



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

강구조물 단차 용접이음부의  
응력거동 해석



2010년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

토목공학과

전 복 상

공 학 석 사 학 위 논 문

강구조물 단차 용접이음부의  
응력거동 해석

지도교수 이 동 욱

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2010년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

토목공학과

전 복 상

전복상의 공학석사 학위논문을 인준함.

2010년 6월 11일



주 심 공학박사 장 희 석 

위 원 공학박사 국 승 규 

위 원 공학박사 이 동 욱 

## 목 차

그림 목차	iii
표 목차	v
사진 목차	v
그래프 목차	vi
ABSTRACT	vii
1. 서 론	1
2. 시 방 규 정	3
2.1 자재의 허용오차	3
2.1.1 강관	3
2.1.2 강관 두께의 실측값	5
2.1.3 강관말뚝	7
2.2 시공의 허용오차	9
2.2.1 강교 재편의 조립 정밀도	9
2.2.2 강관말뚝 현장용접 이음	10
3. 응력해석	11
3.1 인장부재의 응력해석	11

3.1.1 용접이음부 단면 형상	11
3.1.2 이면재 유·무에 따른 응력 해석	14
3.1.3 모재 단차 및 두께에 따른 응력 해석	20
3.1.4 이면재 두께에 따른 응력 해석	26
3.1.5 이면재 폭에 따른 응력 해석	29
3.2 압축부재의 응력해석	32
3.2.1 용접이음부 단면 형상	32
3.2.2 이면재 유·무에 따른 응력 해석	35
3.2.3 모재 단차 및 두께에 따른 응력 해석	39
3.2.4 이면재 두께에 따른 응력 해석	45
3.2.5 이면재 폭에 따른 응력 해석	48
<b>4. 결 론</b>	<b>51</b>
4.1 인장부재의 응력해석 결과	51
4.2 압축부재의 응력해석 결과	52
<b>참고문헌</b>	<b>53</b>
<b>감사의 글</b>	<b>55</b>

## 그림 목차

- 그림 3.1 강바닥판 교량의 U형리브 현장맞대기용접이음부 단면도
- 그림 3.2 인장부재 용접이음부의 모델링 형상
- 그림 3.3 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1
- 그림 3.4 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2
- 그림 3.5 U리브 단면 응력집중 부위
- 그림 3.6 단차 용접이음부 응력집중 부위
- 그림 3.7 인장부재 단차부 모멘트 발생원리
- 그림 3.8 단차 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링
- 그림 3.9 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1
- 그림 3.10 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2
- 그림 3.11 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1
- 그림 3.12 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2
- 그림 3.13 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1
- 그림 3.14 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2
- 그림 3.15 강관말뚝 현장 맞대기 용접이음부의 단면도
- 그림 3.16 박스단면 트러스교 수직재의 shop drawing 및 용접이음상세도
- 그림 3.17 압축부재 용접이음부의 모델링 형상
- 그림 3.18 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1
- 그림 3.19 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2
- 그림 3.20 압축부재 단차부 모멘트 발생원리
- 그림 3.21 단차 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링
- 그림 3.22 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1
- 그림 3.23 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

그림 3.24 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1

그림 3.25 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

그림 3.26 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1

그림 3.27 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2



## 표 목차

표 2.1 두께 허용차

표 2.2 강판의 (-)두께 적용시의 두께 허용차 (단위 : mm)

표 2.3 강판의 두께 실측값 (단위 : mm)

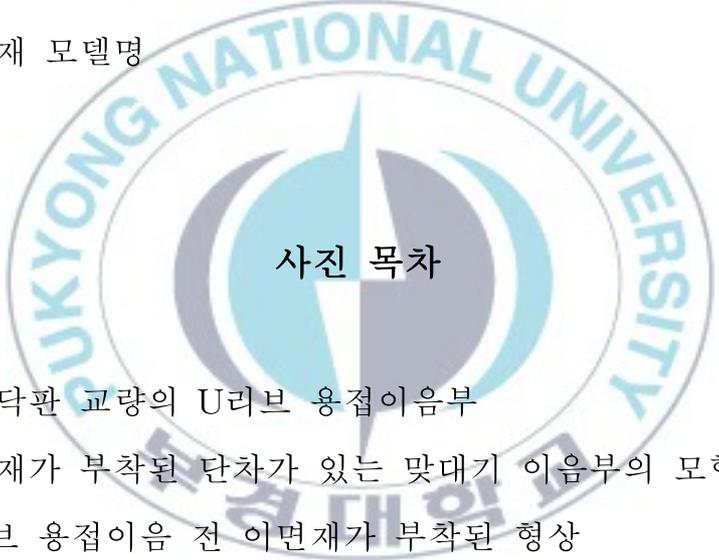
표 2.4 단판의 모양 및 치수의 허용차

표 2.5 재편의 조립정밀도

표 2.6 현장 원둘레 용접부의 이음매 차이의 허용값

표 3.1 인장부재 모델명

표 3.2 압축부재 모델명



## 사진 목차

사진 3.1 강바닥판 교량의 U리브 용접이음부

사진 3.2 이면재가 부착된 단차가 있는 맞대기 이음부의 모형

사진 3.3 U리브 용접이음 전 이면재가 부착된 형상

## 그래프 목차

그래프 3.1 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.2 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (토우부)

그래프 3.3 단차 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.4 모재 두께 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.5 이면재 두께에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.6 이면재 폭에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.7 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

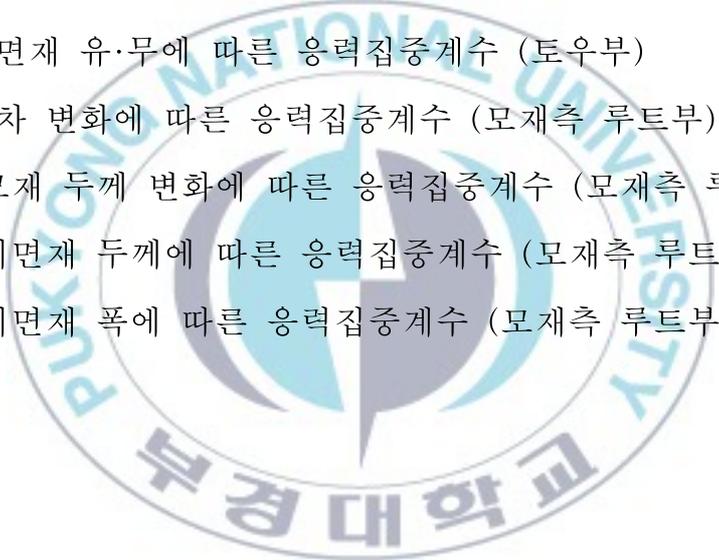
그래프 3.8 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (토우부)

그래프 3.9 단차 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.10 모재 두께 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.11 이면재 두께에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

그래프 3.12 이면재 폭에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)



# Stress Analysis on Welded Joint with Misalignment of Steel Structure

Bog-Sang Jeon

Department of Civil Engineering, Graduate School,  
Pukyong National University

## Abstract

In the construction, steel is being used as a primary structure material such as a makeshift material for retaining of earth, an architecture material for warehouse, plant, building, hangar and an industrial structure material for bridge, tower, smokestack, etc. Steel structures such as a bridge and frame are generally made to be an appropriate size which can be easily transported in a factory according to the equipment ability, transportation capacity, and facility capacity of a production plant, and then are assembled and installed in the construction field. A steel structure assembly and installation in the construction field is mostly made by welding or friction coupling of high tension bolt. Even though steel structure is made in the certificated plant by with the thoroughly quality control system, it is typical that an inevitable error occurs in construction field due to the temperature change, priority construction error, material production tolerance and structure assembly error in the plant. In the steel deck plate construction field, with the using of the large block method to emphasize the joint there must be an error in U type rib junction. And Furthermore, there is welding joints in a steel pipe because a steel pipe is generally buried deep in the ground.

In this thesis, stress construction phenomenon which could occur in the field welding joint was is compared and analyzed by finite element method

according to with respect to various conditions. These conditions are misalignment, backing strip is or not, backing strip length, and backing strip width.



# 1. 서 론

건설공사에서 강재는 흙막이 등의 가설용 강재, 교량, 철탑 등에서 주요 구조재로 많이 사용되고 있다. 강재는 공장 생산에 의한 재료의 균질성을 확보할 수 있어 품질의 신뢰성 확보가 용이하며, 강도와 비중의 비가 높기 때문에 고층구조나 대스팬 구조에 적합할 뿐만 아니라 내진적으로도 유리하다.<sup>(1)</sup>

강교나 건축철골 등, 철강구조물은 제작공장의 설비능력, 운반 및 장비의 인양능력 등에 따라 가능한 크기로 제작하고, 시공현장에서 조립, 설치하게 된다. 현장에서의 조립, 설치는 주로 용접이나 고장력볼트 마찰접합으로 이루어진다. 철강구조물 제작공장에서 철저한 품질관리를 통해 만들어진 제품이라 할지라도 온도에 따른 변화, 시공오차, 재료의 생산오차, 강구조물의 제작오차 등으로 현장시공에서는 불가피한 공차가 생기기 마련이다.<sup>(2)</sup>

교량에서 강상판 교량은 바닥판의 중량이 가볍고, 내구성이 좋으며, 가설기간도 짧아 도시 내의 고가도로 및 장대교에서 많이 채택되고 있다.<sup>(3~</sup>

<sup>6)</sup> 강상판 교량은 데크플레이트를 종리브 및 횡리브로 보강한 구조이다. 데크플레이트와 종리브는 바닥판인 동시에 주형의 상부플랜지로도 작용하므로 강성이 매우 큰 이점이 있다. 또한 횡리브는 데크플레이트를 보강하는 동시에 횡형으로서의 기능도 갖는 복합적인 구조이다.<sup>(7~8)</sup>

강상판의 가설현장에서 하부플랜지와 웨브는 볼트이음을, 데크플레이트는 포장과 관련하여 용접이음을 실시하며, U리브는 볼트이음 또는 용접이음을 실시한다. 가설현장에서의 이음에 대해 주목하면 대블록으로 이음을 실시하므로 U리브의 이음부에는 시공오차가 발생하지 않을 수 없다. 이

U리브 연결부에 볼트이음을 실시할 경우, 시공오차가 발생하더라도 이음부를 곡직하여 볼트이음을 실시할 수 있으나, 볼트구멍을 공제하여야 하므로 단면의 손실이 발생한다. 한편 U리브를 용접이음할 경우, 용접이음부에는 시공오차가 발생하고, 시공오차에 의한 단차가 존재하여 이음부에는 편심에 의한 모멘트가 발생하며, 이음부의 형상변화부에는 응력집중이 발생한다. 또한 용접이음자세는 상향용접이 되므로 이음부에는 이면재를 부착하여야 하며, 이면재 부착에 의해 형상변화부가 발생한다.<sup>(9~11)</sup>

한편 강관말뚝은 열악한 지반조건에서 구조물의 사용하중 증대와 시공의 용이성, 공법의 신뢰성을 확보하고자 기초구조형식으로 사용이 매우 보편화 되어 왔으며 현재 구조물의 거대화, 장대화에 따른 기초구조의 설계 및 시공에서 품질에 대한 신뢰도가 높고 다른 말뚝재료에 비하여 경량이며 시공시 품질이 확보될 수 있는 등의 장점을 가지고 있어서 활용이 더욱 증대 되고 있다.<sup>(12)</sup>

현장에서 시공되는 강관말뚝의 평균적인 길이는 20m~50m로 상당히 깊은 지지층까지 시공하므로 용접 접합부를 가지게 되며 용접 접합부는 현장용접으로 이루어져 재료적 능력을 충분히 활용하지 못하는 용접불량부가 발생할 수 있다.<sup>(13~14)</sup>

본 논문에서는 단차 용접이음부에서 발생할 수 있는 응력집중현상을 유한요소법 응력해석을 실시하여 비교·검토하였다. 해석은 단차발생에 의한 응력집중부위, 이면재 유·무에 따른 용접이음부의 응력집중, 이면재가 부착된 용접이음부에서 단차와 응력집중, 이면재 두께와 응력집중, 이면재 폭과 응력집중을 비교·검토하였다.

## 2. 시방규정

### 2.1 자재의 허용오차

강교량의 설계도의 특기사항에서 다음과 같은 문구를 자주 볼 수 있다.  
“강재 받주시 사용강재의 두께는 설계도 치수를 상회하도록 주문 할 것”  
“강판의 두께는 (-)오차를 허용하지 않는다.”

이런 문구들은 강재의 허용응력 감소를 방지하여 설계응력을 만족하기 위한 수단이다. 하지만 이런 자재의 생산오차가 누적될 경우 강구조물의 현장용접이음부에서 단차를 유발하는 요인이 될 수 있으므로 그 규정에서 대해서 알아본다.

#### 2.1.1 강판

도로교표준시방서 2.3.1 강판, 에 의하면 “강판 두께의 허용차는 KS D 3500의 표4에 있는 두께의 허용오차를 적용하되, (-)측의 허용차는 공칭 두께의 5%에 해당하는 값과 KS D 3500의 표 4의 값 중에서 절대치가 작은 값으로 한다.”<sup>(15)</sup> KS D 3500에서 “5. a) 강판 및 강대의 두께 허용차는 표 4에 따른다.”로 되어 있으며 표 4에서 교량용 후판재로 주로 사용되는 두께 10mm~100mm의 내용을 발췌하면 표 2.1과 같다.

표 2.1 두께 허용차

나비 두께	1,600 미만	1,600 이상 2,000 미만	2,000 이상 2,500 미만	2,500 이상 3,150 미만	3,150 이상 4,000 미만	4,000 이상 5,000 미만
10~16 미만	± 0.55	± 0.65	± 0.65	± 0.80	± 0.80	± 1.00
16~25 미만	± 0.65	± 0.75	± 0.75	± 0.95	± 0.95	± 1.10
25~40 미만	± 0.70	± 0.80	± 0.80	± 1.00	± 1.00	± 1.20
40~63 미만	± 0.80	± 0.95	± 0.95	± 1.10	± 1.10	± 1.30
63~100 미만	± 0.90	± 1.10	± 1.10	± 1.30	± 1.30	± 1.50

상기 표 2.1에서 나비 4,000~5,000미만인 강판의 (-) 두께 적용 시는 다음의 표 2.2와 같다.

표 2.2 강판의 (-)두께 적용시의 두께 허용차 (단위 : mm)

두께	허용규정	KS 규정(-두께 적용시)	공칭두께의 -5% 적용시
10 ~ 16 미만		9.0 ~ 15.0	9.50 ~ 15.20
16 ~ 25 미만		14.9 ~ 23.9	15.20 ~ 23.75
25 ~ 40 미만		23.8 ~ 38.8	23.75 ~ 38.00
40 ~ 63 미만		38.7 ~ 61.7	38.00 ~ 59.50
63 ~ 100 미만		61.5 ~ 98.5	59.50 ~ 95.00

### 2.1.2 강판 두께의 실측값

국내에서 생산되는 강판(원판)의 두께에 대해 P사 및 D사의 실측값은 표 2.3과 같다.<sup>(16)</sup>

- 1) 표 2.3에서 알 수 있는 바와 같이 P사에서 생산되는 강판 두께의 실측값은 주어진 수치에 거의 육박하거나 또 약간 상회함을 알 수 있다.
- 2) D사의 실측값은 그다지 많지 않지만 강판 두께의 실측값의 분포가 P사보다 다소 크게 분포함을 알 수 있다.

이상에서 열거한 바와 같이 강교용으로 사용되는 강재는 mill maker에 따라 허용공차가 있음을 알 수 있다.



표 2.3 강판의 두께 실측값 (단위 : mm)

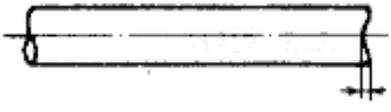
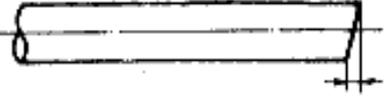
	10t	12t	14t	22t
P사		12.00, 11.97, 12.04, 11.99, 11.92, 11.94	14.48, 14.34, 14.48, 14.59, 14.28, 14.16, 14.36, 14.24, 14.11, 14.12, 14.02, 14.06, 14.12, 14.18, 14.07, 14.06, 14.17, 14.20, 14.09, 14.18	21.88, 21.93, 21.94,
분포 (평균)		11.92 ~ 12.04 (11.98)	14.02 ~ 14.59 (14.22)	21.88 ~ 21.94 (21.92)
D사	10.28, 10.52, 10.32	11.73, 11.82, 12.26, 12.31, 11.75, 11.66, 12.08, 12.12, 12.03, 12.04, 12.20, 12.23, 12.17, 12.22, 11.98, 12.00	14.06, 14.19, 14.20, 14.17, 14.09, 14.14, 14.08, 14.19, 14.20, 14.19	
분포 (평균)	10.28 ~ 10.52 (10.37)	11.66 ~ 12.31 (12.04)	14.06 ~ 14.20 (14.15)	

### 2.1.3 강관말뚝

도로교표준시방서 2.2.1 강관, 에 의하면 “KS F 4602 및 KS D 3566 강관말뚝의 요건에 합치하고, 명시된 지름과 두께를 가진 것이라야 한다.”로 되어있다.<sup>(17)</sup> KS F 4602에서 “8.3 a) 단관의 모양 및 치수 허용차는 표 5에 따른다.”로 되어 있으며 표 5의 내용은 표 2.4와 같다.



표. 2.4 단관의 모양 및 치수의 허용차

표 5 모양 및 치수의 허용차			
구 분		허용차	적 요
바깥 지름	관 끝부분		±0.5% =바깥둘레길이 ÷ π
두 께	두께 16mm 미만	바깥지름 500mm 미만	+ 규정치 없음 - 0.6mm
		바깥지름 500mm 이상 800mm 미만	+ 규정치 없음 - 0.7mm
		바깥지름 800mm 이상 2000mm 이하	+ 규정치 없음 - 0.8mm
	두께 16mm 이상	바깥지름 800mm 미만	+ 규정치 없음 - 0.8mm
		바깥지름 800mm 이상 2000mm 이하	+ 규정치 없음 - 1.0mm
길 이		+ 규정치 없음 0	
휨		길이의 0.1% 이하	
용접이음이 되는 단면의 평면도		2mm 이하	
용접이음이 되는 단면의 직각도		바깥지름의 0.5% 이하. 다만, 최대4mm	

**비 고** 바깥지름 2000mm를 넘는 것 및 t/D가 1.0% 미만인 것은 인도 당사자 사이의 협정에 따른다.

## 2.2 시공의 허용오차

시공 현장에서 조립, 설치에 따른 온도 변화, 선행공정의 시공오차로 인한 부적합 상황, 재료의 생산오차, 강구조물의 제작오차 등으로 현장시공에서는 불가피한 공차가 생기기 마련이다. 따라서 이에 대한 규정에 대해서 알아본다.

### 2.2.1 강교 재편의 조립 정밀도

도로교표준시방서 3.7.2 재편 조립정밀도, 에 의하면 “재편의 조립정밀도는 표 2.3.6의 값을 표준으로 한다. 다만, 시공 시험에 의한 오차의 허용량이 확인된 경우에는 표 2.3.6 이상으로 할 수 있다. 이 규정이외의 조립정밀도 규정에 대해서는 사전에 품질관리 계획서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시행한다.”로 되어있다.<sup>(18)</sup> 표 2.3.6의 내용은 표 2.5와 같다.

표 2.5 재편의 조립정밀도

구 분	형상	허용오차
그루부용접	1) 루트 간격 오차	규정치 $\pm 1.0$ mm 이하
	2) 판두께 방향의 재편의 편심	얇은쪽 판두께의 10% 이하
	3) 뒷뎀재를 사용할 때의 밀착도	0.5 mm 이하
	4) 홈경사 각도	규정치 $-5^{\circ}$ , $+10^{\circ}$
필릿용접	재편의 밀착도	1.0 mm 이하

## 2.2.2 강관말뚝 현장용접 이음

도로교표준시방서 3.2.3 현장용접 이음, 에 의하면 “(3) 이음부의 허용오차 등은 KS F 4602에 준해야 하며 상·하 말뚝의 축선은 동일한 직선상에 위치하도록 조합시켜야한다.”로 되어있다.<sup>(19)</sup> KS F 4602에서 “8.3 b) 현장에서 연결하는 단관 바깥면의 이음매 차이(이하, 현장 원둘레 용접부의 이음매 차이라 한다.)의 허용차는 표 6에 따른다.”로 되어 있으며 표 6의 내용은 표 2.6와 같다.

표. 2.6 현장 원둘레 용접부의 이음매 차이의 허용값

표 6 현장 원둘레 용접부의 이음매 차이의 허용값		
바깥지름	허용값	적 요
700mm 미만	2mm 이하	윗말뚝과 아랫말뚝의 바깥둘레길이의 차로 나타내며, 그 차를 $2\text{mm} \times \pi$ 이하로 한다.
700mm 이상 1016mm 이하	3mm 이하	윗말뚝과 아랫말뚝의 바깥둘레길이의 차로 나타내며, 그 차를 $3\text{mm} \times \pi$ 이하로 한다.
1016mm 이상 2000mm 이하	4mm 이하	윗말뚝과 아랫말뚝의 바깥둘레길이의 차로 나타내며, 그 차를 $4\text{mm} \times \pi$ 이하로 한다.

### 3. 응력해석

#### 3.1 인장부재의 응력해석

##### 3.1.1 용접이음부 단면 형상

강바닥판 교량은 강구조물 중에서 대표적으로 인장을 받는 구조물이다. 가설현장에서 대블록으로 이음을 실시하므로 U리브의 이음부에는 시공오차가 발생하지 않을 수 없다. 강바닥판 교량의 U형 리브 현장 맞대기 용접이음부의 단면도를 그림 3.1에 나타내었다. 강바닥판 교량의 U리브 용접이음부를 사진 3.1에, 이면재가 부착된 단차가 있는 맞대기 용접이음부를 제작한 모형을 사진 3.2에, U리브 용접이음 전 이면재가 부착된 형상을 사진 3.3에 나타내었다. 표 3.1은 인장부재 모델명을 나타내고, 그림 3.2는 인장부재 용접이음부의 모델링 형상을 나타낸다.

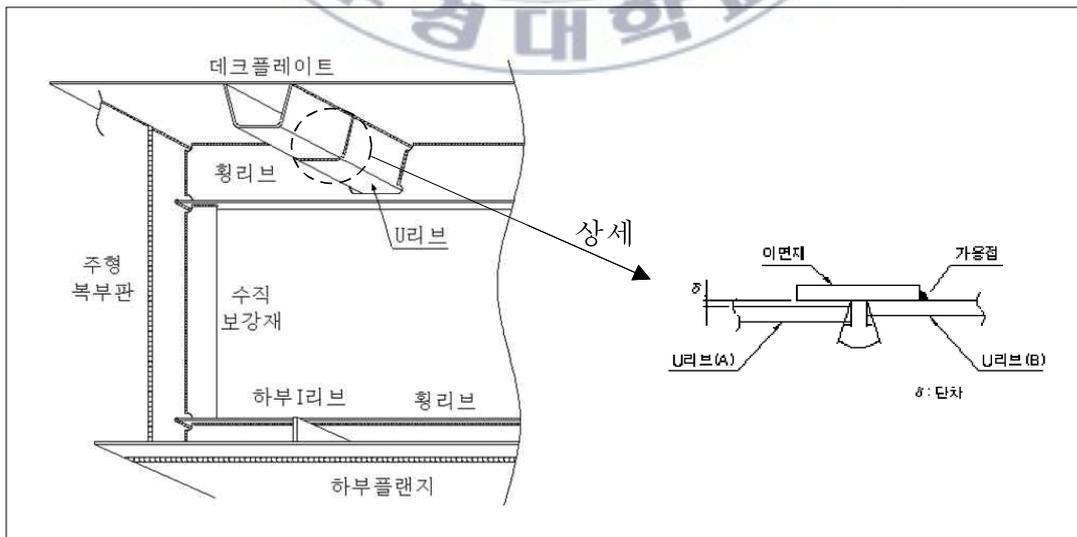


그림 3.1 강바닥판 교량의 U형리브 현장맞대기용접이음부 단면도



사진 3.1 강바닥판 교량의 U리브 용접이음부



사진 3.2 이면재가 부착된 단차가 있는 맞대기 이음부의 모형



사진 3.3 U리브 용접이음 전 이면재가 부착된 형상

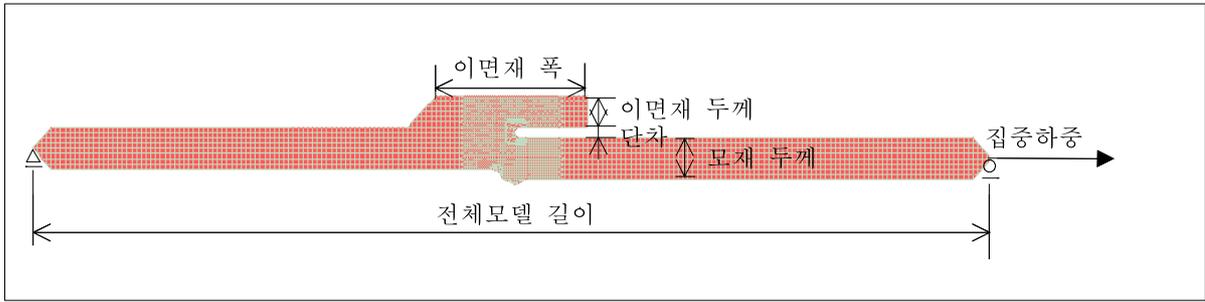


그림 3.2 인장부재 용접이음부의 모델링 형상

표 3.1 인장부재 모델명

구 분	모 재 두께 (mm)	단 차 (mm)			
		0	2	4	6
이면재 없음 (No Backing Strip)	8	NB- 8-0-0- 0		NB- 8-4-0- 0	
	12	NB-12-0-0- 0		NB-12-4-0- 0	
이면재 있음 (Attached Backing Strip)	8	AB- 8-0-6-32	AB- 8-2-6-32	AB- 8-4-6-32	
	12	AB-12-0-6-32	AB-12-2-6-32	AB-12-4-6-32	AB-12-6-6-32
	16	AB-16-0-6-32	AB-16-2-6-32	AB-16-4-6-32	AB-16-6-6-32
이면재 두께 (Thickness of Backing Strip)	12		TB-12-2-4-32	TB-12-4-4-32	
			TB-12-2-6-32	TB-12-4-6-32	
			TB-12-2-8-32	TB-12-4-8-32	
이면재 폭 (Width of Backing Strip)	12		WB-12-2-6-12	WB-12-4-6-12	
			WB-12-2-6-22	WB-12-4-6-22	
			WB-12-2-6-32	WB-12-4-6-32	

\* 모델명 : 이면재 특징-모재 두께-단차-이면재 두께-이면재 폭

### 3.1.2 이면재 유·무에 따른 응력 해석

#### (1) 해석모델

밀폐단면이 아닌 양면 맞대기 이음부 혹은 용접사가 용접부 내·외측을 접근 할 수 있는 밀폐단면으로 박스, 파이프 그리고 sheet pile 등의 이음부에는 이면재가 없는 맞대기용접을 실시한다. 반면 완전 밀폐단면으로 용접사가 내·외측 중 한쪽만 접근 할 수 있는 트러스 박스단면, 파이프단면 또는 용접자세가 입향 또는 상향일 경우에는 이면재를 부착한 맞대기용접을 실시한다. 이렇게 맞대기 현장 용접이음부는 구조물의 특징에 따라서 이면재 유·무가 결정되고 이면재를 부착하여 용접한 후에 제거하기도 한다. 그래서 모재의 두께가 8.0, 12.0mm 이고 단차가 0.0, 4.0mm인 경우에 이면재가 부착된 경우와 이면재가 없는 경우에 대해서 모델링을 실시하였다.

해석은 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS를 이용하였으며, 강바닥판교 U리브는 우각부에서 가장 큰 응력이 발생하고<sup>(20)</sup> 압축을 받는 부재와 동등한 조건으로 비교를 위해서 plane stress요소를 사용하였다. 용접이음부의 형상변화부에는 요소를 조밀하게 분할하였으며, Saint-Venant 법칙을 적용하여 평활부의 길이가 형상변화부의 길이보다 3배 이상을 길게 하였다. 하중은 평균응력이 10MPa가 되도록 하중을 재하하여 응력집중계수를 구하였다. 응력집중계수(K)는 최대응력에 대한 평균응력의 비로 표현되므로 다음 식과 같다.<sup>(21)</sup>

$$\text{응력집중계수}(K) = \frac{\text{최대응력}}{\text{평균응력}}$$

그림 3.3과 그림 3.4는 모델링 형상이다. 그림 3.5는 U리브 단면 응력집중부위를<sup>(20)</sup>, 그림 3.6은 단차 용접이음부 응력집중부위를 나타내었다.

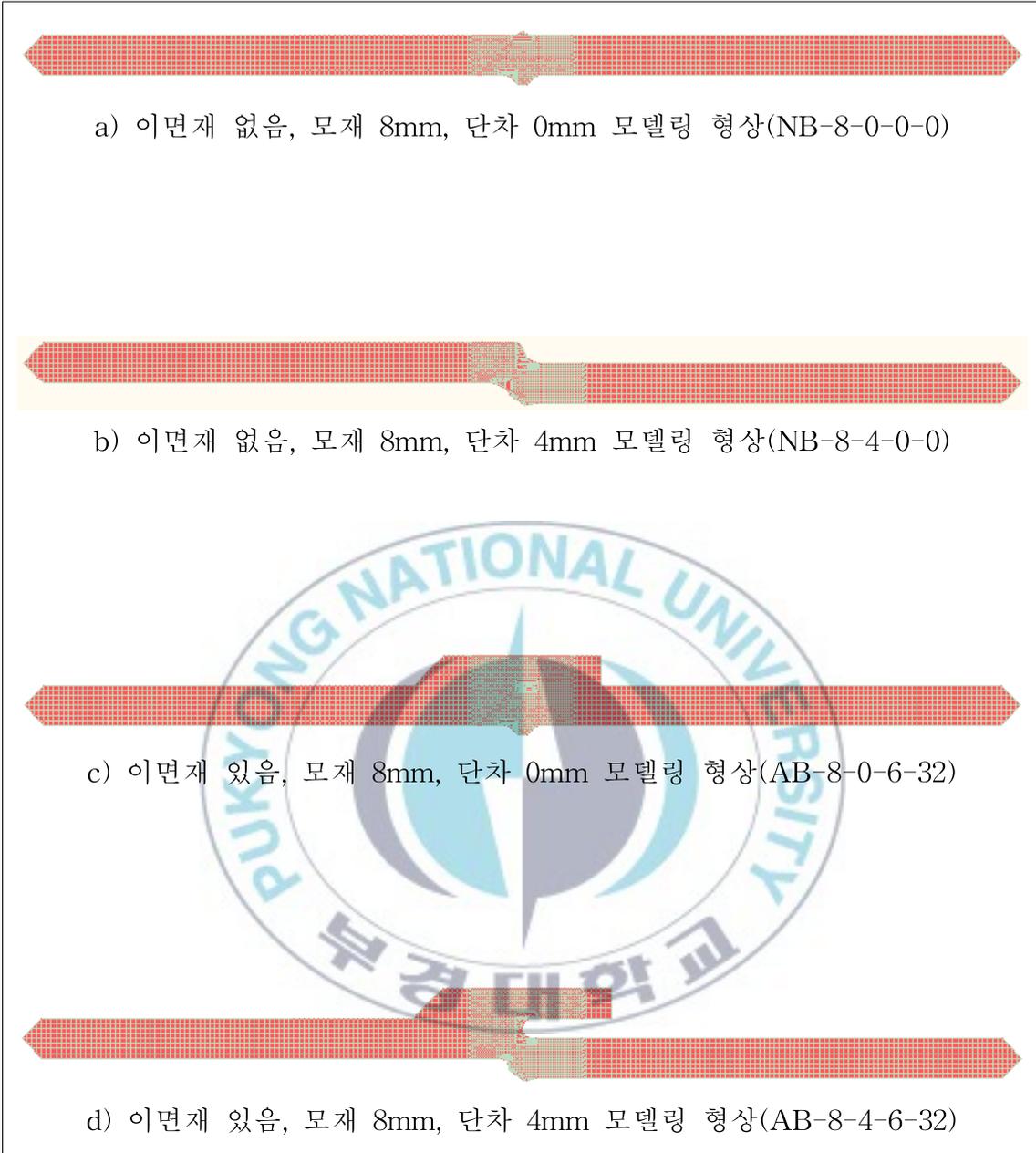


그림 3.3 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



그림 3.4 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

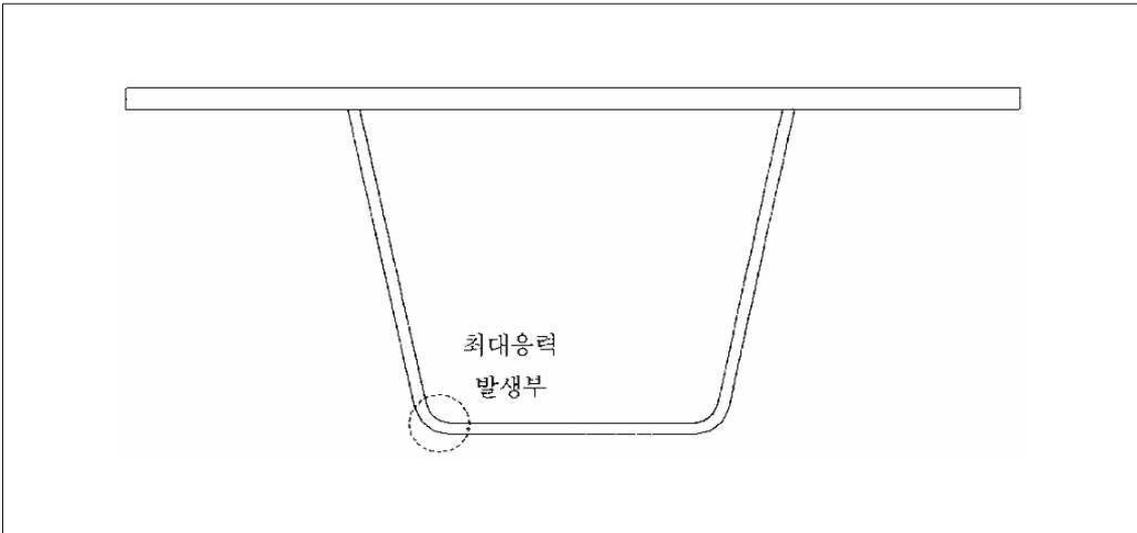


그림 3.5 U리브 단면 응력집중 부위

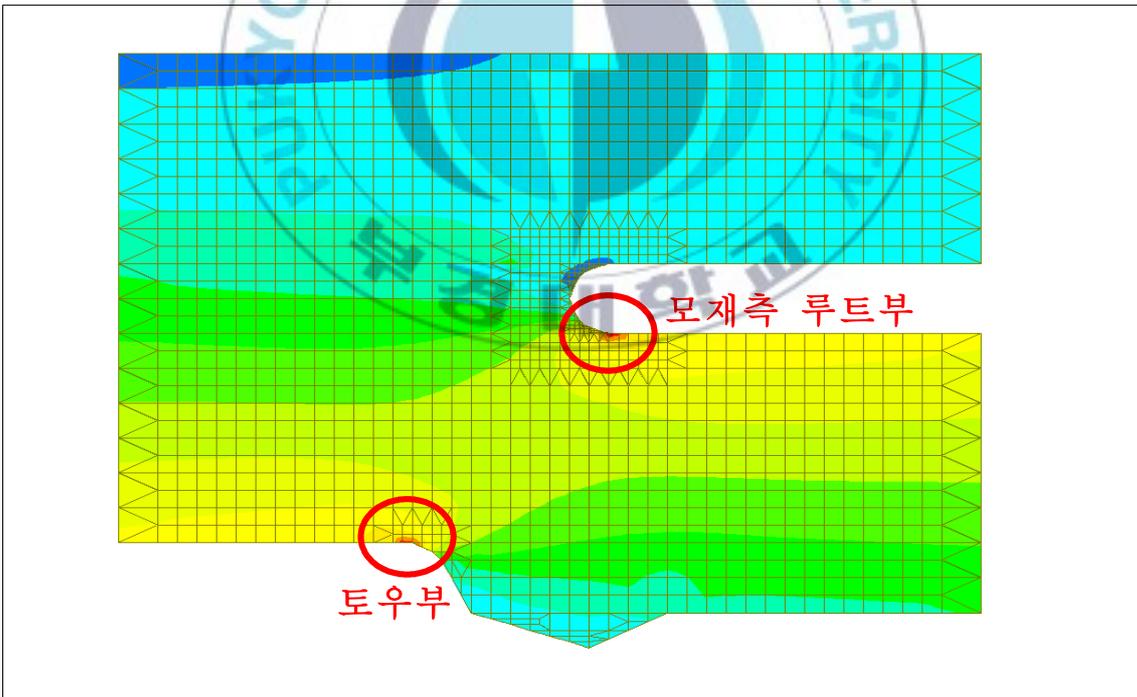


그림 3.6 단차 용접이음부 응력집중 부위

(2) 응력해석 결과

그래프 3.1과 그래프 3.2에는 각각 모재측 루트부와 토우부의 응력집중 계수 값을 나타내고 있다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 모재측 루트부의 응력집중계수 값이 토우부 보다 크게 나타났으며, 모재측 루트부의 응력집중계수 값은 이면재가 존재하는 용접이음부에서 크게 나타났다. 그리고 단차가 4.0mm로 증가함에 따라 응력집중계수가 증가하였다. 따라서 그림 3.7과 같이 편심으로 인한 모멘트가 발생함을 알 수 있다.

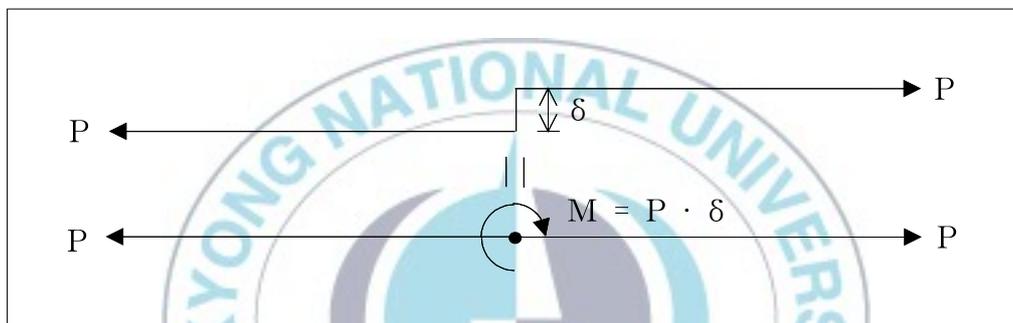
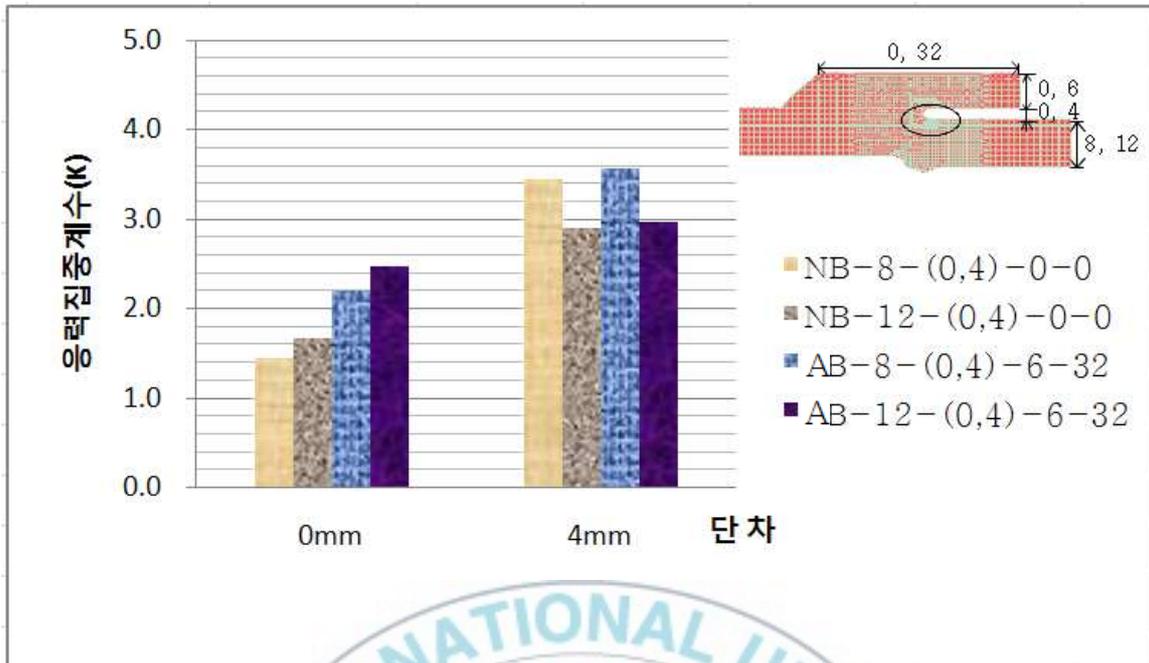
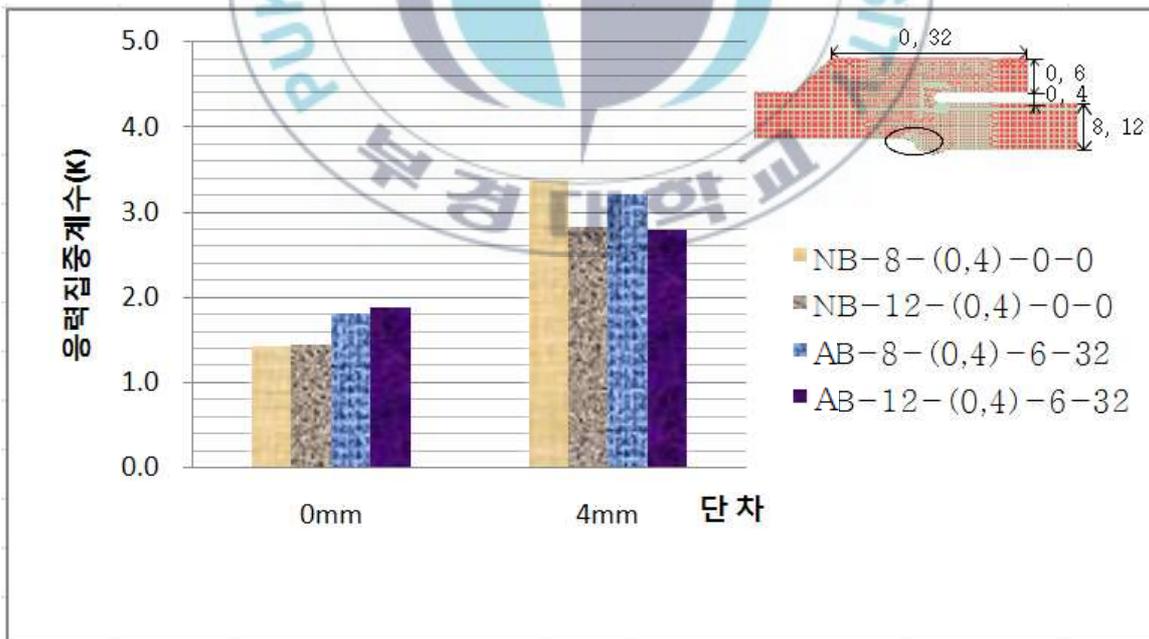


그림 3.7 인장부재 단차부 모멘트 발생원리



그래프 3.1 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)



그래프 3.2 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (토우부)

### 3.1.3 단차 및 모재 두께에 따른 응력 해석

#### (1) 해석모델

##### 1) 단차 변화에 따른 해석 모델

앞서 이면재가 부착된 용접이음부에서 응력집중계수 값이 크게 나오는 것을 보았다. 이면재는 용접부 내·외측의 접근성과 상향 또는 입향의 용접자세에 따라서 필수적 부재이므로, 이면재가 부착되고 모재 두께가 12.0mm인 용접이음부에 단차를 0.0, 2.0, 4.0, 6.0mm으로 변화시켜 모델링을 하였다. 모재 두께가 12.0mm일 때 모재 두께에 대한 단면의 핵은 4.0mm( $h/3$ )이므로 단차가 4.0mm를 초과하는 6.0mm까지 모델링을 실시하였다. 그림 3.8에는 모델링 형상을 나타낸다.

##### 2) 모재 두께 변화에 따른 해석 모델

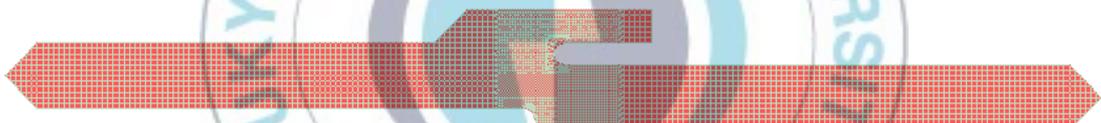
이면재가 부착되고 용접이음부에 단차가 0.0, 2.0mm일 때 모재 두께를 8.0, 12.0, 16.0mm로 변화시켜 모델링을 하였다. 그림 3.9와 그림 3.10에는 모델링 형상을 나타낸다.



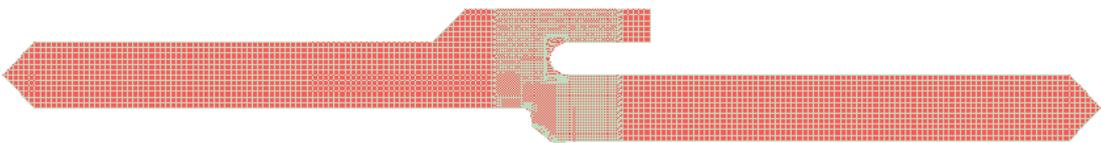
a) 모재 12mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-12-0-6-32)



b) 모재 12mm, 단차 2mm 모델링 형상(AB-12-2-6-32)



c) 모재 12mm, 단차 4mm 모델링 형상(AB-12-4-6-32)

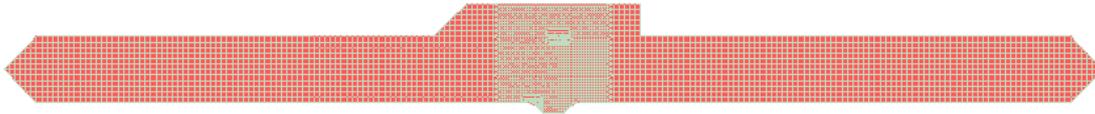


d) 모재 12mm, 단차 6mm 모델링 형상(AB-12-6-6-32)

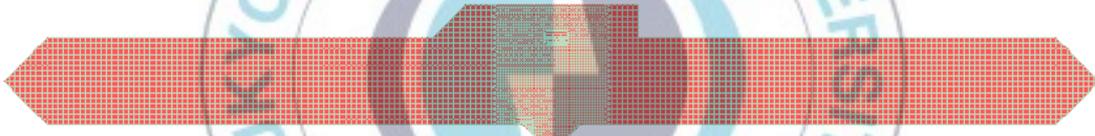
그림 3.8 단차 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링



a) 모재 8mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-8-0-6-32)



b) 모재 12mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-12-0-6-32)



c) 모재 16mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-16-0-6-32)

그림 3.9 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



그림 3.10 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

## (2) 응력해석 결과

### 1) 단차 변화에 따른 해석 모델

그래프 3.3에는 단차 변화에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 단차가 0.0mm에서 2.0mm로 증가 하였을 때에는 응력집중계수 값에 거의 증가가 없었다. 단차가 2.0mm에서 4.0mm로 증가하였을 때는 응력집중계수가 약 0.5정도 증가하였다. 그리고 단차가 4.0mm에서 6.0mm로 증가하였을 때에는 응력집중계수가 약 0.8정도로 가장 크게 증가하였다.

### 2) 모재 두께 변화에 따른 해석 모델

그래프 3.4에는 모재 두께 변화에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 모재 두께가 8.0mm이고 단차 0.0mm인 경우는 모재 두께가 8.0, 12.0, 16.0mm로 증가될수록 응력집중계수가 증가하고 있다. 이런 결과는 평균 응력이 10MPa이 되도록 하중을 재하 하였으나 모재 두께에 커질수록 재하된 총 하중이 증가하게 되므로 모재두께의 증가에 따라서 응력집중계수의 증가가 나타난 것으로 판단된다. 모재 두께가 8.0mm일 때의 단차 2.0mm에 대한 모재측 루트부의 응력집중계수는 모재 두께가 12.0mm일 때의 응력집중계수 보다 값이 크고, 모재 두께가 16.0mm일 때의 응력집중계수와는 값이 비슷하게 나타났다. 단차 0.0mm에서처럼 모재 두께가 커질수록 응력집중계수가 커져야 하지만 모재 두께 8.0mm에서 가장 큰 응력집중계수가 나타나는 것은 해석 모델 중에서 모재 두께가 가장 얇은 8.0mm 일 때 단차에 대한 영향을 가장 크게 받는 것으로 판단된다.



그래프 3.3 단차 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)



그래프 3.4 모재 두께 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

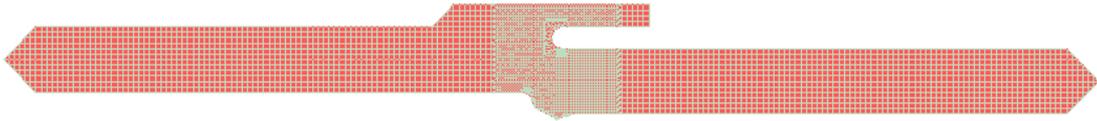
### 3.1.4 이면재 두께에 따른 응력 해석

#### (1) 해석모델

이면재 두께에 따른 응력 해석을 실시하기 위해서 모재 두께 12.0mm, 단차 2.0, 4.0mm인 경우에 이면재 두께를 4.0, 6.0, 8.0mm로 변화시켜서 모델링을 하였다. 그림 3.11과 그림 3.12에는 모델링 형상을 나타낸다.



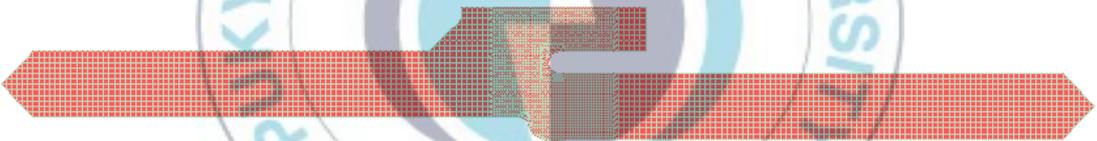
그림 3.11 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



a) 이면재 두께 4mm, 단차 4mm 모델링 형상(TB-12-4-4-32)



b) 이면재 두께 6mm, 단차 4mm 모델링 형상(TB-12-4-6-32)

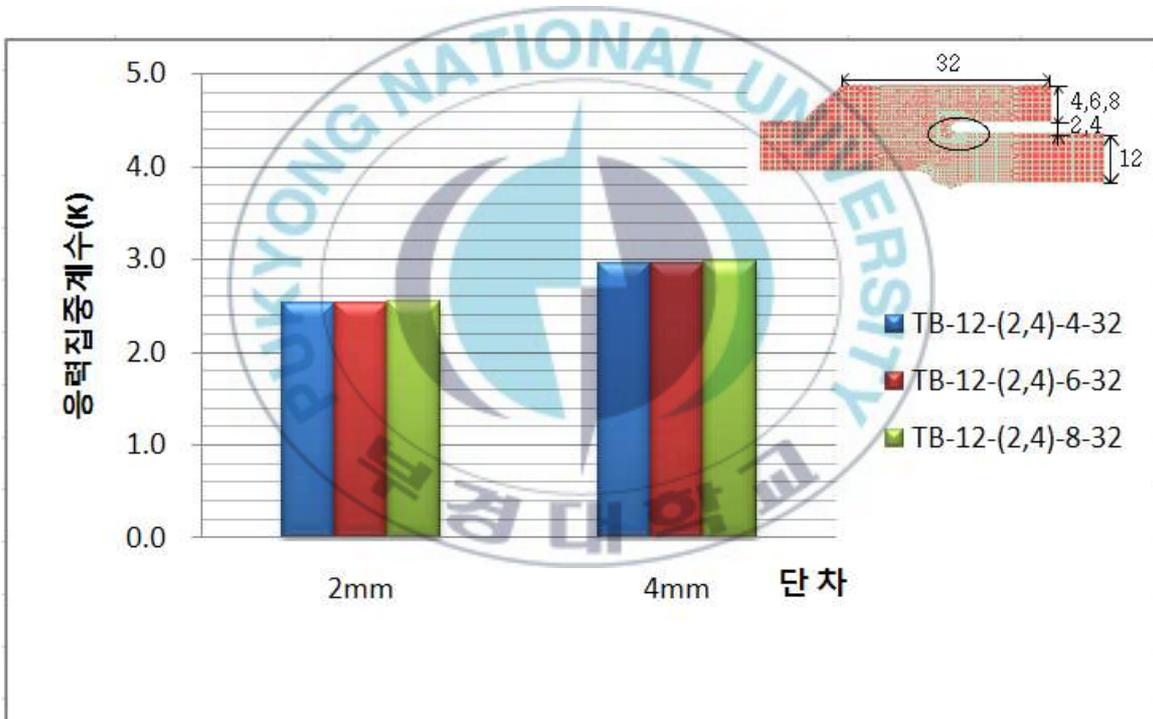


c) 이면재 두께 8mm, 단차 4mm 모델링 형상(TB-12-4-8-32)

그림 3.12 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

(2) 응력해석 결과

그래프 3.5에는 이면재 두께에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 이면재 두께가 4.0, 6.0, 8.0mm로 두꺼워질수록 응력집중계수의 변화는 다음과 같다. 단차가 2.0mm 인 경우에는 이면재 두께가 2.0mm씩 두꺼워질 때 응력집중계수가 약 0.01정도씩 증가하였고, 단차가 4.0mm인 경우에는 이면재 두께가 2.0mm씩 두꺼워질 때 응력집중계수가 약 0.001정도씩 증가하였다. 이면재 두께 변화에 따른 응력집중계수의 값은 변화가 없다고 판단해도 무방하다.



그래프 3.5 이면재 두께에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

### 3.1.5 이면재 폭에 따른 응력 해석

#### (1) 해석모델

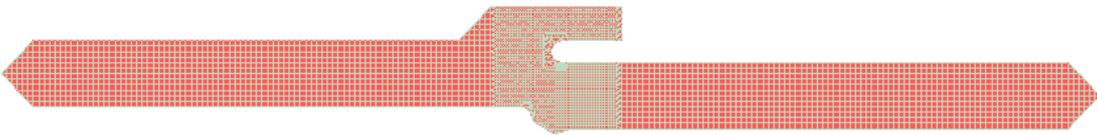
이면재 폭에 따른 응력 해석을 실시하기 위해서 모재 두께 12.0mm, 단차 2.0, 4.0mm인 경우에 이면재 폭을 12.0, 22.0, 32.0mm로 변화시켜서 모델링을 하였다. 그림 3.13과 그림 3.14에는 모델링 형상을 나타낸다.



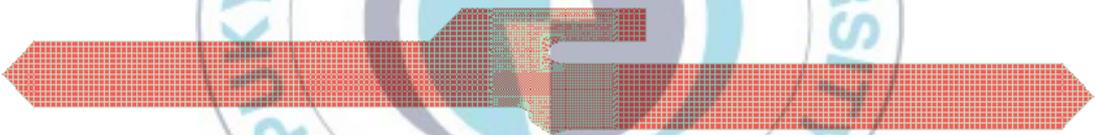
그림 3.13 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



a) 이면재 폭 12mm, 단차 4mm 모델링 형상(WB-12-4-6-12)



b) 이면재 폭 22mm, 단차 4mm 모델링 형상(WB-12-4-6-22)



c) 이면재 폭 32mm, 단차 4mm 모델링 형상(WB-12-4-6-32)

그림 3.14 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

(2) 응력해석 결과

그래프 3.6에는 이면재 폭에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 이면재 폭이 12.0, 22.0, 32.0mm로 길어질수록 응력집중계수의 변화는 다음과 같다. 단차가 2.0mm 인 경우에는 이면재 폭이 10.0mm씩 길어질 때 응력집중계수가 약 0.01정도 씩 증가하였고, 단차가 4.0mm인 경우에는 이면재 폭이 10.0mm씩 길어질 때 응력집중계수가 약 0.002정도씩 증가하였다. 이면재 폭 변화에 따른 응력집중계수의 값은 변화가 없다고 판단해도 무방하다.



그래프 3.6 이면재 폭에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

## 3.2 압축부재의 응력해석

### 3.2.1 용접이음부 단면 형상

강관말뚝은 강구조물 중에서 대표적으로 압축을 받는 구조물이고, 현장에서 시공되는 강관말뚝의 평균길이는 20m~50m로 상당히 깊은 지지층까지 시공하므로 현장 용접접합부를 가지게 된다. 그리고 강재 교각이나 현수교·사장교의 강재 주탑 등도 압축을 받는 강구조물이고, 그 중 강재 교각은 종래의 콘크리트 교각 대신 내진성능이 우수하고, 형하 공간의 확보에 유리하며, 시공기간을 단축할 수 있는 특징이 있다.<sup>(22)</sup> 또한 교량에서도 지점이나 하중의 이동에 따라서 압축을 받는 부위가 발생한다. 트러스교는 인장재와 압축재로 구성되어 있고, 이상적인 핀 접합에 의해서 주로 축력에 저항하게 된다. 트러스교의 부재중에서 상현재는 주로 압축을 받으며, 하현재는 주로 인장을 받고, 사재나 수직재는 인장, 압축 또는 인장과 압축을 번갈아 받는다.<sup>(23)</sup> 그리고 본 논문에서는 단차가 모재 두께의 1/2이상인 경우 모재 단면의 핵을 초과하여 압축부가 생기는 좌굴 현상까지는 고려하지 않았다. 강관말뚝의 맞대기 용접이음부의 단면도를 그림 3.15에, 박스단면 트러스교 수직재의 shop drawing 및 용접이음상세도를 그림 3.16에 나타내었다. 표 3.2는 압축부재 모델명을 나타내고, 그림 3.17은 압축부재 용접이음부의 모델링 형상을 나타낸다. 압축을 받는 부재의 지점 조건은 이면재가 부착된 모재의 끝단에 높이 2.0mm 간격으로 회전 지점을 설치하였다.

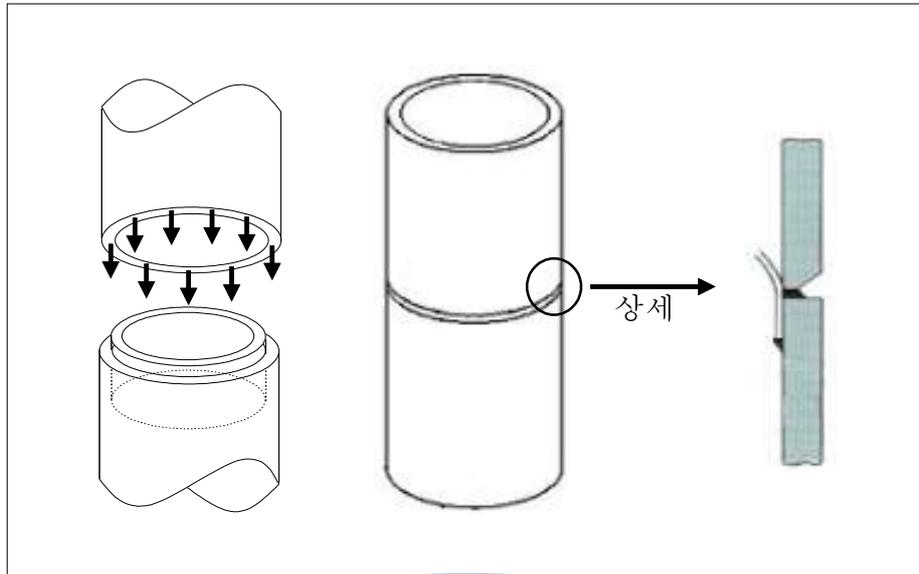


그림 3.15 강관말뚝 현장 맞대기 용접이음부의 단면도

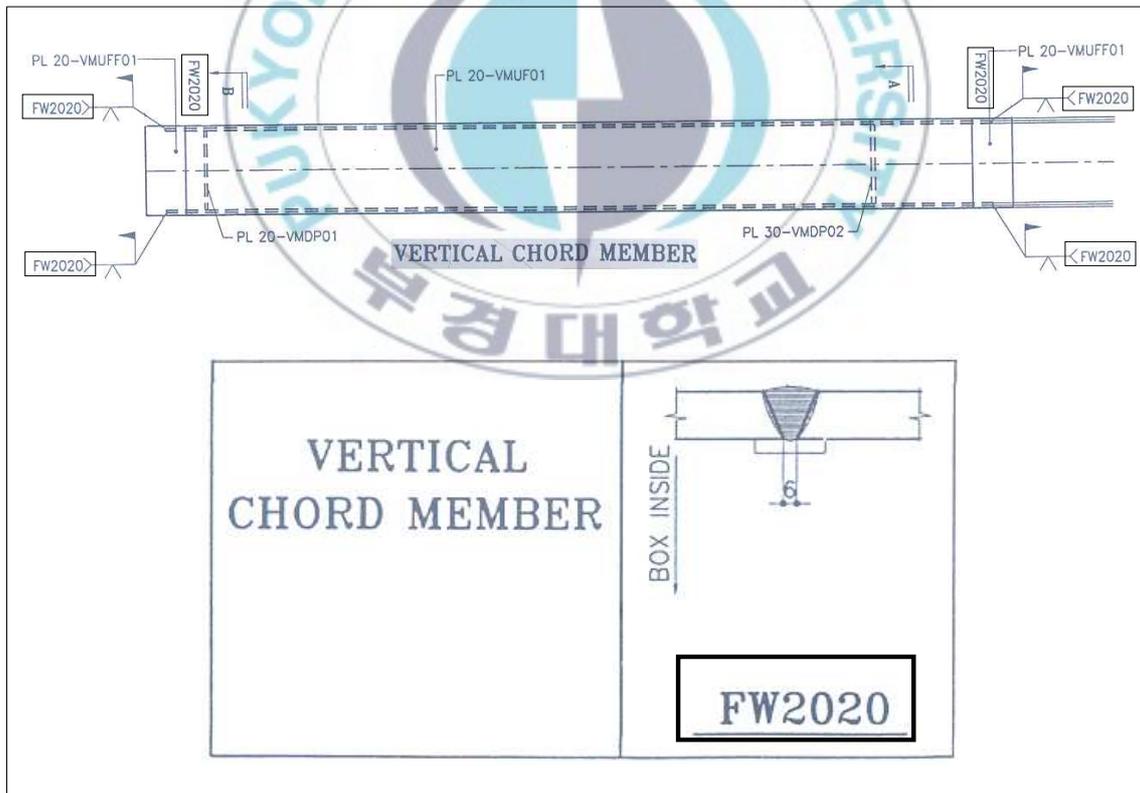


그림 3.16 박스단면 트러스교 수직재의 shop drawing 및 용접이음상세도

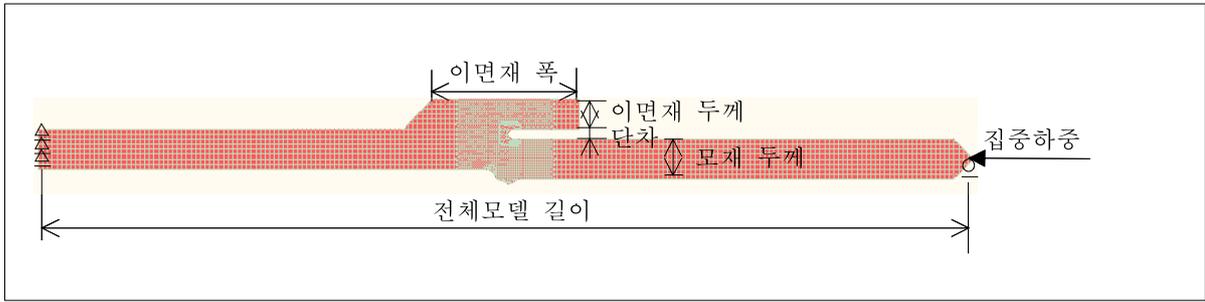


그림 3.17 압축부재 용접이음부의 모델링 형상

표 3.2 압축부재 모델명

구 분	모 재 두께 (mm)	단 차 (mm)			
		0	2	4	6
이면재 없음 (No Backing Strip)	8	NB- 8-0-0- 0		NB- 8-4-0- 0	
	12	NB-12-0-0- 0		NB-12-4-0- 0	
이면재 있음 (Attached Backing Strip)	8	AB- 8-0-6-32	AB- 8-2-6-32	AB- 8-4-6-32	
	12	AB-12-0-6-32	AB-12-2-6-32	AB-12-4-6-32	AB-12-6-6-32
	16	AB-16-0-6-32	AB-16-2-6-32	AB-16-4-6-32	AB-16-6-6-32
이면재 두께 (Thickness of Backing Strip)	12		TB-12-2-4-32	TB-12-4-4-32	
			TB-12-2-6-32	TB-12-4-6-32	
			TB-12-2-8-32	TB-12-4-8-32	
이면재 폭 (Width of Backing Strip)	12		WB-12-2-6-12	WB-12-4-6-12	
			WB-12-2-6-22	WB-12-4-6-22	
			WB-12-2-6-32	WB-12-4-6-32	

\* 모델명 : 이면재 특징-모재 두께-단차-이면재 두께-이면재 폭

### 3.2.2 이면재 유·무에 따른 응력 해석

#### (1) 해석모델

압축을 받는 맞대기 용접이음부에 대해서 이면재 유·무에 대한 영향을 알아보기 위해서 모재의 두께가 8.0, 12.0mm 이고 단차가 0.0, 2.0mm인 경우에 이면재가 부착된 경우와 이면재가 없는 경우에 대해서 모델링을 실시하였다. 그림 3.18과 그림 3.19는 모델링 형상이다.

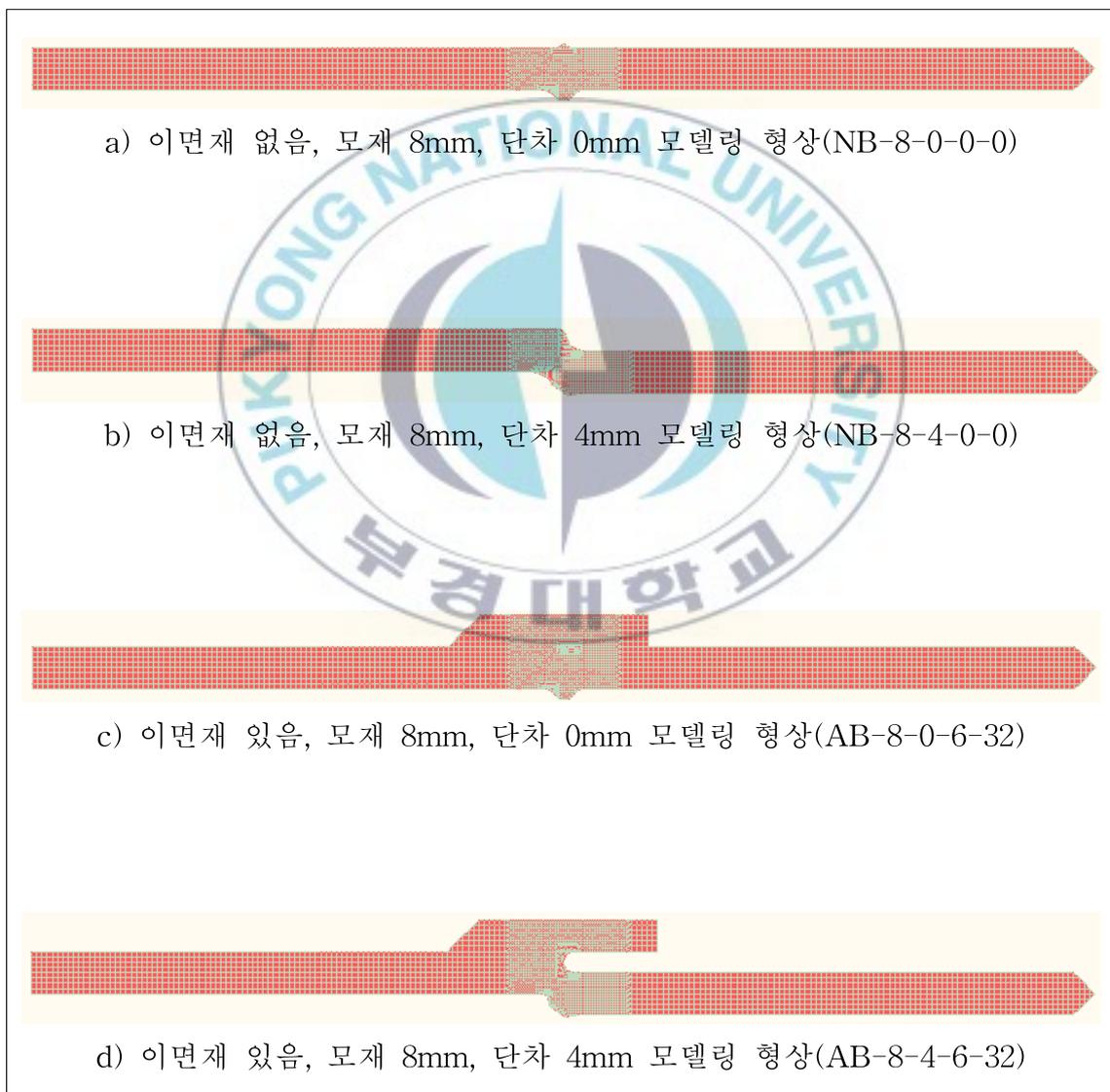


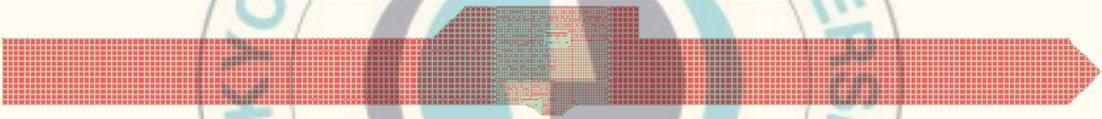
그림 3.18 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



a) 이면재 없음, 모재 12mm, 단차 0mm 모델링 형상(NB-12-0-0-0)



b) 이면재 없음, 모재 12mm, 단차 4mm 모델링 형상(NB-12-4-0-0)



c) 이면재 있음, 모재 12mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-12-0-6-32)



d) 이면재 있음, 모재 12mm, 단차 4mm 모델링 형상(AB-12-4-6-32)

그림 3.19 이면재 유·무에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

(2) 응력해석 결과

그래프 3.7과 3.8에는 각각 모재측 루트부와 토우부의 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 모재측 루트부의 응력집중계수 값이 토우부 보다 크게 나타났으며, 모재측 루트부의 응력집중계수 값은 이면재가 존재하는 용접이음부에서 크게 나타났다. 그리고 단차가 4.0mm로 증가함에 따라 응력집중계수도 증가하였다. 따라서 그림 3.20과 같이 편심으로 인한 모멘트가 발생함을 알 수 있다.

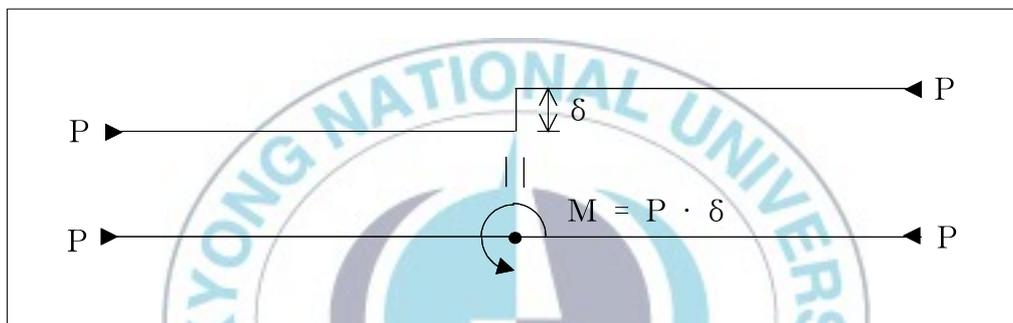
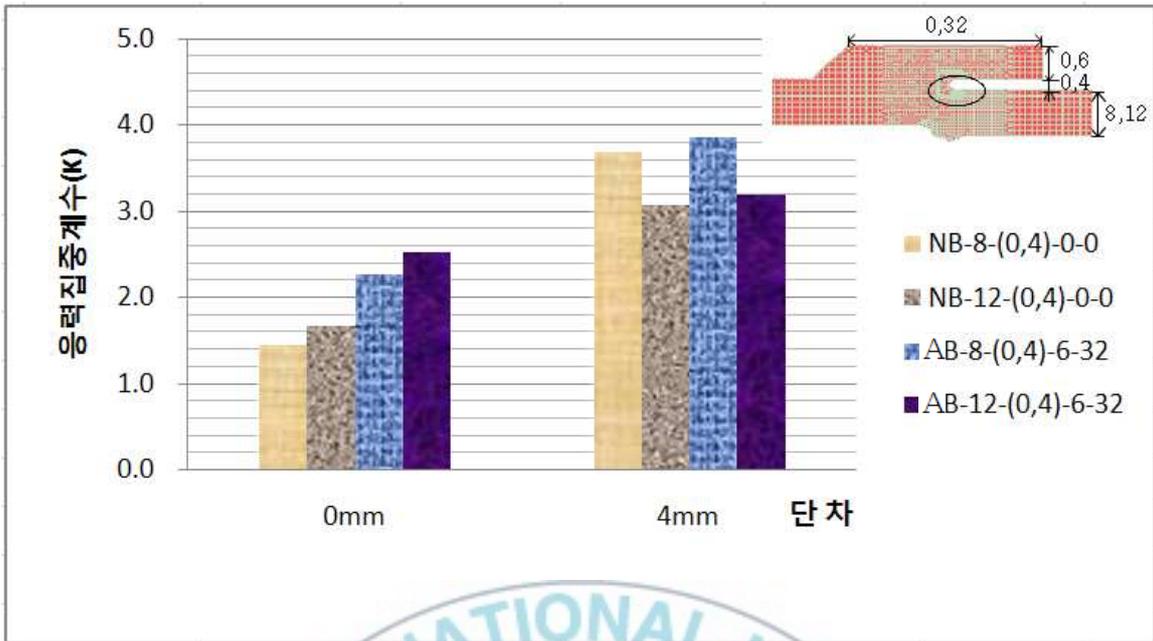
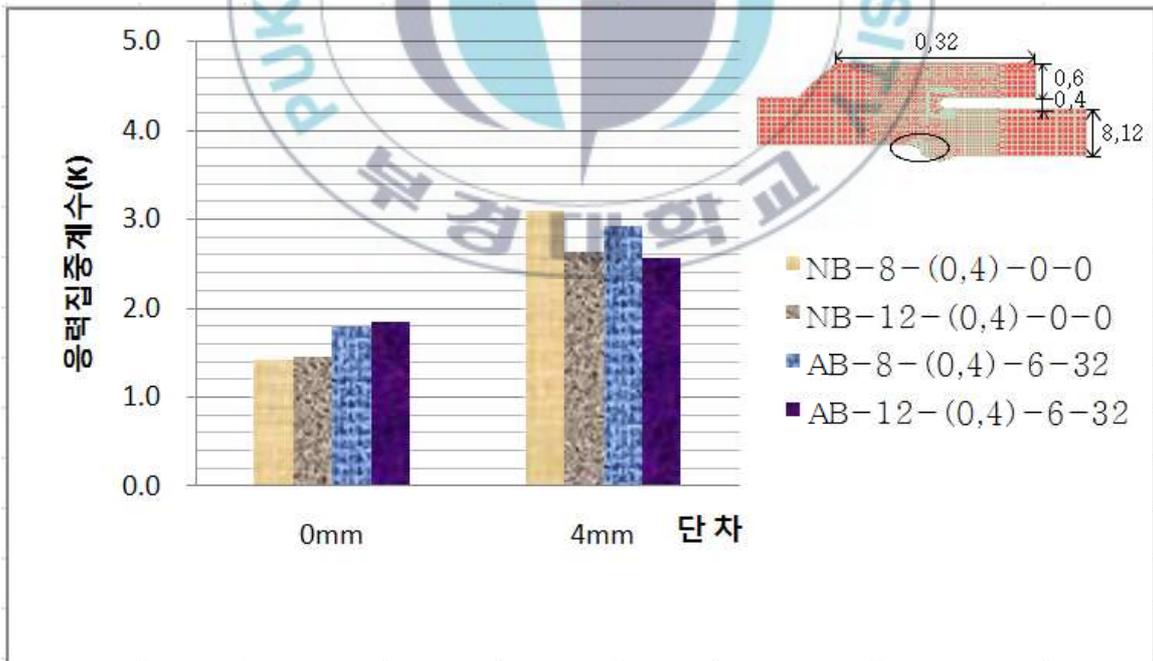


그림 3.20 압축부재 단차부 모멘트 발생원리



그래프 3.7 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)



그래프 3.8 이면재 유·무에 따른 응력집중계수 (토우부)

### 3.2.3 모재 단차 및 두께에 따른 응력 해석

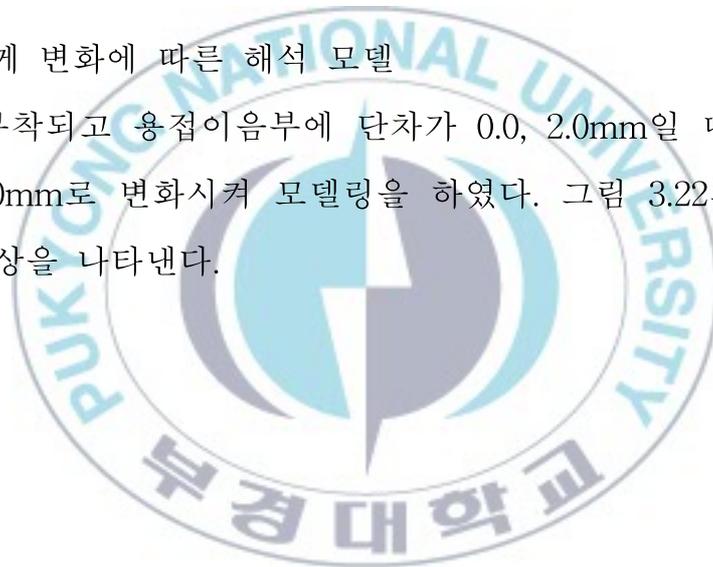
#### (1) 해석모델

##### 1) 단차 변화에 따른 해석 모델

인장을 받을 때와 마찬가지로 압축하중을 받을 때에도 이면재가 부착된 용접이음부에서 응력집중계수 값이 크게 나오는 것을 보았다. 단차 변화에 따른 응력 해석을 위해서, 이면재가 부착되고 모재 두께가 12.0mm인 용접이음부에 단차를 0.0, 2.0, 4.0, 6.0mm으로 변화시켜 모델링을 하였다. 그림 3.21에는 모델링 형상을 나타낸다.

##### 2) 모재 두께 변화에 따른 해석 모델

이면재가 부착되고 용접이음부에 단차가 0.0, 2.0mm일 때 모재 두께를 8.0, 12.0, 16.0mm로 변화시켜 모델링을 하였다. 그림 3.22와 그림 3.23에는 모델링 형상을 나타낸다.

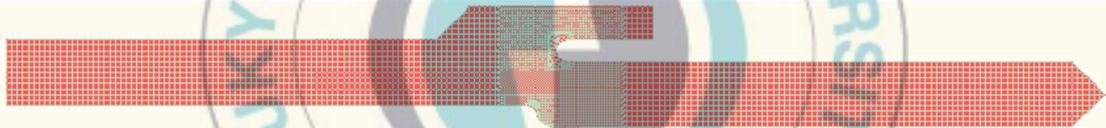




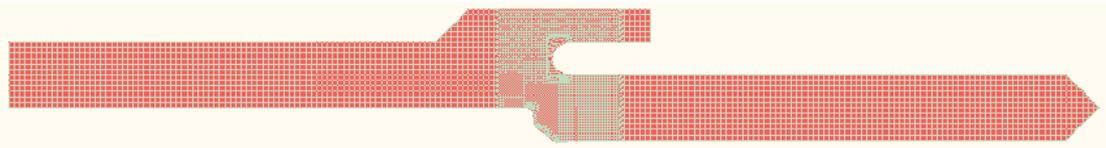
a) 모재 12mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-12-0-6-32)



b) 모재 12mm, 단차 2mm 모델링 형상(AB-12-2-6-32)



c) 모재 12mm, 단차 4mm 모델링 형상(AB-12-4-6-32)



d) 모재 12mm, 단차 6mm 모델링 형상(AB-12-6-6-32)

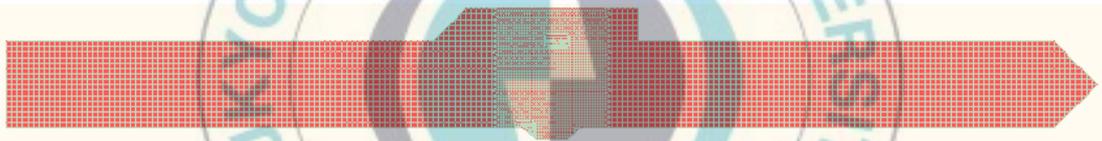
그림 3.21 단차 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링



a) 모재 8mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-8-0-6-32)



b) 모재 12mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-12-0-6-32)



c) 모재 16mm, 단차 0mm 모델링 형상(AB-16-0-6-32)

그림 3.22 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



그림 3.23 모재 두께 변화에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

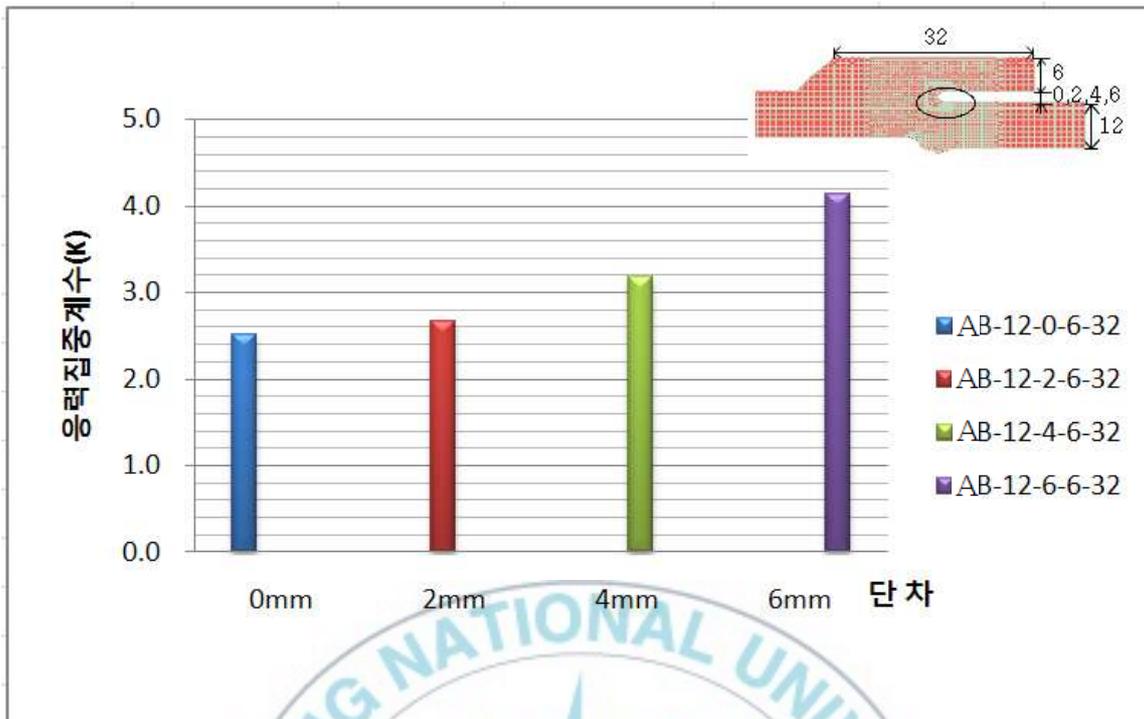
## (2) 응력해석 결과

### 1) 단차 변화에 따른 해석 모델

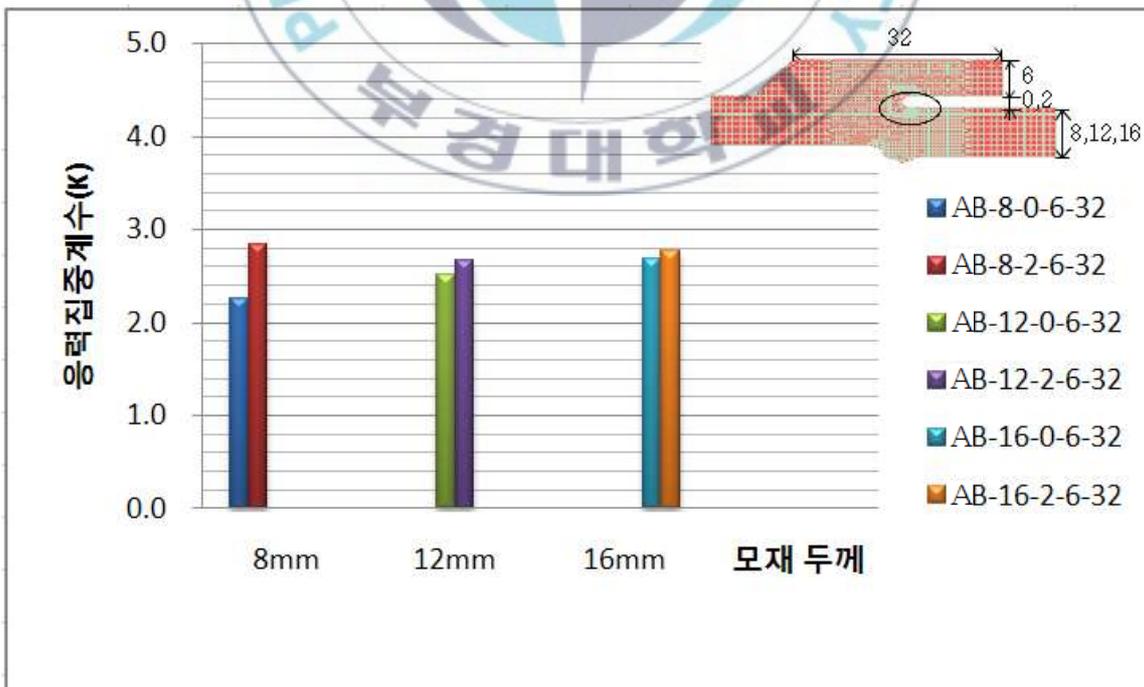
그래프 3.9에는 단차 변화에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 단차가 0.0mm에서 2.0mm로 증가 하였을 때에는 응력집중계수가 0.2 증가하였다. 단차가 2.0mm에서 4.0mm로 증가 하였을 때에는 응력집중계수가 약 0.5정도 증가하였다. 그리고 단차가 4.0mm에서 6.0mm로 증가하였을 때에는 응력집중계수가 약 0.9정도로 가장 크게 증가하였다. 단차가 2.0mm씩 증가할 때 응력집중계수는 두 배씩 증가 하였다.

### 2) 모재 두께 변화에 따른 해석 모델

그래프 3.10에는 모재 두께 변화에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 압축부재 역시 단차가 0.0mm 일 때에는 모재 두께가 8.0, 12.0, 16.0mm로 증가 될수록 응력집중계수가 커지고 있지만, 단차가 2.0mm 일 때에는 모재 두께가 8.0mm인 경우가 응력집중계수가 가장 크게 나타나고 있다. 이는 모재 두께가 8.0mm일 때 단차 2.0mm에 대해서 응력집중계수의 증가 폭이 가장 크다는 것을 알 수 있다.



그래프 3.9 단차 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)



그래프 3.10 모재 두께 변화에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

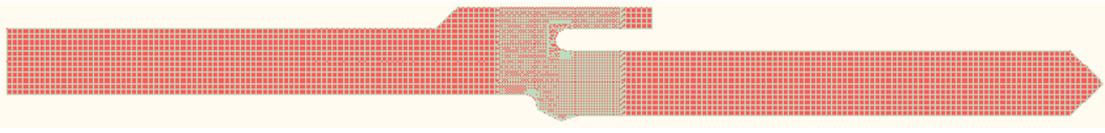
### 3.2.4 이면재 두께에 따른 응력 해석

#### (1) 해석모델

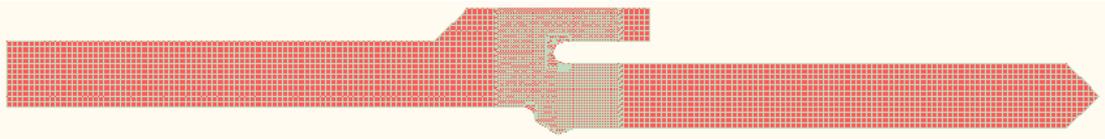
이면재 두께에 따른 응력 해석을 실시하기 위해서 모재 두께 12.0mm, 단차 2.0, 4.0mm인 경우에 이면재 두께를 4.0, 6.0, 8.0mm로 변화시켜서 모델링을 하였다. 그림 3.24와 그림 3.25에는 모델링 형상을 나타낸다.



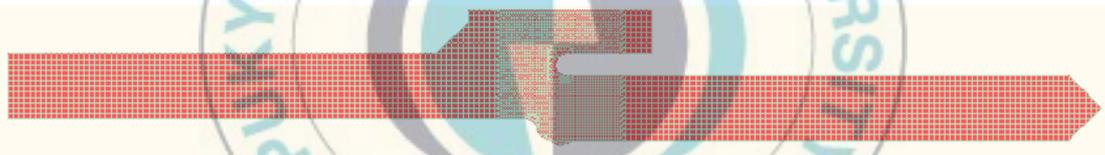
그림 3.24 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



a) 이면재 두께 4mm, 단차 4mm 모델링 형상(TB-12-4-4-32)



b) 이면재 두께 6mm, 단차 4mm 모델링 형상(TB-12-4-6-32)

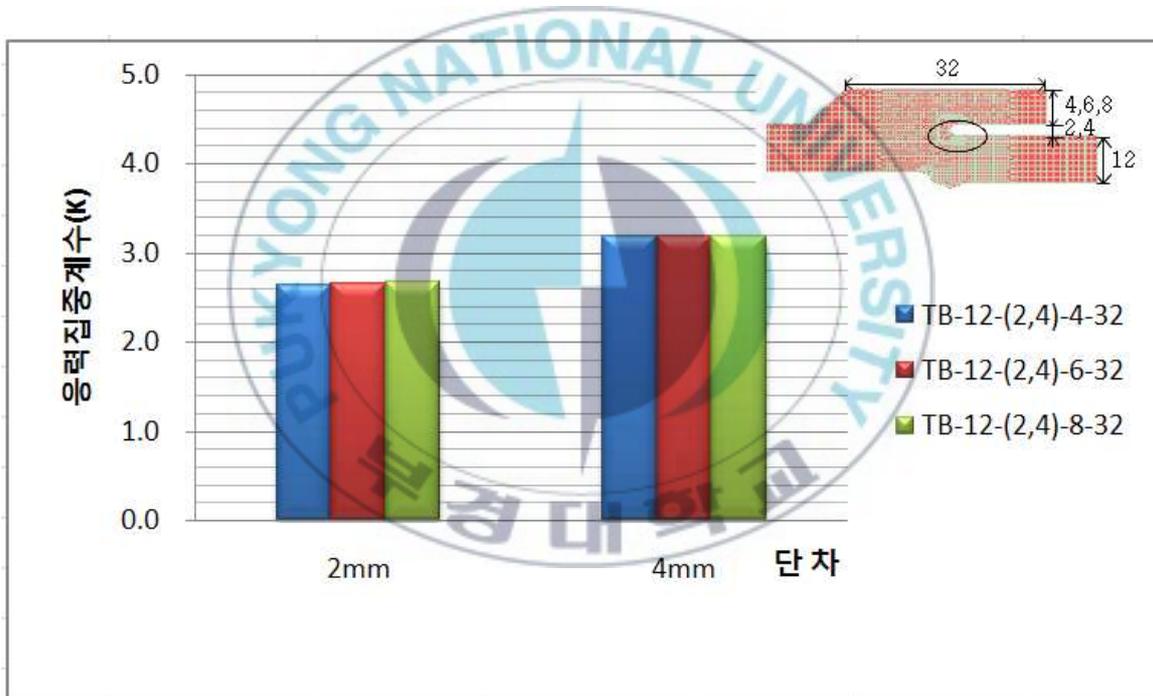


c) 이면재 두께 8mm, 단차 4mm 모델링 형상(TB-12-4-8-32)

그림 3.25 이면재 두께에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

(2) 응력해석 결과

그래프 3.11에는 이면재 두께에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 이면재 두께가 4.0, 6.0, 8.0mm로 두꺼워질수록 응력집중계수의 변화는 다음과 같다. 단차가 2.0mm 인 경우에는 이면재 두께가 2.0mm씩 두꺼워질 때 응력집중계수가 약 0.01정도씩 증가하였고, 단차가 4.0mm인 경우에는 이면재 두께가 2.0mm씩 두꺼워질 때 응력집중계수가 약 0.002정도씩 증가하였다. 이면재 두께 변화에 따른 응력집중계수의 값은 변화가 없다고 판단해도 무방하다.



그래프 3.11 이면재 두께에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

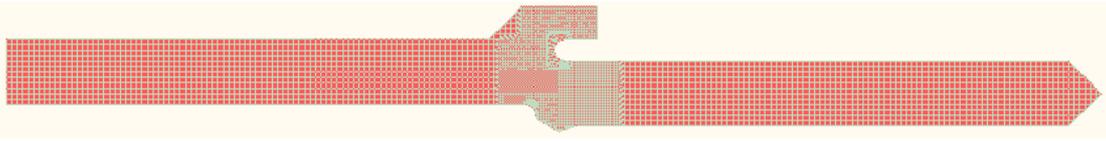
### 3.2.5 이면재 폭에 따른 응력 해석

#### (1) 해석모델

이면재 폭에 따른 응력 해석을 실시하기 위해서 모재 두께 12.0mm, 단차 2.0, 4.0mm인 경우에 이면재 폭을 12.0, 22.0, 32.0mm로 변화시켜서 모델링을 하였다. 그림 3.26과 그림 3.27에는 모델링 형상을 나타낸다.



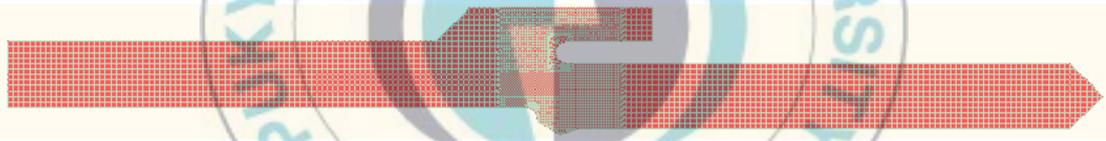
그림 3.26 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-1



a) 이면재 폭 12mm, 단차 4mm 모델링 형상(WB-12-4-6-12)



b) 이면재 폭 22mm, 단차 4mm 모델링 형상(WB-12-4-6-22)

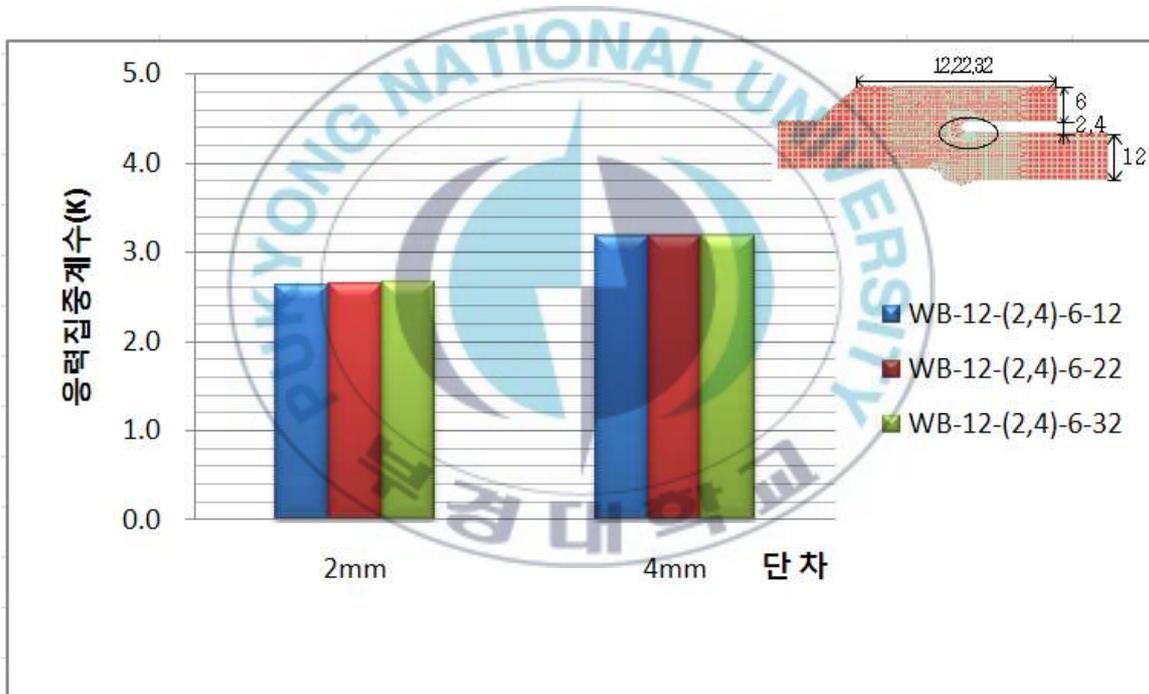


c) 이면재 폭 32mm, 단차 4mm 모델링 형상(WB-12-4-6-32)

그림 3.27 이면재 폭에 따른 응력 해석을 위한 모델링-2

(2) 응력해석 결과

그래프 3.12에는 이면재 폭에 따른 응력집중계수 값을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 이면재 폭이 12.0, 22.0, 32.0mm로 길어질 수록 응력집중계수의 변화는 다음과 같다. 단차가 2.0mm 인 경우에는 이면재 폭이 10.0mm씩 길어질 때 응력집중계수가 약 0.02정도 씩 증가하였고, 단차가 4.0mm인 경우에는 이면재 폭이 10.0mm씩 길어질 때 응력집중계수가 약 0.001정도씩 증가하였다. 이면재 두께 변화에 따른 응력집중계수의 값은 변화가 없다고 판단해도 무방하다.



그래프 3.12 이면재 폭에 따른 응력집중계수 (모재측 루트부)

## 4. 결 론

본 연구에서는 강구조물의 단차가 있는 경우의 맞대기용접이음부에 대해서 여러 가지 인자에 의한 응력 해석을 실시하였다. 강교량 등과 같이 인장을 주로 받는 부재와 강관말뚝, 강재교각 등과 같이 압축을 주로 받는 부재로 나누어 이면재의 유·무, 단차 변화, 모재 두께 변화, 이면재 두께 변화 그리고 이면재 폭 변화에 대해서 해석을 실시하였다. 본 연구로 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

### 4.1 인장부재의 응력해석 결과

- (1) 이면재가 부착된 맞대기 용접이음부의 응력집중계수가 이면재가 부착되지 않은 용접이음부의 응력집중계수보다 크게 나타났다.
- (2) 이면재 유·무에 상관없이 맞대기 용접이음부 모재측 루트부의 응력집중계수가 토우부의 응력집중계수 보다 크게 나타났다.
- (3) 이면재가 부착된 맞대기 용접이음부는 단차가 2mm를 초과할 때부터 응력집중계수가 커졌고, 해석 모델 중에서 모재 두께가 가장 얇은 8.0mm 일 때에 단차로 인한 응력집중계수의 증가가 가장 크게 나타났다.
- (4) 이면재의 두께가 변화하여도 응력집중계수에 미치는 영향은 아주 미미하여 없다고 판단해도 무방하다.

- (5) 이면재의 폭이 변화하여도 응력집중계수에 미치는 영향은 아주 미미하여 없다고 판단해도 무방하다.

## 4.2 압축부재의 응력해석 결과

- (1) 인장부재와 같이 이면재가 부착된 맞대기 용접이음부의 응력집중계수가 이면재가 부착되지 않은 용접이음부의 응력집중계수보다 크게 나타났다.
- (2) 인장부재와 같이 이면재 유·무에 상관없이 맞대기 용접이음부 모재 측 루트부의 응력집중계수가 토우부의 응력집중계수 보다 크게 나타났다.
- (3) 인장부재는 단차가 2.0mm를 초과하기 전까지는 응력집중계수의 증가가 거의 없었으나, 압축부재는 단차가 2.0mm씩 커짐에 따라 규칙적으로 응력집중계수의 증가폭이 두 배씩 크게 나타났다. 해석 모델 중에서 모재 두께가 가장 얇은 8.0mm 일 때 단차로 인한 응력집중계수의 증가가 가장 크게 나타났다.
- (4) 인장부재와 같이 이면재의 두께와 폭이 변화하여도 응력집중계수에 미치는 영향은 아주 미미하게 나타났다.

## 참 고 문 헌

- (1) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 안전공학연구실, 철공공사 안전관리 매뉴얼 개발, 2001, pp. 1.
- (2) 이통우, “과대 구멍을 갖는 고장력 볼트 이음부의 거동에 관한 실험적 연구”, 중앙대학교 대학원, 석사학위논문, 2005, pp. 1-9.
- (3) Fisher. J. W., "Fatigue and Fracture in Steel Bridges—case studies", John Wiley, NewYork, 1984.
- (4) Maddox S. F., "The Fatigue behavior of Trapezoidal Stiffener to Deck Plate Welds in Orthotropic Bridge Deck", Department of the Enviroment, Supplement Report96 UC : Crownthorne (Transport and Road Research Lab.), 1974.
- (5) 조호남, 정지승, 민대홍, “자동화설계를 위한 강상판교의 해석모델”, 한국강구조학회논문집, 제11권, 4호, 1999, pp. 93-113.
- (6) Mose. F., Shiling. C. G. and Raju. K. S., "Fatigue Evaluation Procedure for Steel Bridge", National Cooperative Highway Research Program Report 299, 1987.
- (7) 中井 博, 北田俊行, “鋼橋設計の基礎”, 共出版株式會社, 1992.
- (8) 韓國鋼構造學會, “鋼道路橋의 設計”, 鋼構造便覽, 第4卷, 1995.
- (9) Fisher, F. W., "Full-scale Fatigue Test of the Williamsburg Bridge Orthotropic Deck ", ASCE Structures Congress, Chicago, IL, Proceedings Vol. 1, 1996, pp. 329-336.
- (10) Dong-Uk LEE, Kohsuke HORIKAWA and Yoshiaki Arata, Quantitative Assessment of Root Shape on Fatigue Strength of Welded Joint with

- Backing Strip, Japan Welding Society, Vol.6, No.1, 1988, pp. 158-164.
- (11) 일본교량건설협회, “강교의 계획과 설계·시공”, 과학기술, 1997, pp.93-113.
- (12) 김재환, “충격하중에 의한 강관말뚝 접합부의 역학적 거동에 관한 연구”, 중앙대 대학원, 석사학위논문, 2006, pp. 1-2.
- (13) Mashiri F. R., Zhao X. L., Grundy P., Effect of Weld Profile and Undercut Joint, Thin-Walled Structure, 39, 2001, pp. 261-285.
- (14) 김재환, 장경호, 장갑철 “재하속도가 강관말뚝 용접부의 역학적 거동에 미치는 영향”, 한국강구조학회 학술발표대회 논문집, 2006, pp. 470-473.
- (15) 건설교통부, 도로교표준시방서, 한국도로교통협회, 2005, pp. 25.
- (16) 이제두, “강교량 품질 확보를 위한 설계 및 검사 규정”, 부경대 대학원, 석사학위논문, 2009, pp. 72.
- (17) 건설교통부, 도로교표준시방서, 한국도로교통협회, 2005, pp. 218.
- (18) 건설교통부, 도로교표준시방서, 한국도로교통협회, 2005, pp. 40.
- (19) 건설교통부, 도로교표준시방서, 한국도로교통협회, 2005, pp. 219.
- (20) 최성민, “강상판 U리브 현장용접이음부의 응력거동” 부경대 대학원, 석사학위논문, 2004, pp. 25-31.
- (21) The Japanese Society of Civil Engineering, “Fatigue design recommendation for steel structure (English version)” December 1995.
- (22) 김영필, “강재 원형기둥-상자형보 접합부의 응력 및 강도평가” 인하대 대학원, 박사학위논문, 2004, pp. 1.
- (23) 강대하, “강 트러스 교량 상부구조의 안정성 평가 및 보수에 관한 연구” 서울시립대 대학원, 석사학위논문, 2007, pp. 3-5.

## 감사의 글

강구조연구실과 인연을 맺은 지 오랜 시간이 지났고 어려운 시련도 많이 있었지만 결국 결실을 맺은 것에 한없이 기쁨을 느끼며, 지금까지 저에게 아낌없는 사랑과 도움을 주신 분들께 미약하나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저, 논문을 완성하기까지 부족한 제자를 하늘만큼이나 넉넉한 마음으로 지도편달과 격려를 아끼지 않으신 이동욱 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 그리고 바쁜 일정 속에서도 부족한 제자의 논문을 세심하게 조언해 주시고 심사해 주신 장희석 교수님, 국승규 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 아울러 재학기간동안 무언의 꾸지람과 너그러운 마음으로 토목인의 긍지를 가르쳐 주신 이종출 교수님, 이종섭 교수님, 이영대 교수님, 김명식 교수님, 정진호 교수님, 김수용 교수님, 정두희 교수님, 이상호 교수님, 이환우 교수님께도 깊은 감사의 마음을 전합니다. 그리고 항상 연구실에 아낌없는 관심과 사랑을 베풀어주신 신소재공학부 서원찬 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

논문이 완성되기까지 가족처럼 걱정해 주고 격려와 도움을 주신 강구조연구실의 여러 선배님들, 하나뿐인 연구실 동기 태석, 먼저 졸업한 원식, 상우, 형우, 현영 그리고 연구실에서 귀찮은 부탁임에도 잘 들어준 태원, 재진, 상복, 상현에게 감사의 마음을 전합니다.

그리고 항상 곁에서 응원해 주는 토목과, 용당골, 잘할게, 무궁회 사람들과 기쁨을 같이 나누고 싶고, 분신 같은 내 친구 영욱, 사랑하는 인생의 반려자 미성, 장난 많은 형이지만 잘 따라주는 은성에게 감사함을 전하고 싶습니다. 마지막으로 못난 자식을 위해서 언제나 희생하시고 어떤 결정에도 믿음으로 지지해주시는 존경하는 부모님께 이 논문을 바칩니다.