اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

اولین کنفرانس لوله و صنایع وابسته
تهران تابستان ۱۳۸۶

روشهای لوله گذاری در دریا با استفاده از بارج لوله گذار

چکیده

افزایش جمعیت، پیشرفت تکنولوژی، نیاز به انرژی و کمبود منابع آن در خشکی موجب شده است تا بشر برای جبران کمبود انرژی در اقیانوسها و دریاها دنبال منابع آن باشد. در این راستا صنعت فرا ساحل (Offshore) برای اکتشاف و استخراج منابع نفت و گاز و نیز انتقال آنها به خشکی توسعه یافته است. پس از اولین حفاری در آبهای کم عمق، با توسعه صنعت فراساحل، منابع انرژی در اعماق دریاها (تا عمق ۳۰۰۰ متر) شناسائی و عملیات استخراج و انتقال آنها با کشتی و یا با خطوط لوله به ساحل صورت می گیرد.

خطوط لوله دریائی یکی از مهمترین بخش های صنعت فراساحل می باشد. طراحی و اجرای آن در توسعه صنعت Offshore نقش بسزائی دارد. امروزه با استفاده از تکنولوژی روز، روشهای پیشرفته گوناگونی جهت نصب خطوط لوله دریائی و انتقال انرژی از اعماق دریا به خشکی، بستگی به عمق آب و و منطقه عملیاتی آن، ابداع شده است.

در این مقاله در رابطه با روشهای نصب خط لوله، به ویژه لوله گذاری بااستفاده از بارج لوله گذار، کنترل کشش لوله در عملیات لوله گذاری به عنوان مهمترین و حساس ترین بخش نصب خط لوله بحث می شود. کنترل پروفیل لوله در لوله گذاری با استفاده از بارج های لوله گذار یکی از بخشهای مهم عملیات نصب می باشد که میزان کشش در لوله و به تناسب آن فشار وارد بر لوله بایستی در حد کنترل شده و مطابق استاندارد طراحی باشد تا خط لوله دچار Buckle نشود. علاوه بر موارد فوق در اینجا روش نصب خط لوله دریائی توسط یک بارج لوله گذار و تکنولوژی حاکم که شناور لوله گذار PLB 132 نیز به آنها مجهز می باشد، بطور مفصل تشریح میگردد. تجهیزات جوشکاری، Abandonment & Recovery Winch و Tensioner ، استینگر و جرثقیل از مهمترین تجهیزات یک بارج لوله گذار بوده که در این مقاله معرفی می شوند.

کلمات کلیدی

Pipe laying Barge, Abandonment & Recovery Winch, Tensioner, Stinger, Pipeline Installation

۱- مقدمه

افزایش تقاضا برای نفت و گاز با گسترش صنعت و به دنبال آن کمبود منابع فسیلی انرژی موجب شد که پروژه های فراساحلی (Offshore) برای کشف ، استخراج و انتقال هیدروکربنها توسعه چشمگیری یابند. اولین خط لوله دریائی برای انتقال سوخت جنگ جهانی دوم، پروژه پلاتو (Pelato) بود که با استفاده از یک کشتی و قرقره بزرگ، لوله ای با قطر کم بین اروپا و انگلیس به روش Reel Method نصب شد. اولین خط لوله Offshore در خلیج مکزیک نصب شد. پس از آن و با توسعه صنعت فرا ساحل، لوله گذاری در مناطق مختلف از جمله دریای شمال، خلیج مکزیک، مدیترانه، استرالیا، جنوب شرقی آسیا، خلیج فارس، آمریکای لاتین و ... صورت گرفت. فازهای مختلف عملیاتی فرا ساحل شامل شناسائی ناحیه انرژی، حفاری، توسعه میدانی، استخراج و انتقال محصولات به ساحل می باشد که خط لوله برای انتقال محصولات ، از سکو به ساحل و یا بین دوسکوی نفتی(ویا گازی) نقش اساسی را در توسعه صنعت نفت و گاز فراساحلی دارد.

۲- روشهای نصب خط لوله دریائی

روشهای مختلفی برای نصب خط لوله در Offshore برای انتقال منابع انرژی از فراساحل به ساحل وجود دارد که مهمترین و رایج ترین آنها عبارتند از :

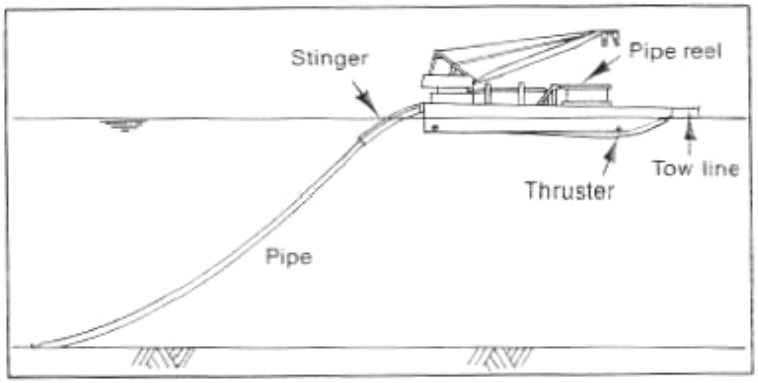
۱- لوله گذاری با استفاده از بارج Reel (Reel Barge Method)

۲- لوله گذاری به روش Pull & Tow (Pull & Tow Method)

۳- لوله گذاری با استفاده از بارج لوله گذار (Lay Barge Method)

۲-۱- لوله گذاری به روشReel Barge

در این روش لوله ها پس از آماده سازی در ساحل و جوشکاری ، بر روی یک درام قرقره بزرگ که بر روی یک بارج قرار دارد، پیچیده شده و سپس در مسیر از پیش تعیین شده در بستر دریا قرارمی گیرند(نصب می شوند). در طول عملیات Reeling ، لوله تغییر فرم پلاستیکی را تحمل می کند. در این روش ماکزیمم قطر لوله برای نصب ۱۶ اینچ می باشد. [1]

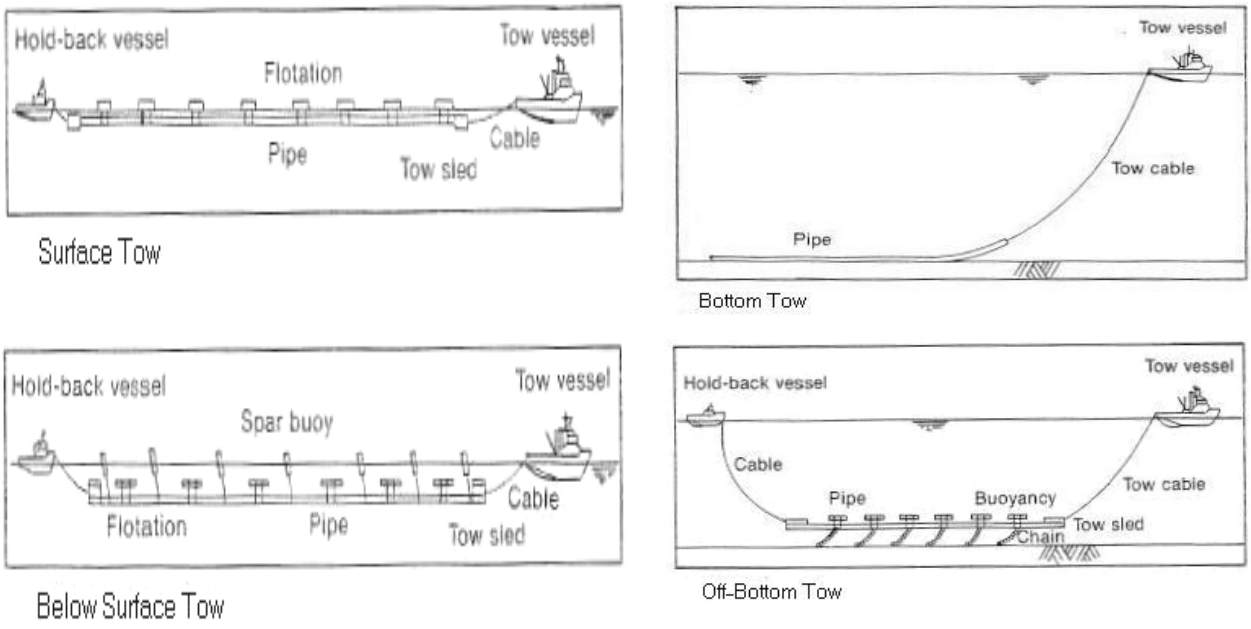


شکل ۱: شماتیک لوله گذاری به روش Reel Barge

۲-۲- لوله گذاری به روشPull & Tow

عملیات آماده سازی و جوشکاری و تست لوله ها در ساحل انجام می گیرد و برای نصب آن در دریا با استفاده از شناور Towing یکی از روشهای زیر بکار می رود. این روشها در شکل یک نشان داده شده اند.[1]

- Bottom Tow
- Surface Tow
- Off-Bottom Tow
- Below Surface tow



شکل ۲: روشهای مختلف لوله گذاری به روش Tow

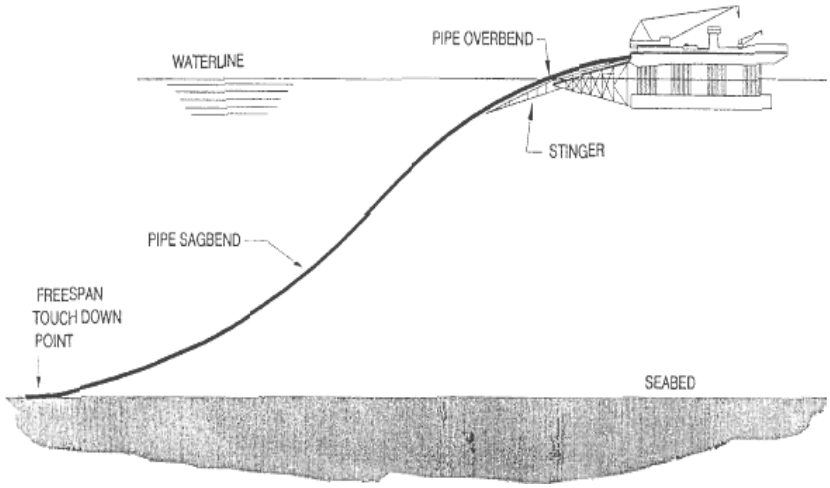
۲-۳- لوله گذاری با استفاده از Lay Barge

رایج ترین روش برای نصب خطوط لوله دریایی Lay Barge Method می باشد. اولین بارج لوله گذار باکس شکل (Box Hull) در صنعت Offshore معرفی شد، سپس بارج های پیشرفته ای برای نصب خط لوله در دریا ساخته شدند.

در بارج های لوله گذار ، لوله مورد نیاز توسط بارج های حمل لوله آورده شده و در انبار لوله(Pipe Rack) ذخیره می شود. و سپس توسط جرثقیل های بارج وارد خط تولید می شوند. لوله ها پس از آماده سازی و پخ زنی دو سر انتهایی آن وارد ایستگاه Line up ، اولین ایستگاه خط تولید، شده و آماده جوشکاری می شود. پس از اتمام جوشکاری و نهایی شدن تست NDT ، لوله ها در ایستگاه Field Joint Coating با استفاده از پلی اتیلن خاص پوشش ضد خوردگی(و گاهی پوشش سیمانی) می خورند. و سپس با عبور از دستگاههای کشنده که نقش آن ایجاد حداقل کشش در لوله برای حفظ قوس مجاز و جلوگیری از کمانش لوله می باشد، با حرکت بارج به سمت جلو، لوله روی استینگر و سپس در بستر دریا قرار می گیرد.

در شکل سه، شماتیک عملیات لوله گذاری با بارج لوله گذار، که نمایی از لوله گذاری به روش S-Lay می باشد، دو ناحیه مهم دیده می شود که شامل ناحیه Overbend و Sagbend می باشد. کنترل کشش و همچنین تنش این نواحی یکی از مهمترین مراحل

نصب خط لوله می باشد. لوله گذاری در دریا به روش Lay Barge در دو روشS-Lay و J-Lay انجام می گیرد که روشS-Lay بیشترین کاربرد را در آبهای کم عمق دارد. در خلیج فارس با توجه به عمق آب برای نصب خط لوله از این روش استفاده می شود.



شکل ۳: شماتیک عملیات لوله گذاری بااستفاده Lay Barge

۲-۳-۱- لوله گذاری به روش J-Lay

از این روش که بیشتر در آبهای با عمق بالا استفاده می شود لوله ها بر روی یک دکل لولایی بزرگ به هم جوش داده شده و بعد از عبور از Tensioner در بستر دریا قرار می گیرند. با توجه به اینکه عمق آب زیاد بوده و استینگر تقریباً عمود بر خط تولید قرار دارد لذا بایستی دستگاه های کشنده قابلیت اعمال نیروی کششی بیشتری را دارا باشند تا در ناحیه Sagbend خط لوله، تغییر فرم پلاستیکی و یا کمانش قطری ایجاد نگردد.

۲-۳-۲- لوله گذاری به روش S-Lay

این روش کاربرد وسیعی در در لوله گذاری دارد، سرعت لوله گذاری به قطر لوله، عمق آب ، تجهیزات و نوع بارج بستگی دارد. در خلیج فارس بیشتر از این روش استفاده می شود. اولین مورد لوله گذاری در آبهای ایران مربوط به سال۱۹۶۰ می باشد که در یک مسیر۱۹ مایلی بین بندر خارک و بندر گناوه توسط یک بارج لوله گذار صورت گرفت.

عمق ماکزیمم عملیاتی برای هر بارج بستگی به عواملی مانند ظرفیت و نوع سیستم Mooring ، نوع استینگر، ظرفیت دستگاه های کشنده ، قطر لوله و ضخامت آن دارد. مطابق شکل سه، خط لوله در این روش در دو ناحیه Overbend و Sagbend تحت تنش می باشد که برای جلوگیری از کمانش خط لوله بایستی ممان خمشی وارد بر آن در محدوده مجاز باشد. خمش در ناحیه Overbend با تنظیم زاویه استینگر و رولرهای آن و خمش در ناحیه Sagbend با وارد کردن کشش مناسب به خط لوله توسط Tensioner کنترل می شود. [2]

۲-۳-۲-۱- آنالیز کشش و پروفیل خط لوله در روش S-Lay

منحنی خط لوله در ناحیه Overbend معمولاً با جایسازی مناسب رولرهای استینگر و تنظیم زاویه آن کنترل می شود شعاع خط لوله در ناحیه Overbend در منحنی خط لوله که شامل استینگر نیز می باشد، با اعمال تنش ماکزیمم خمشی در لوله که از ۸۵٪ تنش تسلیم لوله نباید بیشتر باشد محاسبه می شود.[1]

$$\varepsilon = \frac{D}{2R} \qquad (1)$$

$$\sigma = \frac{E.D}{2R} \qquad (2)$$

$$(1),(2) \rightarrow R = \frac{E.D}{2\sigma_0 .DF} \qquad (3)$$

D: قطر بیرونی لوله

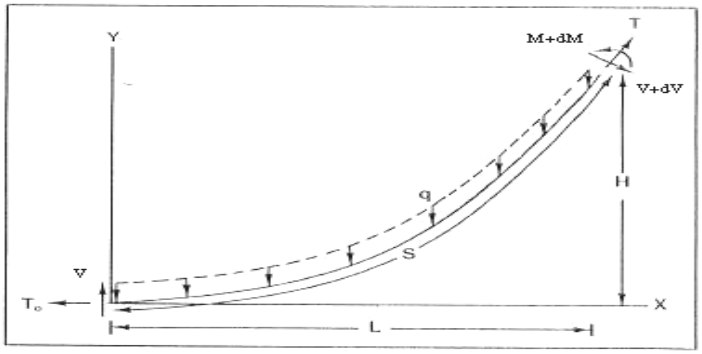
DF: فاکتور طراحی (معمولاً ۰/۸۵ فرض می شود.)

σ_0 تنش تسلیم مینیمم درلوله

R: شعاع ناحیه Overbend

ε: Bending Strain

آنالیز تنش در ناحیه Sagbend برای تعیین نیروی کششی مورد نیاز در Tensioner و نیزطول مجاز استینگر برای حالت Safe Laying صورت می گیرد. برای بدست آوردن نیروی کشش از Beam Method استفاده می شود.



شکل ۴: دیاگرام آزاد خط لوله در ناحیه Sagbend

با حل معادلات تعادل و اعمال شرایط مرزی نیروی کشش در خط لوله بدست می آید:[1]

q: برآیند نیروی وزن و بویانسی

EI: سختی خمشی لوله

$$\frac{dy}{dx} \langle\langle 1$$

$$-q = EI\,\frac{d^4 y}{dx^4} - T_0\,\frac{d^2 y}{dx^2}$$

$$T = T_0 + q.H \qquad (4)$$

$$EI\,\frac{d^2 y}{dx^2}(L) = M$$

$$y(L) = H$$

با حل معادلات بالا مقدار کشش در خط لوله بدست آمده و برای مقاطع مختلف آن در مسیرهای مختلف جدول نیروی لازم برای Tensioner استخراج شده و در موقع نصب ملاک کنترل قرار می گیرد. اگر نیروی کششی از حد مجاز محاسبه شده کمتر باشد خط لوله در ناحیه Sagbend دچار تغییر شکل پلاستیکی شده و به اصطلاح Buckle می شود. لذا بایستی در نصب خط لوله تمامی فاکتورهای لازم برای جلوگیری از Buckle شدن خط لوله صورت گیرد.

۳- بارج لوله گذار

یکی از روشهای نصب خطوط لوله در دریا استفاده ازکشتی لوله گذار هست که روی عرشه بارج لوله ها به هم جوش خورده و ضمن حرکت کشتی با عبور از دستگاه کشنده و استینگر دربستر دریا قرار می گیرد. این بارجها مجهز به تجهیزات جوشکاری، جرثقیل روی عرشه، ماشینهای پخ زنی(Beveling Machines)، دستگاه کشنده لوله(Tensioner)، Abandonment & Recovery Winch و تجهیزات دیگر مربوط به عملیات لوله گذاری از جمله رولرهای نگهدارنده لوله، Pipe Davits ، System Mooring ، Positioning& Survey و همچنین عملیات غواصی هستند. روش نصب لوله در دریا و نیز تجهیزات مورد نیاز که در بارجهای لوله گذار وجود دارند، تقریباً یکسان می باشد. شکل پنج بارج لوله گذار PLB132 را در حین عملیات لوله گذاری در آبهای خلیج فارس را نشان می دهد. در انجا اشاره مختصری به مهمترین تجهیزات و مراحل نصب خط لوله با استفاده از بارج های لوله گذار می شود.[4]

شکل ۵ : بارج PLB132 در حال لوله گذاری در خلیج فارس

۳-۱- ایستگاههای عملیاتی

هر بارج لوله گذار بر حسب طراحی خود دارای چندین ایستگاه جوش می باشد. ایستگاه اول در هر بارج Bead stall و یا Line up نام دارد که در آن پس از Line up کردن لوله ها، پاسهای جوش، Root & Hot Pass زده شده و در بقیه ایستگاهها پاسهای جوش Fill & Cap Pass زده می شوند. تعداد ایستگاههای جوش در هر شناور بر اساس قطر لوله و سرعت عملیات تنظیم می شود. شکل چهار Line up کردن دو لوله را نشان میدهد. در بارجهای لوله گذار نوع جوش (Auto or Manual) تعیین کننده نوع تجهیزات آن می باشد. به منظور دست یابی به راندمان بالا و پایین آوردن خطای جوشکار از نوع اتوماتیک استفاده می شود.

در لوله گذاری دریایی، تمامی خط جوشها بایستی (۱۰۰٪) تست شوند. نوع تست(Radiography , AUT) معمولاً در موقع طراحی خط لوله و نیز مطابق با استانداردهای موجود انتخاب می شود. شکل شش عملیات Line upکردن را در بارج PLB132 نشان می دهد.

پس از تست سر جوشها و اطمینان از سالم بودن آنها، در آخرین ایستگاه عملیاتی، ایستگاه پوشش حفاظتی لوله، دو سر انتهایی لوله ها با لایه ای مناسب از پلی اتیلن پوشیده می شود که نوع پوشش انتخابی بستگی به میزان شوری آب دریا داشته که در مراحل طراحی نوع و ضخامت آن مشخص می شود. [4] ,[5]

شکل ۶: Line up کردن دو لوله در ایستگاه اول_بارج PLB132

۳-۲- دستگاه Tensioner

Tensioner با نگهداشتن لوله و اعمال مداوم نیرو، ممان خمشی (Bending Moment) را در قسمت Sagbend کنترل می کند. Tensioner ها معمولاً بصورت افقی در ادامه خط تولید بعد از ایستگاه NDT روی بارج نصب می شوند. در حالتی که بارج حرکت ندارد Tensioner نیروی لازم را برای حفاظت لوله از کمانش اعمال می کند و موقع حرکت بارج ، بصورت اتوماتیک و با حفظ کشش لازم لوله را به جلو یا عقب هدایت می کند.. در این راستا با Mooring Winches نیز هماهنگ می شود تا مشکلی برای لوله در هنگام حرکت بارج پیش نیاید. شکل هفت عبور خط لوله در عملیات لوله گذاری از Tensioner را نشان می دهد.

شکل ۷: خط لوله درگیر بین Tensioner_بارج PLB132

۳-۳- استینگر

استینگر یک سازه فلزی است که لوله را از موقعی که بارج را ترک می کند تحت زاویه ای مشخص به سمت بستر دریا هدایت می کند. استینگر PLB به بدنه پاشنه بارج لولا شده (Hinged) و دارای قابلیت حرکت می باشد که حرکت آن با حرکت A-Frame مربوطه کنترل میشود. تنظیم زاویه استینگر نسبت به افق بستگی به عمق آب، قطر لوله، طول خود استینگر و نیز منحنی استخراج شده برای لوله در هنگام Laying دارد. با تنظیم زاویه استینگ و نحوه چیدن رولرهای آن، منحنی خط لوله و نیز تنش در ناحیه Overbend کنترل می شود.

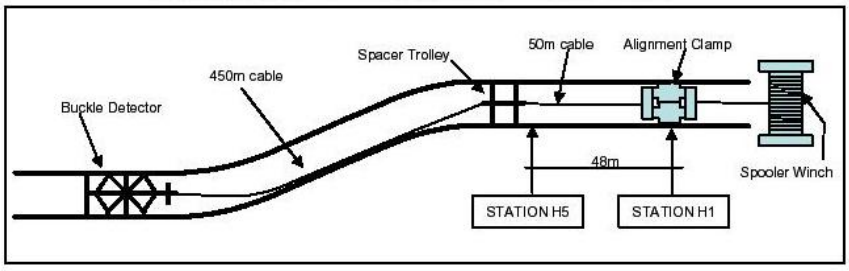
۳-٤- وینچ Abandonment &Recovery

بارج PLB132 مجهز به یک وینچ واگذاری لوله به بستر دریا و بازیابی آن (A&R Winch) با ظرفیت ۱۵۰ تن می باشد. زمانی که نیاز به خاتمه دادن عملیات لوله گذاری باشد عملیات تولید تعطیل و لوله بااستفاده از A&R Winch در بستر دریا قرار می گیرد. Abandon خط لوله بنا به دلایل زیر اتفاق می افتد. شرایط بد جوی در دریا، نقص فنی ماشین آلات و پایان عملیات لوله گذاری. شکل هشت نمایی از رهاسازی خط لوله در بستر دریا و بازیابی آنرا روی استینگر نشان می دهد.

شکل۸: عملیات رهاسازی خط لوله در بستر دریا

۳-۵- Buckle Detector

وسیله ای است که برای شناسایی کمانش قطری لوله موقع خط لوله در داخل آن قرار می گیرد. محل قرار گیری آن بعد از ناحیه Sagbend و یک یا دو لوله بعد Touch Down Point می باشد. مطابق شکل زیر به Internal Clamp وصل شده و توسط یک وینچ در داخل لوله بازیابی می شود. یکی از ابزارهای مطمئن برای کنترل کمانش در موقع نصب خط لوله می باشد. [2]



شکل ۹: شماتیک نصب Buckle Detector [5]

٤- منابع و ماخذ

1. A.H. Mousselli, “Offshore Pipeline Design and Methods” Penn Well Books
2. Jan Bohl Andersen “Design and Installation of Marine pipeline” Black Well Science
3. Yong Bai “Pipeline and Risers” Elsever
4. “PLB132 Operation Manual”, Deep Offshore Technology
5. “South Pars Phase8 Pipeline Installation Manuals”,