

---

---

# 와이어 구조물의 내진안전성 평가

---

---

2017. 06.

와이어 구조물의 최적화설계 및 내진성능평가 보고서

2017.06

# 와이어 구조물의 내진안전성 검토에 대 한 구 조 검 토 의 견 서

와이어 구조물의 내진안전성 검토를 실시한 결과, 구조물의 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단됨. 다만 구조 검토서에 적용된 조건과 상이할 경우에는 재검토 되어야 함.

2017. 06

부산시 금정구 부산대학로63번길 2, 6103-3  
( 장 전 동 , 부 산 대 학 교 제 6 공 학 관 )

주 식 회 사 에 이 치 케 이 이 앤 씨  
대 표 / 공 학 박 사 : 박 현 재

구 조 기 술 사 : 박 정 용

# 목 차

1. 과업개요 .....	1
1.1 과업의 목적 .....	1
1.2 과업의 범위 .....	1
1.3 주요 구성재료 .....	1
1.4 해석 모델링 .....	1
2. 해석적 방법의 개요 .....	2
2.1 대변위 해석 .....	2
2.2 소변위 해석 .....	2
2.3 내진 해석 .....	2
3. 내진성능평가 .....	6
3.1 개요 .....	6
3.2 와이어 구조물 실험체의 지진하중 재하실험 .....	6
3.3 실험체 검증 모델링 .....	9
3.4 실험결과와 해석결과의 비교분석 .....	10
3.5 실제 와이어 구조물의 내진해석 .....	11
4. 종합결론 .....	20

## [부 록]

1. 와이어 구조물 시험성적서

2. 실험체 검증 해석

3. 실제 와이어 구조해석

- Case-1 :  $2.5m+25@1.8m+2.5m$

- Case-2 :  $2.5m+6@3.6+1.8m+6@3.6+2.5m$

- Case-3 :  $5.0m+10@4.0m+ 5.0m$

# 1. 과업개요

## 1.1 과업의 목적

Wire Way System에 대한 내진해석을 통하여 그에 따른 구조물의 안전성을 평가하고자 함.

## 1.2 과업의 범위

- Wire way의 기본 구성품에 대한 구조검증 및 최적화
- 메인폴과 콘크리트 연결 앵커의 안전성 검토
- 와이어 시공시 확보해야 하는 초기장력 값 산출
- 50M 구간 와이어 설치후, 와이어의 기본 처짐량 자료 제공
- 수직고정와이어 구조 검증에 의한 설치 최적 거리 제시

## 1.3 주요 구성재료

- 수평 Wire :  $\Phi 3.2$  케이블
- 수직 Wire :  $\Phi 1.2$  케이블
- Main Pole : AL6063
- 분기유닛 : AL6063
- 스타트유닛 : SUS304
- 턴버클 : SUS304
- Adjust Clip : SUS304
- LED 등기구

## 1.4 해석 모델링

기본적으로 Midas Civil을 이용하여 모델링하였으며, FRAME과 케이블 요소를 이용하여 구성하였고, 절점부의 경계조건은 Link요소를 사용하였다.

## 2. 해석적 방법의 개요

### 2.1 대변위 해석

기하비선형해석이나 시공단계별해석의 기하비선형해석에 고려되는 해석

- 케이블에 도입된 장력으로 지지되는 형식의 구조(적용예:현수교(광안대교))
- 계산과정이 복잡하고, 계산도중 발산하는 경우가 많음

### 2.2 소변위 해석

일반적인 구조해석 분야에 적용되는 해석

- 건물, 교량, 기계 분야 등의 대부분 구조의 안전성 검토에 적용
- 계산과정이 단순하고, 계산도중 발산하는 경우가 없음

### 2.3 내진해석

시간이나 주파수에 따른 지진력을 구조물에 적용하는 해석

- 지진이 발생할 경우 구조물의 안전성 검토에 적용
- 지진하중이 동하중으로 하중적용이 복잡함

#### 2.3.1 내진 해석 방법

##### 가. 해석 방법의 종류 및 특징

###### 1) 응답스펙트럼 해석법

지진 영향을 나타낼 수 있는 등가의 하중을 먼저 산정하고 이에 대해 정적해석을 수행하는 방법

- 지진하중을 안전측이 되도록 약간 과대평가
- 일반적인 구조물이나 정형 구조물에 주로 사용
- Kolas, 건축설계기준, 콘크리트설계 기준 등 각 지침 및 설계기준에서 제시하는 방법

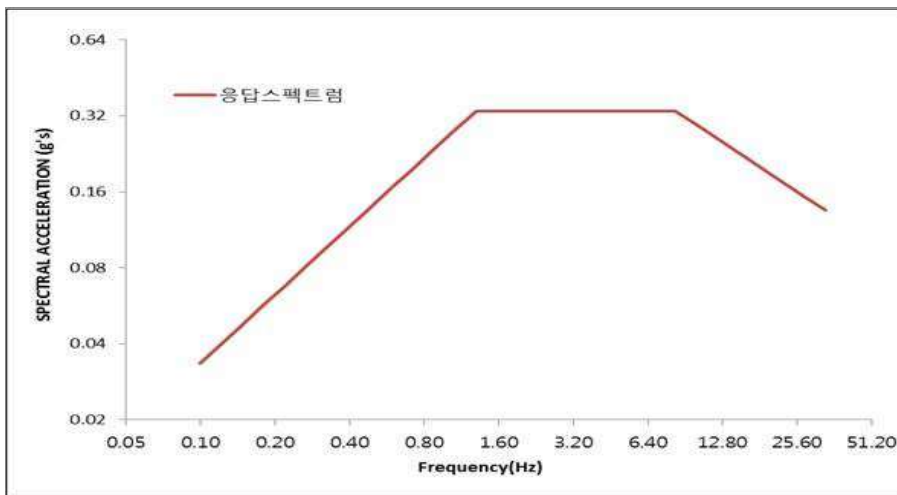
## 2) 시간이력 해석법

실측된 지진파형이나 인공지진파형을 만들어 구조물에 대한 동적거동을 수행하는 방법

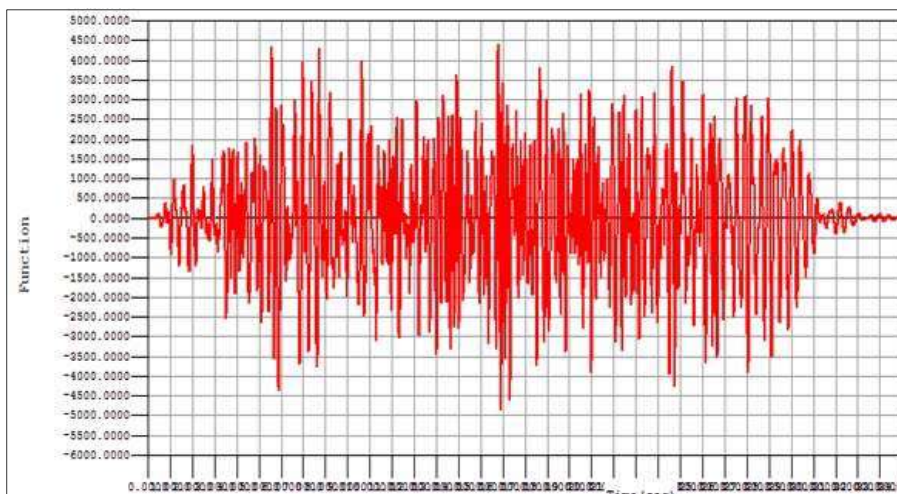
- 응답해석이 필요한 모드 개수가 많은 경우 적용
- 해석 및 결과분석에 많은 시간 및 노력이 필요
- Input Data에 따라 발산의 경우가 많음

## 나. 해석 방법의 개념도

### 1) 응답스펙트럼 해석법



### 2) 시간이력 해석법

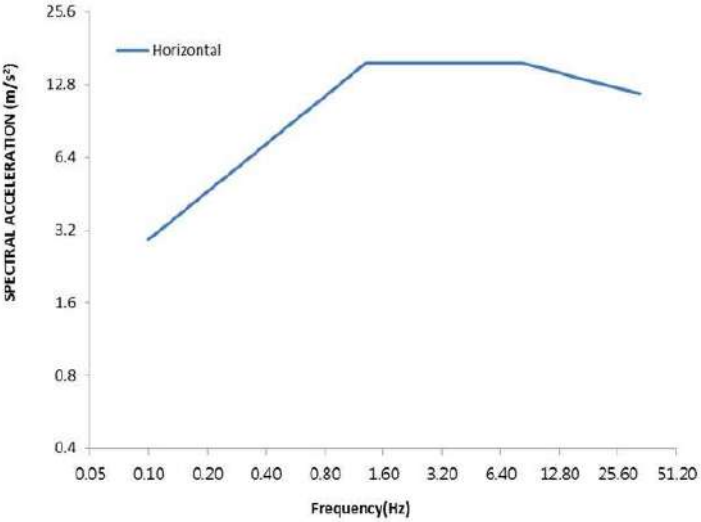
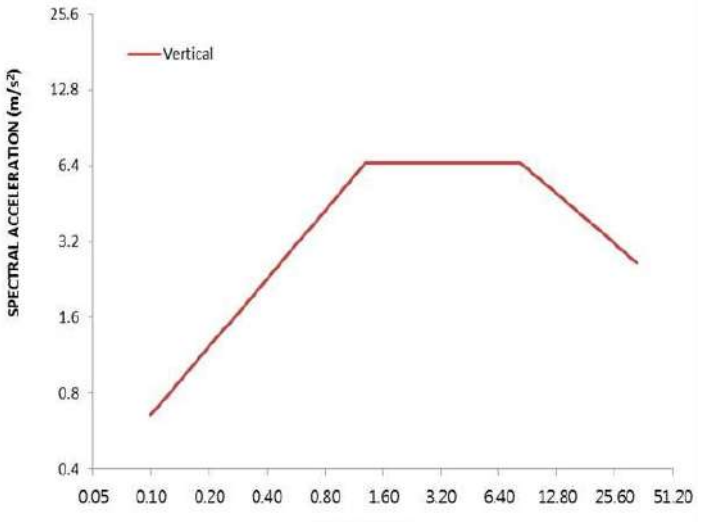




다. 지진규모와 가속도의 관계

진도	피해의 정도	규모	최대 가속도(g)	Scale Factor	비고
I	극히 미세한 진동, 특수조건 하에서 극히 일부만 느낌	2.25	0.001	0.01	1/100배
II	실내에서 극히 일부만 느낌	2.75	0.002	0.02	1/50배
III	실내에서 소수만 느낌, 매달린 물체가 약하게 움직임	3.25	0.003	0.03	1/32배
IV	실내에서 대다수가 느낌, 실외에서는 감지 불가	3.75	0.007	0.06	1/16배
V	건물전체가 흔들림, 물체가 깨어지거 나 전도 또는 추락, 가벼운 물체의 위치 이동	4.25	0.013	0.12	1/8배
VI	똑바로 걸기가 어려움, 약한 건물의 외벽에 떨어지거나 균열발생, 무거운 물체의 이동이나 전도	4.75	0.026	0.25	1/4배
VII	서 있기가 곤란할 정도, 운전 중에 지진을 느낄 수 있음. 외벽이 붕괴 느슨한 적재물 또는 담장이 무너짐	5.25	0.053	0.50	1/2배
VIII	차량의 운전이 곤란함, 일부 건물의 붕괴. 지표면의 균열 발생, 지하 파이 프관의 파손	5.75	0.106	1.00	KOLAS 기준 지역계수 A=0.11(g)
IX	견고한 건물의 심한 피해 혹은 붕괴 지표면의 균열 발생 및 지하 파이프관 파손	6.25	0.211	1.99	2배, UBC-1997 Zone=2B, Ca=0.2(g)
X	대부분의 견고한 건물 및 구조물이 기초와 함께 파괴. 지표면균열, 대규 모 산사태, 콘크리트 포장도로 균열	6.75	0.420	3.96	4배, UBC-1997 Zone=4, Ca=0.4(g)
XI	철로가 심하게 휘어짐, 구조물의 거의 완전 파괴. 지하 파이프 완전 작동 불능	7.25	0.840	7.92	8배, KOLAS 기준 1층기준, Ca=0.8(g)
XIII	지면이 파도 형태로 움직임, 물체가 공중으로 던져짐	7.75	1.676	15.81	16배, KOLAS 기준 1층초과, Ca=1.6(g)
비고	위 수치들은 지반의 영향을 고려하지 않은 상태임, 즉 SB 지반을 기준으로 평가한 것이며, 지반층폭 정도에 따라서 비교 정도는 달라질 수 있음				

라. KOLAS에서 제시한 응답스펙트럼

구분	개념도	비고
수평 응답스펙트럼	 <p>SPECTRAL ACCELERATION (m/s<sup>2</sup>)</p> <p>Frequency(Hz)</p>	X,Y 축 작용 지진력 (수평방향)
수직 응답스펙트럼	 <p>SPECTRAL ACCELERATION (m/s<sup>2</sup>)</p> <p>Frequency(Hz)</p>	Z 축 작용 지진력 (중력방향)

### 3. 내진성능평가

#### 3.1 개요

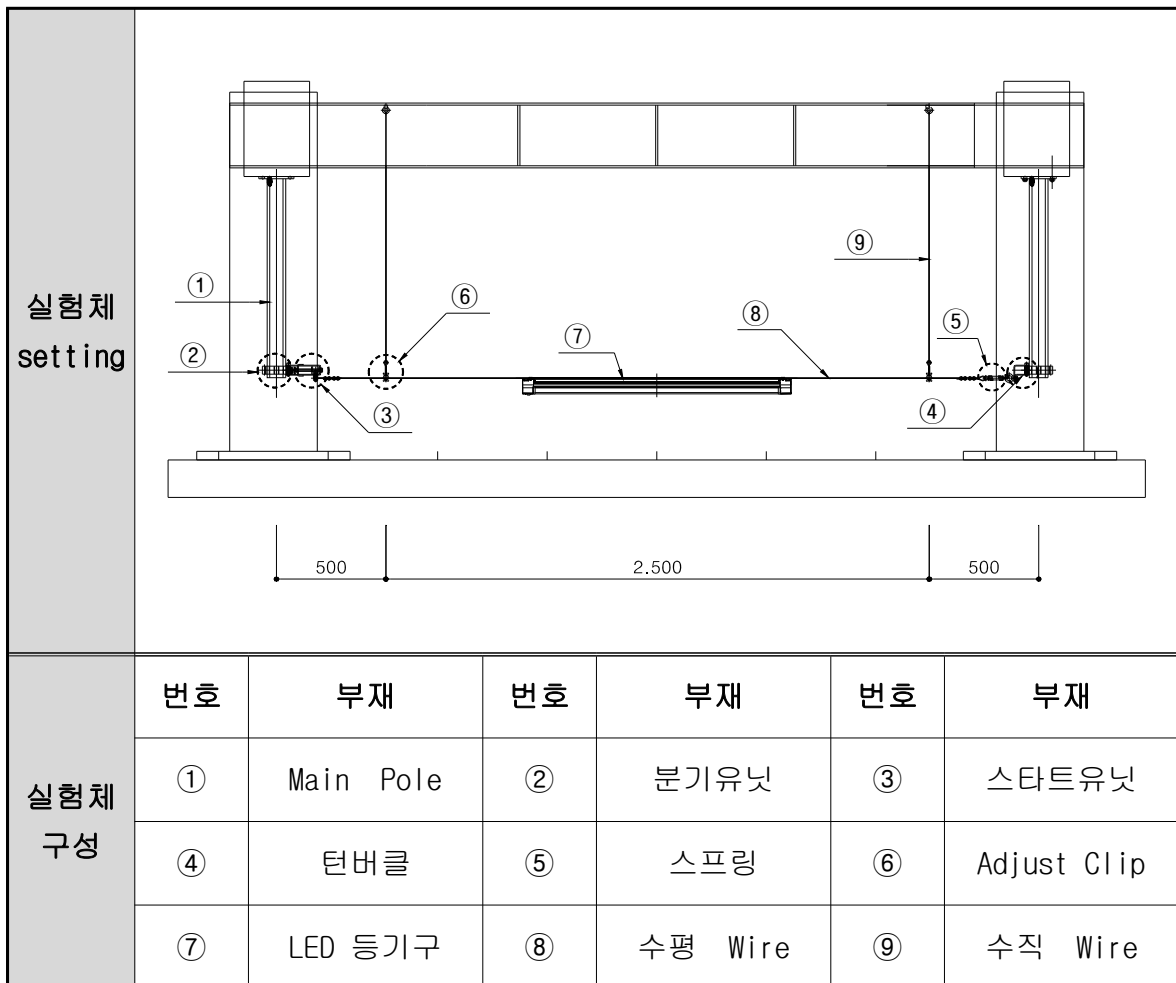
와이어 구조물의 실험결과와 구조해석 결과를 비교 분석하여 모델링의 적정성을 확인하고, 실제 규모의 와이어 구조물의 내진성능을 검토하고자 함.

#### 3.2 와이어 구조물 실험체의 지진하중 재하실험

##### 3.2.1 실험의 목적

와이어구조물 실험체를 제작하고 그 실험체에 지진하중을 가하여 고유 진동수를 확인하고자 함.

##### 3.2.2 실험체의 구성 및 설치

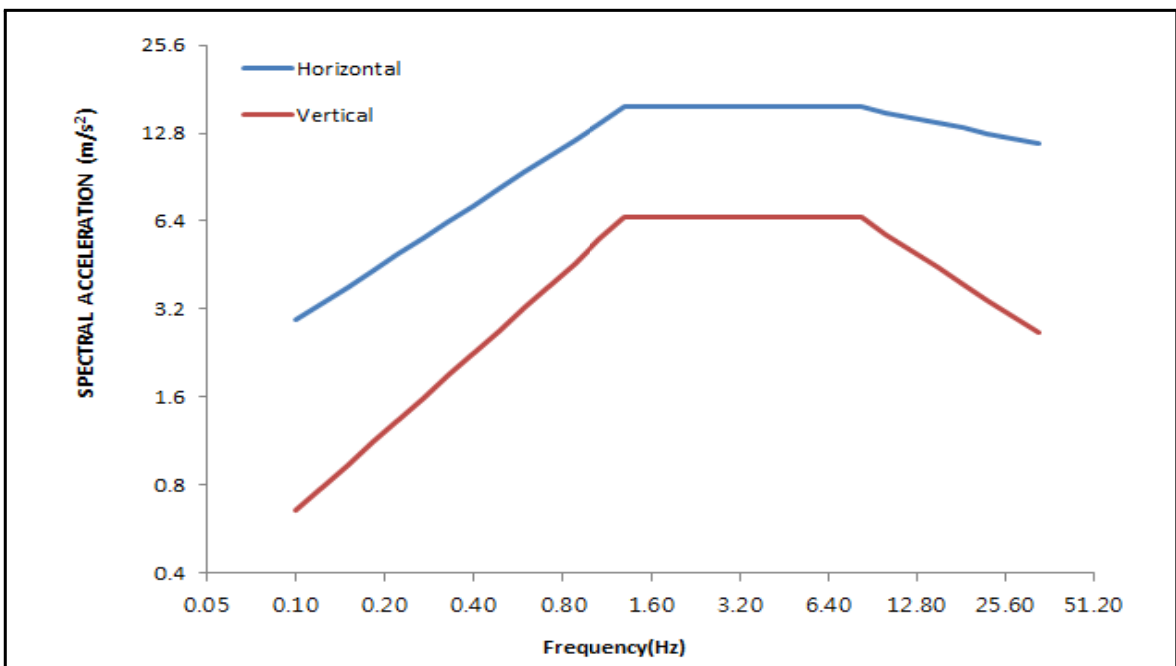


### 3.2.3 지진하중(응답스펙트럼)

#### 가. 시간이력해석 파라메타

Building code	Test Criteria	SDS (g)	z/h	Horizontal		Vertical	
				AFLX-H	ARIG-H	AFLX-V	ARIG-V
IBC2012	ICC-ES AC156:2010	9.806	1.00	15.680	11.760	6.567	2.646

#### 나. 응답스펙트럼 데이터



Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data	
	H	V		H	V		H	V
33.3000	11.76	2.65	4.1272	15.68	6.57	0.3979	7.24	2.27
27.3054	12.25	3.01	3.2758	15.68	6.57	0.3267	6.37	1.90
22.3900	12.77	3.43	2.6000	15.68	6.57	0.2682	5.60	1.59
18.3594	13.30	3.91	2.0636	15.68	6.57	0.2202	4.92	1.33
15.0544	13.86	4.45	1.6379	15.68	6.57	0.1807	4.33	1.12
12.3444	14.44	5.06	1.3000	15.68	6.57	0.1484	3.80	0.94
10.1222	15.05	5.77	1.0672	13.79	5.50	0.1218	3.34	0.78
8.3000	15.68	6.57	0.8761	12.12	4.61	0.1000	2.94	0.66
8.2545	15.68	6.57	0.7192	10.66	3.86	0.0000	0.00	0.00
6.5516	15.68	6.57	0.5905	9.37	3.23			
5.2000	15.68	6.57	0.4847	8.24	2.71			

### 3.2.4 실험사진



### 3.2.5 실험결과

#### 가. 실험에 의한 고유진동수

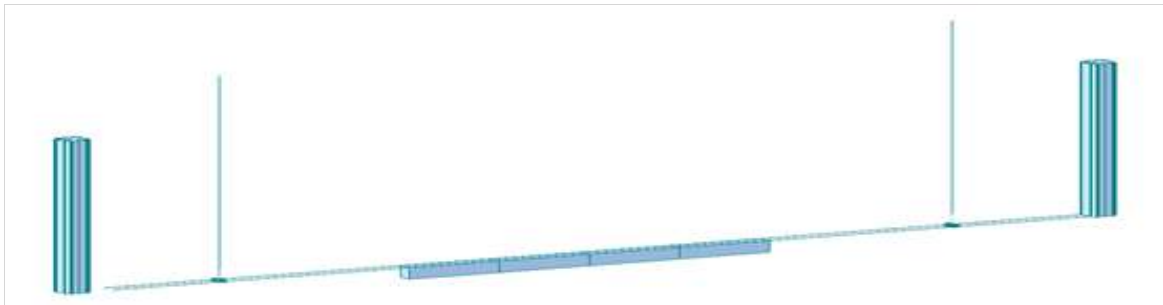
구분	Frequency (Hz)			비고
	x-dir(장력수직방향)	y-dir(장력방향)	z-dir(중력방향)	
고유진동수	10.00	34.75	9.25	

### 3.3 실험체 검증 모델링

#### 3.3.1 모델링의 목적

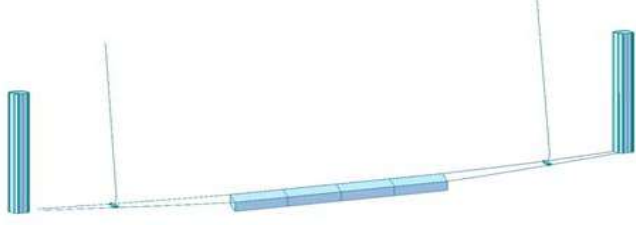
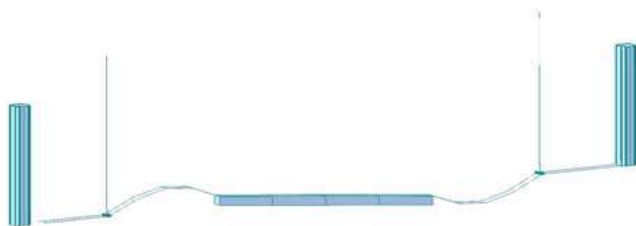
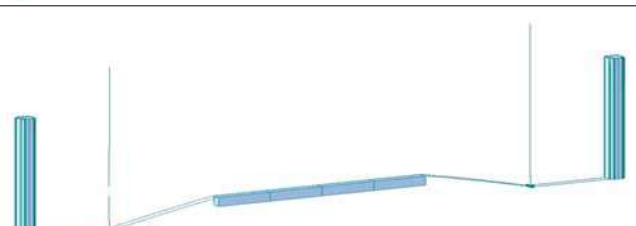
실험체와 동일한 모델링의 내진해석 결과를 실험결과 값과의 비교 분석하여 내진해석 결과에 대한 적절성을 확인하고자 함.

#### 3.3.2 모델링의 형상



#### 3.3.3 해석결과

##### 가. 주요진동 모드의 형상 및 고유진동수

구분	모드 형상	Frequency(Hz)
x-dir (장력 수직방향)		8.77
y-dir (장력 장력방향)		39.53
z-dir (장력 중력방향)		10.39

### 3.4 실험결과와 해석결과의 비교 분석

#### 3.4.1 결과 비교

방향성	Frequency (Hz)		비고
	실험결과	해석결과	
x-dir	10.00	8.77	장력수직방향
y-dir	34.75	39.53	장력방향
z-dir	9.25	10.39	중력방향

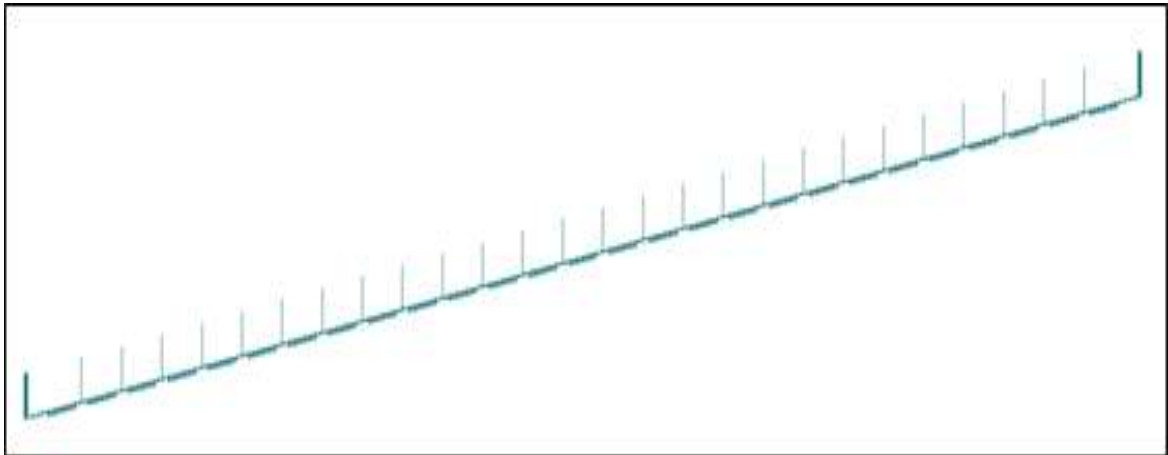
#### 3.4.2 결과 분석

실험결과와 해석결과를 비교한 결과, 유사한 경향의 고유진동수를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

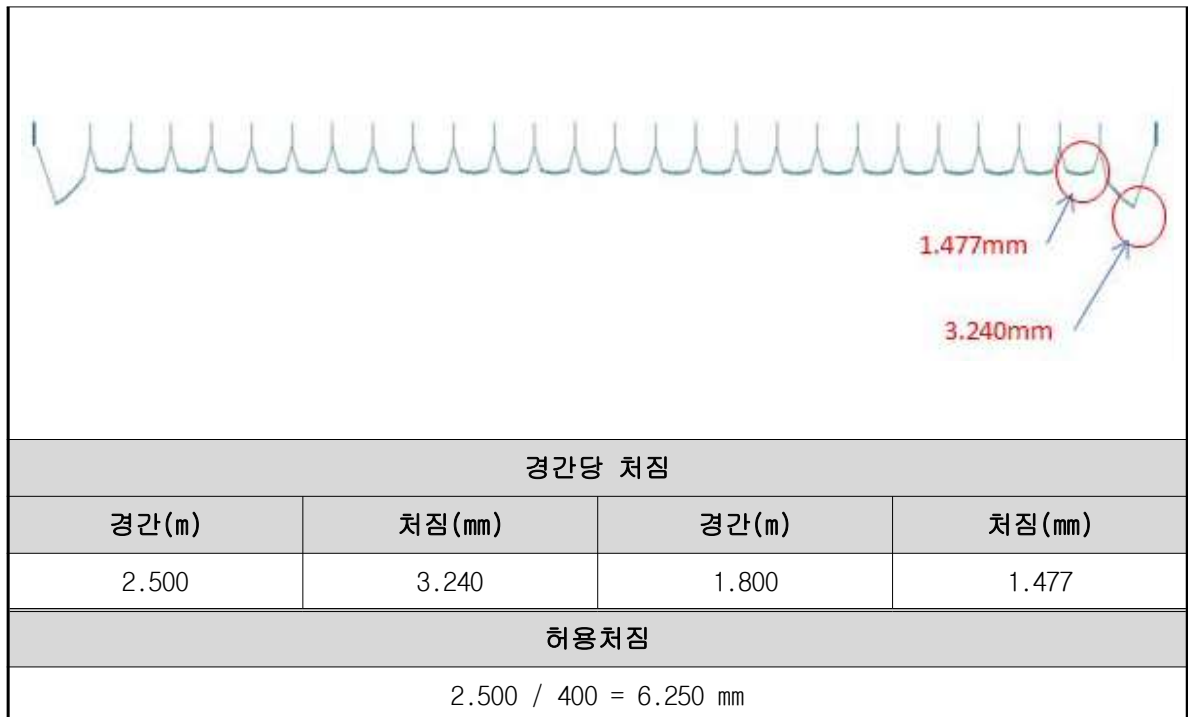
### 3.5 실제 와이어 구조물의 내진해석

#### 3.5.1 case-1 (L=2.5m+25@1.8m+2.5m=50.0m)

가. 모델링의 형상




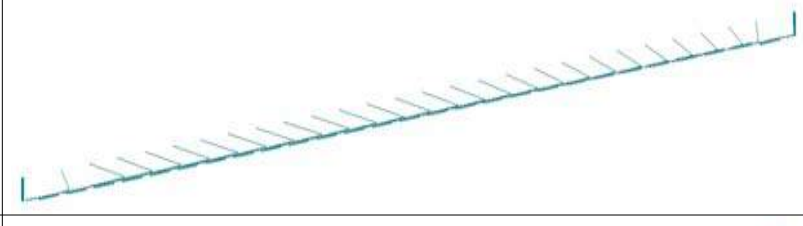
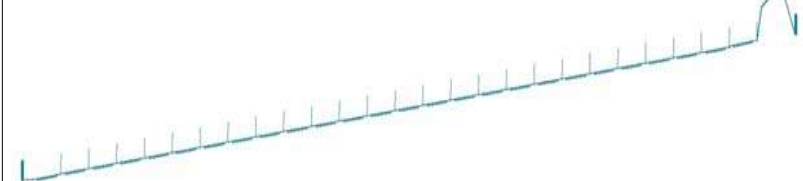
나. 평상시 처짐 형상



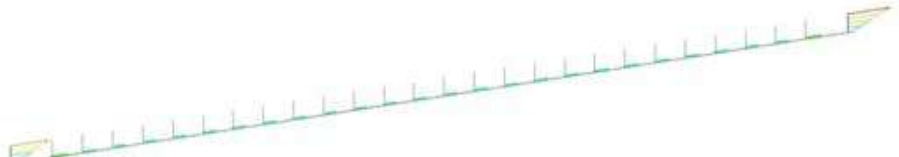
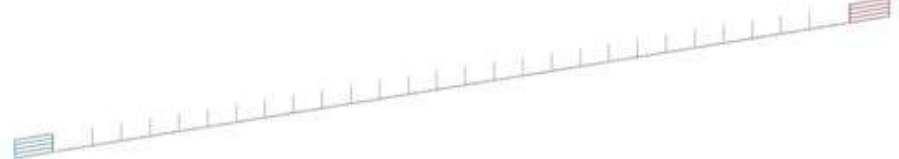
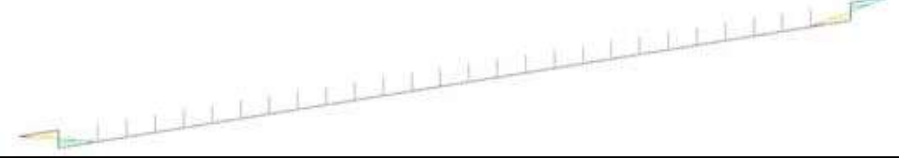


다. 해석결과




1) 주요진동 모드의 형상 및 고유진동수

구분	모드 형상	Frequency (Hz)
x-dir (장력 수직방향)		2.357
y-dir (장력 방향)		32.468
z-dir (장력 중력방향)		20.845

2) 단면력도

구분	단면력도		
축력			
전단력			
모멘트			
부재별 단면력			
구분	축력(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN.m)
메인지주	0.082	2.085	0.970
스타트 유닛	-	2.052	-
턴버클	-	2.072	-
분기유닛	-	2.072	-

3) 처짐도

구분	단 면 력 도		
x-dir (장력 수직방향)			
y-dir (장력 방향)			
z-dir (장력 중력방향)			
방향별 처짐량(mm)			
구분	x-방향(장력수직방향)	y-방향(장력방향)	z-방향(중력방향)
처짐량	79.457	0.828	2.469

4) 앵커 작용력 집계

작용외력(계수하중)		
수직력(kN)	수평력(kN)	모멘트(kN.m)
0.082	2.085	0.962

라. 단면력 검토

1) 부재력 검토 결과

검토부재	작용응력			허용응력			비고
	휨압축응력 (MPa)	휨인장응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	휨압축응력 (MPa)	휨인장응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	
메인지주	19.623	19.693	0.894	74.000	74.000	50.000	0.K
스타트 유닛	-	-	37.179	-	-	60.000	0.K
턴버클	-	-	37.543	-	-	60.000	0.K
분기유닛	-	-	14.132	-	-	50.000	0.K

2) 앵커 검토

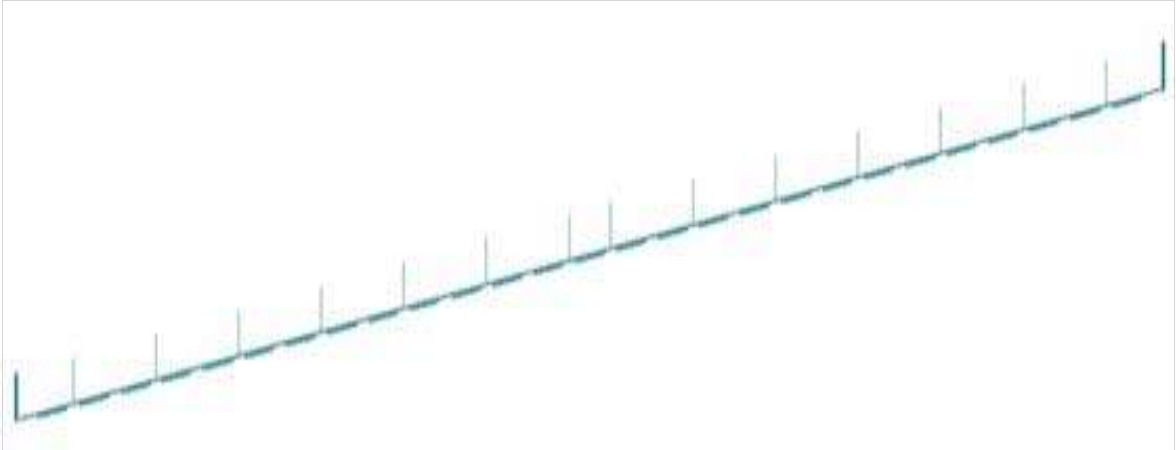
검토부재	작용강도(kN)	허용강도(kN)	비고
인장하중하에서의 앵커강도 검토	5.200	35.325	0.K
인장하중하에서의 콘크리트 강도 검토	5.200	10.023	0.K
앵커의 뺨힘강도 검토	5.200	9.122	0.K
전단하중 하에서 앵커강도 검토	0.678	21.195	0.K
전단하중하에서의 콘크리트파괴강도 검토	0.678	8.019	0.K

3) 스프링 검토

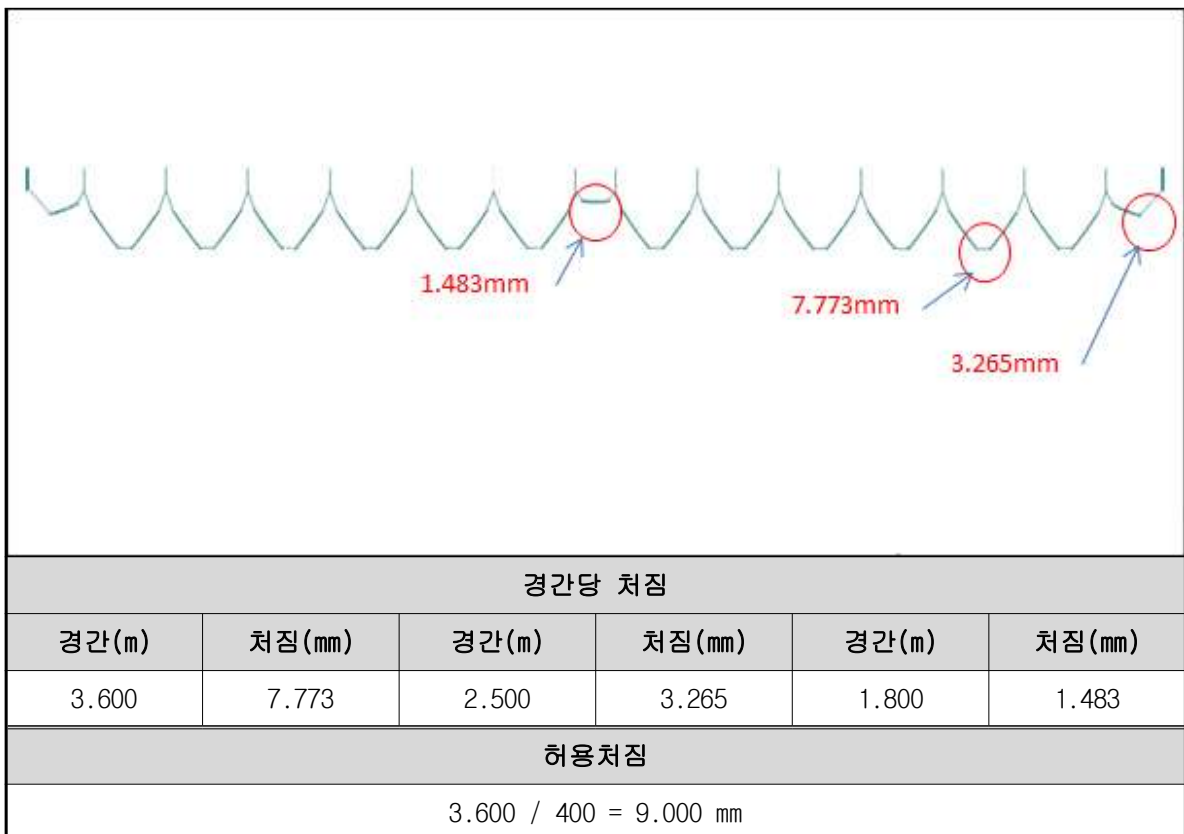
선경 (mm)	중심경 (mm)	총권수 (ea)	초응력 (kgf/mm <sup>2</sup> )	작용강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	허용강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	비고
7.000	26.000	16.000	6.300	76.042	82.500	0.K

3.5.2 case-2 ( $L=2.5m+6@3.6+1.8m+6@3.6+2.5m=50.0m$ )

가. 모델링의 형상


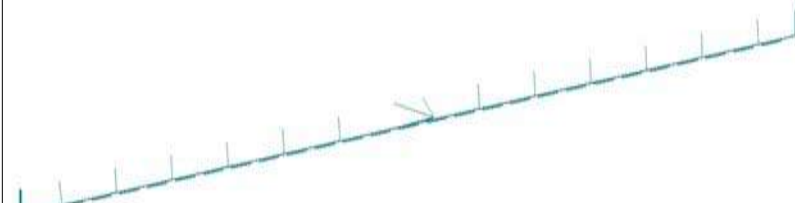
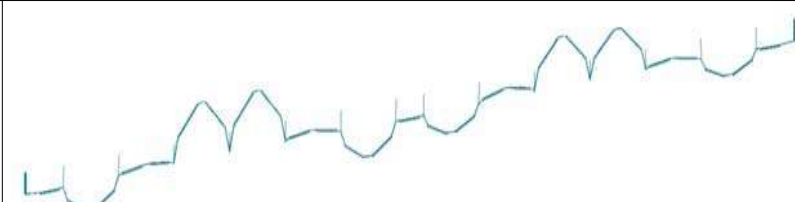


나. 평상시 처짐 형상

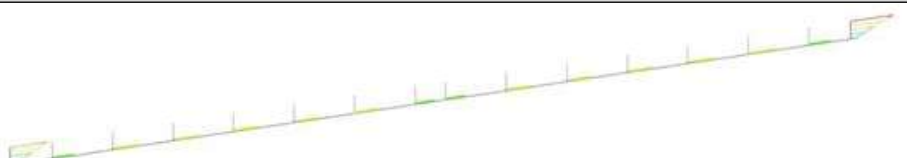




다. 해석결과

1) 주요진동 모드의 형상 및 고유진동수

구분	모드 형상	Frequency (Hz)
x-dir (장력 수직방향)		2.523
y-dir (장력 방향)		40.326
z-dir (장력 중력방향)		16.388

2) 단면력도

구분	단면력도		
축력			
전단력			
모멘트			
부재별 단면력			
구분	축력(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN.m)
메인지주	0.083	2.197	1.022
스타트 유닛	-	2.168	-
턴버클	-	2.185	-
분기유닛	-	2.185	-

3) 처짐도

구분	단면력도		
x-dir (장력 수직방향)			
y-dir (장력 장력방향)			
z-dir (장력 중력방향)			
방향별 처짐량(mm)			
구분	x-방향(장력수직방향)	y-방향(장력방향)	z-방향(중력방향)
처짐량	91.199	0.855	2.629

4) 앵커 작용력 집계

작용외력(계수하중)		
수직력(kN)	수평력(kN)	모멘트(kN.m)
0.083	2.197	1.016

라. 단면력 검토

1) 부재력 검토 결과

검토부재	작용응력			허용응력			비고
	휨압축응력 (MPa)	휨인장응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	휨압축응력 (MPa)	휨인장응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	
메인지주	20.678	20.749	0.942	74.000	74.000	50.000	0.K
스타트 유닛	-	-	39.267	-	-	60.000	0.K
턴버클	-	-	39.579	-	-	60.000	0.K
분기유닛	-	-	14.899	-	-	50.000	0.K

2) 앵커 검토

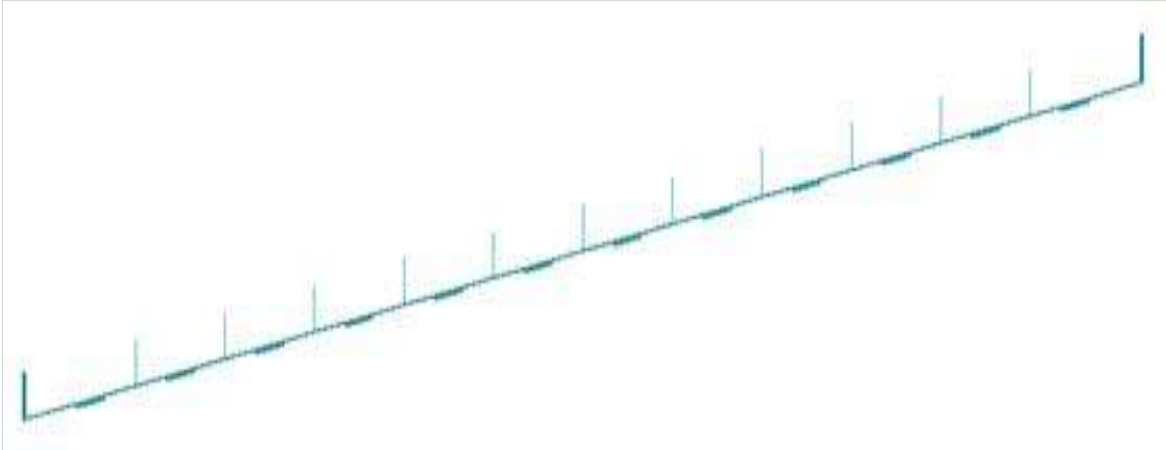
검토부재	작용강도(kN)	허용강도(kN)	비고
인장하중하에서의 앵커강도 검토	5.490	35.325	0.K
인장하중하에서의 콘크리트 강도 검토	5.490	10.023	0.K
앵커의 뺨힘강도 검토	5.490	9.122	0.K
전단하중 하에서 앵커강도 검토	0.714	21.195	0.K
전단하중하에서의 콘크리트파괴강도 검토	0.714	8.019	0.K

3) 스프링 검토

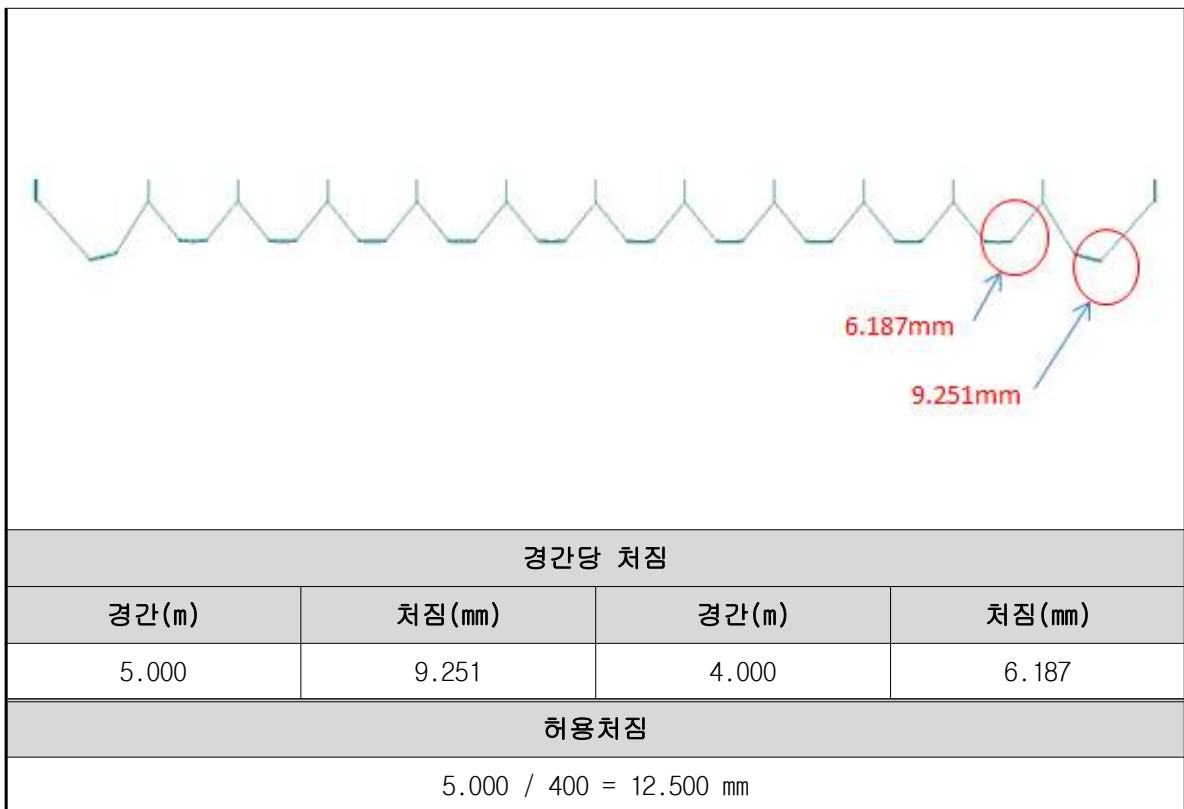
선경 (mm)	중심경 (mm)	총권수 (ea)	초응력 (kgf/mm <sup>2</sup> )	작용강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	허용강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	비고
7.000	26.000	16.000	6.300	76.042	82.500	0.K

### 3.5.3 case-3 (L=5.0m+10@4.0+5.0m=50.0m)

#### 가. 모델링의 형상




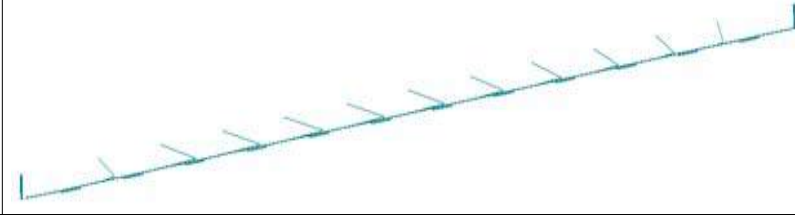
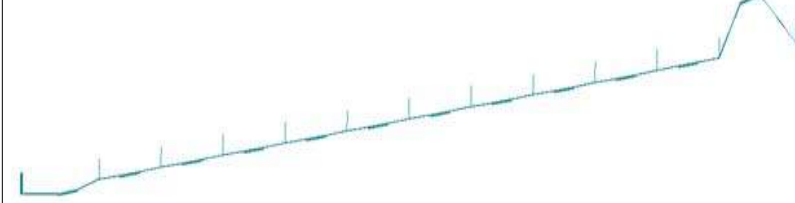
#### 나. 평상시 처짐 형상








다. 해석결과

1) 주요진동 모드의 형상 및 고유진동수

구분	모드 형상	Frequency (Hz)
x-dir (장력 수직방향)		2.015
y-dir (장력 방향)		36.928
z-dir (장력 중력방향)		9.181

2) 단면력도

구분	단면력도		
축력			
전단력			
모멘트			
부재별 단면력			
구분	축력 (kN)	전단력 (kN)	모멘트 (kN.m)
메인지주	0.089	1.710	0.795
스타트 유닛	-	1.687	-
턴버클	-	1.700	-
분기유닛	-	1.700	-

3) 처짐도

구분	단 면 력 도		
x-dir (장력 수직방향)			
y-dir (장력 장력방향)			
z-dir (장력 중력방향)			
방향별 처짐량(mm)			
구분	x-방향(장력수직방향)	y-방향(장력방향)	z-방향(중력방향)
처짐량	124.207	1.204	4.608

4) 앵커 작용력 집계

작용외력(계수하중)		
수직력(kN)	수평력(kN)	모멘트(kN.m)
0.089	1.710	0.791

라. 단면력 검토

1) 부재력 검토 결과

검토부재	작용응력			허용응력			비고
	휨압축응력 (MPa)	휨인장응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	휨압축응력 (MPa)	휨인장응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	
메인지주	16.083	16.160	0.733	74.000	74.000	50.000	0.K
스타트 유닛	-	-	30.570	-	-	60.000	0.K
턴버클	-	-	30.795	-	-	60.000	0.K
분기유닛	-	-	11.592	-	-	50.000	0.K

2) 앵커 검토

검토부재	작용강도(kN)	허용강도(kN)	비고
인장하중하에서의 앵커강도 검토	4.270	35.325	0.K
인장하중하에서의 콘크리트 강도 검토	4.270	10.023	0.K
앵커의 뺨힘강도 검토	4.270	9.122	0.K
전단하중 하에서 앵커강도 검토	0.556	21.195	0.K
전단하중하에서의 콘크리트파괴강도 검토	0.556	8.019	0.K

3) 스프링 검토

선경 (mm)	중심경 (mm)	총권수 (ea)	초응력 (kgf/mm <sup>2</sup> )	작용강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	허용강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	비고
7.000	26.000	16.000	6.300	76.042	82.500	0.K

## 4. 종합결론

### ▶ 검토내용

- 부산대학교 지진방재 연구센터에서 수행한 실험체의 내진실험에 의한 고유진동수와 내진해석을 통한 고유진동수를 비교 분석하여 내진해석 모델에 대한 적정성을 검토하였다.
- 내진해석을 통하여 실제 와이어 구조물의 내진 안전성을 검토하였다.

### ▶ 와이어 구조물의 내진 안전성 검토결과

- CASE-1( $L = 2.5m + 25@1.8m + 2.5m = 50.0m$ ), CASE-2( $L = 2.5m + 6@3.6 + 1.8m + 6@3.6 + 2.5m = 50.0m$ ), CASE-3( $L = 5 + 4@10 + 5 = 50m$ )에 대한 내진검토를 수행하였다.
- 경간구성이 다른 3가지 CASE의 와이어 구조의 내진 안전성검토(부재력검토, 사용성검토, 앵커검토, 스프링검토)를 실시한 결과, 구조물의 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.
- 3개의 CASE에 대한 내진 안전성 및 사용성이 확보되는 것으로 나타남. 따라서 현장여건에 맞는 경간구성을 선택하여 적용하는 것이 좋을 것으로 판단됨.

# 부 록

1. 와이어 구조물 시험성적서
2. 실험체 검증 해석
3. 실제 와이어 구조해석
  - Case-1 :  $2.5\text{m}+25@1.8\text{m}+2.5\text{m}$
  - Case-2 :  $2.5\text{m}+6@3.6+1.8\text{m}+6@3.6+2.5\text{m}$
  - Case-3 :  $5.0\text{m}+10@4.0\text{m}+ 5.0\text{m}$

# 1. 와이어 구조물 시험성적서

# 시험성적서

## CERTIFICATION OF TEST



성적서 번호 : 2016-K-028  
(CERTIFICATION NO.)

경상남도 양산시 물금읍 부산대학로 49 지진방재연구센터  
SESTEC at Pusan National university, Mulgeum, Yangsan, Kyungsangnam, South Korea.  
Tel: 051-510-8180, Fax: 051-510-8181, Web: seismic.koced.or.kr

페이지(PAGE) : (1) / (총 11)

1. 의뢰자 (CLIENT)

기관명 (NAME) : (주)세흥  
주소 (ADDRESS) : 경기도 용인시 기흥구 탑실로58번길 16 (공세동)

2. 성적서용도 (USE OF CERTIFICATION) : 성능검증용

3. 시료명 (TEST SAMPLE NAME) : Wireway system(이하 'UUT')

4. 시험기간 (DATE OF TEST) : 2016. 11. 30.

5. 시험방법 (TEST METHOD USED) : ICC-ES AC156 : 2010 ( $S_{DS} = 9.806 \text{ m/s}^2$ ,  $z/h = 1$ )

6. 시험환경 (TESTING ENVIRONMENT) : 온도 ( $12.5 \pm 1.2$ ) °C , 상대 습도 ( $57 \pm 10$ ) %

7. 시험결과 (TEST RESULTS) : 이상없음 (Pass)  
첨부 시험결과 참조 (Refer attached files)

이 성적서의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.

(The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated. This Test Report cannot be reproduced, except in full.)

	시험자 (TESTED BY)	승인자 (APPROVED BY)
확인 (AFFIRMATION)	직위 (TITLE) : 실 무 자 성명 (NAME) : 강 득 형 <i>DH Kang</i>	직위 (TITLE) : 기술책임자(부) 성명 (NAME) : 박 동 욱 <i>[Signature]</i>

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다.  
(The above test certificate is the accredited test results by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA)

2016년 12월 16일

한국인정기구 인정  
Accredited by KOLAS, Republic of Korea

부산대학교 산학협력단 지진방재연구센터장 (인)  
Seismic Simulation Test Center  
of Institute for Research and Industry Cooperation at Pusan National University





# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
(CERTIFICATION NO.)

시료명 : Wireway system  
(TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (2) / (총 11)

## 1. TEST SAMPLE

### 1.1 UUT dimension

Table 1. UUT의 규격

UUT Name	모델명	일련번호	Dimension [mm] <sup>주1)</sup>			Weight (kg)	시험설비구분
			Length	Width	Height		
Wireway System	SH-WW-SV1	N/A	180	3 660	1 242	24	N/A

주1) UUT의 상세한 도면 및 형상, UUT의 고정 상태는 Appendix A, B 참조. (시험방법 제14조 5항)

### 1.2 UUT part list

Table 2. UUT의 부품리스트

구분	제품명	모델명	규격	수량	제조사	일련번호
1	일체형 LED 등기구	SH-WW-LED34W	36W(1200L)	1	자체제작	N/A
2	주 기둥 (Main Pole)	SH-WW-P01	85x85x930 (AL)	2	자체제작	N/A
3	분기장치 (Diverge unit)	SH-WW-P02	128x128x38 (AL)	2	자체제작	N/A
4	시작고정 장치 (Start Unit)	SH-WW-P03	N/A	1	자체제작	N/A
5	장력조절 장치 (Turnbuckle)	SH-WW-P04	500kgf	1	자체제작	N/A
6	수직고정 장치 (Vertical fix Unit)	SH-WW-P05	N/A	2	자체제작	N/A
7	댐핑 스프링 (Spring)	SH-WW-P06	N/A	2	자체제작	N/A
8	와이어고정 그립 (Wire fix Grip)	SH-WW-P07	N/A	8	자체제작	N/A

## 2. TEST SPECIFICATION

### 2.1 Seismic Parameter

Table 3. Shake table test parameter

Test No.	Building code	Test Criteria	S <sub>Ds</sub> <sup>주2)</sup> (m/s <sup>2</sup> )	z/h <sup>주3)</sup>	Horizontal		Vertical	
					A <sub>FLX-H</sub> (m/s <sup>2</sup> )	A <sub>RIG-H</sub> (m/s <sup>2</sup> )	A <sub>FLX-V</sub> (m/s <sup>2</sup> )	A <sub>RIG-V</sub> (m/s <sup>2</sup> )
1	IBC2012	ICC-ES AC156 : 2010	9.806	1	15.680	11.760	6.567	2.646

주2) S<sub>Ds</sub> : Spectral response acceleration at short period

주3) z/h : Height factor ratio



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
(CERTIFICATION NO.)  
시료명 : Wireway system  
(TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (3) / (총 11)

## 2.2 RRS(요구 응답 스펙트럼)

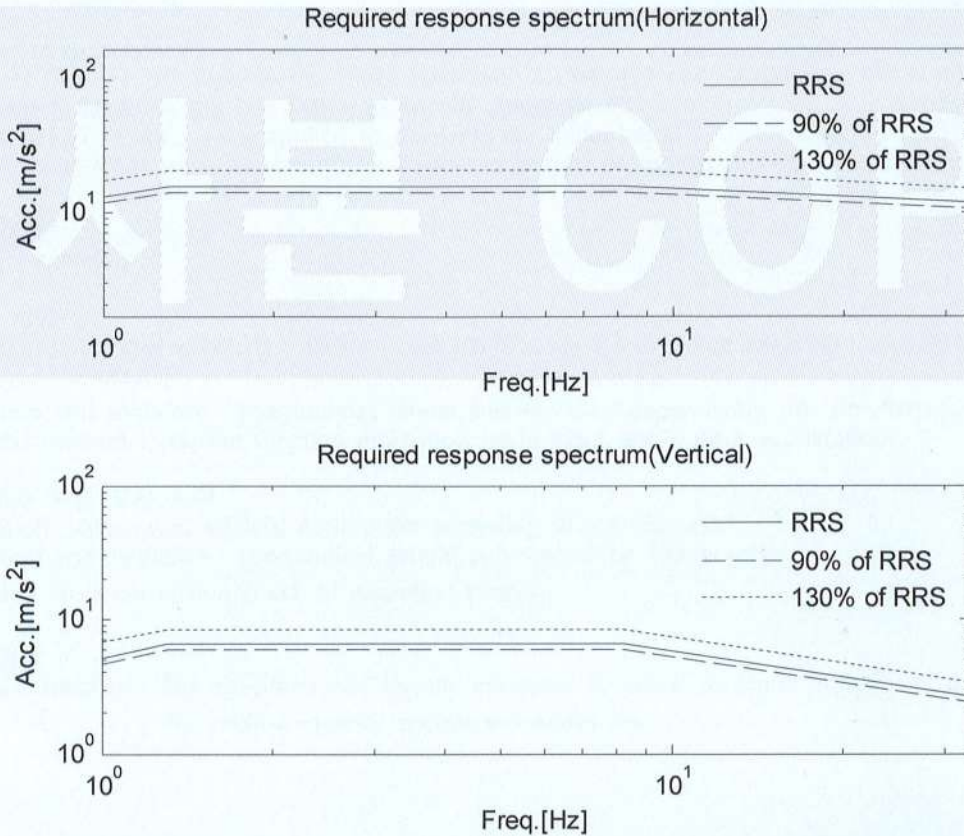


Figure 1. Required response spectrum ( $S_{DS}=9.806 \text{ m/s}^2$ , damping = 5 %)

## 2.3 허용 기준( $I_p=1.5$ )

내진 시험 종료 후,

- (1) UUT 주요부품의 이탈이나 파손이 없어야 한다.
- (2) 앵커나 주 부재 및 내력부재의 구조적 안정성은 유지되어야 한다.
- (3) UUT의 주 부재 및 연결부를 제외하고 경미한 손상이나 변형은 허용된다.
- (4) UUT의 전구 교환과 같은 경미한 수리는 허용 된다.
- (5) 시험 종료 후, UUT의 기능적인 문제는 없어야 한다.



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
(CERTIFICATION NO.)  
시료명 : Wireway system  
(TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (4) / (총 11)

## 3. TEST PROCEDURE

- (A) 설치 (refer to Appendix A)  
 (1) The test fixture has bolted to the shake table with 12 ea-M30 bolts. (torque = 770 N·m)  
 (2) UUT was installed to the test fixture as shown 'Appendix A'  
 (3) About 931.57 N loads were applied to the wires for initial load.<sup>주4)</sup>  
 주4) The initial loads were calculated with measured lengths of springs and spring coefficient given by client.
- (B) 시험 전 검사  
 (1) Visual inspection
- (C) 공진검색 시험  
 (1) Excitation : Low-level amplitude ( $0.98 \text{ m/s}^2$  peak input) single-axis sinusoidal sweeping from 1.00 Hz to 50.00 Hz  
 2 oct./min  
 (2) Direction and sequence : Longitudinal, lateral and vertical independently, not simultaneously  
 (3) Analysis method : Transfer function estimation using input and output accelerations
- (D) 다중 주파수 지진 모사 시험  
 (1) Excitation : Generated artificial earthquake according to the Figure 1.  
 (2) Direction and sequence : Longitudinal, lateral and vertical simultaneously  
 (3) TRS and cross-correlation check of excitation motion
- (E) 시험 후 검사  
 (1) Visual inspection : The specimen was visually inspected to check structural integrity of the specimen after the multi-frequency seismic simulation test.

## 4. 시험 결과

### 4.1 공진검색 결과

Table 4. Resonance frequencies from resonant frequency search test

UUT No.	Location	Resonance frequency (Hz)			Remark
		Side-to-side (Longitudinal, X)	Front-to-back (Lateral, Y)	Vertical (Z)	
UUT-01	A2	10.00	34.75	9.25	Figure 2.

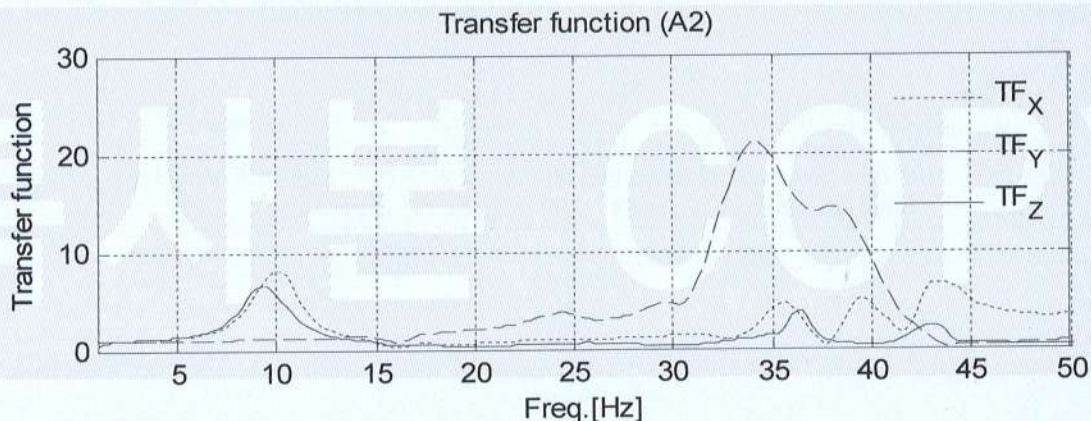


Figure 2. Transfer function plot



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028

(CERTIFICATION NO.)

시료명 : Wireway system

(TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (5) / (총 11)

## 4.2 가속도 가진 데이터 및 시험응답스펙트럼

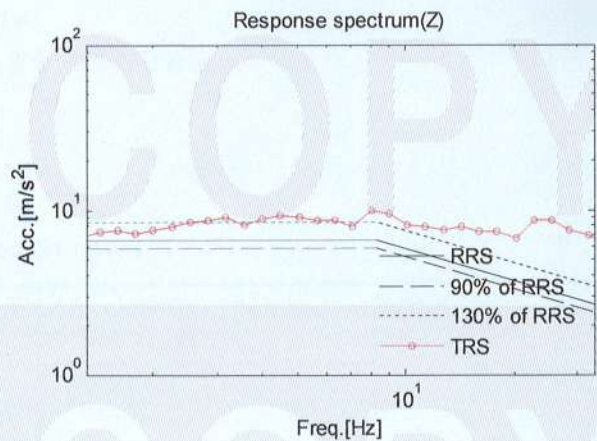
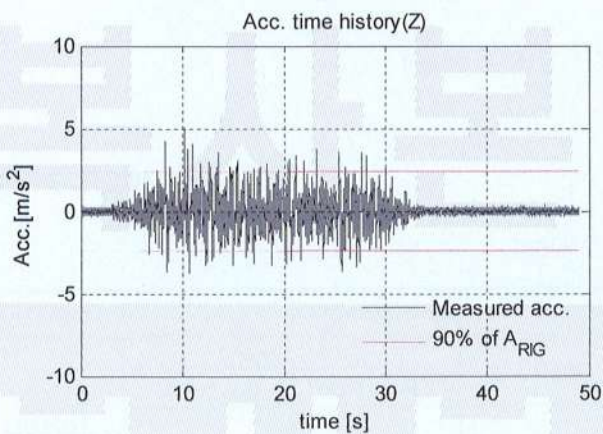
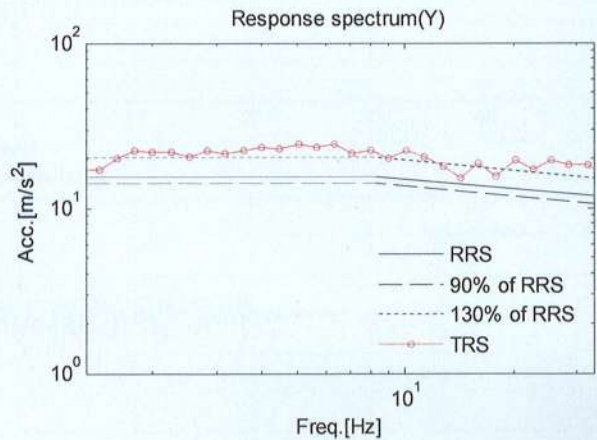
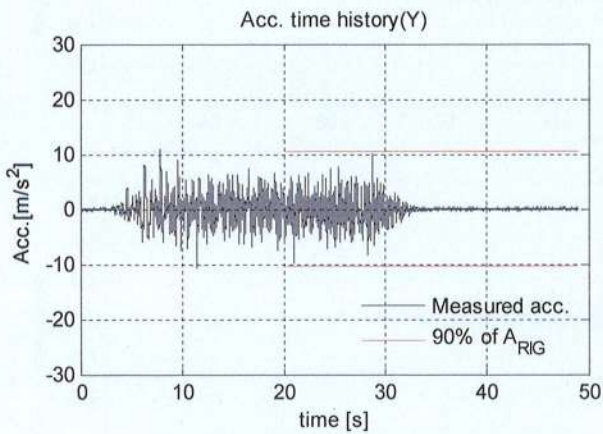
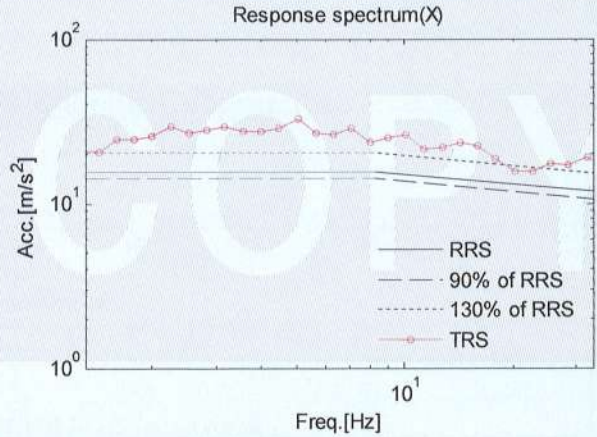
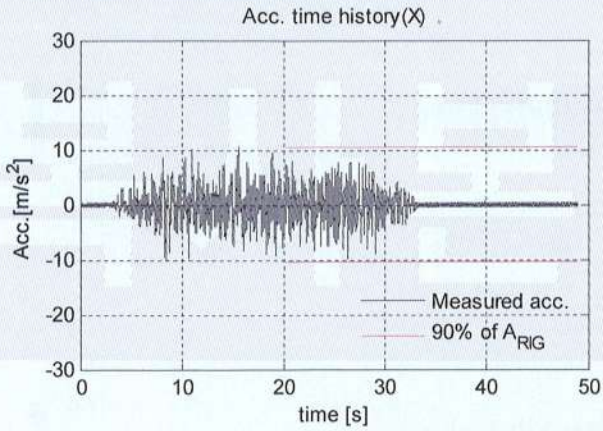


Figure 3. 진동대 가진 가속도 및 시험응답스펙트럼 (damping = 5%)  
(TRS : Tested response spectra, RRS : Required response spectra)



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028

(CERTIFICATION NO.)

시료명 : Wireway system

(TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (6) / (총 11)

## 4.3 진동대 각 축 방향 상호상관함수

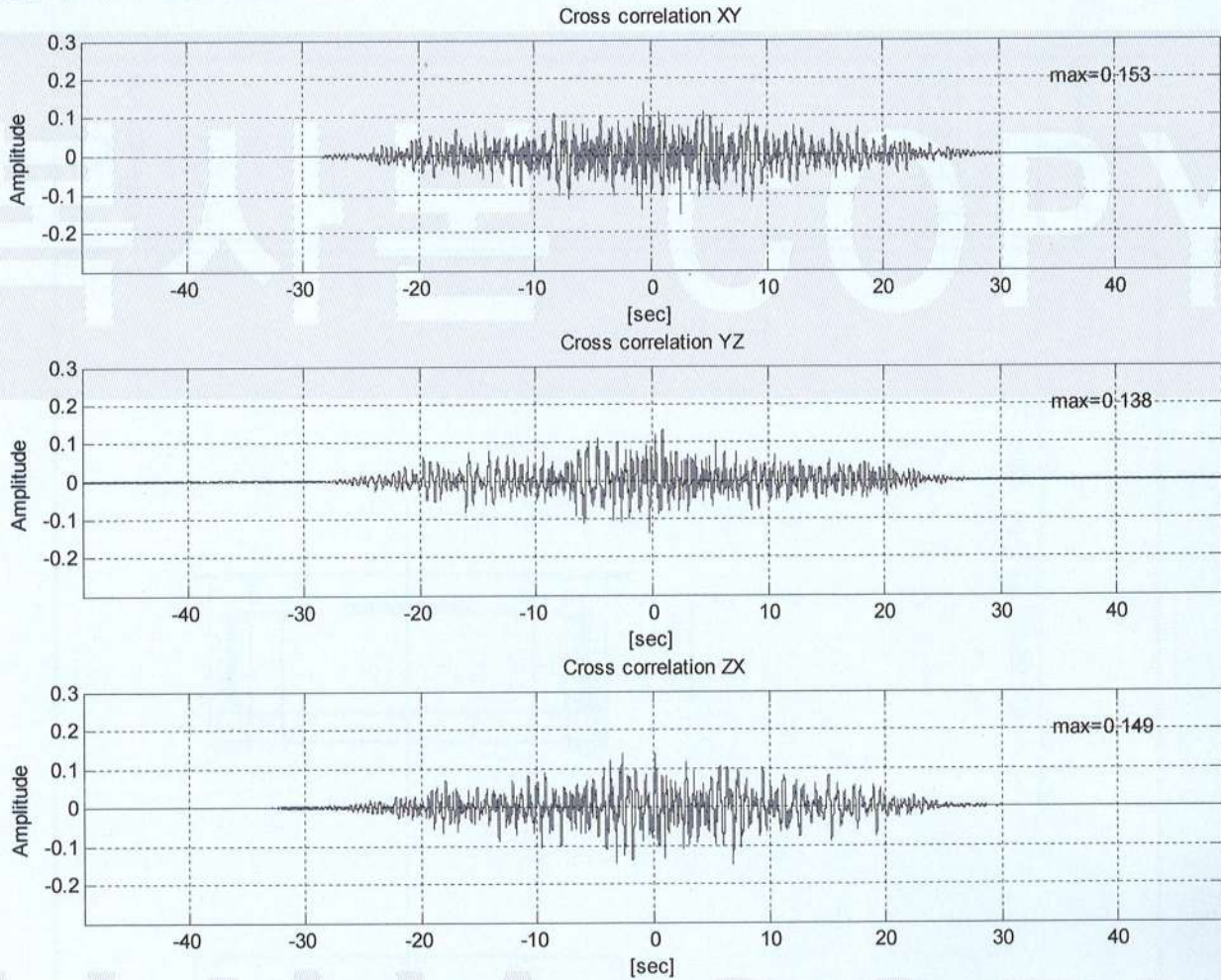


Figure 4. 진동대 각 축 방향 상호상관함수

## 5. INSPECTIONS

Table 5. Inspection results

UUT No.	Pre-test inspection			Post-test inspection		
	Major failure		Remarks	Major failure		Remarks
	Structural	Functional <sup>주5)</sup>		Structural	Functional <sup>주5)</sup>	
UUT-01	Not found	Not found	-	Not found	Not found	-

주5) UUT의 기능시험은 LED 등기구의 발광상태를 육안으로 확인하였음.



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
 (CERTIFICATION NO.)  
 시료명 : Wireway system  
 (TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (7) / (총 11)

○ APPENDIX A : UUT도면

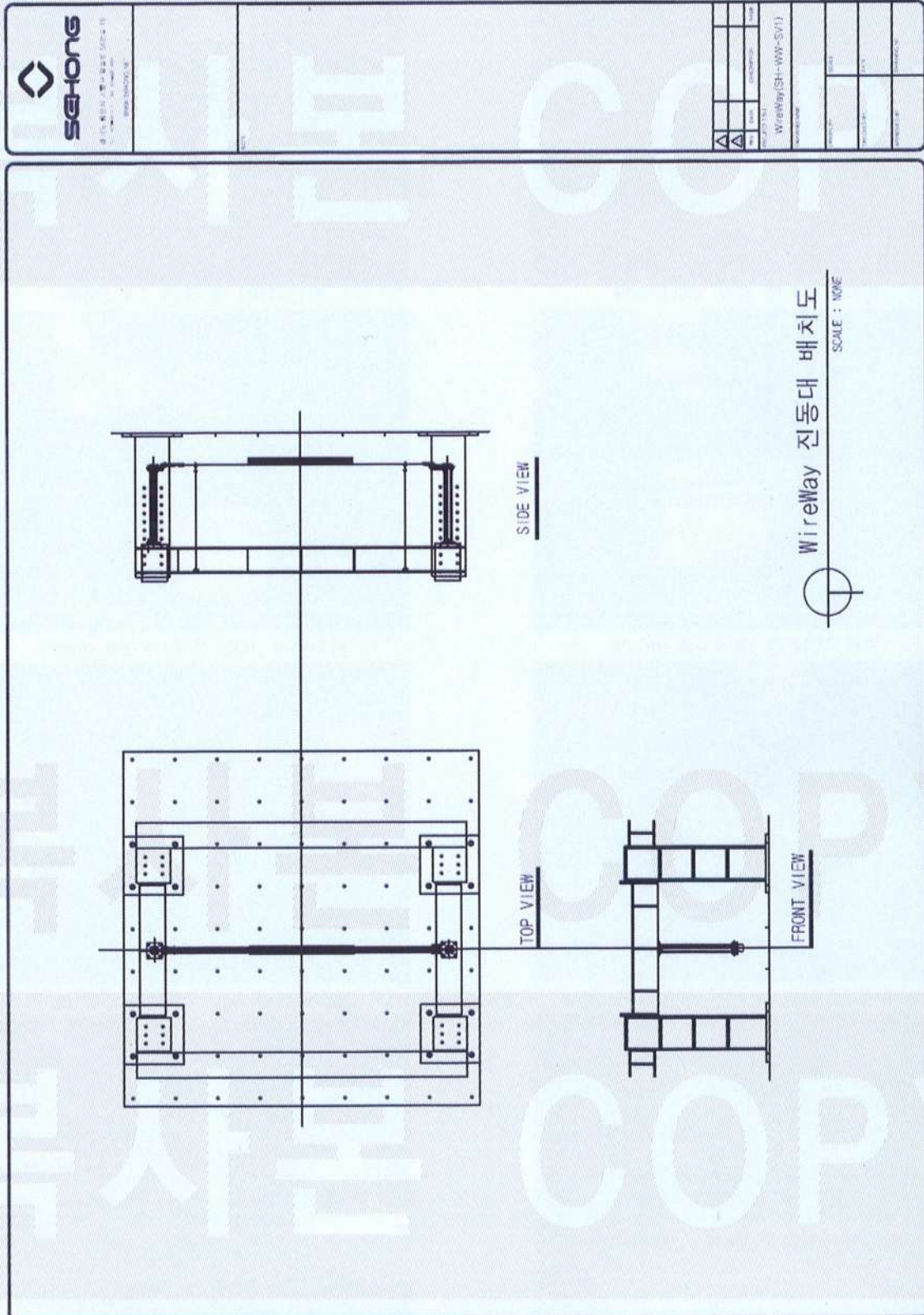


Figure A.1 UUT 도면



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
(CERTIFICATION NO.)  
시료명 : Wireway system  
(TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (8) / (총 11)

## ○ APPENDIX B : UUT 형상



Photo B.1 시험 전 UUT 정면



Photo B.2 시험 전 UUT 후면



Photo B.3 시험 전 UUT 우측후면



Photo B.4 시험 전 UUT 좌측

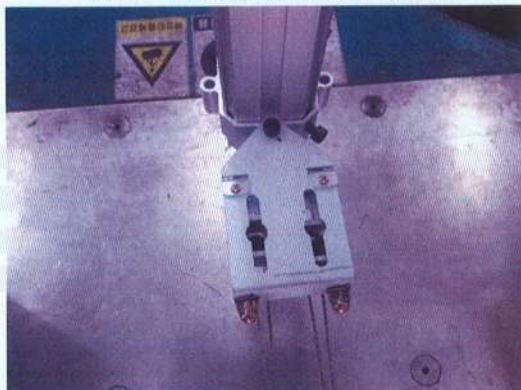


Photo B.5 시험 전 Turn buckle ass'y



Photo B.6 시험 전 Start end bracket ass'y

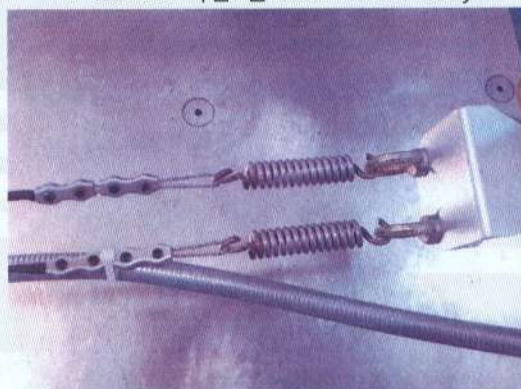


Photo B.7 시험 전 Spring



Photo B.8 시험 전 LED 등기구



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
(CERTIFICATION NO.)  
시료명 : Wireway system  
(TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (9) / (총 11)

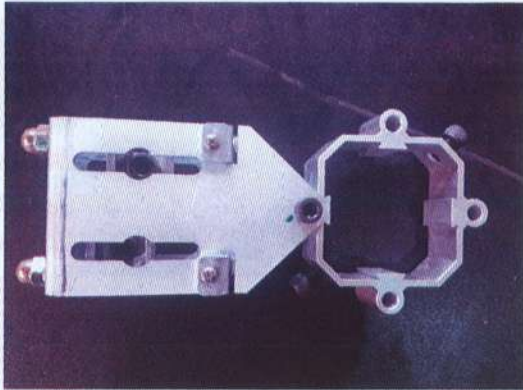


Photo B.9 시험 후 Turn buckle ass'y

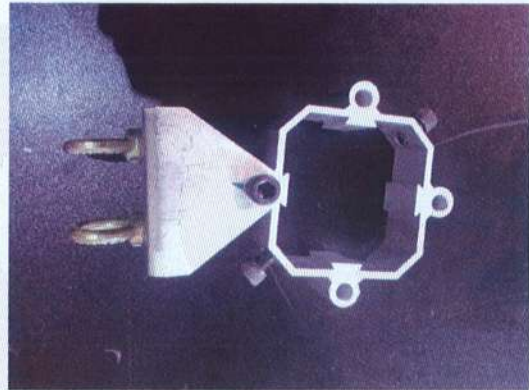


Photo B.10 시험 후 Start end bracket ass'y



Photo B.11 시험 후 LED 등기구

[ 이 하 여 백 ]

복사본 COPY

복사본 COPY



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
 (CERTIFICATION NO.)  
 시료명 : Wireway system  
 (TEST SAMPLE NAME)

페이지(PAGE) : (10) / (총 11)

○ APPENDIX C : 측정 장치 설치위치 및 사양

Table C.1. Sensor location and specification

Location name	Sensor name	Location / Direction	Model	Range	Serial No.	Last calibration date
A1	acc01	Shake table / Side-to-side (X)	8315A01 0D0TA0 0	±98.01 m/s <sup>2</sup>	2150836	2016.04.16.
	acc02	Shake table / Front-to-back (Y)			2150837	2016.04.15.
	acc03	Shake table / Vertical (Z)			2150839	2016.04.16.
A2	acc04	등기구 / Side-to-side (X)	8315A03 0D0TA0 0	±294.03 m/s <sup>2</sup>	2150535	2016.04.16.
	acc05	등기구 / Front-to-back (Y)			2150537	2016.04.16.
	acc06	등기구 / Vertical (Z)			2150538	2016.04.16.



Photo C.1 가속도계 위치



# 시험 결과

TEST RESULTS



성적서번호 : 2016-K-028  
(CERTIFICATION NO.)  
시료명 : Wireway system  
(TEST SAMPLE NAME)

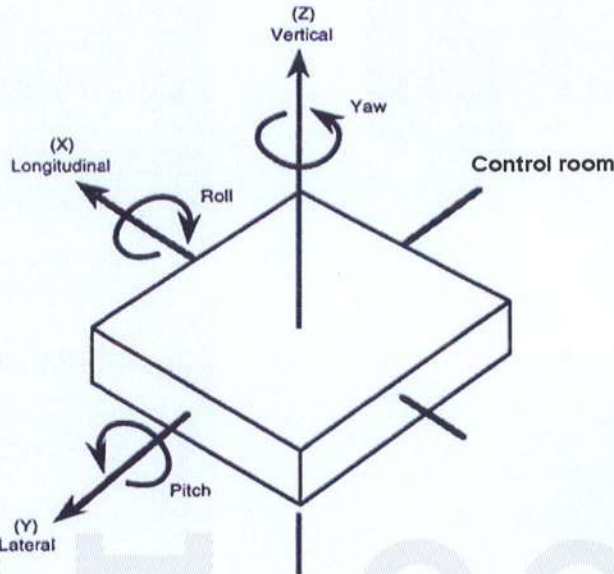
페이지(PAGE) : (11) / (총 11)

## ○ APPENDIX D : 시험장비

### D.1 6 DOF Shaking table

- (1) Controller / Control program : MTS 469D / Seismic test execution software (STEX3)
- (2) Manufacturer : MTS systems corporation, U.S.A.
- (3) Principal specifications

Control degrees of freedom	6 DOF (X, Y, Z, RX, RY, RZ)
Max. Loading	30 000 kg
Table size	4.0 m × 4.0 m
Max. Displacement	H = ±300 mm, V = ±150 mm
Max. Velocity	H = 1.5 m/s, V = 1.0 m/s
Max. Acceleration	H = ±1.5 g, V = ±1.0 g
Frequency range	0.1 Hz ~ 60 Hz
Excitation mechanism	Electro-hydraulic servo, 3 variable control
Feedback data acquisition	32 Channels



### D.2 Data acquisition (전압전류기록계)

- (1) A/D conversion system : National instrument LABVIEW software (customized)
- (2) Manufacturer : National instrument PXI-6251

Acceleration module Ch.	12 Channels
Strain module Ch.	264 Channels
Max. Excitation and signal voltage	10 V
Resolution	16 bits

### D.3 Accelerometer

- (1) Accelerometer type : DC type
- (2) Manufacturer / model : KISTLER / 8315A010D0TA00, KISTLER / 8315A030D0TA00
- (3) Location and serial (Appendix C 참조)

## 2. 실험체 검증 해석

# 1. 과업개요

## 1.1 과업의 목적

: 내진형 Wire way System에 대한 내진성능 평가 및 최적화 설계

## 1.2 과업의 범위

- Wire way의 기본 구성품에 대한 구조검증 및 최적화
- 메인폴과 콘크리트 연결 앵커의 안전성 검토
- 와이어 시공시 확보해야 하는 초기장력 값 산출
- 50M 구간 와이어 설치후, 와이어의 기본 처짐량 자료 제공
- 수직고정와이어 구조 검증에 의한 설치 최적 거리 제시

## 1.3 주요 구성재료

- 수평 Wire :  $\Phi 3.2$  케이블
- 수직 Wire :  $\Phi 1.2$  케이블
- Main Pole : AL6063
- 스타트유닛, 턴버클, Adjust Clip : SUS304

## 1.4 해석 모델

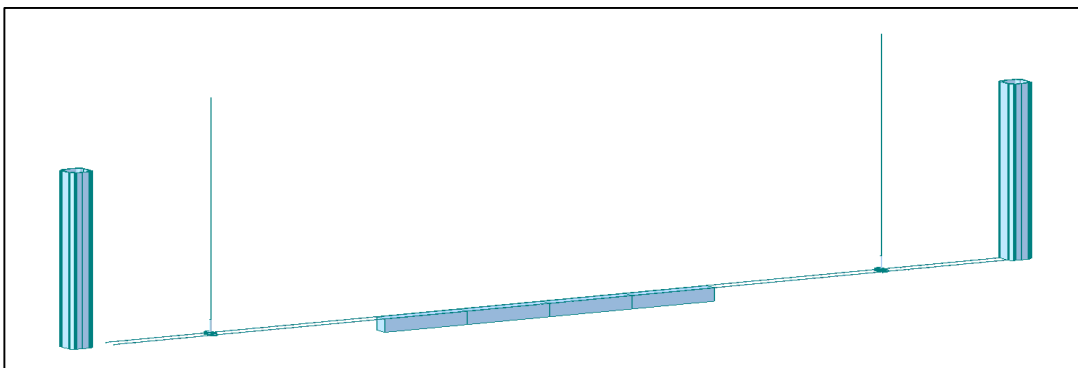
- 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL

# 2. 구조해석 MODELING

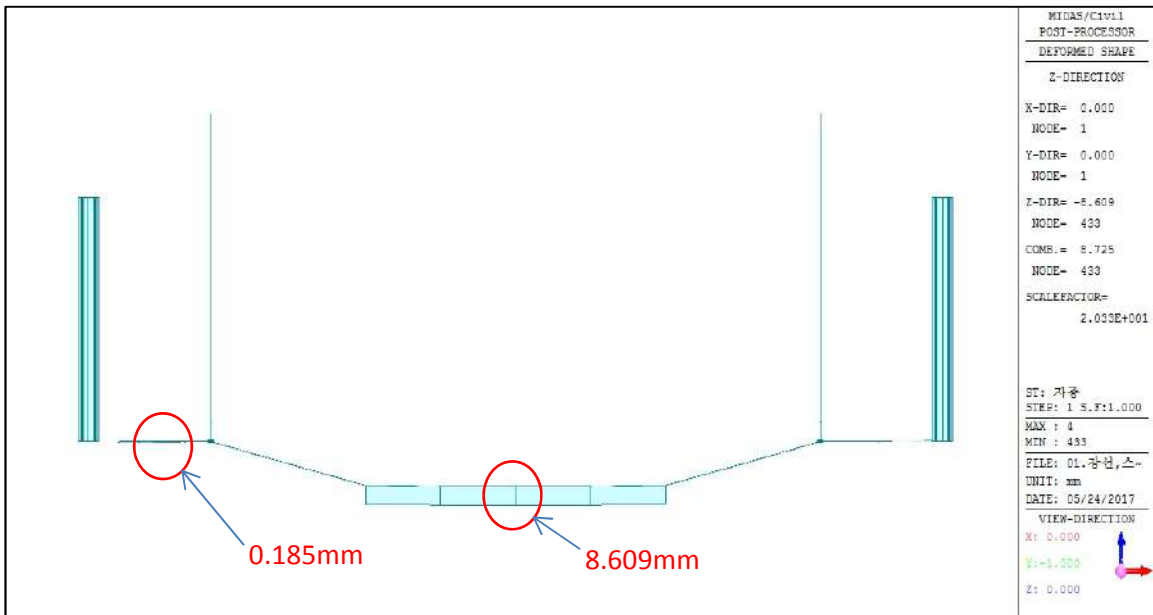
## 2.1 모델링 구성요소

: 기본적인 모델링은 FRAME 및 케이블요소를 이용하였고, 절점부의 경계조건은 Link요소를 사용하였다.

## 2.2 실험모델링(L=0.5m + 2.5m + 0.5m = 3.5m)



### 3. WireWay System의 처짐검토



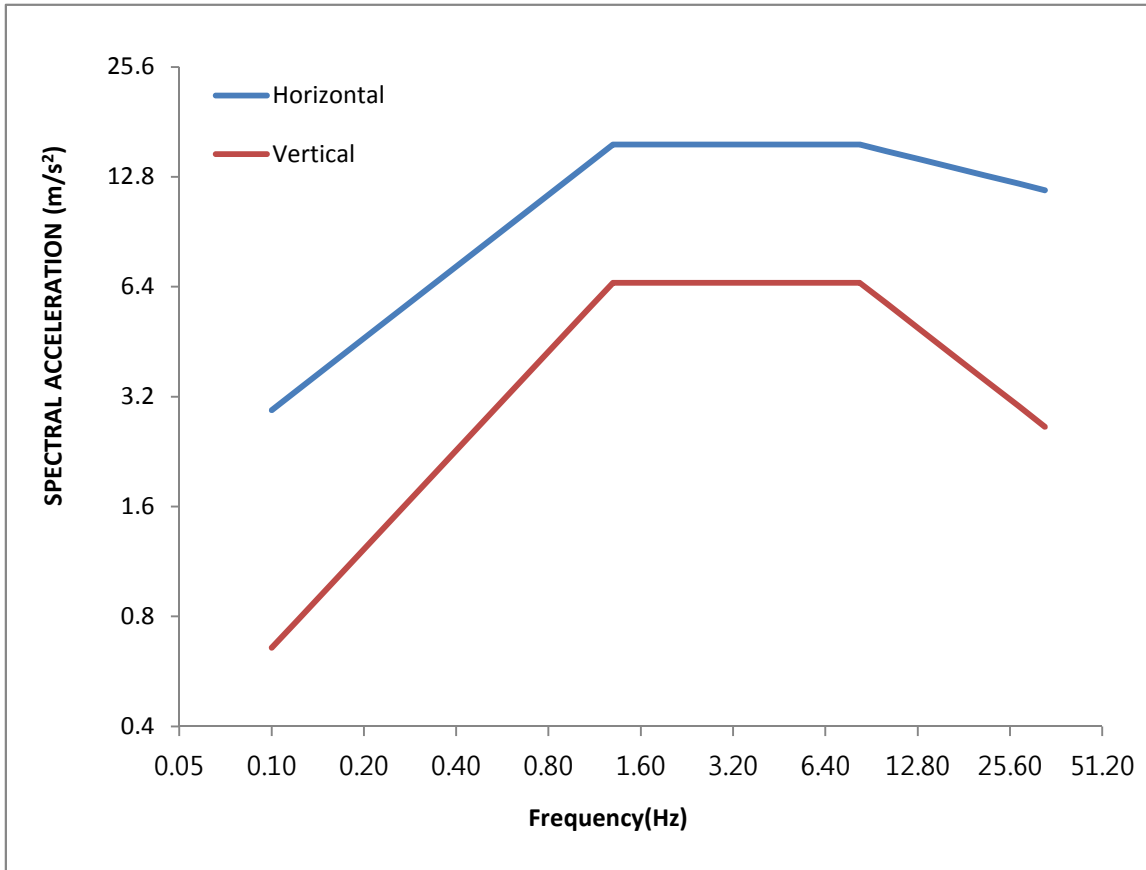
- 2.5m 경간의 처짐 = 8.609 mm
- 0.5m 경간의 처짐 = 0.185 mm

#### 4. 지진하중(응답스펙트럼)

##### 4.1 Time History Test Parameters z/h=1.0

Building code	Test Criteria	S <sub>DS</sub> (g)	z/h	Horizontal		Vertical	
				AFLX-H	ARIG-H	AFLX-V	ARIG-V
IBC2012	ICC-ES AC156:2010	9.806	1.00	15.680	11.760	6.567	2.646

##### 4.2 Design Response Spectra data



Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data	
	H	V		H	V		H	V		H	V
33.3000	11.76	2.65	8.2545	15.68	6.57	1.3000	15.68	6.57	0.2682	5.60	1.59
27.3054	12.25	3.01	6.5516	15.68	6.57	1.0672	13.79	5.50	0.2202	4.92	1.33
22.3900	12.77	3.43	5.2000	15.68	6.57	0.8761	12.12	4.61	0.1807	4.33	1.12
18.3594	13.30	3.91	4.1272	15.68	6.57	0.7192	10.66	3.86	0.1484	3.80	0.94
15.0544	13.86	4.45	3.2758	15.68	6.57	0.5905	9.37	3.23	0.1218	3.34	0.78
12.3444	14.44	5.06	2.6000	15.68	6.57	0.4847	8.24	2.71	0.1000	2.94	0.66
10.1222	15.05	5.77	2.0636	15.68	6.57	0.3979	7.24	2.27	0.0000	0.00	0.00
8.3000	15.68	6.57	1.6379	15.68	6.57	0.3267	6.37	1.90			

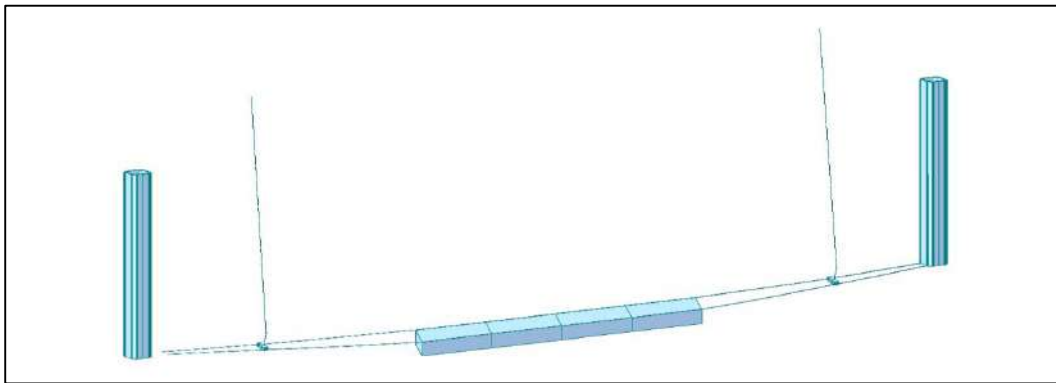
## 5. 고유치 해석

1) 해석결과와 실험결과 비교

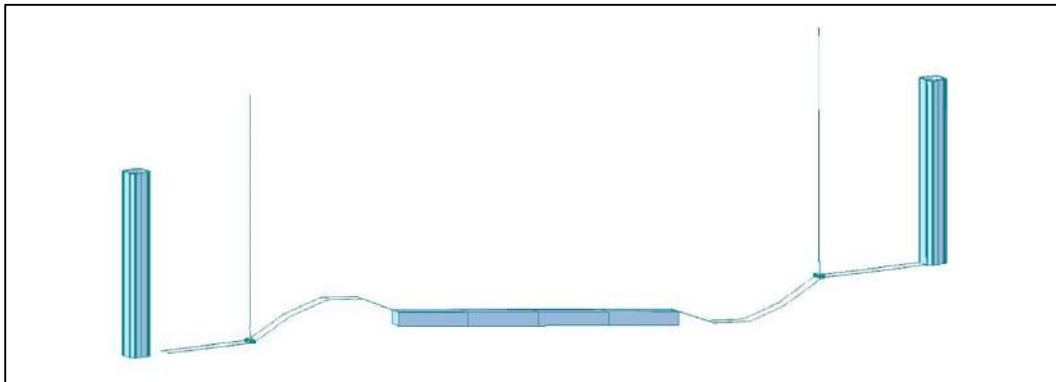
방향성	Frequency (Hz)		비고
	실험결과	해석결과	
x-dir	10.00	8.77	장력 수직방향
y-dir	34.75	39.53	장력방향
z-dir	9.25	10.39	중력방향

2) 주요진동모드의 형상(L=5.0m+10@4.0m+5.0m)

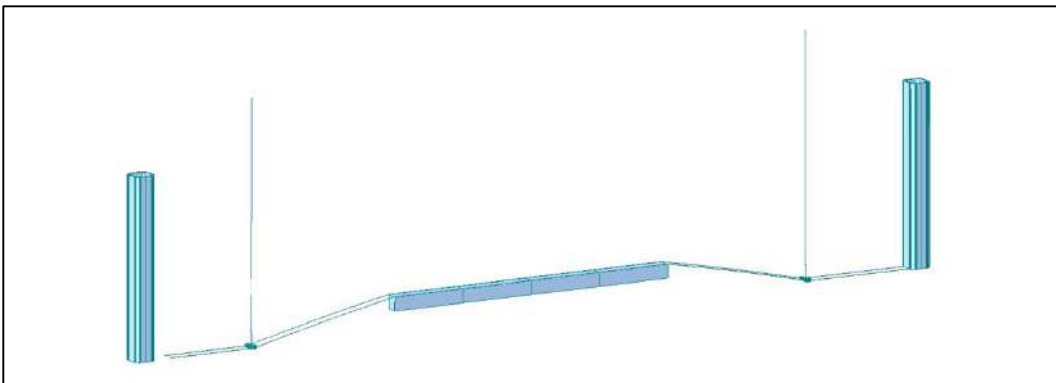
- x-dir(장력 수직방향)



- y-dir(장력방향)



- z-dir(중력방향)



### 3. 실제 와이어 구조해석

# C A S E - 1

(  $L = 2.5\text{m} + 25@1.8 + 2.5\text{m}$  )



# 1. 과업개요

## 1.1 과업의 목적

: 내진형 Wire way System에 대한 내진성능 평가 및 최적화 설계

## 1.2 과업의 범위

- Wire way의 기본 구성품에 대한 구조검증 및 최적화
- 메인폴과 콘크리트 연결 앵커의 안전성 검토
- 와이어 시공시 확보해야 하는 초기장력 값 산출
- 50M 구간 와이어 설치후, 와이어의 기본 처짐량 자료 제공
- 수직고정와이어 구조 검증에 의한 설치 최적 거리 제시

## 1.3 주요 구성재료

- 수평 Wire :  $\Phi 3.2$  케이블
- 수직 Wire :  $\Phi 1.2$  케이블
- Main Pole : AL6063
- 스타트유닛, 턴버클, Adjust Clip : SUS304

## 1.4 해석 모델

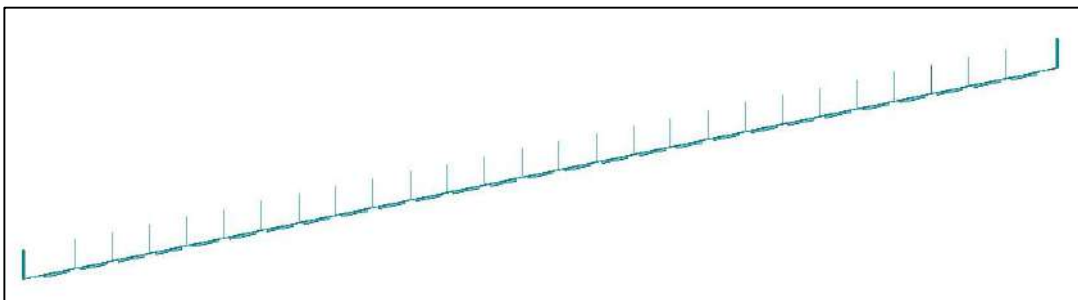
- 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL

# 2. 구조해석 MODELING

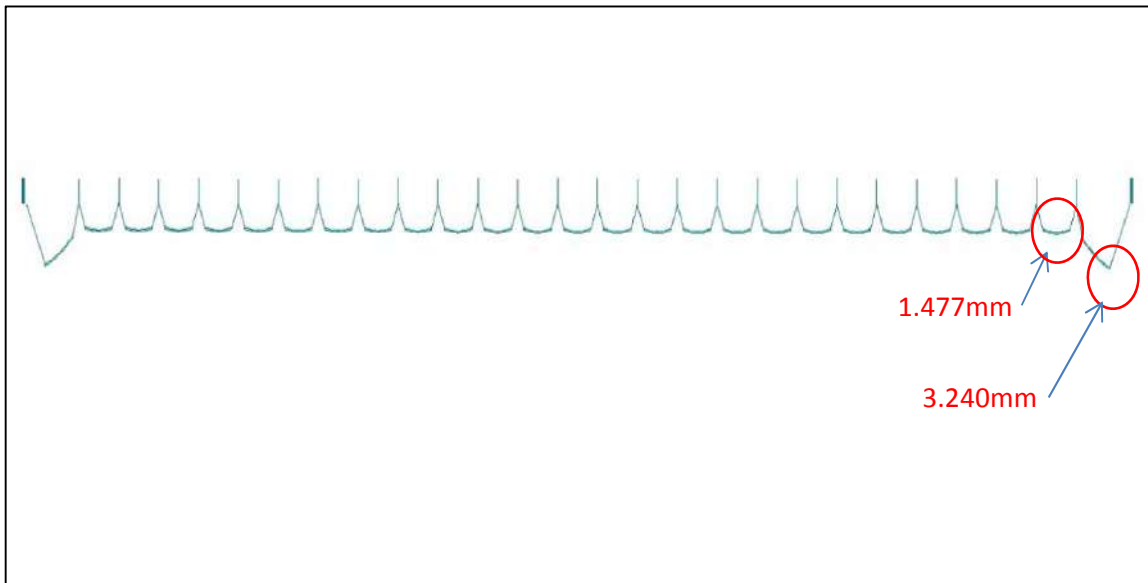
## 2.1 모델링 구성요소

: 기본적인 모델링은 FRAME 및 케이블요소를 이용하였고, 절점부의 경계조건은 Link요소를 사용하였다.

## 2.2 실제모델링 ( $L=2.5m + 25@1.8m + 2.5m = 50.0m$ )



### 3. WireWay System의 처짐검토(정상시)



- 2.5m 경간의 처짐 = 3.240 mm

- 1.8m 경간의 처짐 = 1.477 mm

- 허용처짐 (  $l / 500$  ) =  $2,500 / 400 = 6.250$  mm

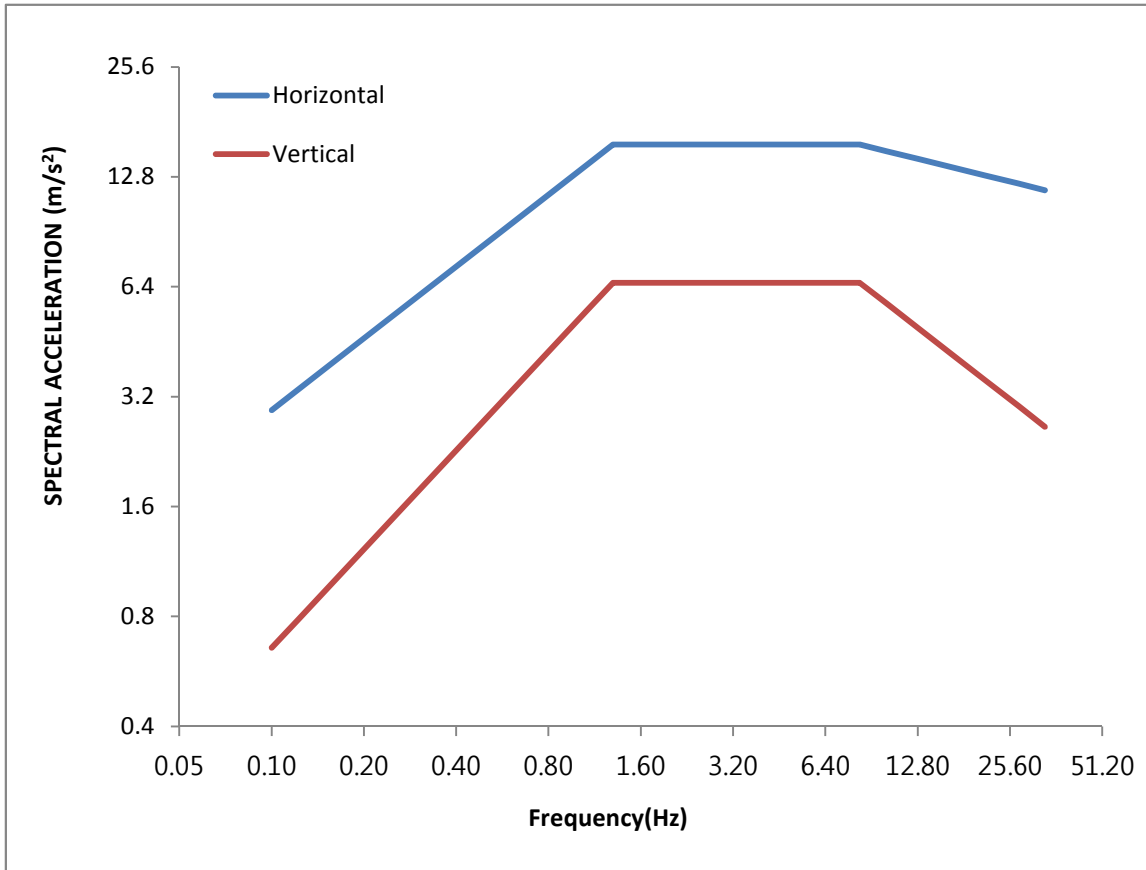
(※ 케이블 구조물의 허용처짐 기준 =  $l / 400$ )

#### 4. 지진하중(응답스펙트럼)

##### 4.1 Time History Test Parameters z/h=1.0

Building code	Test Criteria	S <sub>DS</sub> (g)	z/h	Horizontal		Vertical	
				AFLX-H	ARIG-H	AFLX-V	ARIG-V
IBC2012	ICC-ES AC156:2010	9.806	1.00	15.680	11.760	6.567	2.646

##### 4.2 Design Response Spectra data



Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data	
	H	V		H	V		H	V		H	V
33.3000	11.76	2.65	8.2545	15.68	6.57	1.3000	15.68	6.57	0.2682	5.60	1.59
27.3054	12.25	3.01	6.5516	15.68	6.57	1.0672	13.79	5.50	0.2202	4.92	1.33
22.3900	12.77	3.43	5.2000	15.68	6.57	0.8761	12.12	4.61	0.1807	4.33	1.12
18.3594	13.30	3.91	4.1272	15.68	6.57	0.7192	10.66	3.86	0.1484	3.80	0.94
15.0544	13.86	4.45	3.2758	15.68	6.57	0.5905	9.37	3.23	0.1218	3.34	0.78
12.3444	14.44	5.06	2.6000	15.68	6.57	0.4847	8.24	2.71	0.1000	2.94	0.66
10.1222	15.05	5.77	2.0636	15.68	6.57	0.3979	7.24	2.27	0.0000	0.00	0.00
8.3000	15.68	6.57	1.6379	15.68	6.57	0.3267	6.37	1.90			

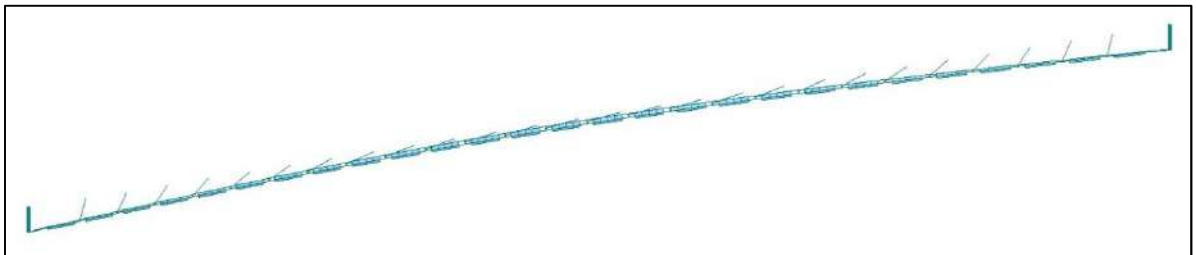
## 5. 고유치 해석

1) 해석결과(L=2.5m + 25@1.8m + 2.5m)

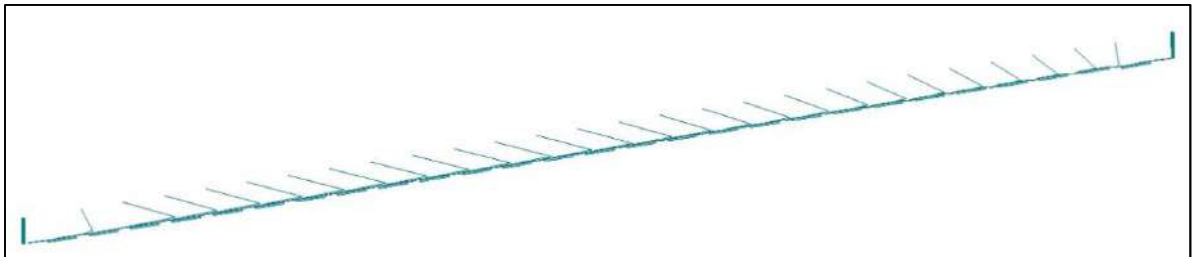
방향성	스프링상수 K=9.1kg/mm		비고
	Mode Number	Frequency (Hz)	
x-dir	1	2.357	장력 수직방향
y-dir	72	32.468	장력방향
z-dir	26	20.845	중력방향

2) 주요진동모드의 형상(L=2.5m + 25@1.8m + 2.5m)

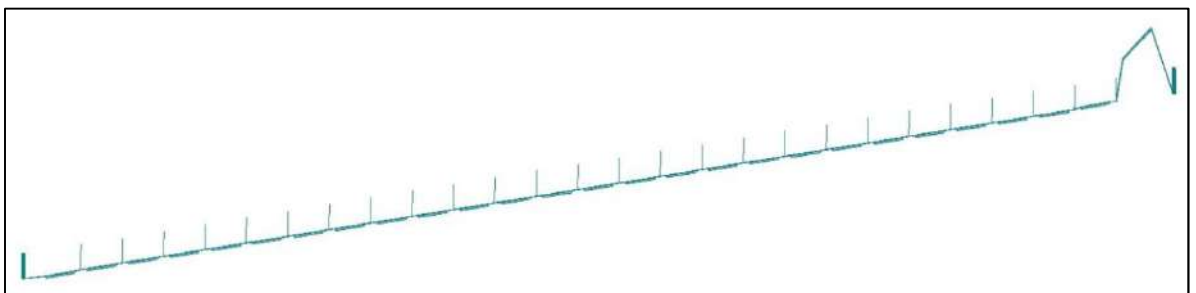
- x-dir(장력 수직방향)



- y-dir(장력방향)



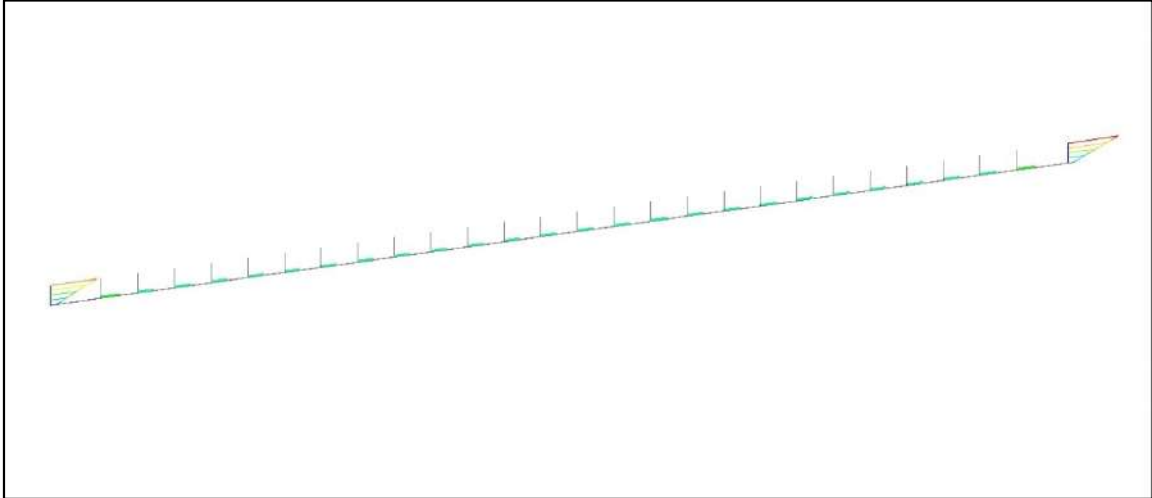
- z-dir(중력방향)



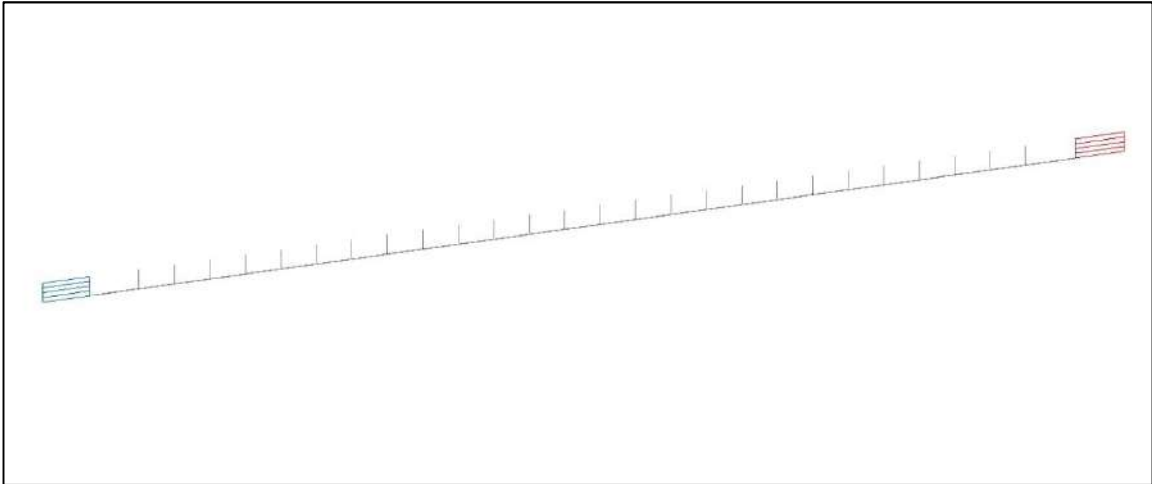
## 6. 설계 단면력 산정

### 6.1 해석결과 (x-dirx1.0+y-dirx1.0+z-dirx1.0)

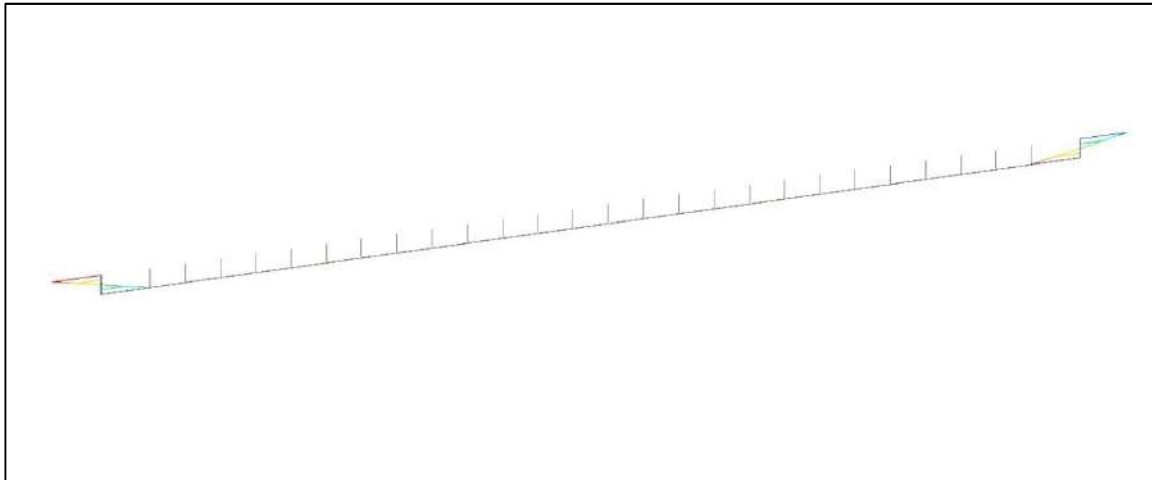
1) 축력



2) 전단력

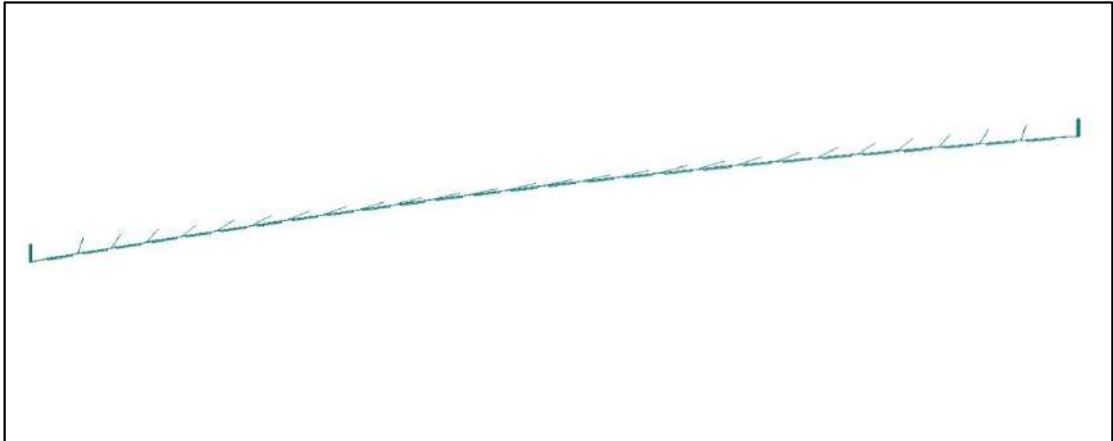


3) 모멘트

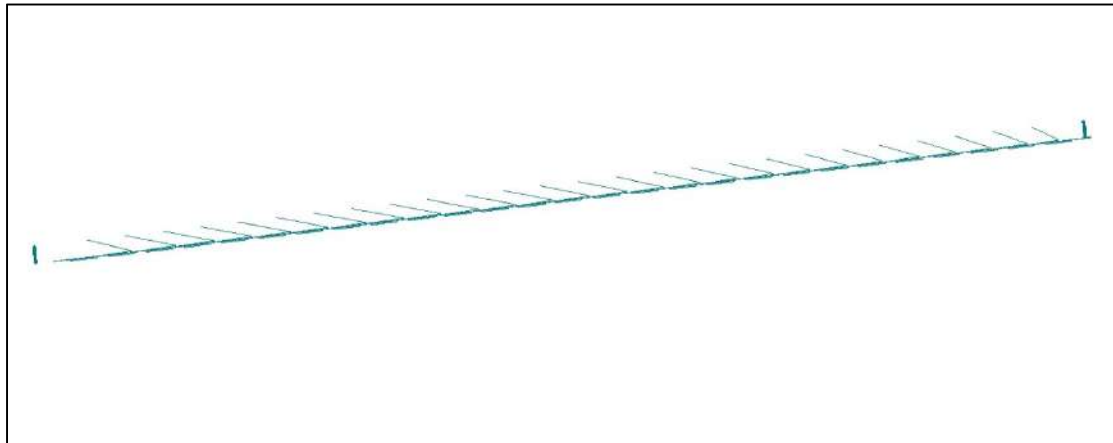


4) 처짐

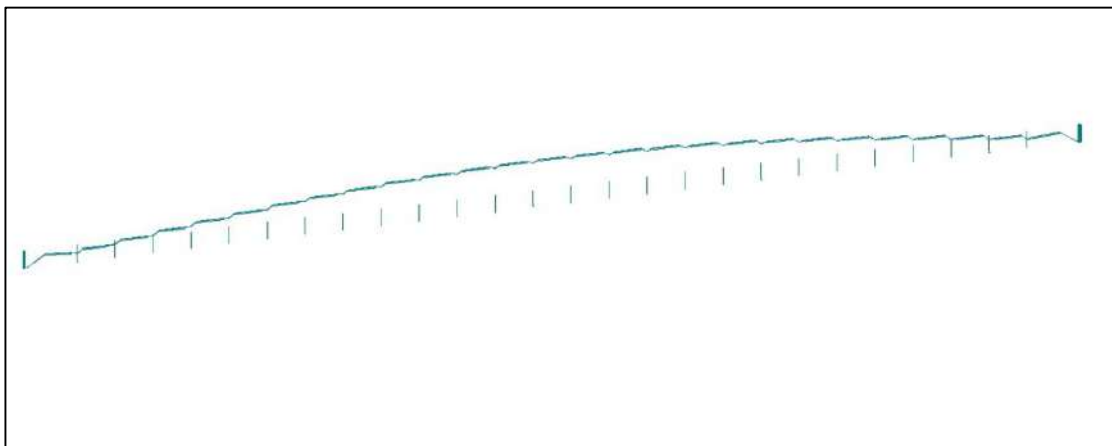
① x-방향(장력 수직방향)



② y-방향(장력 방향)



③ z-방향(중력방향)



④ 처짐집계

방향별 처짐량(mm)				비교
구분	x-방향(장력수직)	y-방향(장력)	z-방향(중력)	
처짐량	79.457	0.828	2.469	

## 6.2 해석결과 집계

### 1)메인지주 부재력

부재력				비고
축력(N)	모멘트(N.mm)	전단력(N)	변위(mm)	
82.074	969518.037	2084.986	0.026	

### 2) 스타트유닛 부재력

부재력		비고
메인지주 연결부 전단력(N)	스프링 전단력(N/ea)	
2052.256	1042.714	

### 3) 턴버클 부재력

부재력		비고
메인지주 연결부 전단력(N)	스프링 전단력(N/ea)	
2072.380	1053.632	

### 4) 분기유닛 부재력

부재력		비고
스타트유닛 연결부 전단력(N)	턴버클 연결부 전단력(N)	
2052.256	2072.380	

## 7. 구성품 안전성 검토

### 7.1 main 지주검토

#### 1) 단면제원

	단면제원	단면2차모멘트(I) = 2096038.901 mm <sup>4</sup>
		단면적(A) = 2332.252 mm <sup>2</sup>
		직경(D) = 85.000 mm
	작용력	모멘트 = 969518.037 N.mm
		전단력 = 2084.986 N
		축력 = 82.074 N

#### 2) 응력검토

##### ① 휨응력

- 압축면

$$f_{top} = \frac{P}{A} - \frac{M}{I} y = \frac{82.074}{2,332.252} - \frac{969,518.037}{2,096,038.901} \times 42.500 = -19.623 \text{ Mpa}$$

$$19.623 < f_{ca} = 74.000 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

- 인장면

$$f_{bot} = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} y = \frac{82.074}{2,332.252} + \frac{969,518.037}{2,096,038.901} \times 42.500 = 19.693 \text{ Mpa}$$

$$19.693 < f_{ca} = 74.000 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

##### ② 전단응력

$$u = \frac{V}{A} = \frac{2,084.986}{2,332.252} = 0.894 \text{ Mpa}$$

$$0.894 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

##### ③ 변위검토

$$\delta = 0.026 \text{ mm}$$

$$0.026 < \delta a = 2.3 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$



## 7.2 스타트 유닛

### 1) 단면제원

	단면제원	지주연결부 전단 단면적(A) =	55.200	mm <sup>2</sup>
		스프링 고리 전단 단면적(A) =	56.745	mm <sup>2</sup>
	작용력	지주접속부 전단력 =	2052.256	N
		스프링접속부 전단력 =	1042.714	N

### 2) 응력검토

#### ① 지주 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{2,052.256}{55.200} = 37.179 \text{ Mpa}$$

$$37.179 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

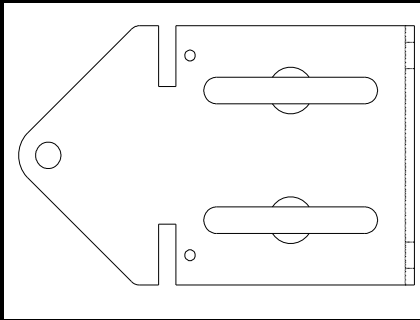
#### ② 스프링 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{1,042.714}{56.745} = 18.375 \text{ Mpa}$$

$$18.375 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

### 7.3 턴버클(와이어 장력조절 장치)

#### 1) 단면제원

	단면제원	지주연결부 전단 단면적(A)	=	55.200	mm <sup>2</sup>
		강선연결볼트 전단 단면적(A)	=	78.540	mm <sup>2</sup>
	작용력	지주접속부 전단력	=	2072.380	N
		스프링접속부 전단력	=	1053.632	N

#### 2) 응력검토

##### ① 지주 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{2,072.380}{55.200} = 37.543 \text{ Mpa}$$

$$37.543 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

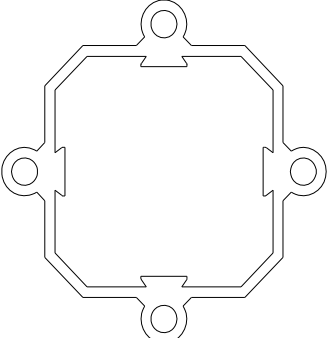
##### ② 스프링 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{1,053.632}{78.540} = 13.415 \text{ Mpa}$$

$$13.415 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

## 7.4 분기유닛

### 1) 단면제원

	단면제원	스타트유닛연결부 전단 단면적(A)	=	146.640	mm <sup>2</sup>
		턴버클연결부 전단 단면적(A)	=	146.640	mm <sup>2</sup>
	작용력	스타트유닛 연결부 전단력	=	2052.256	N
		턴버클 연결부 전단력	=	2072.380	N

### 2) 응력검토

#### ① 스타트유닛 연결부 전단응력

$$u = \frac{V}{A} = \frac{2,052.256}{146.640} = 13.995 \text{ Mpa}$$

$$13.995 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

#### ② 턴버클 연결부 전단응력

$$u = \frac{V}{A} = \frac{2,072.380}{146.640} = 14.132 \text{ Mpa}$$

$$14.132 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

## 8. 인장스프링 안전성검토

### 1) 단면제원

- 탄성계수(G)	=	8000	kgf/mm <sup>2</sup>	- 초 하 중(Po)	=	32.638	kgf
- 선 경(d)	=	7	mm	- 초 응 력(τ l)	=	6.3	kgf/mm <sup>2</sup>
- 외 경(Do)	=	33	mm	- 하 중(P)	=	273.213	kgf
- 중 심 경(Dm)	=	26	mm	- 스프링상수(K)	=	9.107	kgf/mm
- 내 경(Di)	=	19	mm	- 지 수 비(C)	=	3.714	Da/d
- 총 권 수(Nt)	=	16	ea	- 응력수정계수(K')	=	1.442	
- 유효권수(Ne)	=	15	ea	- 스프링 길이(K')	=	1306.903	mm
- 자 유 장(L)	=	112	mm	- 인장강도(σb)	=	165	kgf/mm <sup>2</sup>
- 변 이 량(l)	=	30	mm				

### 2) 인장스프링의 강도 검토

#### ① 스프링작용응력

$$\begin{aligned}
 \text{스프링 응력}(Z) &= K \times \frac{8 \times D}{\pi \times d^3} \times P \\
 &= 1.442 \times \frac{8 \times 26}{\pi \times 343} \times 273.213 \\
 &= 76.042 \text{ kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

#### ② 인장응력검토

$$\text{스프링 응력}(Z) = 76.042 < 82.500 \quad \text{이므로} \quad \mathbf{O.K}$$

(재료의 허용응력은 인장강도의 50%)

## 9. 셋트앙카 검토

### 1) 설계조건

- ① 지주접속판규격 = 180 x 180 = 0.18 x 0.18
- ② 앵커볼트의 제원 = M16 x 4 EA , 재료인장강도 = 500 Mpa
- ③ 기초콘크리트 규격 = 24 MPa
- ④ 앵커의 묻힘길이 = 75 mm

### 2) 작용력

구분	사용하중	계수하중	비고
모멘트(kN.m)	0.962	1.251	1.3
수평력(kN)	2.085	2.711	1.3
수직력(kN)	0.082	0.107	1.3

### 3) 앵커가 받는 인장력

$$q_{\max, \min} = \frac{\sum N}{L \cdot B} \pm \frac{6 \sum M}{L^2 B}$$

max	min	판단	압축영역구간(a)	인장영역구간(b)
1289.92 kN/m <sup>2</sup>	-1283.34 kN/m <sup>2</sup>	인장영역 발생	0.090 m	0.090 m

인장력	인장력/EA	전단력/EA
10.40 kN	5.20	0.678

### 4) 앵커검토

#### (1) 기호설명

$A_{Nco}$  = 연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우, 인장강도 산정을 위한 단일 앵커의 콘크리트 파괴투영면적, mm<sup>2</sup>

$A_{Nc}$  = 인장강도 산정을 위한 단일앵커 또는 앵커그룹의 콘크리트 파괴투영면적, mm<sup>2</sup>

$A_{se}$  = 앵커의 유효단면적, mm<sup>2</sup>

$\Psi_{ed,N}$  = 연단거리 영향에 대한 인장강도의 수정계수

$\Psi_{c,N}$  = 균열유무에 따른 인장강도에 대한 수정계수

$\Psi_{op,N}$  = 후설치앵커를 보조철근 없이 비균열 콘크리트에 사용하기 위한 인장강도에 대한 수정계수

$\Psi_{c,p}$  = 균열 유무에 따른 앵커뿔힘강도에 대한 수정계수

(2) 인장하중 하에서 앵커강도 검토

$$\Phi N_{sa} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$\begin{aligned} \Phi N_{sa} &= \Phi \times n \times A_{se,n} \times f_{uta} = 0.45 \times 1 \times 157.000 \times 500 \\ &= 35.325 \text{ kN} \end{aligned}$$

(여기서  $N_{sa}$  = 인장을 받는 단일 앵커 또는 앵커그룹에서 강재강도가 지배하는 경우의 공칭강도, N)

$$N_{ua} = 5.200 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi N_{sa} < N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(3) 인장하중 하에서 콘크리트 파괴강도 검토

$$\Phi N_{cb} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \times \psi_{ed,N} \times \psi_{c,N} \times \psi_{cp,N} \times N_b \quad \text{여기서 } N_b = \text{균열콘크리트에서 인장을 받는 단일앵커의 기본 콘크리트 파괴강도, N}$$

$$\frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} = 1.0 \quad \psi_{ed,N} = 1.0 \quad , \quad \psi_{c,N} = 1.0 \quad , \quad \psi_{cp,N} = 1.0$$

$$k_c = 7$$

$$N_b = k_c \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 22.274 \text{ kN} \quad \text{물림길이가 280mm 이하일때}$$

$$\Phi N_{cb} = 10.023 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi N_{cb} > N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(4) 앵커의 뺨힘강도 검토

$$\Phi N_{pn} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$N_{pn} = \psi_{c,p} \times N_p \quad (\text{여기서 } N_p = \text{균열콘크리트에서 인장을 받는 단일 앵커의 뺨힘강도, N})$$

$$\psi_{c,p} = 1.0$$

$$N_p = 20.270 \text{ kN}$$

$$\Phi N_{pn} = 0.45 \times 1 \times 1.0 \times 20.270 = 9.122 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi N_{pn} > N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(5) 전단하중 하에서 앵커강도 검토

$$\Phi V_{sa} \geq V_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$V_{sa} = 0.6n \times A_{se} \times f_{uta}$$

(여기서  $V_{sa}$  = 전단을 받는 단일 앵커 또는 앵커그룹에서 강재강도가 지배하는 경우의 공칭강도, N)

$$n = 1, \quad A_{se} = 157.0 \text{ mm}^2, \quad f_{uta} = 500 \text{ MPa}$$

$$\Phi V_{sa} = 0.45 \times 0.6 \times 1 \times 157.0 \times 500 = 21,195 \text{ N} = 21.195 \text{ kN}$$

$$V_{ua} = 0.678 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi V_{sa} > V_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(6) 전단하중 하에서 콘크리트파괴강도 검토

$$\Phi V_{cb} \geq V_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \psi_{ec,v} \times \psi_{ed,v} \times \psi_{c,v} \times V_b$$

여기서  $V_b$  = 균열콘크리트에서 전단을 받는 단일앵커의 기본 콘크리트 파괴강도, N

$$\frac{A_{vc}}{A_{vco}} = 1.0, \quad \psi_{ec,v} = 1.0, \quad \psi_{ed,v} = 1.0, \quad \psi_{c,v} = 1.0$$

$$d_a = 16 \text{ mm} \quad (\text{앵커볼트의 직경})$$

$$l_e = 8 \times d_a = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$C_{a1} = 100 \text{ mm} \quad (\text{연단거리})$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} (C_{a1})^{1.5}$$

$$= 17.821 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{cb} = 0.45 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 17.821$$

$$= 8.019 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi V_{cb} > V_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

# C A S E - 2

(  $L = 2.5\text{m} + 6@3.6 + 1.8 + 6@3.6 + 2.5\text{m}$  )



# 1. 과업개요

## 1.1 과업의 목적

: 내진형 Wire way System에 대한 내진성능 평가 및 최적화 설계

## 1.2 과업의 범위

- Wire way의 기본 구성품에 대한 구조검증 및 최적화
- 메인폴과 콘크리트 연결 앵커의 안전성 검토
- 와이어 시공시 확보해야 하는 초기장력 값 산출
- 50M 구간 와이어 설치후, 와이어의 기본 처짐량 자료 제공
- 수직고정와이어 구조 검증에 의한 설치 최적 거리 제시

## 1.3 주요 구성재료

- 수평 Wire :  $\Phi 3.2$  케이블
- 수직 Wire :  $\Phi 1.2$  케이블
- Main Pole : AL6063
- 스타트유닛, 턴버클, Adjust Clip : SUS304

## 1.4 해석 모델

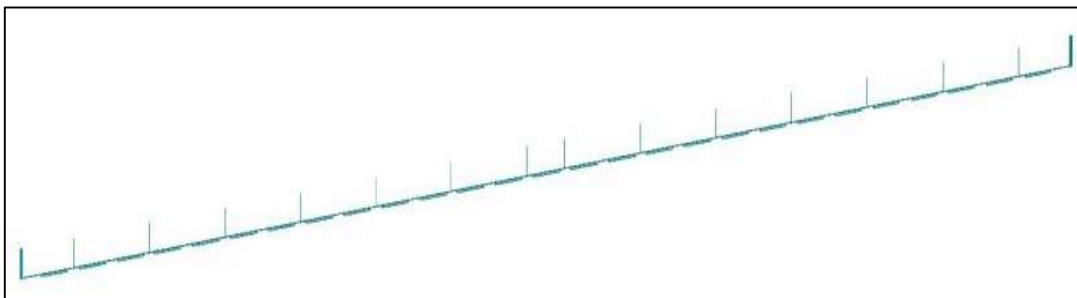
- 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL

# 2. 구조해석 MODELING

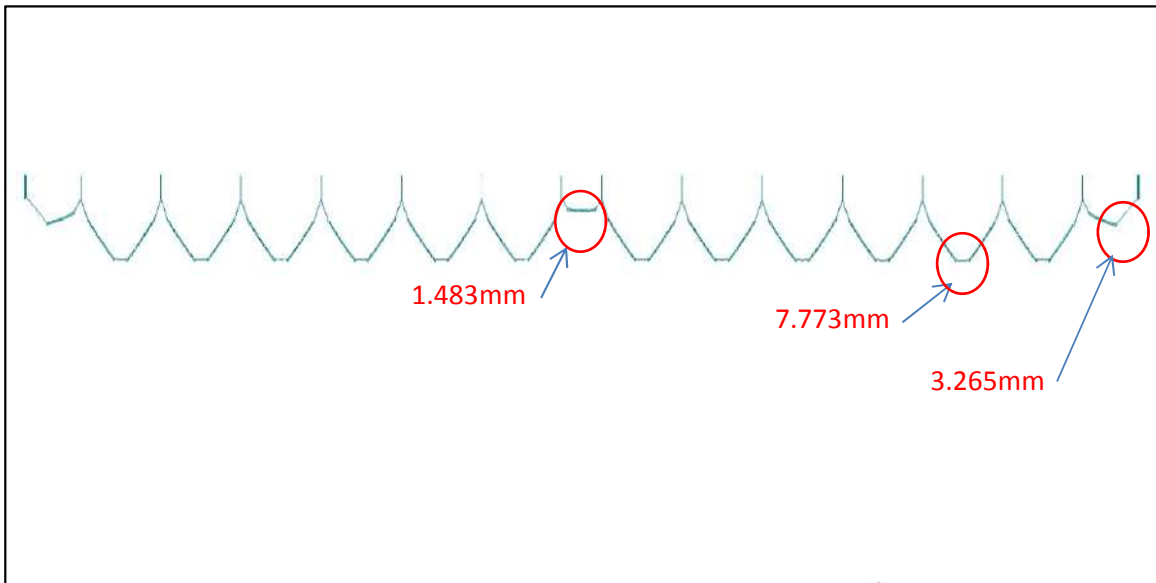
## 2.1 모델링 구성요소

: 기본적인 모델링은 FRAME 및 케이블요소를 이용하였고, 절점부의 경계조건은 Link요소를 사용하였다.

## 2.2 실제모델링 ( $L=2.5m + 6@3.6 + 1.8m + 6@3.6 + 2.5m = 50.0m$ )



### 3. WireWay System의 처짐검토



- 3.6m 경간의 처짐 = 7.773 mm

- 2.5m 경간의 처짐 = 3.265 mm

- 1.8m 경간의 처짐 = 1.483 mm

- 허용처짐( | / 500 ) = 3,600 / 400 = 9.000 mm

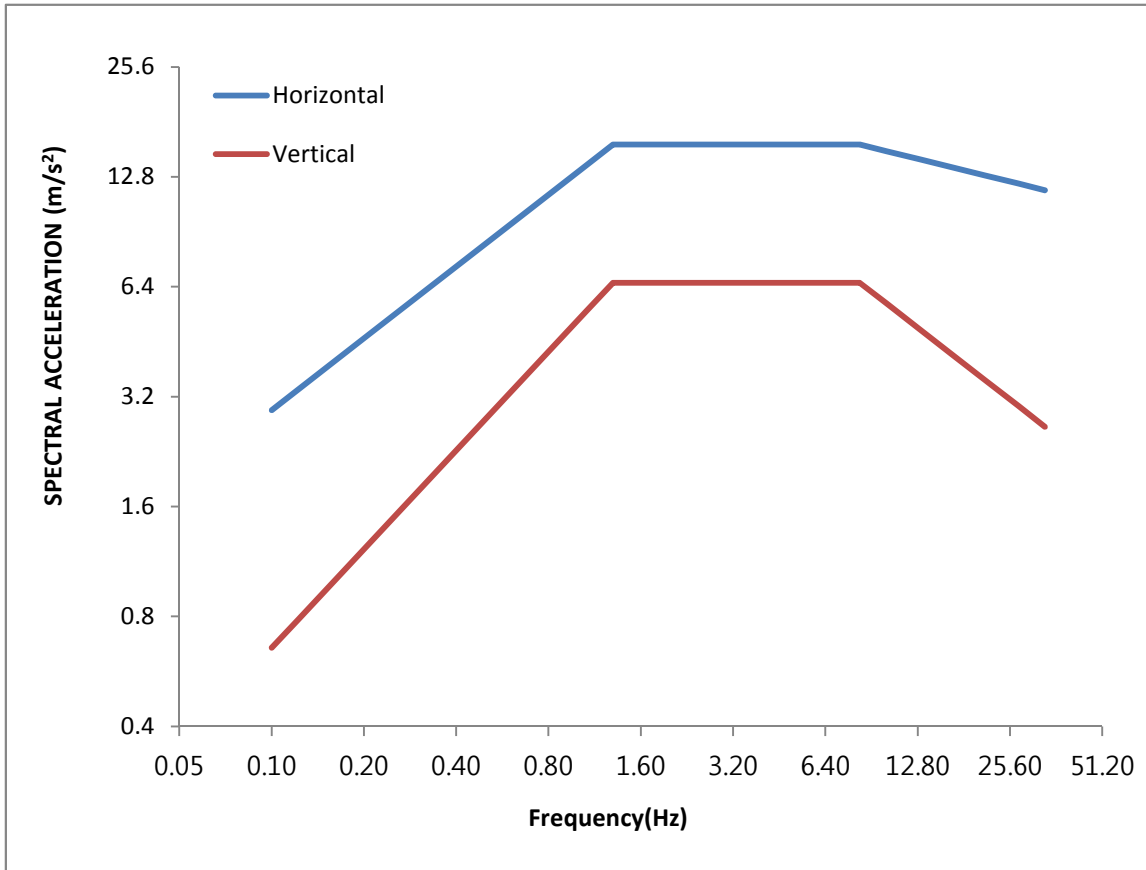
(※ 케이블 구조물의 허용처짐 기준 = | / 400)

#### 4. 지진하중(응답스펙트럼)

##### 4.1 Time History Test Parameters z/h=1.0

Building code	Test Criteria	S <sub>DS</sub> (g)	z/h	Horizontal		Vertical	
				AFLX-H	ARIG-H	AFLX-V	ARIG-V
IBC2012	ICC-ES AC156:2010	9.806	1.00	15.680	11.760	6.567	2.646

##### 4.2 Design Response Spectra data



Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data	
	H	V		H	V		H	V		H	V
33.3000	11.76	2.65	8.2545	15.68	6.57	1.3000	15.68	6.57	0.2682	5.60	1.59
27.3054	12.25	3.01	6.5516	15.68	6.57	1.0672	13.79	5.50	0.2202	4.92	1.33
22.3900	12.77	3.43	5.2000	15.68	6.57	0.8761	12.12	4.61	0.1807	4.33	1.12
18.3594	13.30	3.91	4.1272	15.68	6.57	0.7192	10.66	3.86	0.1484	3.80	0.94
15.0544	13.86	4.45	3.2758	15.68	6.57	0.5905	9.37	3.23	0.1218	3.34	0.78
12.3444	14.44	5.06	2.6000	15.68	6.57	0.4847	8.24	2.71	0.1000	2.94	0.66
10.1222	15.05	5.77	2.0636	15.68	6.57	0.3979	7.24	2.27	0.0000	0.00	0.00
8.3000	15.68	6.57	1.6379	15.68	6.57	0.3267	6.37	1.90			

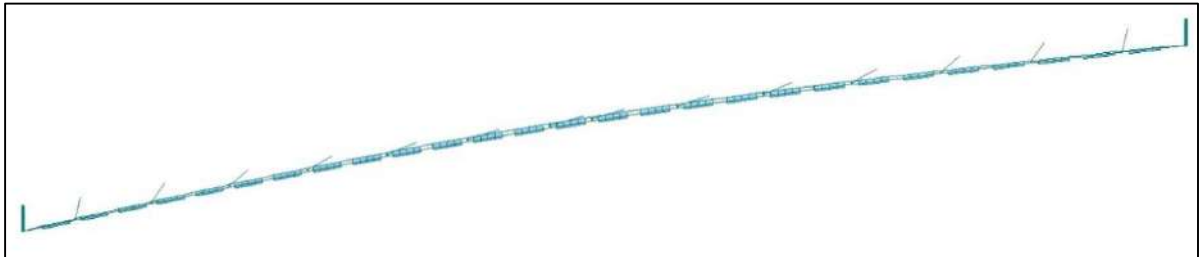
## 5. 고유치 해석

1) 해석결과(L=2.5m + 25@1.8m + 2.5m)

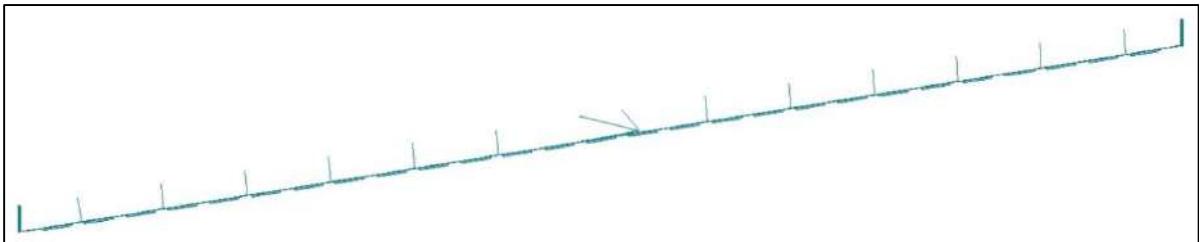
방향성	스프링상수 K=9.1kg/mm		비고
	Mode Number	Frequency (Hz)	
x-dir	1	2.523	장력 수직방향
y-dir	74	40.326	장력방향
z-dir	20	16.388	중력방향

2) 주요진동모드의 형상(L=2.5m + 25@1.8m + 2.5m)

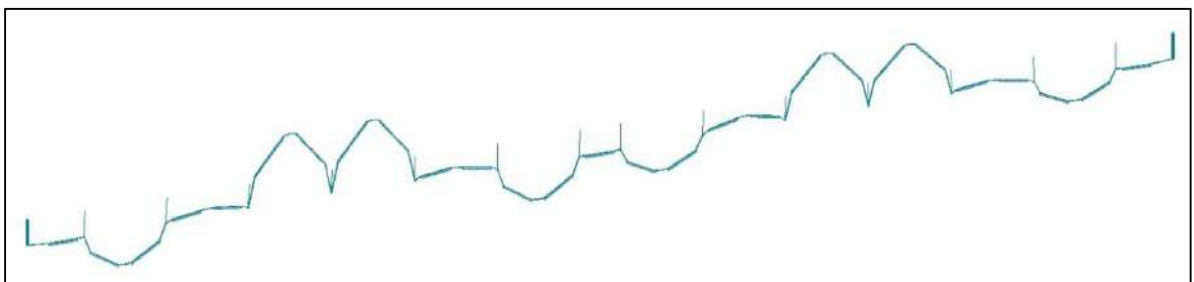
- x-dir(장력 수직방향)



- y-dir(장력방향)



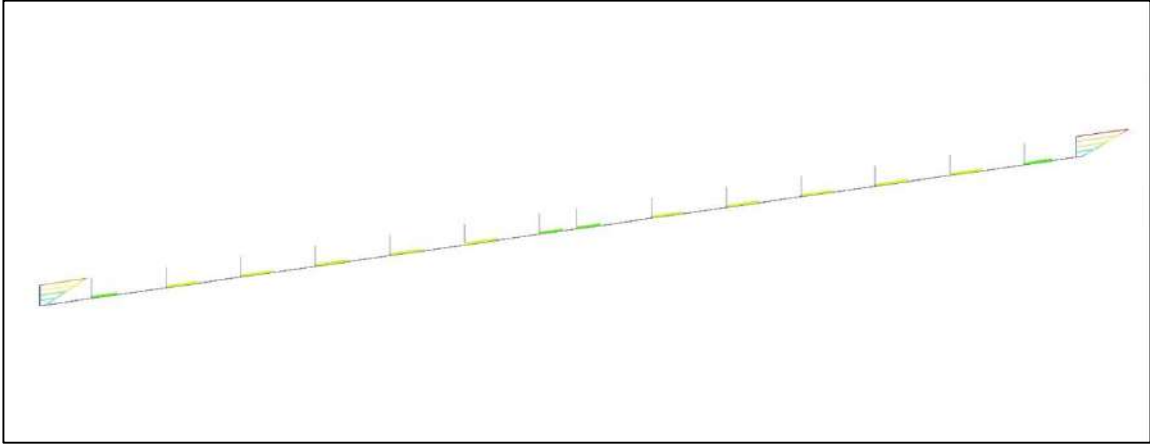
- z-dir(중력방향)



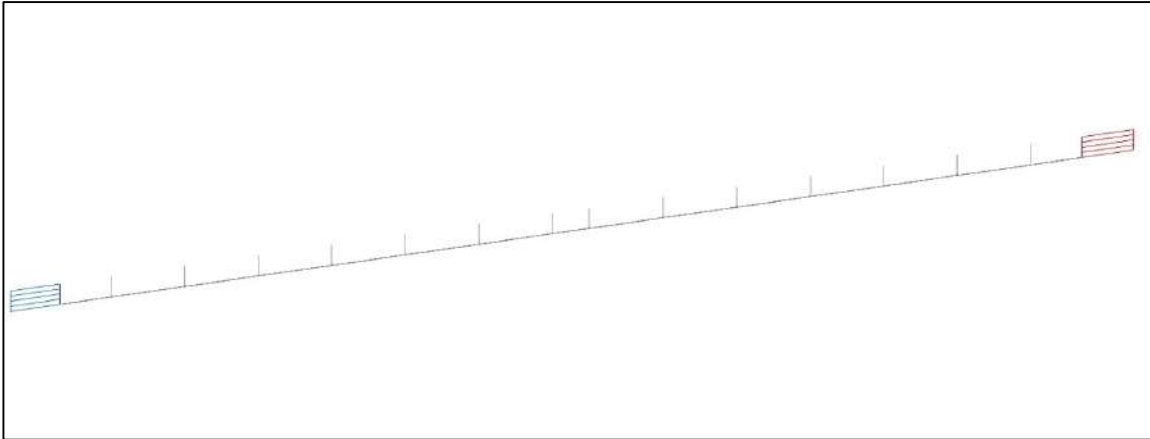
## 6. 설계 단면력 산정

### 6.1 해석결과 (x-dirx1.0+y-dirx1.0+z-dirx1.0)

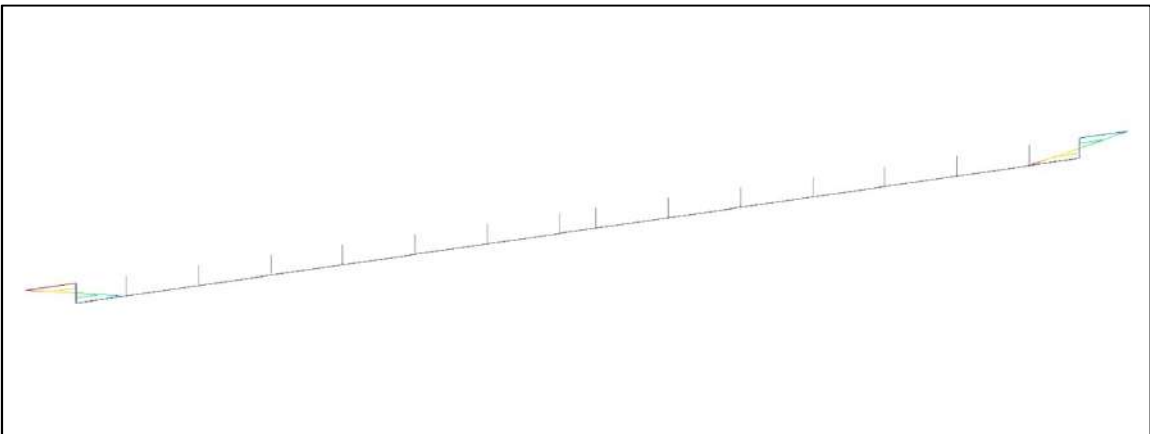
1) 축력



2) 전단력

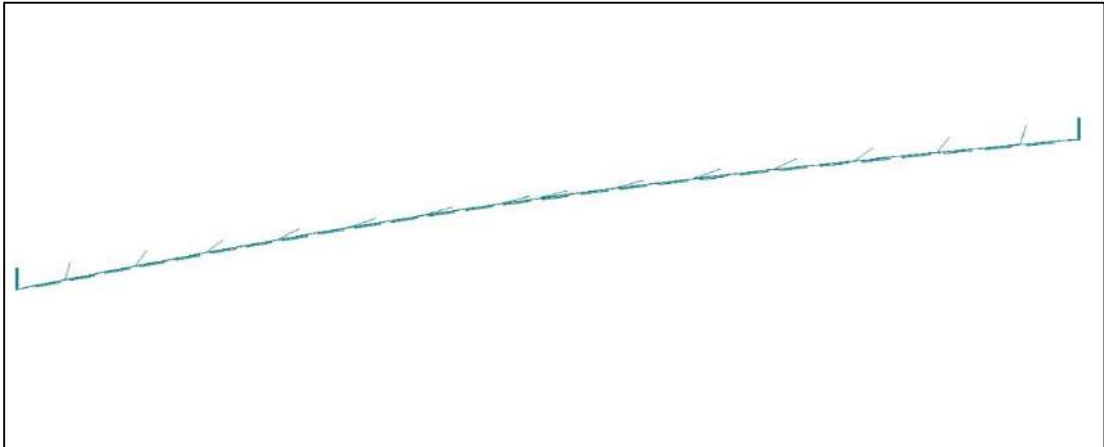


3) 모멘트

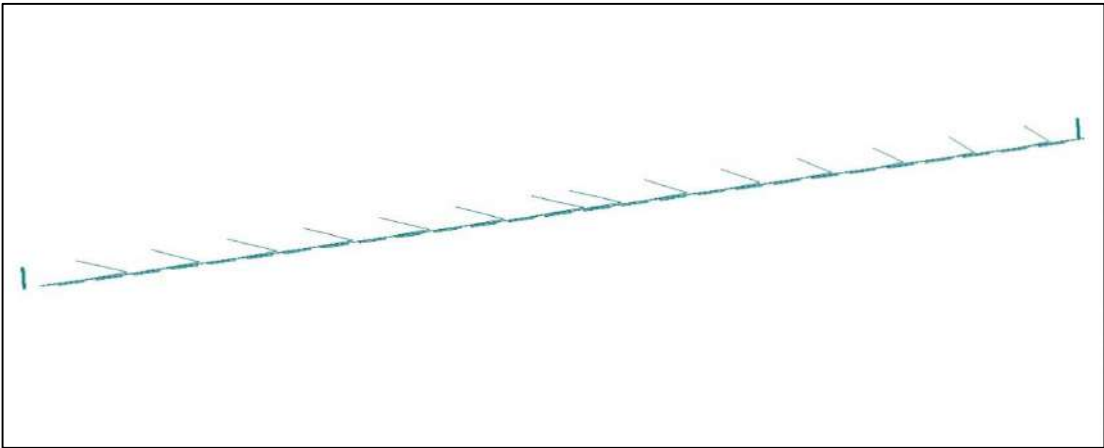


4) 처짐

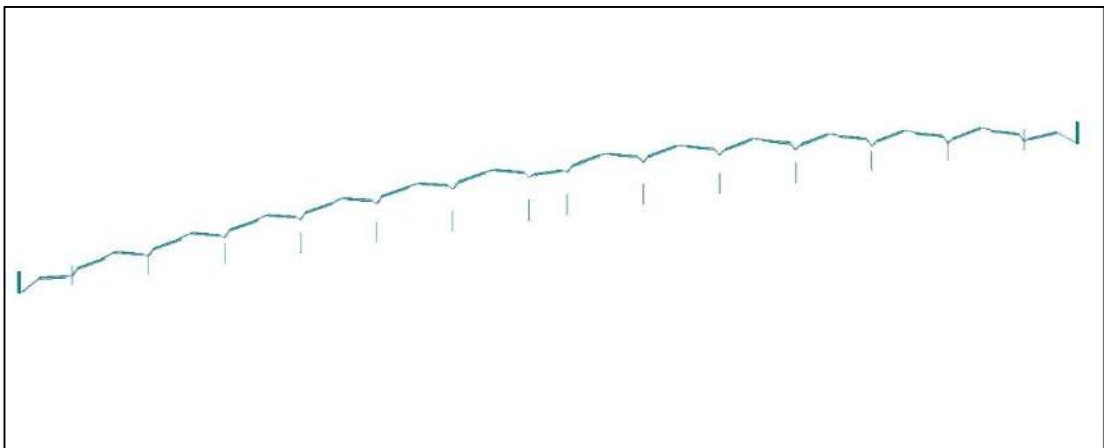
① x-방향(장력 수직방향)



② y-방향(장력 방향)



③ z-방향(중력방향)



④ 처짐집계

방향별 처짐량(mm)				비교
구분	x-방향(장력수직)	y-방향(장력)	z-방향(중력)	
처짐량	91.199	0.855	2.629	



## 6.2 해석결과 집계

### 1)메인지주 부재력

부재력				비고
축력(N)	모멘트(N.mm)	전단력(N)	변위(mm)	
82.512	1021549.402	2196.882	0.024	

### 2) 스타트유닛 부재력

부재력		비고
메인지주 연결부 전단력(N)	스프링 전단력(N/ea)	
2167.524	1098.390	

### 3) 턴버클 부재력

부재력		비고
메인지주 연결부 전단력(N)	스프링 전단력(N/ea)	
2184.743	1106.576	

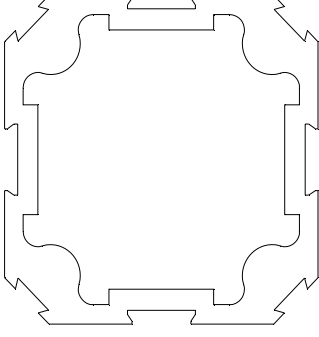
### 4) 분기유닛 부재력

부재력		비고
스타트유닛 연결부 전단력(N)	턴버클 연결부 전단력(N)	
2167.524	2184.743	

## 7. 구성품 안전성 검토

### 7.1 main 지주검토

#### 1) 단면제원

	단면제원	단면2차모멘트(I) = 2096038.901 mm <sup>4</sup>
		단면적(A) = 2332.252 mm <sup>2</sup>
		직경(D) = 85.000 mm
	작용력	모멘트 = 1021549.402 N.mm
		전단력 = 2196.882 N
		축력 = 82.512 N

#### 2) 응력검토

##### ① 휨응력

- 압축면

$$f_{top} = \frac{P}{A} - \frac{M}{I} y = \frac{82.512}{2,332.252} - \frac{1,021,549.402}{2,096,038.901} \times 42.500 = -20.678 \text{ Mpa}$$

$$20.678 < f_{ca} = 74.000 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

- 인장면

$$f_{bot} = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} y = \frac{82.512}{2,332.252} + \frac{1,021,549.402}{2,096,038.901} \times 42.500 = 20.749 \text{ Mpa}$$

$$20.749 < f_{ca} = 74.000 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

##### ② 전단응력

$$u = \frac{V}{A} = \frac{2,196.882}{2,332.252} = 0.942 \text{ Mpa}$$

$$0.942 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

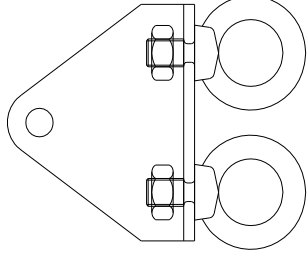
##### ③ 변위검토

$$\delta = 0.024 \text{ mm}$$

$$0.024 < \delta a = 2.3 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

## 7.2 스타트 유닛

### 1) 단면제원

	단면제원	지주연결부 전단 단면적(A) =	55.200	mm <sup>2</sup>
		스프링 고리 전단 단면적(A) =	56.745	mm <sup>2</sup>
	작용력	지주접속부 전단력 =	2167.524	N
		스프링접속부 전단력 =	1098.390	N

### 2) 응력검토

#### ① 지주 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{2,167.524}{55.200} = 39.267 \text{ Mpa}$$

$$39.267 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

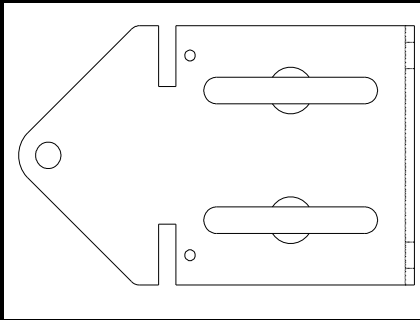
#### ② 스프링 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{1,098.390}{56.745} = 19.357 \text{ Mpa}$$

$$19.357 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

### 7.3 턴버클(와이어 장력조절 장치)

#### 1) 단면제원

	단면제원	지주연결부 전단 단면적(A)	=	55.200	mm <sup>2</sup>
		강선연결볼트 전단 단면적(A)	=	78.540	mm <sup>2</sup>
	작용력	지주접속부 전단력	=	2184.743	N
		스프링접속부 전단력	=	1106.576	N

#### 2) 응력검토

##### ① 지주 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{2,184.743}{55.200} = 39.579 \text{ Mpa}$$

$$39.579 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

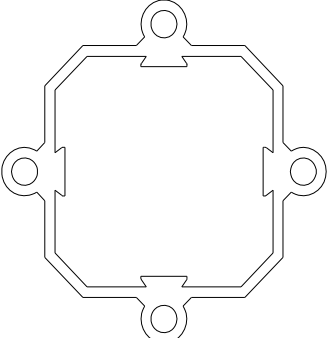
##### ② 스프링 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{1,106.576}{78.540} = 14.089 \text{ Mpa}$$

$$14.089 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

## 7.4 분기유닛

### 1) 단면제원

	단면제원	스타트유닛연결부 전단 단면적(A)	=	146.640	mm <sup>2</sup>
		턴버클연결부 전단 단면적(A)	=	146.640	mm <sup>2</sup>
	작용력	스타트유닛 연결부 전단력	=	2167.524	N
		턴버클 연결부 전단력	=	2184.743	N

### 2) 응력검토

#### ① 스타트유닛 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{2,167.524}{146.640} = 14.781 \text{ Mpa}$$

$$14.781 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

#### ② 턴버클 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{2,184.743}{146.640} = 14.899 \text{ Mpa}$$

$$14.899 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{O.K}$$

## 8. 인장스프링 안전성검토

### 1) 단면제원

- 탄성계수(G)	=	8000	kgf/mm <sup>2</sup>	- 초 하 중(Po)	=	32.638	kgf
- 선 경(d)	=	7	mm	- 초 응 력(τ l)	=	6.3	kgf/mm <sup>2</sup>
- 외 경(Do)	=	33	mm	- 하 중(P)	=	273.213	kgf
- 중 심 경(Dm)	=	26	mm	- 스프링상수(K)	=	9.107	kgf/mm
- 내 경(Di)	=	19	mm	- 지 수 비(C)	=	3.714	Da/d
- 총 권 수(Nt)	=	16	ea	- 응력수정계수(K')	=	1.442	
- 유효권수(Ne)	=	15	ea	- 스프링 길이(K')	=	1306.903	mm
- 자 유 장(L)	=	112	mm	- 인장강도(σb)	=	165	kgf/mm <sup>2</sup>
- 변 이 량(l)	=	30	mm				

### 2) 인장스프링의 강도 검토

#### ① 스프링작용응력

$$\begin{aligned}
 \text{스프링 응력}(Z) &= K \times \frac{8 \times D}{\pi \times d^3} \times P \\
 &= 1.442 \times \frac{8 \times 26}{\pi \times 343} \times 273.213 \\
 &= 76.042 \text{ kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

#### ② 인장응력검토

$$\text{스프링 응력}(Z) = 76.042 < 82.500 \quad \text{이므로} \quad \mathbf{O.K}$$

(재료의 허용응력은 인장강도의 50%)



## 9. 셋트앙카 검토

### 1) 설계조건

- ① 지주접속판규격 = 180 x 180 = 0.18 x 0.18
- ② 앵커볼트의 제원 = M16 x 4 EA , 재료인장강도 = 500 Mpa
- ③ 기초콘크리트 규격 = 24 MPa
- ④ 앵커의 묻힘길이 = 75 mm

### 2) 작용력

구분	사용하중	계수하중	비고
모멘트(kN.m)	1.016	1.321	1.3
수평력(kN)	2.197	2.856	1.3
수직력(kN)	0.083	0.108	1.3

### 3) 앵커가 받는 인장력

$$q_{\max, \min} = \frac{\sum N}{L \cdot B} \pm \frac{6 \sum M}{L^2 B}$$

max	min	판단	압축영역구간(a)	인장영역구간(b)
1362.18 kN/m <sup>2</sup>	-1355.52 kN/m <sup>2</sup>	인장영역 발생	0.090 m	0.090 m

인장력	인장력/EA	전단력/EA
10.98 kN	5.49	0.714

### 4) 앵커검토

#### (1) 기호설명

$A_{Nco}$  = 연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우, 인장강도 산정을 위한 단일 앵커의 콘크리트 파괴투영면적, mm<sup>2</sup>

$A_{Nc}$  = 인장강도 산정을 위한 단일앵커 또는 앵커그룹의 콘크리트 파괴투영면적, mm<sup>2</sup>

$A_{se}$  = 앵커의 유효단면적, mm<sup>2</sup>

$\Psi_{ed,N}$  = 연단거리 영향에 대한 인장강도의 수정계수

$\Psi_{c,N}$  = 균열유무에 따른 인장강도에 대한 수정계수

$\Psi_{op,N}$  = 후설치앵커를 보조철근 없이 비균열 콘크리트에 사용하기 위한 인장강도에 대한 수정계수

$\Psi_{c,p}$  = 균열 유무에 따른 앵커뿔힘강도에 대한 수정계수

(2) 인장하중 하에서 앵커강도 검토

$$\Phi N_{sa} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$\begin{aligned} \Phi N_{sa} &= \Phi \times n \times A_{se,n} \times f_{uta} = 0.45 \times 1 \times 157.000 \times 500 \\ &= 35.325 \text{ kN} \end{aligned}$$

(여기서  $N_{sa}$  = 인장을 받는 단일 앵커 또는 앵커그룹에서 강재강도가 지배하는 경우의 공칭강도, N)

$$N_{ua} = 5.490 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi N_{sa} < N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(3) 인장하중 하에서 콘크리트 파괴강도 검토

$$\Phi N_{cb} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \times \psi_{ed,N} \times \psi_{c,N} \times \psi_{cp,N} \times N_b \quad \text{여기서 } N_b = \text{균열콘크리트에서 인장을 받는 단일앵커의 기본 콘크리트 파괴강도, N}$$

$$\frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} = 1.0 \quad \psi_{ed,N} = 1.0 \quad , \quad \psi_{c,N} = 1.0 \quad , \quad \psi_{cp,N} = 1.0$$

$$k_c = 7$$

$$\begin{aligned} N_b &= k_c \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 22.274 \text{ kN} \quad \text{물힘길이가 280mm 이하일때} \\ \Phi N_{cb} &= 10.023 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\therefore \Phi N_{cb} > N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(4) 앵커의 뺨힘강도 검토

$$\Phi N_{pn} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$N_{pn} = \psi_{c,p} \times N_p \quad (\text{여기서 } N_p = \text{균열콘크리트에서 인장을 받는 단일 앵커의 뺨힘강도, N})$$

$$\begin{aligned} \psi_{c,p} &= 1.0 \\ N_p &= 20.270 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi N_{pn} = 0.45 \times 1 \times 1.0 \times 20.270 = 9.122 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi N_{pn} > N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(5) 전단하중 하에서 앵커강도 검토

$$\Phi V_{sa} \geq V_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$V_{sa} = 0.6n \times A_{se} \times f_{uta}$$

(여기서  $V_{sa}$  = 전단을 받는 단일 앵커 또는 앵커그룹에서 강재강도가 지배하는 경우의 공칭강도, N)

$$n = 1, \quad A_{se} = 157.0 \text{ mm}^2, \quad f_{uta} = 500 \text{ MPa}$$

$$\Phi V_{sa} = 0.45 \times 0.6 \times 1 \times 157.0 \times 500 = 21,195 \text{ N} = 21.195 \text{ kN}$$

$$V_{ua} = 0.714 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi V_{sa} > V_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(6) 전단하중 하에서 콘크리트파괴강도 검토

$$\Phi V_{cb} \geq V_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \psi_{ec,v} \times \psi_{ed,v} \times \psi_{c,v} \times V_b$$

여기서  $V_b$  = 균열콘크리트에서 전단을 받는 단일앵커의 기본 콘크리트 파괴강도, N

$$\frac{A_{vc}}{A_{vco}} = 1.0, \quad \psi_{ec,v} = 1.0, \quad \psi_{ed,v} = 1.0, \quad \psi_{c,v} = 1.0$$

$$d_a = 16 \text{ mm} \quad (\text{앵커볼트의 직경})$$

$$l_e = 8 \times d_a = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$C_{a1} = 100 \text{ mm} \quad (\text{연단거리})$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} (C_{a1})^{1.5}$$

$$= 17.821 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{cb} = 0.45 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 17.821$$

$$= 8.019 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi V_{cb} > V_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

# C A S E - 3

( L = 5.0m + 10@4.0 + 5.0m )

# 1. 과업개요

## 1.1 과업의 목적

: 내진형 Wire way System에 대한 내진성능 평가 및 최적화 설계

## 1.2 과업의 범위

- Wire way의 기본 구성품에 대한 구조검증 및 최적화
- 메인폴과 콘크리트 연결 앵커의 안전성 검토
- 와이어 시공시 확보해야 하는 초기장력 값 산출
- 50M 구간 와이어 설치후, 와이어의 기본 처짐량 자료 제공
- 수직고정와이어 구조 검증에 의한 설치 최적 거리 제시

## 1.3 주요 구성재료

- 수평 Wire :  $\Phi 3.2$  케이블
- 수직 Wire :  $\Phi 1.2$  케이블
- Main Pole : AL6063
- 스타트유닛, 턴버클, Adjust Clip : SUS304

## 1.4 해석 모델

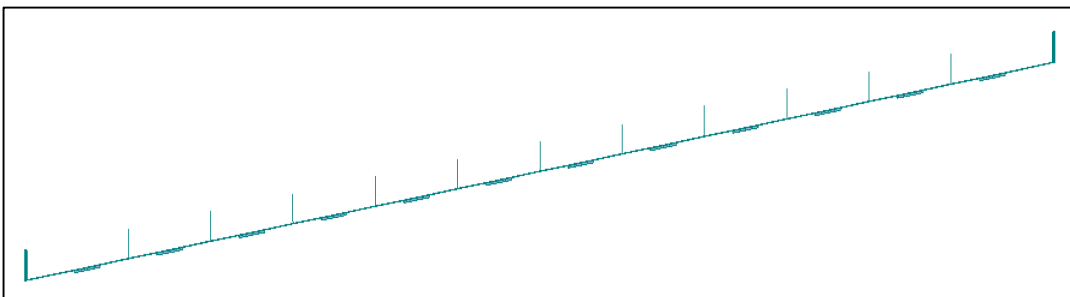
- 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL

# 2. 구조해석 MODELING

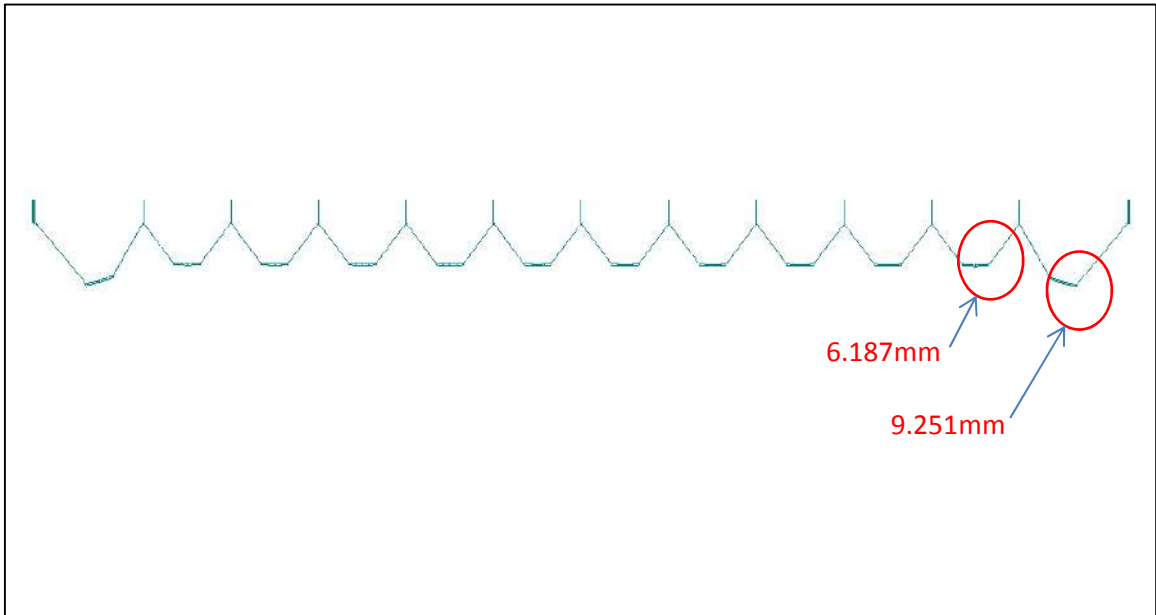
## 2.1 모델링 구성요소

: 기본적인 모델링은 FRAME 및 케이블요소를 이용하였고, 절점부의 경계조건은 Link요소를 사용하였다.

## 2.2 실제모델링 ( $L=5.0m + 10@4.0m + 5.0m = 50.0m$ )



### 3. WireWay System의 처짐검토



- 5.0m 경간의 처짐 = 9.251 mm

- 4.0m 경간의 처짐 = 6.187 mm

- 허용처짐 (  $l / 500$  ) =  $5,000 / 400 = 12.500$  mm

(※ 케이블 구조물의 허용처짐 기준 =  $l / 400$ )

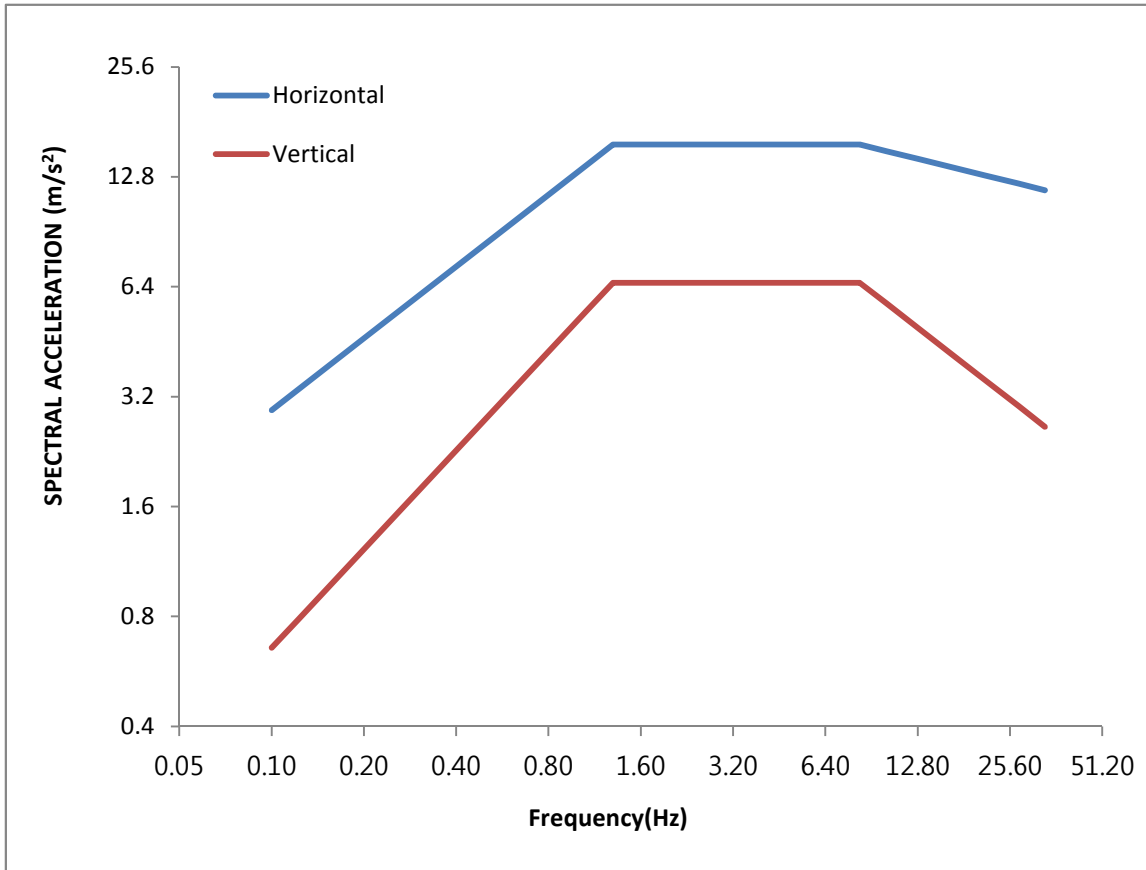


#### 4. 지진하중(응답스펙트럼)

##### 4.1 Time History Test Parameters z/h=1.0

Building code	Test Criteria	S <sub>DS</sub> (g)	z/h	Horizontal		Vertical	
				AFLX-H	ARIG-H	AFLX-V	ARIG-V
IBC2012	ICC-ES AC156:2010	9.806	1.00	15.680	11.760	6.567	2.646

##### 4.2 Design Response Spectra data



Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data		Frequency (Hz)	Spectral data	
	H	V		H	V		H	V		H	V
33.3000	11.76	2.65	8.2545	15.68	6.57	1.3000	15.68	6.57	0.2682	5.60	1.59
27.3054	12.25	3.01	6.5516	15.68	6.57	1.0672	13.79	5.50	0.2202	4.92	1.33
22.3900	12.77	3.43	5.2000	15.68	6.57	0.8761	12.12	4.61	0.1807	4.33	1.12
18.3594	13.30	3.91	4.1272	15.68	6.57	0.7192	10.66	3.86	0.1484	3.80	0.94
15.0544	13.86	4.45	3.2758	15.68	6.57	0.5905	9.37	3.23	0.1218	3.34	0.78
12.3444	14.44	5.06	2.6000	15.68	6.57	0.4847	8.24	2.71	0.1000	2.94	0.66
10.1222	15.05	5.77	2.0636	15.68	6.57	0.3979	7.24	2.27	0.0000	0.00	0.00
8.3000	15.68	6.57	1.6379	15.68	6.57	0.3267	6.37	1.90			

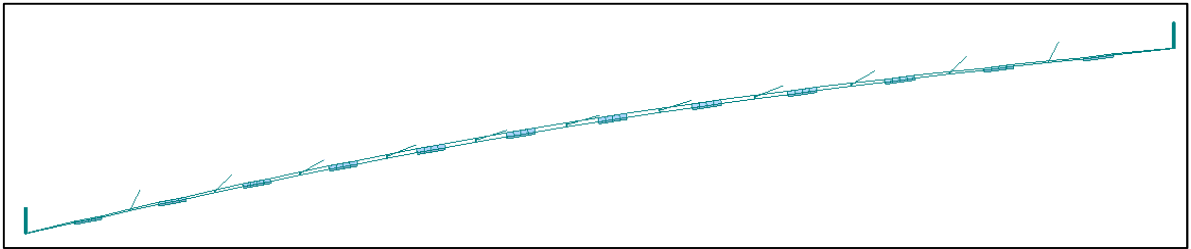
## 5. 고유치 해석

1) 해석결과(L=5.0m+10@4.0m+5.0m)

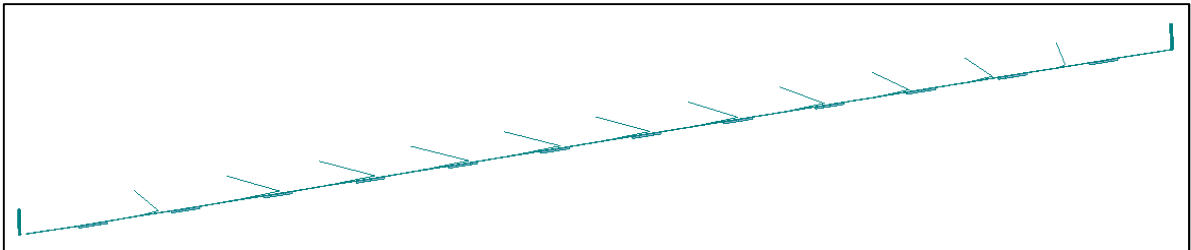
방향성	스프링상수 K=9.1kg/mm		비고
	Mode Number	Frequency (Hz)	
x-dir	1	2.015	장력 수직방향
y-dir	59	36.928	장력방향
z-dir	13	9.181	중력방향

2) 주요진동모드의 형상(L=5.0m+10@4.0m+5.0m)

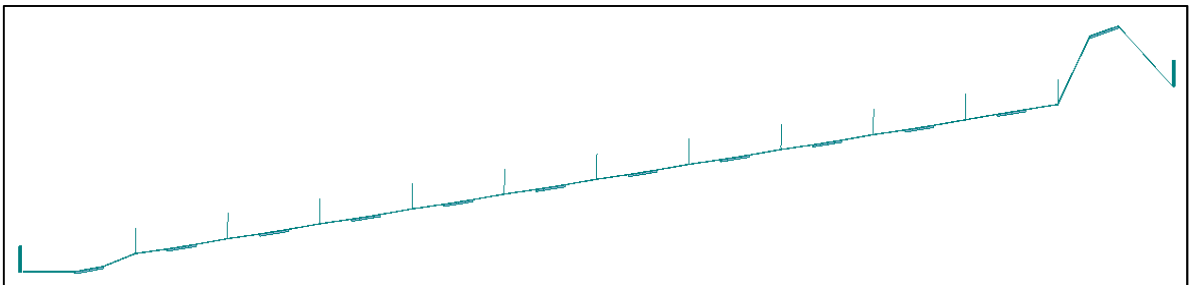
- x-dir(장력 수직방향)



- y-dir(장력방향)



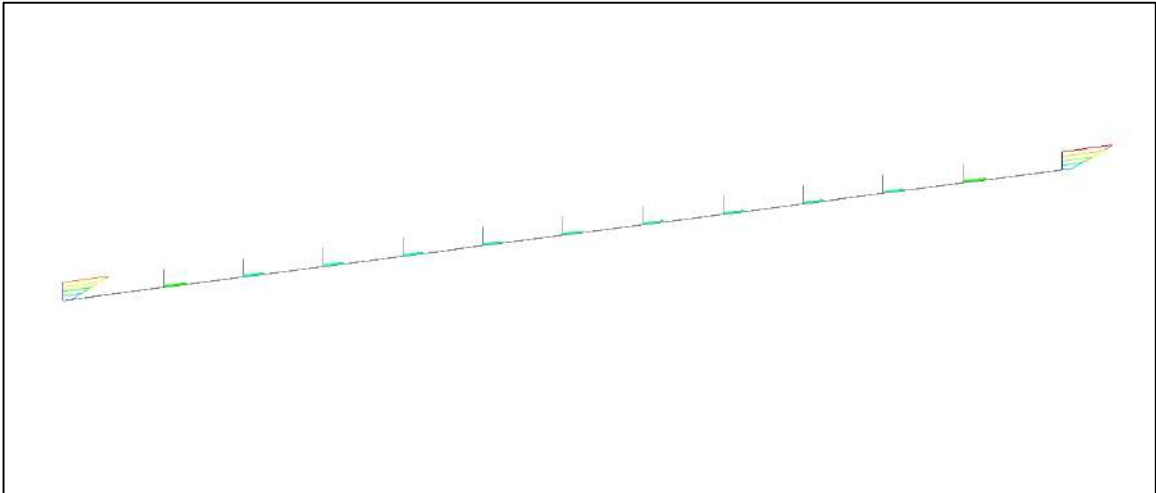
- z-dir(중력방향)



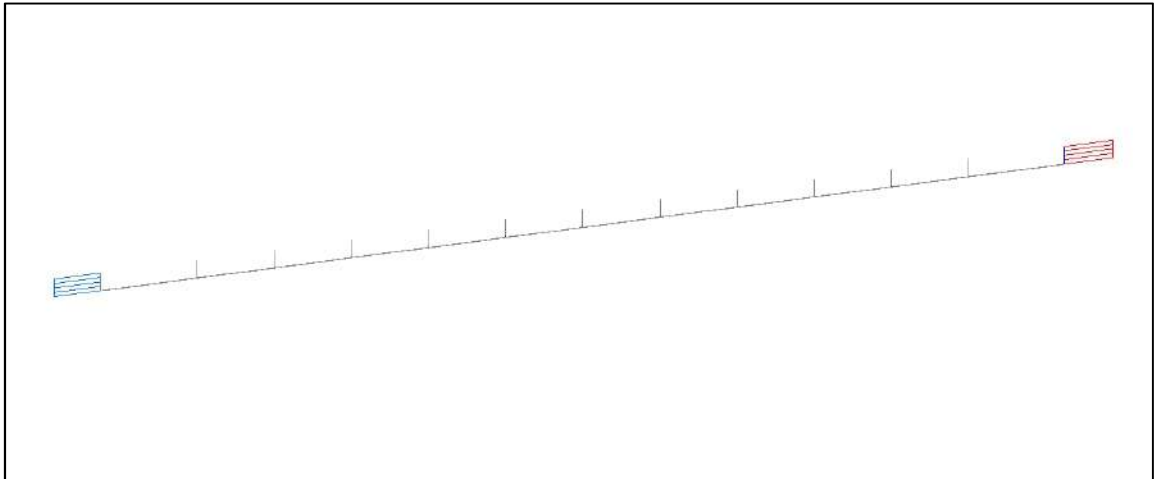
## 6. 설계 단면력 산정

### 6.1 해석결과 (x-dirx1.0+y-dirx1.0+z-dirx1.0)

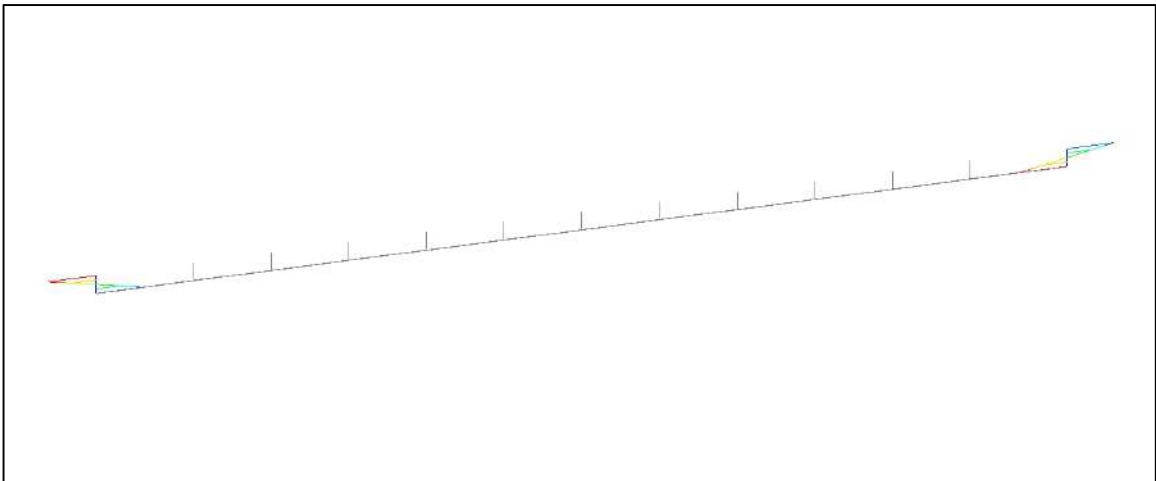
1) 축력



2) 전단력

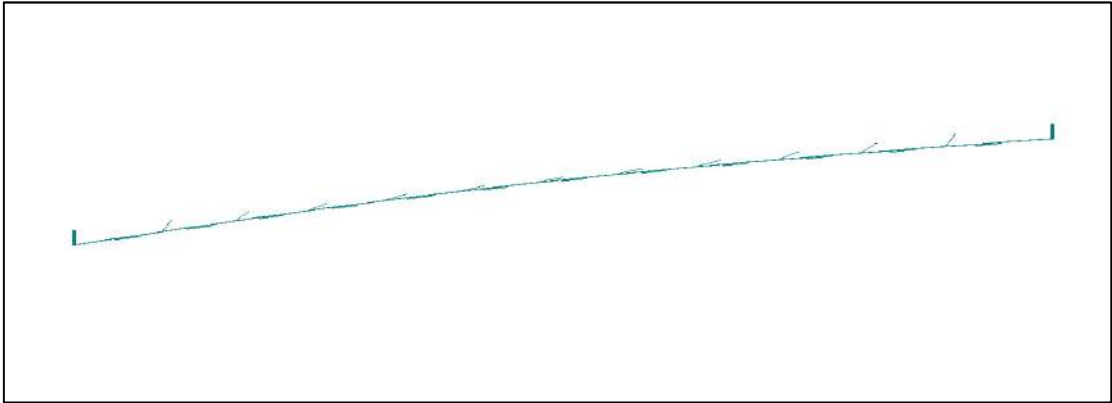


3) 모멘트

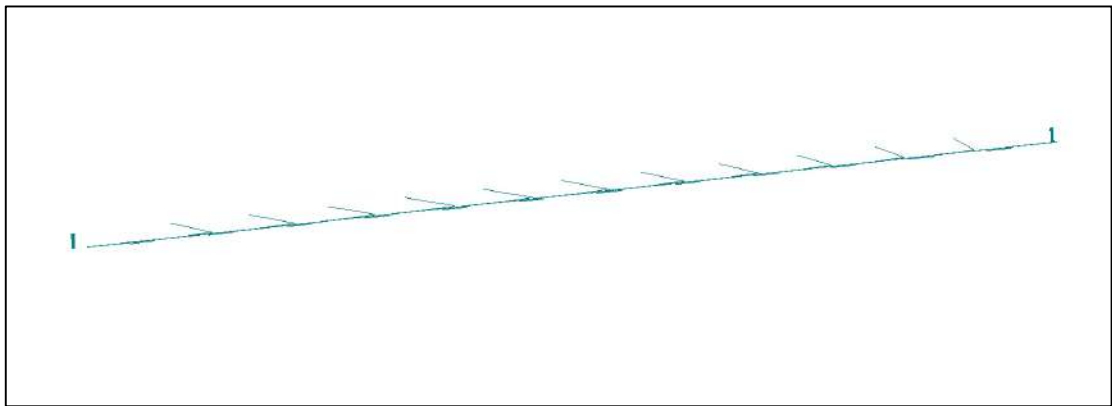


4) 처짐

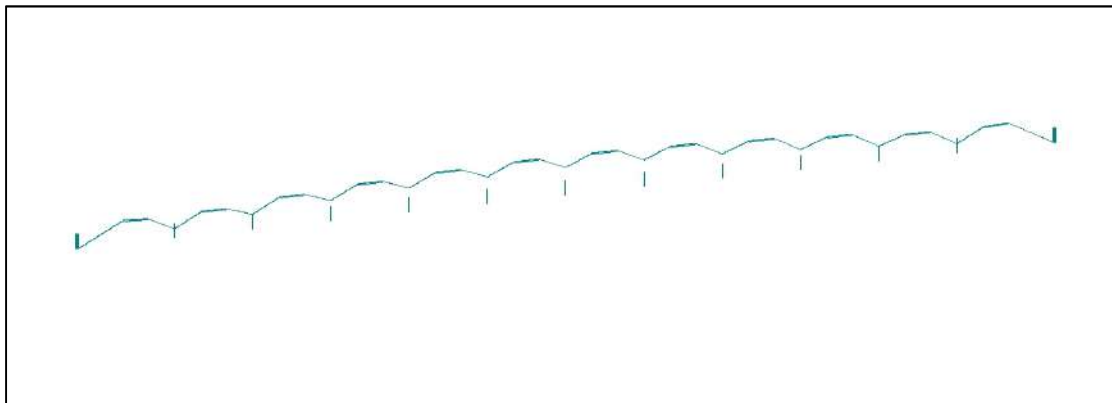
① x-방향(장력 수직방향)



② y-방향(장력 방향)



③ z-방향(중력방향)



④ 처짐집계

방향별 처짐량(mm)				비고
구분	x-방향(장력수직)	y-방향(장력)	z-방향(중력)	
처짐량	124.207	1.204	4.648	

## 6.2 해석결과 집계

### 1)메인지주 부재력

부재력				비고
축력(N)	모멘트(N.mm)	전단력(N)	변위(mm)	
89.193	795085.502	1709.863	0.023	

### 2) 스타트유닛 부재력

부재력		비고
메인지주 연결부 전단력(N)	스프링 전단력(N/ea)	
1687.443	857.867	

### 3) 턴버클 부재력

부재력		비고
메인지주 연결부 전단력(N)	스프링 전단력(N/ea)	
1699.892	861.269	

### 4) 분기유닛 부재력

부재력		비고
스타트유닛 연결부 전단력(N)	턴버클 연결부 전단력(N)	
1687.443	1699.892	

## 7. 구성품 안전성 검토

### 7.1 main 지주검토

#### 1) 단면제원

	단면제원	단면2차모멘트(I)	=	2096038.901	mm <sup>4</sup>
		단면적(A)	=	2332.252	mm <sup>2</sup>
		직경(D)	=	85.000	mm
	작용력	모멘트	=	795085.502	N.mm
		전단력	=	1709.863	N
		축력	=	89.193	N

#### 2) 응력검토

##### ① 휨응력

- 압축면

$$f_{top} = \frac{P}{A} - \frac{M}{I} y = \frac{89.193}{2,332.252} - \frac{795,085.502}{2,096,038.901} \times 42.500 = -16.083 \text{ Mpa}$$

$$16.083 < f_{ca} = 74.000 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

- 인장면

$$f_{bot} = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} y = \frac{89.193}{2,332.252} + \frac{795,085.502}{2,096,038.901} \times 42.500 = 16.160 \text{ Mpa}$$

$$16.160 < f_{ca} = 74.000 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

##### ② 전단응력

$$u = \frac{V}{A} = \frac{1,709.863}{2,332.252} = 0.733 \text{ Mpa}$$

$$0.733 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

##### ③ 변위검토

$$\delta = 0.023 \text{ mm}$$

$$0.023 < \delta a = 2.3 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

## 7.2 스타트 유닛

### 1) 단면제원

	단면제원	지주연결부 전단 단면적(A) =	55.200	mm <sup>2</sup>
		스프링 고리 전단 단면적(A) =	56.745	mm <sup>2</sup>
	작용력	지주접속부 전단력 =	1687.443	N
		스프링접속부 전단력 =	857.867	N

### 2) 응력검토

#### ① 지주 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{1,687.443}{55.200} = 30.570 \text{ Mpa}$$

$$30.570 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

#### ② 스프링 연결부 전단응력

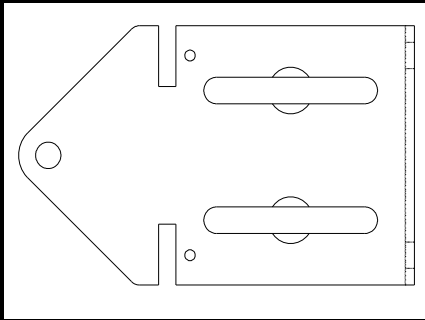
$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{857.867}{56.745} = 15.118 \text{ Mpa}$$

$$15.118 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$



### 7.3 턴버클(와이어 장력조절 장치)

#### 1) 단면제원

	단면제원	지주연결부 전단 단면적(A) =	55.200	mm <sup>2</sup>
		강선연결볼트 전단 단면적(A) =	78.540	mm <sup>2</sup>
	작용력	지주접속부 전단력 =	1699.892	N
		스프링접속부 전단력 =	861.269	N

#### 2) 응력검토

##### ① 지주 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{1,699.892}{55.200} = 30.795 \text{ Mpa}$$

$$30.795 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

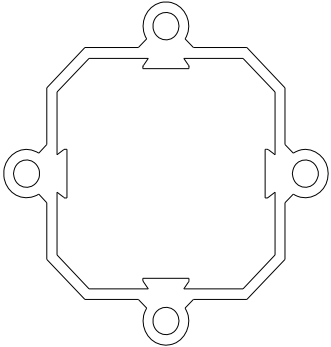
##### ② 스프링 연결부 전단응력

$$\sigma = \frac{V}{A} = \frac{861.269}{78.540} = 10.966 \text{ Mpa}$$

$$10.966 < f_{ca} = 60.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

## 7.4 분기유닛

### 1) 단면제원

	단면제원	스타트유닛연결부 전단 단면적(A)	=	146.640	mm <sup>2</sup>
		턴버클연결부 전단 단면적(A)	=	146.640	mm <sup>2</sup>
	작용력	스타트유닛 연결부 전단력	=	1687.443	N
		턴버클 연결부 전단력	=	1699.892	N

### 2) 응력검토

#### ① 스타트유닛 연결부 전단응력

$$u = \frac{V}{A} = \frac{1,687.443}{146.640} = 11.507 \text{ Mpa}$$

$$11.507 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

#### ② 턴버클 연결부 전단응력

$$u = \frac{V}{A} = \frac{1,699.892}{146.640} = 11.592 \text{ Mpa}$$

$$11.592 < f_{ca} = 50.0 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \mathbf{0.K}$$

## 8. 인장스프링 안전성검토

### 1) 단면제원

- 탄성계수(G)	=	8000	kgf/mm <sup>2</sup>	- 초하중(Po)	=	32.638	kgf
- 선경(d)	=	7	mm	- 초응력(τl)	=	6.3	kgf/mm <sup>2</sup>
- 외경(Do)	=	33	mm	- 하중(P)	=	273.213	kgf
- 중심경(Dm)	=	26	mm	- 스프링상수(K)	=	9.107	kgf/mm
- 내경(Di)	=	19	mm	- 지수비(C)	=	3.714	Da/d
- 총권수(Nt)	=	16	ea	- 응력수정계수(K')	=	1.442	
- 유효권수(Ne)	=	15	ea	- 스프링길이(K')	=	1306.903	mm
- 자유장(L)	=	112	mm	- 인장강도(σb)	=	165	kgf/mm <sup>2</sup>
- 변이량(l)	=	30	mm				

### 2) 인장스프링의 강도 검토

#### ① 스프링작용응력

$$\begin{aligned}
 \text{스프링 응력}(Z) &= K \times \frac{8 \times D}{\pi \times d^3} \times P \\
 &= 1.442 \times \frac{8 \times 26}{\pi \times 343} \times 273.213 \\
 &= 76.042 \text{ kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

#### ② 인장응력검토

$$\text{스프링 응력}(Z) = 76.042 < 82.500 \quad \text{이므로} \quad \mathbf{O.K}$$

(재료의 허용응력은 인장강도의 50%)

## 9. 셋트앙카 검토

### 1) 설계조건

- ① 지주접속판규격 = 180 x 180 = 0.18 x 0.18
- ② 앵커볼트의 제원 = M16 x 4 EA , 재료인장강도 = 500 Mpa
- ③ 기초콘크리트 규격 = 24 MPa
- ④ 앵커의 묻힘길이 = 75 mm

### 2) 작용력

구분	사용하중	계수하중	비고
모멘트(kN.m)	0.791	1.028	1.3
수평력(kN)	1.710	2.223	1.3
수직력(kN)	0.089	0.116	1.3

### 3) 앵커가 받는 인장력

$$q_{\max, \min} = \frac{\sum N}{L \cdot B} \pm \frac{6 \sum M}{L^2 B}$$

max	min	판단	압축영역구간(a)	인장영역구간(b)
1061.49 kN/m <sup>2</sup>	-1054.35 kN/m <sup>2</sup>	인장영역 발생	0.090 m	0.090 m

인장력	인장력/EA	전단력/EA
8.54 kN	4.27	0.556

### 4) 앵커검토

#### (1) 기호설명

$A_{Nco}$  = 연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우, 인장강도 산정을 위한 단일 앵커의 콘크리트 파괴투영면적, mm<sup>2</sup>

$A_{Nc}$  = 인장강도 산정을 위한 단일앵커 또는 앵커그룹의 콘크리트 파괴투영면적, mm<sup>2</sup>

$A_{se}$  = 앵커의 유효단면적, mm<sup>2</sup>

$\Psi_{ed,N}$  = 연단거리 영향에 대한 인장강도의 수정계수

$\Psi_{c,N}$  = 균열유무에 따른 인장강도에 대한 수정계수

$\Psi_{op,N}$  = 후설치앵커를 보조철근 없이 비균열 콘크리트에 사용하기 위한 인장강도에 대한 수정계수

$\Psi_{c,p}$  = 균열 유무에 따른 앵커뿔힘강도에 대한 수정계수

(2) 인장하중 하에서 앵커강도 검토

$$\Phi N_{sa} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$\begin{aligned} \Phi N_{sa} &= \Phi \times n \times A_{se,n} \times f_{uta} = 0.45 \times 1 \times 157.000 \times 500 \\ &= 35.325 \text{ kN} \end{aligned}$$

(여기서  $N_{sa}$  = 인장을 받는 단일 앵커 또는 앵커그룹에서 강재강도가 지배하는 경우의 공칭강도, N)

$$N_{ua} = 4.270 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi N_{sa} < N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(3) 인장하중 하에서 콘크리트 파괴강도 검토

$$\Phi N_{cb} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \times \psi_{ed,N} \times \psi_{c,N} \times \psi_{cp,N} \times N_b \quad \text{여기서 } N_b = \text{균열콘크리트에서 인장을 받는 단일앵커의 기본 콘크리트 파괴강도, N}$$

$$\frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} = 1.0 \quad \psi_{ed,N} = 1.0 \quad , \quad \psi_{c,N} = 1.0 \quad , \quad \psi_{cp,N} = 1.0$$

$$k_c = 7$$

$$\begin{aligned} N_b &= k_c \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 22.274 \text{ kN} \quad \text{물림길이가 280mm 이하일때} \\ \Phi N_{cb} &= 10.023 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\therefore \Phi N_{cb} > N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(4) 앵커의 뺨힘강도 검토

$$\Phi N_{pn} \geq N_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$N_{pn} = \psi_{c,p} \times N_p \quad (\text{여기서 } N_p = \text{균열콘크리트에서 인장을 받는 단일 앵커의 뺨힘강도, N})$$

$$\begin{aligned} \psi_{c,p} &= 1.0 \\ N_p &= 20.270 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi N_{pn} = 0.45 \times 1 \times 1.0 \times 20.270 = 9.122 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi N_{pn} > N_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(5) 전단하중 하에서 앵커강도 검토

$$\Phi V_{sa} \geq V_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$V_{sa} = 0.6n \times A_{se} \times f_{uta}$$

(여기서  $V_{sa}$  = 전단을 받는 단일 앵커 또는 앵커그룹에서 강재강도가 지배하는 경우의 공칭강도, N)

$$n = 1, \quad A_{se} = 157.0 \text{ mm}^2, \quad f_{uta} = 500 \text{ MPa}$$

$$\Phi V_{sa} = 0.45 \times 0.6 \times 1 \times 157.0 \times 500 = 21,195 \text{ N} = 21.195 \text{ kN}$$

$$V_{ua} = 0.556 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi V_{sa} > V_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$

(6) 전단하중 하에서 콘크리트파괴강도 검토

$$\Phi V_{cb} \geq V_{ua} \quad \text{여기서 } \Phi = 0.45$$

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \psi_{ec,v} \times \psi_{ed,v} \times \psi_{c,v} \times V_b$$

여기서  $V_b$  = 균열콘크리트에서 전단을 받는 단일앵커의 기본 콘크리트 파괴강도, N

$$\frac{A_{vc}}{A_{vco}} = 1.0, \quad \psi_{ec,v} = 1.0, \quad \psi_{ed,v} = 1.0, \quad \psi_{c,v} = 1.0$$

$$d_a = 16 \text{ mm} \quad (\text{앵커볼트의 직경})$$

$$l_e = 8 \times d_a = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$C_{a1} = 100 \text{ mm} \quad (\text{연단거리})$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{(d_a)} \sqrt{(f_{ck})} (C_{a1})^{1.5}$$

$$= 17.821 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{cb} = 0.45 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 17.821$$

$$= 8.019 \text{ kN}$$

$$\therefore \Phi V_{cb} > V_{ua} \quad \text{이므로 } 0.K$$