Diameter (mm) | End Distance (mm) | Bolt Space (mm) | Number |
|---|---|---|---|---|---|
| M22-ST2(1,2) | 24 | 24 | 23 | 51 | 2 |
| M22-OB4(1,2) | 26 | 24 | 22 | 49 | 2 |
| M22-OB6(1,2) | 28 | 24 | 21 | 47 | 2 |
| M22-OC4(1,2) | 24 | 26 | 23 | 51 | 2 |
| M22-OC6(1,2) | 24 | 28 | 23 | 51 | 2 |
| M22-OD4(1,2) | 26 | 26 | 22 | 49 | 2 |
| M22-OD6(1,2) | 28 | 28 | 21 | 47 | 2 |
| M24-ST2(1,2) | 26 | 26 | 32 | 54 | 2 |
| M22-OB4(1,2) | 28 | 26 | 31 | 52 | 2 |
| M22-OB6(1,2) | 30 | 26 | 30 | 50 | 2 |
| M22-OC4(1,2) | 26 | 28 | 32 | 54 | 2 |
| M22-OC6(1,2) | 26 | 30 | 32 | 54 | 2 |
| M22-OD4(1,2) | 28 | 28 | 31 | 52 | 2 |
| M22-OD6(1,2) | 30 | 30 | 30 | 50 | 2 |
| 계 | | | | | 28 |




(a) M22 Specimen




(b) M24 Specimen

Fig. 1 Size of Specimen

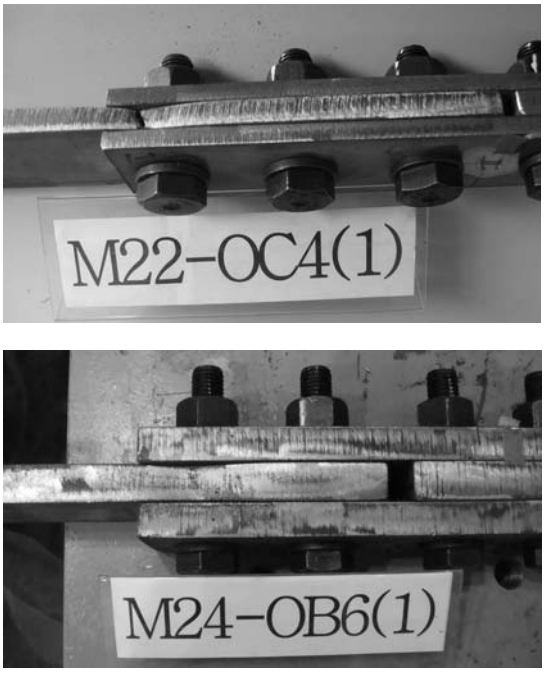



Fig. 2 Making of Specimen

### 2.2 인장시험

인장시험을 위하여 M22 및 M24 시험편의 마찰면에 블라스트에 의해 표면처리를 한 후 모재를 서로 5mm 및 10mm 이격시키고 부재의 직진성을 확인하면서 예비조임을 실시하였다. 축력의 감소를 고려하여 설계축력 200kN 및 235kN에

대하여 시공축력을 220kN 및 260kN으로 결정하고 설계축력의 10%에 해당하는 축력이 나올때의 토크값을 설정하고 1차 조임 토크값은 소요 토크값의 60%정도인 510kN·mm 및 750kN·mm으로 하여 1차조임을 실시하였다. 본조임시의 토크값은 850kN·mm 및 1,100kN·mm으로 하여 최종축력에 도달할 때까지 본 조임을 실시하였다. 시험편은 하중재하시 편심이 발생하지 않도록 볼트선과 그립선의 중앙선이 일치하도록 하고, 실험체의 미끄러짐 현상이 일어나지 않도록 접합 플레이트를 그립의 전체가 밀착되도록 설치한 후 변위계를 모재의 편측에 각각 설치한 후 5mm/min의 가력속도로 하중을 가하여 작용하중 및 변형량을 측정하였다. 인장시험에 사용된 구조용 만능시험기의 용량은 2,000kN, 변위계는 Tokyo Sokki Kenkyujo사에서 제작된 CDP-50을 사용하였다. 인장시험은 Fig. 3과 같이 시험편에 파단이 발생할 때 까지 하중재하를 실시하였다[5].

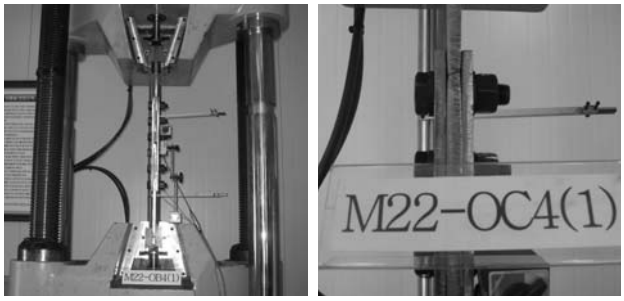
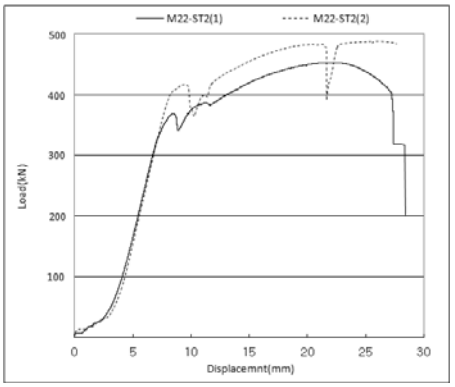



Fig. 3 Tensile Test

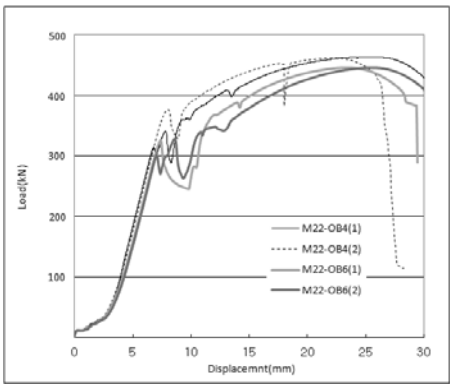
## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 실험결과

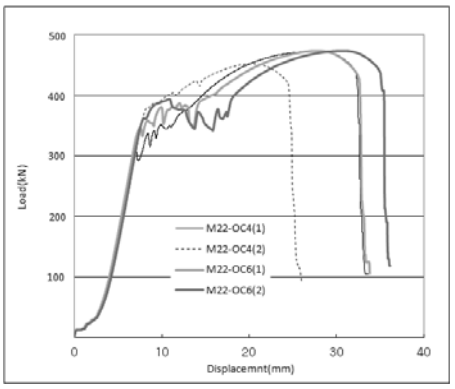
각 시험편의 모재에 파단이 발생할 때의 최대하중은 M22의 경우 표준공으로 제작된 시험편에서 453~488kN, 과대공으로 제작된 시험편에서는 422~473kN으로 측정되었고, M24의 경우는 표준공에서 972~973kN, 과대공에서 867~962kN으로 측정되었다. 이는 표준공으로 제작된 시험편의 최대하중에 대하여 최대 13.5%가 감소한 값이다. M22와 M24시험편의 시험파단하중에서 큰 차이를 보인 것은 모재 및 덮개판의 폭과 두께의 차이로 인한 것이다. 과대공으로 제작된 시험편에서의 최대하중은 모재보다 덮개판을 과대공으로 제작한 시험편에서 크게 나타났는데, 시험최대하중은 덮개판의 단면적보다 모재의 단면적이 지배적인 요소임을 알수 있다. 또한, 모재와 덮개판을 과대공으로 제작하였을 때의 시험하중이 전반적으로 작게 나타났다.



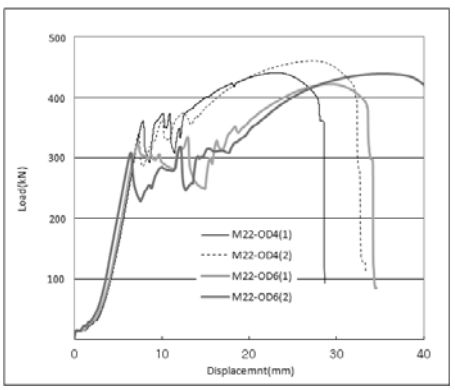

(a) M22-ST2




(b) M22-OB4,6

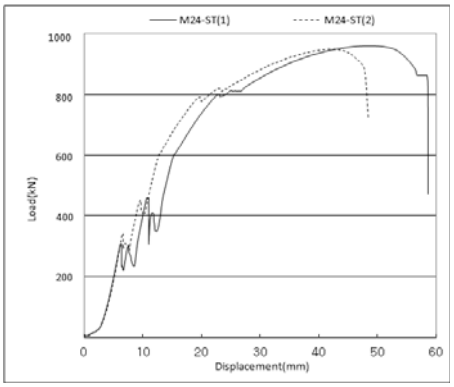



(c) M22-OC4,6

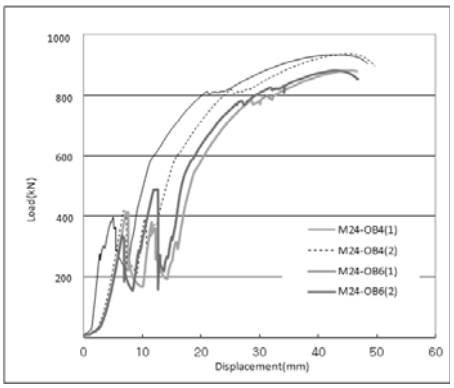



(d) M22-OD4,6

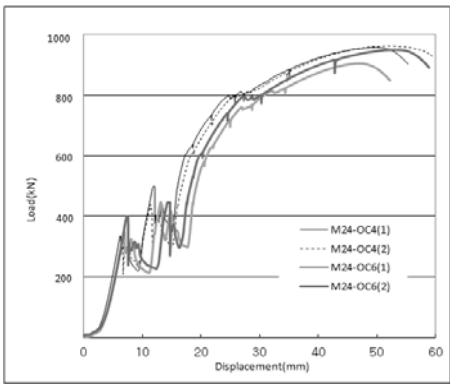
Fig. 4 Load-Displacement Relationship of M22 Specimen



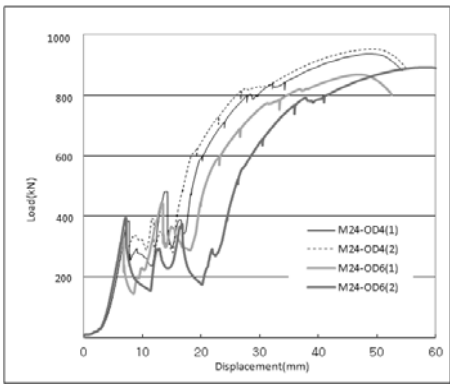

(a) M24-ST2




(b) M24-OB4,6




(c) M24-OC4,6




(d) M24-OD4,6

Fig. 5 Load-Displacement Relationship of M24 Specimen

### 3.2 설계강도

인장재의 고장력볼트 접합부는 총단면 항복, 전단지연에 의한 순단면 파단, 덮개판의 파단, 블록전단 파단에 견딜 수 있도록 설계해야 한다. 순단면 파단은 볼트구멍의 배열상태에 따라 파단이 달라지므로 모든 발생 가능한 파단선에 대해 유효단면적을 구한 후 그 중 가장 작은 값을 인장재의 유효단면적으로 결정하고 설계파단강도를 구하는데 본 시험편의 볼트는 재편에 일렬로 배치되어 설계강도 $P_p$는 다음과 같이 결정하였다[6],[7].

$$P_p = A_e \cdot f_u \tag{1}$$

여기서,

$A_e = (b_g - n(d+2))t$

최소 연단거리는 단부 볼트에 의해 전달되는 힘과 체결장치 후면의 강부재의 전단파괴를 야기시키는 힘을 등치시킴으로서 얻어질 수 있다[8].

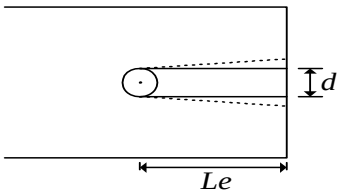



Fig. 6 End Distance of Boted Joint

$$P = f_p \times d \times t = 2(L_e - \frac{d}{2}) \times t \times \nu_u \tag{2}$$

$\frac{L_e}{d} \approx \frac{f_p}{f_u}$라 하고, 연단거리에 대한 안전계수 2.0을 적용시켜 연단거리와 볼트의 중심간격을 고려한 최대하중은 다음과 같이 결정하였다.

$$P_t = (P_1 \times n_e) + (P_2 \times n_s) \tag{3}$$

여기서,

$$P_1 = \frac{L_e \times f_u \times t}{2}$$

$$P_2 = (L - \frac{d}{2})(\frac{f_u \times t}{2})$$

순단면에 따른 설계강도는 모재의 단면결손을 고려하였고, 연단거리에 따른 설계강도는 덮개판을 대상으로 하였으며 볼트구멍간격에 따른 설계강도는 간격이 큰 부재에서 일차적으

로 인장력을 받기 때문에 모재와 덮개판 중 구멍간 간격이 큰 부재의 설계강도를 적용하였다. M22시험편에서는 단면결손을 고려한 설계강도가 연단거리와 볼트구멍간격을 고려한 설계강도보다 작게 평가되었고, M24시험편의 경우에는 이와 반대로 순단면을 고려한 설계강도보다 연단거리와 볼트구멍간격을 고려한 설계강도보다 더 크게 평가되었는데, 이는 시험편의 볼트 열수에 의해 나타난 현상이다. 또한 모재를 과대공으로 제작한 OB4 및 OB6에서의 설계강도가 가장 크게 평가된 이유는 모재의 과대공으로 인하여 덮개판의 볼트간격을 고려하여 설계강도를 구하였기 때문이다. 표준공의 순단면적에 의한 설계강도에 대한 각 시험편의 시험파단하중은 M22 시험편에서 1.082~1.191, M24시험편에서 1.077~1.192로 나타났으며 특히, 모재 및 덮개판을 볼트직경보다 6mm 크게 제작하였을 경우 시험파단하중은 표준공 설계강도의 7.7~8.2% 큰 것으로 나타났다.

Table 2. Breaking Load and Design Strength of M22 Specimen

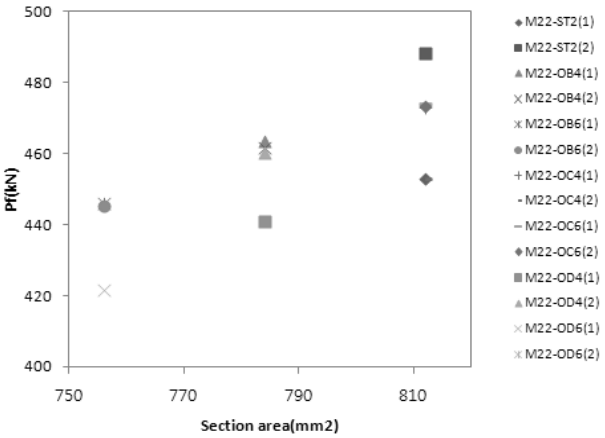
| Specimen | $P_f$ | $P_{ns}$ | $P_t$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $P_1$ | $P_2$ | $P_t$ |
| M22-ST2(1) | 453.1 | 397.9 | 112.7 | 174.9 | 462.6 |
| M22-ST2(2) | 488.1 | | | | |
| M22-OB4(1) | 463.6 | 384.2 | 112.7 | 249.9 | 612.5 |
| M22-OB4(2) | 461.8 | | | | |
| M22-OB6(1) | 446.0 | 370.4 | 112.7 | 249.9 | 612.5 |
| M22-OB6(2) | 445.2 | | | | |
| M22-OC4(1) | 472.8 | 397.9 | 107.8 | 174.9 | 457.7 |
| M22-OC4(2) | 453.1 | | | | |
| M22-OC6(1) | 474.2 | 397.9 | 102.9 | 174.9 | 452.8 |
| M22-OC6(2) | 473.3 | | | | |
| M22-OD4(1) | 440.8 | 384.2 | 107.8 | 168.1 | 443.9 |
| M22-OD4(2) | 460.4 | | | | |
| M22-OD6(1) | 421.7 | 370.4 | 102.9 | 161.2 | 425.3 |
| M22-OD6(2) | 439.5 | | | | |

Table 3. Breaking Load and Design Strength of M24 Specimen

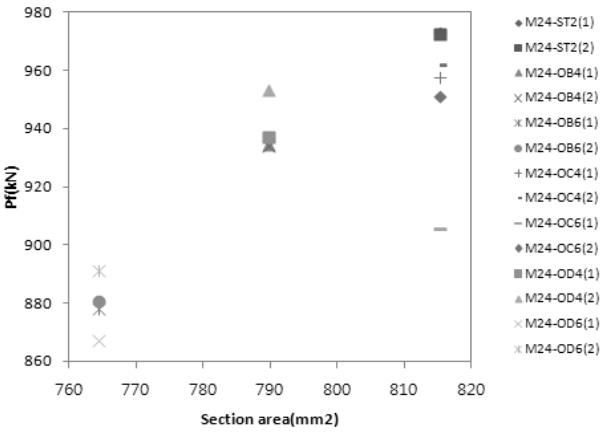
| 시험체명 | $P_f$ | $P_{ns}$ | $P_t$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $P_1$ | $P_2$ | $P_t$ |
| M24-ST2(1) | 973.0 | 815.6 | 345.0 | 334.0 | 688.9 |
| M24-ST2(2) | 972.4 | | | | |
| M24-OB4(1) | 934.4 | 789.8 | 345.0 | 582.1 | 927.1 |
| M24-OB4(2) | 934.1 | | | | |
| M24-OB6(1) | 878.2 | 764.4 | 345.0 | 582.1 | 927.1 |
| M24-OB6(2) | 880.9 | | | | |
| M24-OC4(1) | 957.5 | 815.6 | 334.2 | 334.0 | 678.2 |
| M24-OC4(2) | 962.0 | | | | |
| M24-OC6(1) | 905.6 | 815.6 | 323.4 | 334.0 | 667.4 |
| M24-OC6(2) | 950.9 | | | | |
| M24-OD4(1) | 937.1 | 789.8 | 334.2 | 331.2 | 665.4 |
| M24-OD4(2) | 953.1 | | | | |
| M24-OD6(1) | 867.0 | 764.4 | 323.4 | 318.5 | 641.9 |
| M24-OD6(2) | 891.1 | | | | |

### 3.3 시험결과분석

각 시험편을 대상으로 인장시험을 실시하여 구한 시험파단하중을 볼트구멍을 공제한 순단면, 덮개판의 연단거리와 모재 또는 덮개판의 볼트구멍간격의 합과의 관계도를 작성하여 이들간의 상관관계를 검토하였다[9].




(a) M22 Specimen

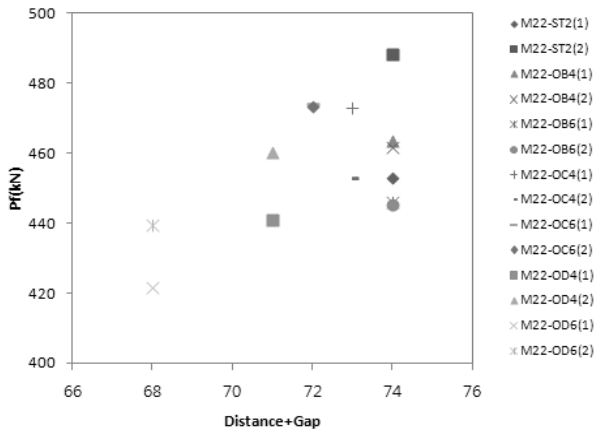



(b) M24 Specimen

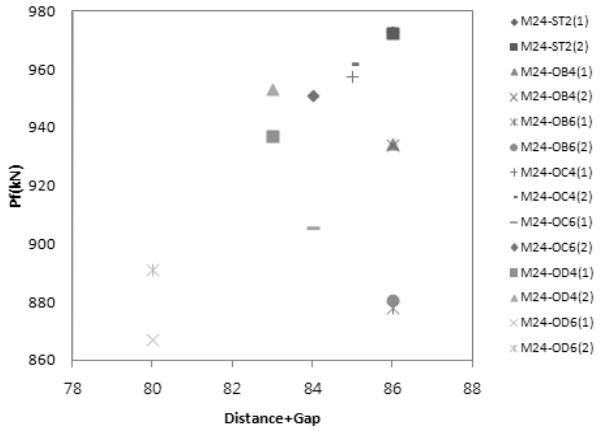
Fig. 7 Section Area - Breaking Load Relationship

볼트구멍을 공제한 순단면적에 대한 시험파단하중은 순단면적과 시험파단하중이 선형관계를 유지하였다. 순단면적이 작을수록 시험파단하중도 감소하였으며 표준공으로 제작된 시험편의 값이 가장 상위에 위치하였고, 모재 및 덮개판을 과대공으로 제작한 시험편의 값이 가장 하위에 위치하였는데, 이는 이론상의 내용과 일치하는 것으로 M22시험편보다 M24 시험편에서 이러한 현상을 뚜렷하게 관찰할 수 있었다.

덮개판의 연단거리와 모재 또는 덮개판의 볼트구멍간격을 합한 치수는 볼트연결부의 파괴유형을 파악하기 위한 또 다른 계수로서 이를 시험파단하중과 비교한 결과 연단거리와 볼트구멍간격을 합한 거리가 길수록 시험파단하중이 더 큰 것으로 나타




(a) M22 Specimen




(b) M24 Specimen

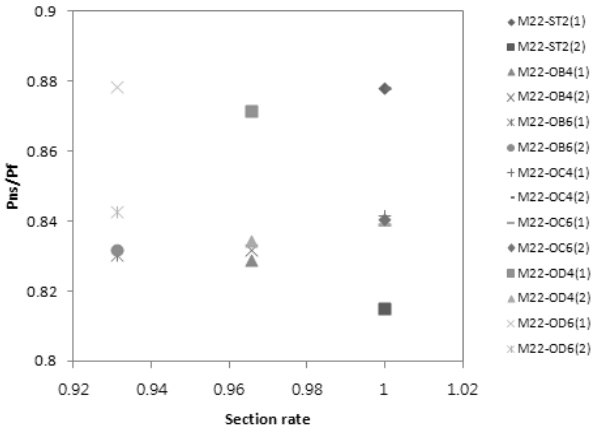
Fig. 8 End Distance + Bolt Space - Breaking Load Relationship

났으며 순단면적과 시험파단하중과의 관계와 유사한 형태의 관계도를 형성하였고 상위값과 하위값이 동일하게 나타났다.

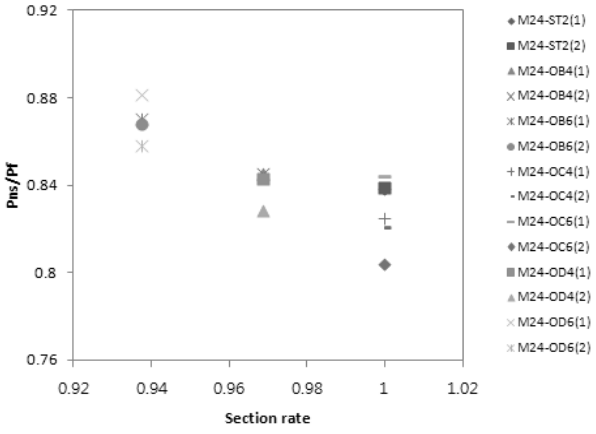
상기의 분석은 각 시험편에 대하여 실시한 결과로써 표준공과 비교하여 과대공의 강도변화를 파악하기 위하여 단면비(표준공 시험편의 단면적에 대한 대상시험편의 단면적의 비)와 연단거리+간격비(표준공 시험편에 대한 대상시험편의 비)를 설계강도와 시험파단하중비와 비교하였다. 시험편에 관계없이 시험파단하중에 대한 설계강도는 순단면을 고려한 경우 M22에서 0.83~0.88, M24에서 0.80~0.88으로 편차가 적은 반면, 연단거리+간격비를 고려한 경우 M22에서 0.95~1.38, M24에서 0.70~1.06로 편차가 다소 크게 나타났다.

표준공에 대한 단면비와 시험파단하중에 대한 설계강도와의 관계는 M22시험편에서는 상관성을 찾기 어려웠으나 M24 시험편에서는 동일한 단면비에서 하중비가 유사한 값을 가지는 것을 볼 수 있었다. 과대공에 따른 단면의 변화는 시험파단하중 뿐 아니라 순단면을 고려한 설계강도의 변화와 밀접한 관계를 가지는 것을 알 수 있다.

표준공에 대한 대상 시험편의 연단거리+볼트구멍간격의 비는 모재를 과대공으로 제작한 시험편(OB4, OB6)을 제외하고 연단거리+간격비와 무관하게 시험파단하중에 대한 설계강도비의 편차가 거의 없는 것으로 나타났다. 인장시험 파단하중은 연단거리+간격비에 의한 설계강도의 변화양상과 매우 유사하였으며 값의 차이는 다소 있으나 과대공에 따른 강도변화의 추세를 파악하는데 효과적일 것으로 판단된다[10].

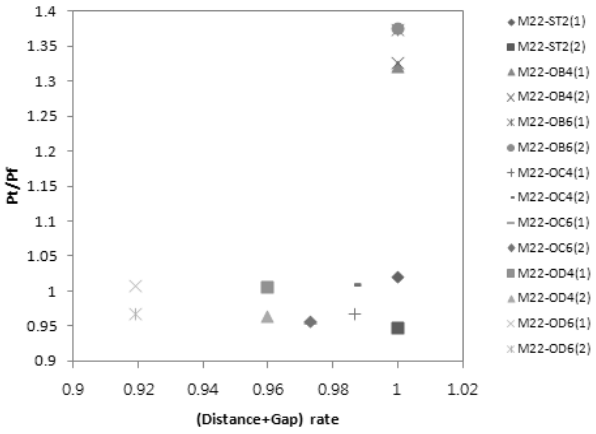



(a) M22 Specimen

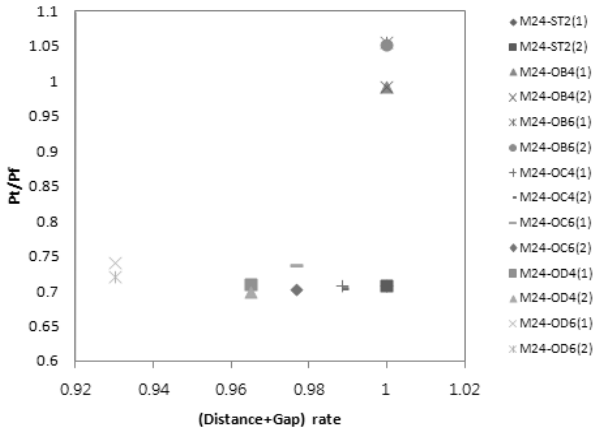



(b) M24 Specimen

Fig. 9 Section Rate - $P_{ns}/P_f$ Relationship




(a) M22 Specimen




(b) M24 Specimen

Fig. 10 End Distance and Bolt Space Rate - $P_t/P_f$ Relationship

## 4. 결 론

고장력볼트를 이용하여 인장부재를 체결할 때 과대공에 따른 강도변화를 확인하고 이음부의 효율성에 과대공이 미치는 영향을 파악하여 고장력볼트 이음부의 기초자료를 제시하기 위한 목적으로 실시한 본 연구로부터 얻어진 결과는 다음과 같다.

(1) 과대공으로 제작된 시험편의 인장파단하중은 표준공으로 제작된 시험편에 대하여 13.5%가 감소하였으나, 현행 설계강도의 1.077~1.191배 가량으로 과대공으로 인한 다소의 강도저하는 부득이하지만 안전성을 만족하는 것으로 판단된다.

(2) 모재 및 덮개판을 볼트직경보다 6mm 크게 제작하였을 경우 시험파단하중은 표준공으로 제작되는 경우의 설계강도보다 7.7~8.2% 큰 것으로 나타났다.

(3) 순단면을 고려한 설계강도는 볼트구멍에 따른 단면결손의 영향을 직접적으로 받으나 연단거리와 볼트구멍 간격에 따른 설계강도는 단면결손 뿐 아니라 연단 및 볼트간격의 수와 밀접한 관계가 있다.

(4) 볼트구멍을 공제한 순단면, 연단거리 및 볼트구멍간격은 시험파단하중과 선형관계를 유지하여 이론상의 내용과 일치하는 것으로 나타났다.

### 기 호

ST : 모재 및 덮개판의 표준공 제작
OB : 모재의 과대공 제작
OC : 덮개판의 과대공 제작
OD : 모재 및 덮개판의 과대공 제작
2,4,6 : 과대공 치수(볼트직경 + 2,4,6mm)
$P_p$ : 설계하중(kN)
$A_e$ : 볼트구멍을 공제한 유효단면적($mm^2$)
$f_u$ : 최소인장강도($=490\,MPa$)
$\nu_u$ : 이음판의 전단강도 ($=0.7\times f_u$)
$f_p$ : 지압응력(bearing stress)
$d$ : 체결장치의 공칭지름
$t$ : 이음판의 두께
$L_e$ : 체결장치의 중심으로부터 단부까지의 거리
$P_f$ : 인장시험에 의한 시험파단하중
$P_t$ : 연단거리와 볼트 중심간격을 고려한 설계강도
$n_e$ : 하중방향 연단거리의 수
$n_s$ : 하중방향 볼트간격의 수
$P_{ns}$ : 볼트구멍을 공제한 순단면에 대한 설계강도

### 참 고 문 헌(References)


〔1〕 이승용, 경갑수(2006) 고장력볼트 마찰이음의 합리적 설계 및 시공에 관한 연구, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제26권, 제3A호, pp.513-521.
Lee, S.Y. and Kyung, K.S.(2006) A Study on Rational Design and Construction of High Tension Bolt Friction Joints, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 26, No. 3A, pp.513-521 (in Korean).

〔2〕 함준수, 황원섭(2012) Plate Girder 볼트 이음부 강도에 관한 해석적 연구, **한국강구조학회논문집**, 한국강구조학회, 제24권, 제4호, pp.469-478.
Ham, J.S. and Hwang, W.S. (2012) An Analytical Study for the Strength of the High Tension Bolted Joints in Plate Girder, *Journal of the Korean Society of Steel Construction*, Vol. 24, No. 4, pp.469-478 (in Korean).

〔3〕 한국강구조학회(2009) 강구조기준에 따른 고력볼트 접합 시공지침, 한국강구조학회.
Korean Society of Steel Construction (2009) Fabrication Guide for Structural Joints Using High-Strength Bolts, *Korean Society of Steel Construction* (in Korean).

〔4〕 한국강구조학회(2009) 강구조기준에 따른 고력볼트 표준접합 설계편람, 한국강구조학회.
Korean Society of Steel Construction (2009) Design Manual for Standard Connections Using High-Strength Bolts, *Korean Society of Steel*

*Construction* (in Korean).

〔5〕 박정웅, 양승현, 장석인(2009) 단면결손에 따른 고장력볼트 체결부의 내하력 변화에 관한 연구, **한국토목산학기술학회논문지**, 한국산학기술학회, 제10권, 제9호, pp.2402-2408.
Park, J.U., Yang, S.H., and Jang, S.I. (2009) A Study on the Change of Load Carrying of High-tension Bolt Joints by Critical Sections, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 10, No. 9, pp.2402-2408 (in Korean).

〔6〕 American Institute of Steel Construction(AISC) (2001) Manual of Steel Construction-Load and Resistance Factor Design, 3rd edition, AISC.

〔7〕 Edwin, H. Gaylord, Jr., Charles, N. Gaylord, James, and E. Stallmeyer (1992) Steel Structures Third Edition, McGraw-Hill, USA.

〔8〕 최순주, 최문식(2001) 냉간성형강 고력볼트 접합부의 극한내력에 관한 실험적 연구(연단거리에 대한 고력볼트 직경비를 중심으로), **대한건축학회논문집**, 대한건축학회, Vol. 17 No. 5, pp.11-17.
Choi, S.J. and Choi, M.S. (2001) An Experimental Study on the Ultimate Strength of High Strength Bolted Joints in Cold-Formed Steel, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 17, No. 5, pp.11-17 (in Korean).

〔9〕 성택룡, 황민오, 이종관, 윤태양(2007) 고장력볼트 마찰이음에 있어서 미끄럼계수와 마찰계수에 대한 고찰, **한국강구조학회논문집**, 한국강구조학회, 제19권, 제3호, pp.63-69.
Seong, T.R., Hwang, M.O., Lee, J.K., and Yoon, T.Y. (2007) A Comparative Study on the Slip Coefficient and the Coefficient of Friction, *Journal of the Korean Society of Steel Construction*, Vol. 19, No. 3, pp.63-69 (in Korean).

〔10〕 이용택, 김태수, 정하영, 김승훈(2009) 평판두께와 연단거리를 변수로 갖는 박판탄소강 볼트접합부의 종국거동에 관한 실험적 연구, **한국강구조학회논문집**, 한국강구조학회, 제21권, 제5호, pp.527-536.
Lee, Y.T., Kim, T.S., Jeong, H.Y., and Kim, S.H. (2009) An Experimental Study on Ultimate Behavior of Thin-walled Carbon Steel Bolted Connections with Varying Plate Thickness and End Distance, *Journal of the Korean Society of Steel Construction*, Vol. 21, No. 5, pp.527-536 (in Korean).

요 약 : 표준공으로 고장력볼트를 체결한 인장부재는 구조내력은 증가하지만 시공성이나 경제성 측면에서 문제점을 야기시키게 된다. 본 연구에서는 인장부재의 고장력볼트 체결부를 표준공 및 과대공으로 하는 총 28개의 시험편을 제작하여 인장시험을 실시하였다. 시험결과로부터 얻어진 표준공 및 과대공 시험편의 인장하중을 순단면 및 연단거리에 의한 설계강도와 비교하여 연결부의 강도변화를 확인하였다. 과대공으로 제작된 시험편의 인장하중은 표준공으로 제작된 시험편의 인장하중보다 감소하였으나, 현행 설계기준의 설계강도를 상회하였으며 과대공으로 인하여 다소의 강도저하는 부득이하지만 안전성을 만족하였다.

핵 심 용 어 : 고장력볼트, 연단거리, 순단면, 표준공, 과대공, 구조내력