

## TLP Tendon Body 설계 소개

김덕수<sup>†\*</sup>

대우조선해양(주) 선박해양기술연구소\*

An Introduction to TLP Tendon Body Design

Deok Su Kim<sup>†\*</sup>

Ship & Ocean R&D Institute, DSME Co., Ltd.\*

### Abstract

Global strength check for TLP tendon body can be estimated based on maximum tendon tensions and bending moments, which are resulted in TLP global performance analysis. Final tendon length, especially thread length on Length Adjustment Joint, is easily calculated with water depth at TLP in-place location, TLP lock-off draft and unlocking length of tendon bottom section. And LAJ thread length, which is locked with TLP top tendon connector, should be carefully determined with tendon design and installation tolerances.

※Keywords : TLP tendon tension & bending moment (TLP 텐던 장력 및 굽힘모멘트), TLP lock-off draft (TLP 설치 흘수), LAJ thread length (LAJ 나사선 길이)

### 1. 서론

현수 계류계(catenary mooring line system)를 갖는 반잠수식 구조물(semi-submersible offshore structure)이나 부유식 해상 생산 저장 설비(Floating Production Storage & Offloading System)는 그 자체의 운동 응답에 대한 제어가 부족한데 반해서, TLP의 경우 해수면의 부유체가

텐던(tendon)이라는 강관으로 해저의 기초(foundation pile)와 서로 연결되어 고정되어 있다. 이로 인하여 구조물의 운동 응답에 있어서 현수 계류계의 부유식 구조물과 자켓 형태의 고정식 구조물의 운동 응답을 동시에 갖는 특성을 갖게 된다. TLP의 운동이 텐던에 직접적으로 미치는 영향이 매우 크게 되고, 이는 TLP의 초기 설계 단계에서부터 보다 정밀한 해석 및 설계가 요구되어짐을 의미한다.

부유식 구조물과 계류계의 상호 작용에 의한 연성 운동(coupled motion)에 있어서

† 교신저자: dskim1@dsme.co.kr, 055-680-5568

대수심에서의 경우가 천해역에 비해서 매우 중요하게 되고, 이는 운동 해석에 있어서 구조물과 계류계 사이의 상호 작용을 보다 정확하게 예측해서 설계에 반영해야 함을 의미한다. 그런데 일반적인 TLP 가 운동 특성이 매우 우수한 구조물임에도 불구하고 대수심에서 경쟁력이 없는 중요한 이유 중 하나가 작업 수심이 증가하면 텐던의 길이가 증가하게 되고, 이로 인해 부유체의 배수량에 대한 텐던 무게의 비가 증가해 적재 하중이 줄어 들어 경쟁력이 없어지는 것이다. 하지만 당사에서 수행한 Kizomba B Extended TLP(ETLP)는 하부 폰툰을 45 도 방향으로 확장하였고, 이로 인하여 TLP 의 적재 하중을 크게 가져갈 수 있었다. 이는 ETLP 가 일반적인 TLP 에 비해서 경제성 측면에서 상당히 매력적인 구조물임을 알 수 있게 해준다.

TLP 구조물 하부의 폰툰에 작용하는 순수 수직 파력(net vertical oscillating wave force)을 최소화하는 방향으로 해서 TLP 컬럼이나 폰툰이 적절한 부력을 가질 수 있도록 설계하였는데, 이는 텐던에 작용하는 반복 하중(oscillating load)을 최소화 하기 위함이다.

본 보고서에서는 당사가 수행했던 Kizomba B TLP 의 텐던에 작용하는 최대 장력을 이용하여 텐던 바디에 대한 설계 방법 및 TLP 설치를 위한 최종적인 텐던 길이 결정 방법을 간략하게 소개 한다.

## 2. TLP Global Performance Analysis

TLP 의 Global Performance Analysis(GP 해석)는 TLP 구조물에 작용하는 파랑 하중의 추정, 텐던을 포함하는 부유체의 운동 응답 및 텐던의 최대 장력 예측 등을 위한 연성 운동 해석으로 정의할 수 있는데 이에 는 텐던에 대한 스펙트럴 피로 해석까지를 포함할 수 있다. 텐던에 작용하는 최대 장력 예측에 대한 자세한 사항은 “해양구조물 Global Performance 해석 기술 개발”, 2005 년 1 월, 연구과제 최종보고서를 참조 바란다.

해양구조물과 텐던이나 라이저와 같은 세장체의 상호 연성 작용을 고려하기 위해서는 주파수영역의 해석 방법뿐만 아니라 시간영역의 해석도 요구된다. 부유체에 작용하는 환경 하중과 부유체의 운동 응답 사이의 관계를 적절한 스펙트럼 방법으로 표현할 수 있고, 이에 대한 결과로 각 파주파수에 대한 TLP 의 운동이나 유체력 및 텐던의 장력 등을 구할 수 있다. 주파수영역 해석은 TLP 선체, 상부 구조물, 라이저 및 텐던 시스템 등의 운동, 가속도 및 유체력을 평가하는데 가장 기본적으로 요구된다. TLP 는 부유체의 운동 응답과 텐던에 작용하는 장력 사이에는 상호 간에 연동이 있어서 부유체의 운동이 텐던의 장력에 그리고 텐던의 장력은 부유체의 운동에 서로가 직접적인 영향을 미친다. 이들 상호 작용에 대한 계산을 시간영역 해석에서 수행하여야 보다 신뢰성있는 결과를 얻을 수 있다.

시간영역 해석은 구조물 설계에 있어서 최종 상세 설계 단계에서 사용되고 또한, 주파수영역 해석 결과에 대한 검증을 겸하고 있다. 시간영역 해석은 변하는 경계조건(changing boundary condition)에의 적용과 비선형성 문제(nonlinear problem)를 다루는 장점이 있다. 반면, 이들에 대한 해를 구하기 위하여 수치 적분에 의한 직접 계산 방법을 사용하고 있어서 수렴 해를 구하기까지는 반복 계산이 요구되고, 계산 시간이 많이 소비되는 단점을 가지고 있다. 따라서 피로 해석이나 잘 증명된 선형계 해석 등에는 그다지 효과적이지 않다.

당사에서 수행한 Kizomba B ETLP 는 각각의 확장 폰툰에 2 개씩의 텐던 바디(총 8 개 텐던 바디)를 가지고 있는 구조물로서 구조물의 수직 운동에 대하여 충분한 안정성을 가진다. TLP 가 주어진 환경에서 안전하게 작업을 수행하기 위해서는 설계 인자 중의 하나인 COG 다이어그램(Center of Gravity Envelope Chart)을 만족하는 거동을 보여야 하므로 수평 운동에 대한 제어 또한 요구된다. 그리고 모든 텐던 시스템은 항상 양의 장력을 유지해야만 한다.

2.1 정적 평형 거리(mean offset)

정적 해석(steady state analysis)은 구조물에 작용하는 정적 환경 하중에 의한 평형 위치(mean equilibrium position)를 구하기 위해서 수행된다. 정적 평형 위치를 찾는 것은 주파수영역 해석 단계에서 수행되며, 이는 시간영역 해석을 위한 초기 상태가 된다. 정적 평형 위치를 찾기 위해서는 정적 환경 하중(mean drift wave, mean wind, mean current) 이외에도 조수 간만의 차, 지반 침하, TLP 설치시 오류(mispositioning) 및 TLP의 setdown 효과 등에 대한 고려가 필요하다.

조수 간만의 차(tidal effect)에 의한 부력의 변화는 텐던의 평균 장력에 영향을 미치는데, 만조(high tide)는 텐던의 최대 장력, 구조물 본체(hull)의 유체정압, 해류력 등을 증가시키고, TLP 데크 하부와의 공극(air gap)을 최소화한다. 반면, 간조(low tide)는 최소 장력, 복원력 및 TLP 수평 운동(horizontal offset)을 감소시키는 효과가 있다. 당사에서 수행한 Kizomba B ETLP 에서는 설치해역에서의 조수간만의 차를 +/- 1m 로 고려하였다.

지반 침하(subsidence)는 텐던 최대 장력과 TLP 데크 하부와의 최소 공극 측면에서 검토되어야 한다. 지반 침하는 텐던의 최대 장력을 증가시키면서 동시에 TLP 데크의 최소 공극을 감소시키는 효과가 있으므로, 이들은 모두 TLP 설계에 악영향을 주고 있으므로 보다 세심한 주의가 요구된다. 이에 대한 고려로 역시 1m 를 사용하였다.

텐던의 기초 파일(foundation pile) 설치시 오류(mispositioning)가 고려되어야 하는데, 텐던 설치시의 정위치 오차에 의해서 발생하는 텐던 장력의 변화는 식(1)로 주어진다.

$$T_{misp} = \frac{EA_n}{L^2} * X_{misp} * X_{mean} \tag{1}$$

- $E$  = young' s modulus
- $A_n$  = tendon cross section area
- $L$  = tendon length
- $X_{misp}$  = amount of misposition
- $X_{mean}$  = TLP mean offset

2.2 최대 이동 거리(maximum offset)

시간영역에서의 운동 해석으로부터 얻을 수 있는 결과 중의 하나가 수평 최대 운동이다. 이는 현수 계류계의 최대 운동을 구하는 방법과 같은 개념으로 TLP 에 대한 최대 운동을 구할 수 있다. TLP의 최대 운동은 TLP 에 작용하는 정적 하중에 의해서 구해진 정적 평균 거동(mean offset)과 저주파수 운동을 포함하는 동적 하중들에 의해서 구해진 동적 거동(dynamic offset)의 합으로써 표현된다.

TLP의 최대 운동이 계산되면, TLP의 텐던에 작용하는 최대 또는 최소 장력을 식(2)로부터 구할 수 있다.

$$T_{total} = T_{stat} \pm \sqrt{T_{wave}^2 + T_{LF}^2 + T_{res}^2 + 2 * Coeff * (T_{wave} * T_{LF} + T_{LF} * T_{res} + T_{res} * T_{wave})} \tag{2}$$

- $T_{stat}$  = static tension
- = mean tension due to pretension and mean environmental forces ± tension measurement uncertainty allowance ± foundation misposition allowance
- $T_{wave}$  = maximum first order wave frequency tendon tension
- $T_{drift}$  = maximum low frequency wave drift induced tendon tension
- $T_{wind}$  = maximum low frequency wind gust induced tendon tension
- $T_{res}$  = maximum resonant frequency wave induced tendon tension
- $T_{LF}$  = maximum low frequency tendon tension including drift and wind effects
- $Coeff$  = calibration factor between low frequency and high frequency components, correlation factor derived from model test

Kizomba B ETLP의 GP 해석에 필요한 수심, TLP의 최종 설치 흘수, 허용 오프셋 및 텐던을 구성하는 각 컴포넌트들의 설계를 위한 환경조건에 대하여 Table 1 과 2 에 나타내었다. TLP 텐던 시스템에 대하여는 기술지 2005년

Table 1 Key design basis for tendon design

Key Design Basis	Q'ty	Remarks
1 Water Depth	1011.8m	
2 TLP In-place Draft	34.5m	
3 Displacement	53,662 tons	
4 Horizontal Offset Limits (Pre-FFSO)		
Extreme Design Offset	3.7% WD	37.4 m
Extreme Operating Offset	0.6% WD	6.1 m
5 Horizontal Offset Limits (Post-FFSO)		
Extreme Design Offset	4.0% WD	40.5 m
Extreme Operating Offset	1.2% WD	12.2 m
6 Tendon Length	986.12m	
7 Tendon Dimension		
Top & Bottom Section	32" OD X 1.45" WT	
Intermediate Section	32" OD X 1.40" WT	
8 Tendon Dry Weight	5,962 tons	
9 Tendon Wet Weight	1,606 tons	
10 Tendon Design Load		
Operational Condition (A)	2136 tons	
Extreme Condition (B)	2294 tons	
Survival Condition (S)	2422 tons	
Maximum Bending Moment(A)	118.5 KNm	
Maximum Bending Moment(B)	197.5 KNm	
Maximum Bending Moment(S)	131.5 KNm	

제 2 호(통권 61 호)에 소개하고 있어서 여기서는 생략한다.

### 3. Tendon Body Design

TLP 의 GP 해석을 통하여 구해진 텐던의 최대 장력을 기초로 하여 텐던 바디의 강도 검토 및 피로 수명 등에 검토가 이루어져야 한다.

#### 3.1 Design Tolerance

텐던 바디 설계시에 고려되는 허용 오차(design tolerance)에는 텐던 제작 관련 오차와 실제 해상에서 설치시 오차가 있다.

텐던 제작 관련된 오차에는 텐던의 외경에 대한 오차(outer diameter tolerance) +/- 1.5mm, 텐던의 두께의 오차(wall thickness tolerance) +/- 3% 및 직경도에 대한 오차(ovality) 5mm 등이 있다. 텐던의 부식에 있어서 그 허용치는 영(zero)이다.

Table 2 Detailed tendon design loads

Design Condition	API	Pretension	Design Load	Capacity
	Category	(tons)	(tons)(% capa.)	(tons)
<b>Tendon Pipes</b>				
Operating: Post-FFSO, Intact, 8TTR 1-year Swell and Waves	"A"	1567	2136 (92%)	2320
Extreme: Post-FFSO, Intact, 8TTR 100-year Swell and Waves	"B"	1567	2294 (73%)	3125
Survival: Post-FFSO, 8TTR, 1-tendon flooded, 100-year Swell and Waves	"S"	1764	2422 (68%)	3558
<b>Tendon Top Connector</b>				
Operating: Post-FFSO, Intact, 8TTR 1-year Swell and Waves	"A"	1567	2136 (83%)	2572
Extreme: Post-FFSO, Intact, 8TTR 100-year Swell and Waves	"B"	1567	2294 (74%)	3086
Survival: Post-FFSO, 8TTR, 1-tendon flooded, 100-year Swell and Waves	"S"	1764	2422 (63%)	3857
<b>Tendon Bottom Connector</b>				
Operating: Post-FFSO, Intact, 8TTR 1-year Swell and Waves	"A"	1567	1936 (81%)	2403
Extreme: Post-FFSO, Intact, 8TTR 100-year Swell and Waves	"B"	1567	2094 (73%)	2883
Survival: Post-FFSO, 8TTR, 1-tendon flooded, 100-year Swell and Waves	"S"	1764	2222 (62%)	3604
<b>Tendon Intermediate Connector</b>				
Operating: Post-FFSO, Intact, 8TTR 1-year Swell and Waves	"A"	1567	2136 (96%)	2224
Extreme: Post-FFSO, Intact, 8TTR 100-year Swell and Waves	"B"	1567	2294 (78%)	2946
Survival: Post-FFSO, 8TTR, 1-tendon flooded, 100-year Swell and Waves	"S"	1764	2422 (65%)	3751

텐던 설치시 오차는 텐던의 상부를 구성하는 Length Adjustment Joint(LAJ)의 설계에서 반드시 고려되어 지는데, 여기에는 파일 설치시 오류(pile mispositioning tolerance), 파일 상부의 높이(pile elevation tolerance) 및 파일 직립도(pile verticality tolerance) 등이 있다. 이외에도 텐던 설계에서 고려되어지는 것은 수심 측정(water depth measurement) 및 텐던 제작시 전체 길이(tendon fabrication)에 대한 오차가 있다. 이들에 대한 것은 4장에서 다룬다.

#### 3.2 Utilization Ratio Check

텐던에 작용하는 장력 및 모멘트를 이용하여 텐던의 UR(Utilization Ratio) 값에 대한 검토를 할 수 있다. 이를 위하여 식(3)이 널리 사용되고 있다.

$$UR = \frac{\sigma_a + \sigma_b}{\min(SF_y \sigma_y, SF_u \sigma_u)} < 1.0 \quad (3)$$

$$\sigma_a = \frac{T_{max}}{A_n}$$

$$\sigma_b = \frac{M_{max} D_o}{2I}$$

$$NSS = \frac{T_{max}}{A_n} \pm \frac{MD_o}{2I}$$

$UR$  = utilization ratio

$SF_y$  = safety factor on yield stress for the design criteria

$SF_u$  = safety factor on ultimate stress for the design criteria

$T$  = true wall tension in pipe at section being analyzed

$M$  = global bending moment

$\sigma_a + \sigma_b$  = net section stress(NSS) = axial stress plus global bending stress

$I$  = moment of inertia

$A_n$  = cross section area

$D_o$  = outside diameter

$D_i$  = inside diameter

### 3.3 Collapse Interaction Ratio Check

텐던에 작용하는 장력, 모멘트 및 유체 정압에 대한 고려도 요구되는데, 이는 다음의 IR (collapse interaction ratio)에 의해서 검토된다.

$$IR = A^2 + B^{2\eta} + 2\nu|A|B < 1.0 \quad (4)$$

$IR$  = collapse interaction ratio

$$A = (\sigma_a + \sigma_b)SF_x / F_y$$

$$B = (\sigma_h)SF_h / F_{hc}$$

$\nu$  = Poisson's ratio = 0.3

$SF_x$  = safety factor on axial stress for the design criteria

$SF_h$  = safety factor on hoop stress for the design criteria

$$\sigma_a = \frac{T_{max}}{A_n}$$

$$\sigma_b = \frac{M_{max} D_o}{2I}$$

$$\sigma_h = \frac{P_{max} D_o}{D_o - D_i}$$

$$\eta = 5 - 4F_{hc} / F_y$$

$F_{hc}$  = critical hoop buckling stress  
 =  $F_{he}$  for  $F_{he} \leq 0.55 F_y$ ,  
 elastic buckling  
 =  $0.7 F_y (F_{he} / F_y)^{0.4} \leq F_y$ ,

for  $F_{he} > 0.55 F_y$ ,

inelastic buckling

$$F_{he} = 0.88 E (t / D)^2 \text{ elastic buckling stress}$$

$E$  = modulus of elasticity

$I$  = moment of inertia

$A_n$  = cross section area

$D_o$  = outside diameter

$D_i$  = inside diameter

$t$  = tendon wall thickness

Table 1 에서 주어지는 각각의 최대 굽힘모멘트에 대한 UR/IR 값을 구할 수 있게 된다.

### 3.4 Tendon Fatigue Design

텐던 바디에 대한 강도 검토가 이루어진 후에는 해상 상태에 대한 산포도(weather scatter diagram), 적절한 S-N 피로 곡선에 의해서 텐던의 피로 수명이 계산된다.

GP 해석의 결과로 나오는 텐던의 시간 변화에 따른 응력 변화를 Rain Flow Counting 방법으로 응력 범위와 발생 빈도수를 산출하면 일반적으로 잘 알려진 Palmgren-Miner rule 에 의해서 텐던의

피로 수명을 예측한다. 텐던의 응력 집중 계수 SCF 는 텐던의 두께와 제작시 오차 등을 고려하여 구해지고, 참고로 Kizomba B ETLP 텐던 바디의 요구 피로 수명은 250 년(25 년 X 10)이었다.

- 1) SCF (girth weld)-1.15
- 2) Wall thickness correction factor-1.022
- 3) Angular misalignment correction factor-1.05

Total SCF = (a × b × c) = 1.23

이외에도 텐던의 원주 방향 용접(girth weld)에 대하여 균열 진전 해석(crack growth approach)을 수행해야 하는데, 이는 검출 가능한 균열 크기(detectable crack size)를 결정하기 위함이다. 이에 대한 자세한 사항은 다음 기회로 미루기로 한다.

이상과 같이 TLP GP 해석을 통하여 구해지는 텐던의 최대 장력과 텐던의 제작시 오차, 설치시 오차 등과 텐던의 강도 및 피로 수명을 고려하여 텐던 바디에 대한 설계가 이루어질 수 있다. Table 3 은 텐던 바디를 구성하는 각 부분들에 대한 사양을 보여준다.

4. LAJ Thread Length

TLP 텐던의 최종 길이는 설치 해역 수심과, TLP의 설치 출수(Fig. 2), 텐던 bottom section의 unlocking length(Fig. 3) 등을 고려하여 결정될 수 있다. Fig. 1 에서 보여지는 것처럼 설치 깊이들 (installed depth (1) & installed depth(2))에 대하여 알면, 텐던 전체 길이를 결정할 수 있다.

LAJ 는 전체 텐던의 top section으로 TLP 에 설치된 top connector 와 최종적으로 결함(lock-off) 이 이루어지는 부분인데, Fig. 1 과 2 에서 자세히 보여진다.

TLP hull depth = 11.5m  
 Designed LAJ length = 12.7m

Table 3 Dimensions of tendon components

Tendon Components		OD (inch)	WT (inch)	Length (m)	Dry Weight (mt)	Wet Weight (mt)
Top Section	LAJ	22	3.50	12.7	11.3	8.0
	Top Body	32	1.45	44.22	32.2	8.1
Main Body		32	1.40	790	543.5	123.1
Bottom Section	Bottom Body	32	1.45	136	96.5	24.1
	BTC	22	2.50	3.2	11.9	9.8
Nominal Design Weight w/o Margin					695.5	173.1
Design Weight Margin					49.5	26.9
Total				986.12	745	200

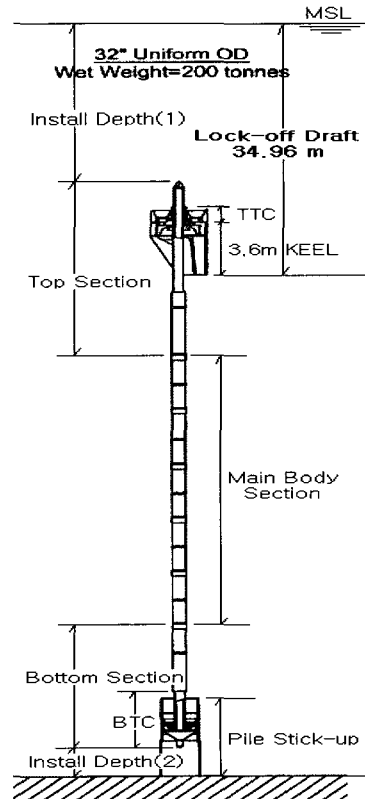


Fig. 1 Tendon configuration

Install Depth (1) in Fig. 1 :

Top of Tendon ③ = TLP Lock-off draft - TLP hull depth ④ - LAJ protrusion = 34.96m - 11.5m - 0.087m = 23.373m

Install Depth (2) in Fig. 1 :

Minimum required unlocking length = Unlocking length ③ + Margin 300mm = 2.008m + 0.3m = 2.308m

TLP 와 텐던의 결합은 TLP 에 있는 top connector 와 LAJ 의 나사선(thread)에 의해서 결합이 이루어지는데, 이에 대한 정확한 위치 설정(TLP lock-off position)은 다음의 단계를 따른다.

LAJ 에 대한 설계를 위해서는 TLP 설치 해역에서의 수심 측정에 대한 오차, 텐던 제작시 오차 및 파일 설치시 오차 등이 고려되어 진다.

Water depth measurement tolerance A = 300mm  
 Tendon fabrication tolerance B = 300mm  
 Foundation pile installation tolerance C = 300mm  
 Tendon porch elevation tolerance D = 50mm  
 LAJ design tolerance =  $A + \sqrt{B^2 + C^2 + D^2}$  = 727 mm

TLP 설치시에 고려되어지는 오차들도 LAJ 의 설계에 반영되어야 하는데, 다음의 결과들은 TLP 의 설치 업체로부터 나올 수 있다.

TLP installation tolerance E = 330mm  
 TLP heel angle tolerance F = 29mm  
 Draft measurement tolerance G = 44mm  
 TLP installation draft tolerance = E + F + G = 403mm

이 밖에도 TLP 와 텐던이 결합(lock-off) 되기 위해서는 설치시 환경 조건에서의 운동값 등을 알아야 하고, TLP 와 텐던이 결합 후에는 텐던에 적절한 초기 장력이 가해져야 하므로 TLP 를 최종 설계 흡수까지 드발라스팅을 하게 된다. 당사에서

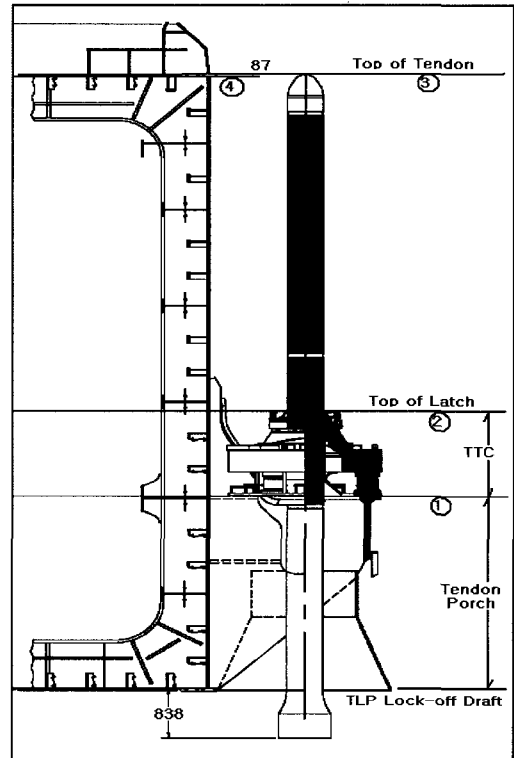


Fig. 2 TLP lock-off condition

수행한 TLP 의 텐던에 초기 장력을 주기 위하여 요구되는 수심은 34.956m 였으며, TLP 의 최종 흡수는 34.5m 였다.

High tidal effect = 1000mm  
 Free flooding motion = 800mm  
 Maximum allowable down stroke = 1500mm  
 Final draft adjustment = 1534mm  
 Depth of pivot latch = 250mm  
 Design margin = 360mm  
 LAJ cap length = 711mm

위에서 구해진 값들을 다음과 같은 조합으로 TLP 의 top connector 와 결합되는 LAJ thread length 를 결정할 수 있다.

LAJ top of latch = 711 + 727 + 1000 + 800 + 1500 + 1534 = 6272mm

Require LAJ thread length = 6272 + 250 + 727 + 403 + 360 - 711 = 7300mm

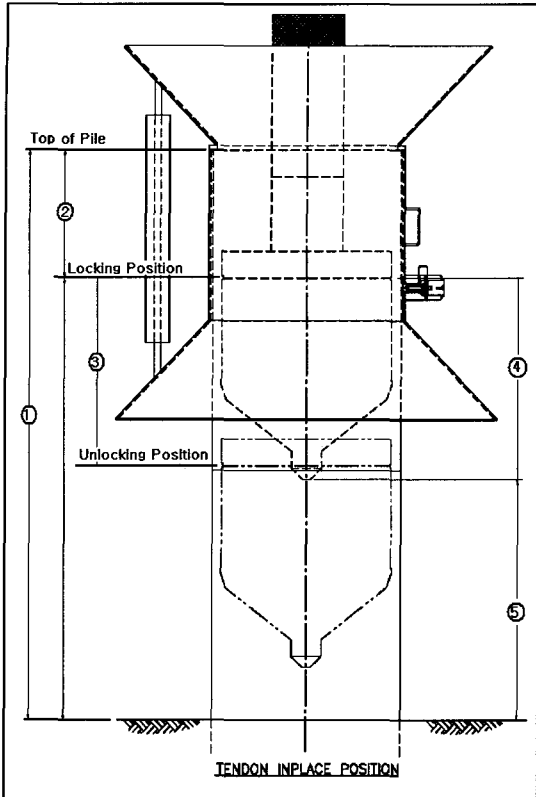


Fig. 3 Tendon locking position with pile

## 5. 결 언

이상으로 TLP 의 GP 해석을 통하여 구해진 최대 장력 및 모멘트 등을 이용하여 TLP 의 텐던 바디에 대한 강도 검토 및 피로 수명 등을 예측하는 방법을 간략히 소개하였다. 그리고 TLP 설치 해역에서의 수심, TLP 와 텐던 바디와의 결합

출수(lock-off draft) 등을 고려하여 텐던 바디의 최종 길이를 결정할 수 있고 특히, 텐던 바디의 최상부에 있는, TLP 의 top tendon connector 와 연결되는 LAJ thread 부분에 대한 길이를 텐던 제작시 오차 및 파일 설치시 오차 등을 고려하여 결정하였다.

## 참 고 문 헌

- 대우조선해양, 2005. 1, “ 해양구조물 Global Performance 해석 기술 개발”, 연구과제 최종보고서.
- 대우조선해양, 2005. 6, “ TLP Global Performance & Offshore Installation Campaign 기술 지원”, 현업과제 최종보고서.
- API RP 2T, 1997. 8, “ Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Tension Leg Platforms”, 2<sup>nd</sup> Edition.
- ABBLG, 2003. 7, “ Tendon Body Global Design”, Doc. No. AO02-ABE-G-JR-0325.2002 Rev.0.



< 김 덕 수 >