

الفصل الأول

طرق حفر الآبار

من حيث المبدأ ، وحسب أسلوب التأثير في التربة لتهديمها يمكن تنفيذ عملية الحفر بطرق عدة : ميكانيكية ، هيدروليكية ، حرارية أو بالتوترات الكهربائية العالية .. وغيرها ، إلا أن الطرق المستخدمة حالياً هي الطرق الميكانيكية فقط .

تقسم الطرق الميكانيكية لحفر الآبار : حسب :

- طبيعة موقع الحفر ، إلى : الحفر على اليابسة ، الحفر البحري .
 - طريقة تفتيت التربة ، نوع وتصميم وحدة الحفر ، نظام الحفر المستخدم ،
- إلى : الحفر الدوراني ، الحفر المطرقي .

1-1: الحفر البحري (Drilling offshore)

منذ أكثر من نصف قرن بدأ استثمار المكامن النفطية والغازية المتوضعة تحت قاع البحار والمحيطات والمناطق المائية ، ويعود تركيب المنشآت الثابتة للحفر والإنتاج البحري التي لا يمكن رؤيتها من على اليابسة إلى عام (1947) قبالة شاطئ لويزيانا في الولايات المتحدة الأمريكية .

تتكون المنصات الأولى من مجموعة من الهياكل الفولاذية تم تصنيعها على اليابسة ثم نقلت إلى مواقعها بواسطة قوارب مسطحة ووضعت في أماكنها باستخدام روافع عائمة .

بعد ذلك جرى غرس هذه المنصات في تربة قاع البحر باستخدام ركائز تم دفعها خلال جلب أسطوانية فولاذية كانت تشكل جزءاً من هيكلها . وقد عرفت هذه المنشآت باسم " أغلفة الشبب الفولاذية" (Steel template jackets) .

في الفترة نفسها ، تم استخدام الحفر البحري لاستثمار مكان من منطقة الصخور النفطية في بحر قزوين في جمهورية أذربيجان بواسطة منشآت ثابتة في مواقع يتراوح عمق البحر فيها بين (10 - 100) متر .

خلال العقود الثلاثة الماضية شهدت المنصات النفطية البحرية زيادة كبيرة في أحجامها وتعقيدها التقني وتكاليفها . وقد جرى تركيب المنصات الأولى في مياه ضحلة نسبياً لم تتجاوز أعماقها بضعة عشرات من الأمتار ، حيث كانت المشاكل الفنية محدودة .

مع اكتشاف الحقول النفطية والغازية الكبيرة تحت مياه بحر الشمال ، بين بريطانيا والقارة الأوروبية والخليج العربي وبحر العرب والمحيطات الهادي والأطلسي وغيرها من المواقع البحرية ، أصبح من الضروري تثبيت المنصات على قاع البحر على أعماق تزيد على (300-350) متر . وكان العمق (1570) متراً يعتبر أكبر عمق للبحار التي تم حفر بئر استكشافية فيها ، نظراً لتعدد تصاميم هذه المنصات لتقاوم آثار ارتطام أمواج يصل ارتفاعها إلى أكثر من (30) متراً .

بشكل عام ، تتألف المنصات البحرية من مكونين أساسيين :

أولاً : مرافق منشآت الحفر والتشغيل

تعرف أحياناً باسم الجوانب العليا وتضم :

- معدات وحدة الحفر وبرجها ومعدات معالجة النفط والغاز ومضخات النقل .
- منافع وأماكن المعيشة لعدد من العمال يصل إلى ثلاثمائة عامل .
- تحتوي كافة المنصات البحرية الكبرى حالياً على مهبط للطائرات العمودية .

بعد أن تتم معالجة النفط ، يجري ضخه مباشرة إلى الشاطئ بواسطة أنابيب تحت بحرية ، أو يتم تخزينه حتى يمكن نقله إلى ناقلات النفط . وفي الحالة الأخيرة يتم عادة تجهيز عدد كاف من معدات التخزين لتعبئة الناقلات بشكل دوري ، دون الحاجة إلى خفض التدفق من الآبار .

يصل وزن منشآت الجوانب العليا للمنصات البحرية العملاقة إلى (40000) طن والمساحة الإجمالية لأرضيتها إلى حوالي (40000) م² . ويجب وضع هذه المنشآت الضخمة على مستوى أعلى من مستوى قمة أعلى موجة (الموجة التي يتوقع حدوثها مرة كل مئة سنة) وفي حال بحر الشمال المعروف باضطرابه الدائم ، يجب وضع قاعدة أدنى سطح للمنصة على ارتفاع لا يقل عن (25) م فوق مستوى سطح الماء .

ثانياً : منشآت الدعم وأساساتها (Support Structure)

يجب على هذه المنشآت تأمين سلامة منشآت الجوانب العليا ضد عوائل الرياح والأمواج والتيارات ، وفي بعض الحالات ضد الهزات الزلزالية . لهذا يعبر هذا المكون بوضوح عن البراعة في التصميم .

في جميع الحالات تقريباً ، يجب أن تؤخذ في الحسبان القوى البيئية الرئيسية الناجمة عن ارتطام الأمواج ، حيث يؤخذ في الاعتبار حالتين حرجتين للأمواج :

- الموجة القصوى التي يمكن أن تأتي كحدث فريد خلال حياة المشروع ، وتحدد هذه الموجة التي يمكن التنبؤ بها القوة القصوى للمنشأة .

- التأثير التراكمي للملايين العديدة من الأمواج خلال السنة والتي يحدث أن يتفق ترددها مع التردد الرئيسي لذبذبة المنصة نفسها .

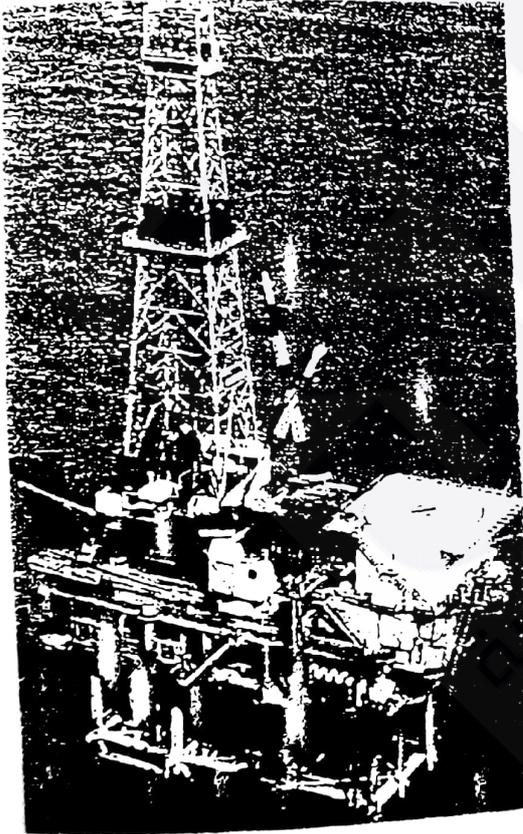
وعلى الرغم من التأثير البسيط لهذه القوى المدوية ، لو أخذت كل منها على حدة ، إلا أنها تتضخم ميكانيكياً بواسطة المنشأة ، لذا فهي تُحدد عمر الكلال الواجب أخذه في الاعتبار عند تصميم المنصة .

يجب أن يكون للمنشأة التي تقوم بعملية الدعم أساس آمن . ففي حالة تربة قاع البحر اللينة يجب غرز الركائز إلى عمق أكثر من (150) متر داخل قاع البحر قبل الحصول على الدعم المناسب . ويمكن أن يتجاوز الطول الكلي للركيزة بما فيه تابع الركيزة ومدقتها فوق الماء (400) متر ، الأمر الذي يجعل من اللازم التعامل مع مئات الأطنان من المواد في ترقية واحدة متصلة الأجزاء .

1-1-1 : تصنيف منصات الحفر البحري

عادةً تصنع منصات الحفر البحري بشكل فردي وفق متطلبات موقع العمل ، ولكن بشكل عام ، إضافة إلى المنصات الإنتاجية ، يمكن تصنيفها إلى أربعة أصناف :

أولاً : المنصات الثابتة (Stationary Structure)



تكون معدات فوهة البئر على أرضية المنصة وتوصل مع البئر بواسطة أعمدة أنابيب عزل الماء ، الشكل رقم (1-1) . وعند الانتهاء من حفر البئر تستبدل معدات الحفر بمعدات الإنتاج .

تختلف في منصات الحفر البحري الثابتة ، وبشكل رئيسي ، معدات الحفر وتجهيزاته عن التي تستخدم في وحدات الحفر على اليابسة ، وذلك في وضعية تجميعها (مخططها التركيبي) ، ووجود أعمدة أنابيب عزل الماء . بينما تستخدم

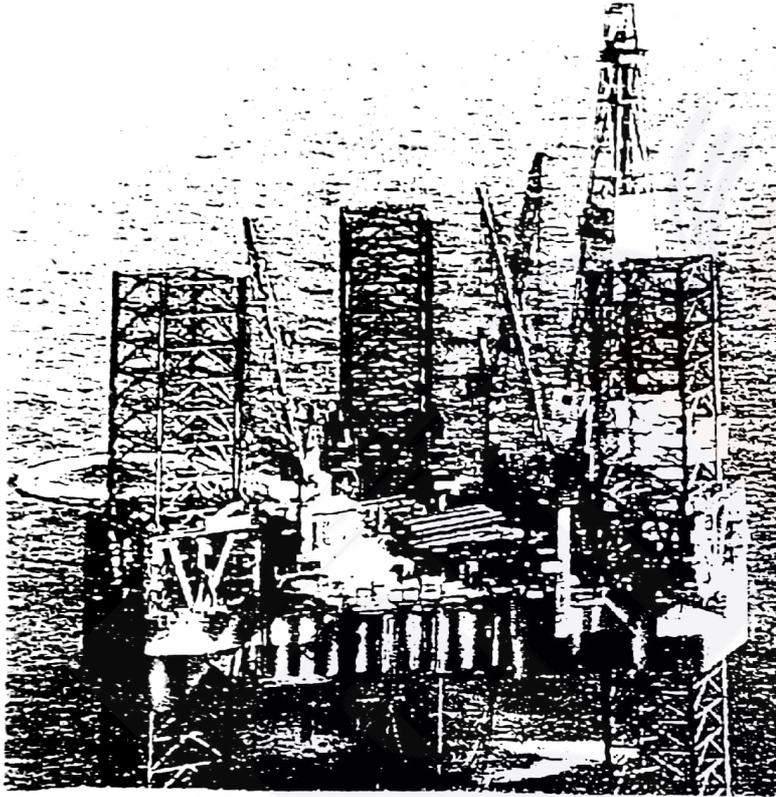
الشكل رقم (1-1) : شكل تصويري لمنصة الحفر

البحري الثابتة مع مقاطع توضيحية لمنشأتهما

نفس معدات تجهيز فوهة البئر وإحكامها في كل منهما وللغرض ذاته .

ثانياً : المنصات العائمة ذاتية الاستناد (Jackup)

تتكون هذه المنصات ، الشكل رقم (1-2) ، من هيكل عائم مزود بثلاثة أو خمسة أعمدة إسناد وبرج الحفر مع معدات وأجهزة الحفر ومهبط الطائرات العمودية ، وتقع المنشآت السكنية للعاملين على سطح المنصة أو داخلها .



الشكل رقم (1-2) :

شكل تصويري لمنصة الحفر البحري
العائمة ذاتية الاستناد

خلال عملية القطر تُنقل هذه المنصات مقطورةً من موقع لآخر وتكون أعمدة الإسناد مرفوعة .

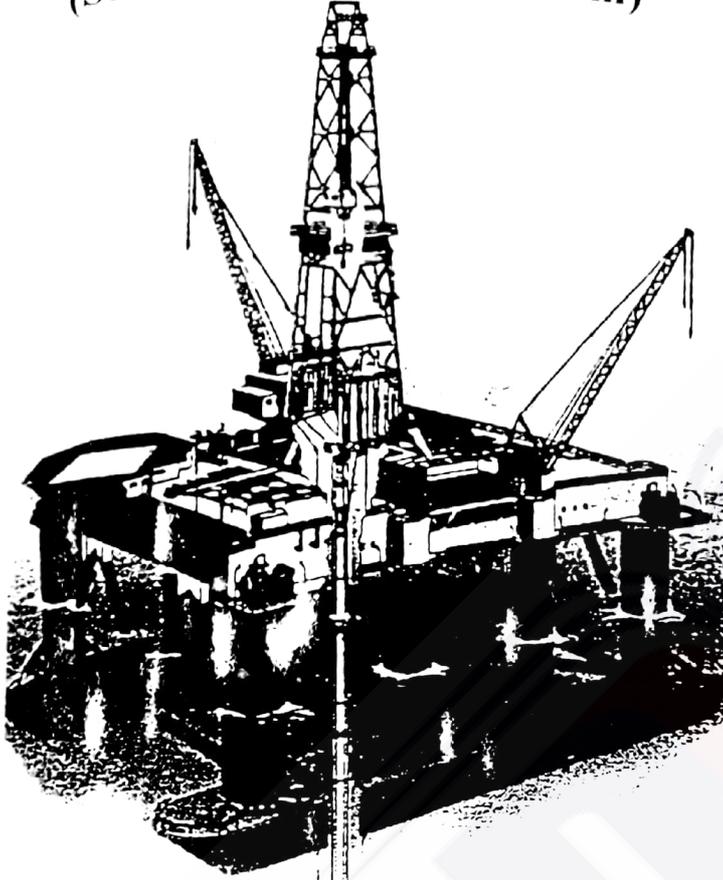
خلال عمليات الحفر والإعداد لها يتم إنزال أعمدة الإسناد حتى تنغرز في قاع البحر لمسافة (15-20) متر أو أكثر حسب طبيعة القاع ، وفي الوقت ذاته يتم رفع المنصة إلى ارتفاع (6-12) متراً فوق سطح الماء .

تقوم هذه المنصات بعمليات حفر الآبار الاستكشافية العميقة ، حتى عمق (6500) متر في المياه التي يصل عمق القاع فيها إلى (100) متر .

ولا تختلف تكنولوجيا الحفر على هذه المنصات عملياً عن تكنولوجيا الحفر

المتبعة على المنصات البحرية الثابتة

ثالثاً : منصات الحفر البحري العائمة نصف المغمورة (Semisubmersible platform)



تتكون منشأة الدعم في هذه المنصات ، الشكل رقم (3-1) ، من حمالات سفلية مغمورة (1) ، تستند عليها أعمدة موازنة شاقولية (3) ترتكز عليها قاعدة المنصة (4) المنصوبة عليها

منشآت الجوانب العليا المتمثلة : بالرافعات (5) المخصصة لرفع المواسير وأحمال أخرى ووضعها على قاعدتها (6) وبرج الحفر مع مجموعة الرفع و الإنزال (7) ومهبط الطائرات العمودية (8) .

تركب أجهزة مجموعة الضخ والمضخات داخل هيكل القاعدة . وترتبط الحمالات السفلية وأعمدة الموازنة الشاقولية مع بعضها بجسور أفقية (9) و مائلة (10) . أما سلاسل المرساة (2) فتوضع في الأجزاء الأمامية والخلفية من الحمالات.

الشكل رقم (3-1) يبين :

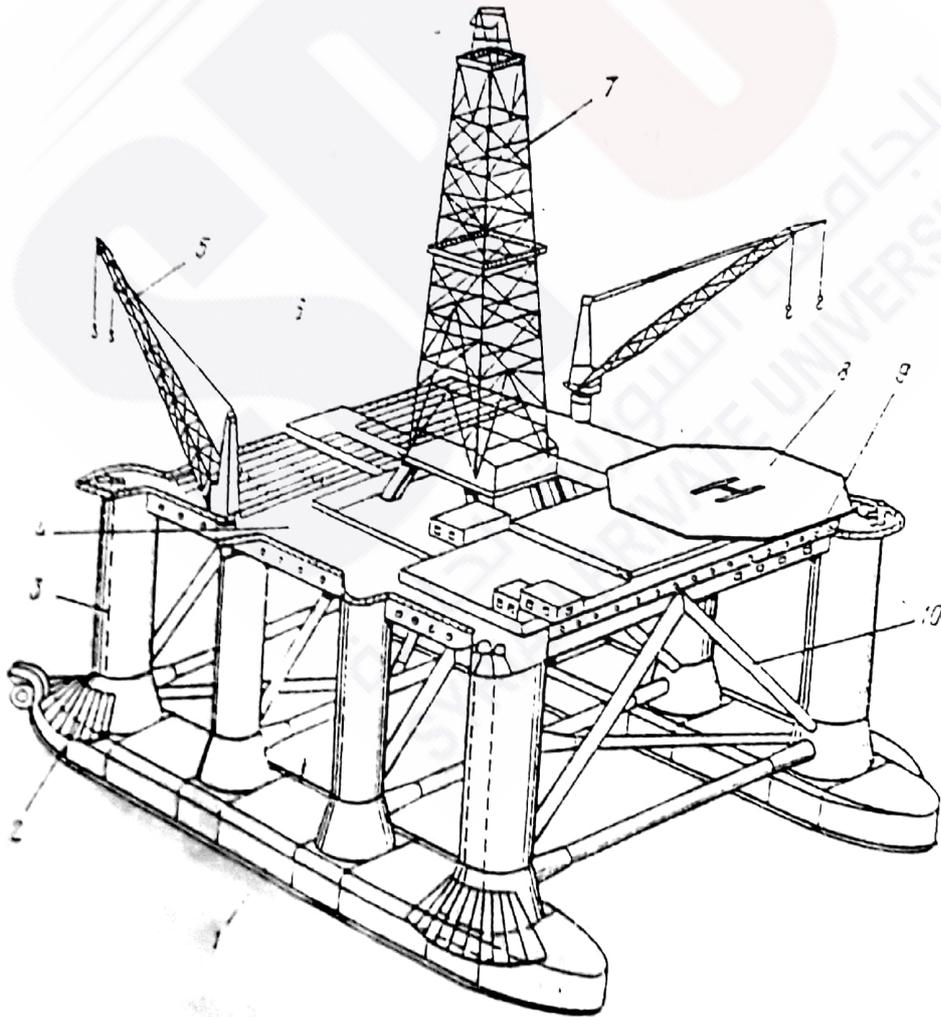
منصة بحرية عائمة نصف مغمورة

في وضعها العامل

عند قَطْر المنصة أو انتقالها بواسطة محرركاتها الخاصة تكون الحمالات السفلية مغمورة قليلاً بالماء .

في الوضعية العاملة للمنصة : تنغمر الحملات السفلية إلى عمق (20-25) متراً في الوقت الذي يرتفع سطح المنصة مع منشآت الحوائط العليا فوق سطح الماء لمسافة (12-16) متراً أو أكثر .

يتم تثبيت هذه المنصات عند نقطة (مركز) الحفر بواسطة المرساة أو بواسطة نظام الاستقرار الديناميكي الموجه بواسطة الكومبيوتر . وبما أنه لا يمكن المحافظة على منصة الحفر البحري العائمة نصف المغمورة ساكنة وإبقاؤها ثابتة بالنسبة إلى نقطة (مركز) الحفر خلال عمليات الحفر فإن بعض معدات الحفر المستخدمة في هذه المنصات تختلف في تصاميمها عن مثيلاتها في منصات الحفر البحرية الثابتة أو العائمة ذاتية الاستناد .



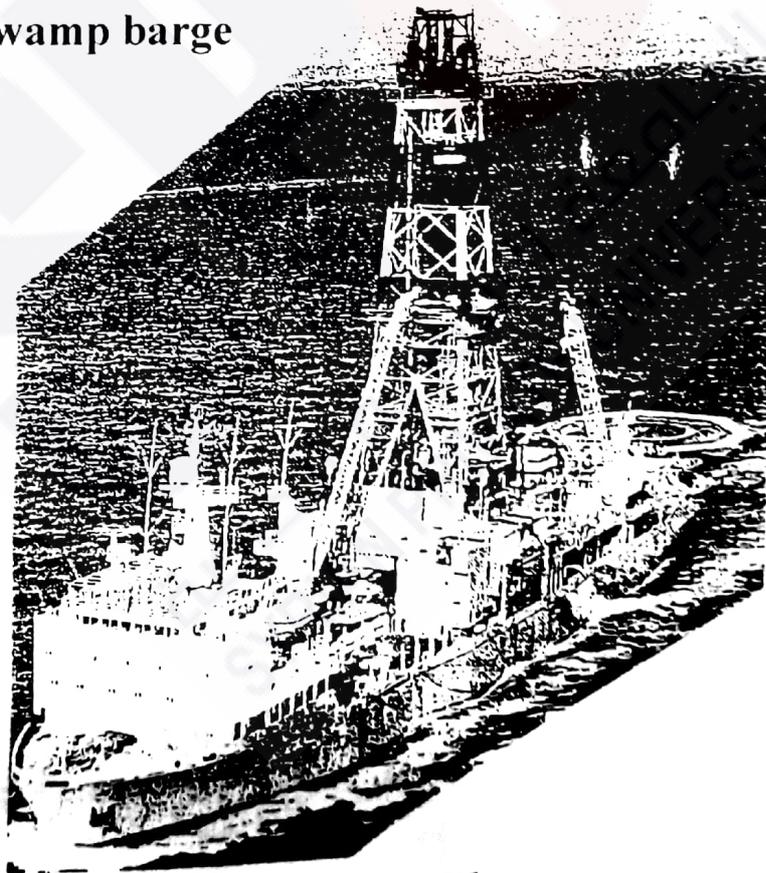
الشكل رقم (1-3) يبين شكل تخطيطي لمنصة الحفر البحري العائمة نصف المغمورة

في المنصات نصف المغمورة :

- تزود منظومة الحبال بمنظم الانحراف الشاقولي الذي يركب ضمن المجموعة ، ويؤمن وضعية ثابتة للخطاف عند اهتزاز الوحدة تحت تأثير الأمواج والرياح .
- تتركب معدات فوهة البئر وموانع الاندفاع المركبة عليها على فتحة البئر في قاع البحر ، ويتم توصيلها بالمعدات السطحية لوحدة الحفر الموجودة على سطح المنصة بواسطة ماسورة تسمى بالقائم البحري ، الذي يسمح بانحراف جزئي قليل في المستوى الأفقي عن مركز البئر ويسمح كذلك بالانحرافات الاهتزازية الزاوية للمنصة .
- تصميم معدات فوهة البئر وموانع الاندفاع المنصوبة في قاع البئر ومنظومة التحكم والسيطرة لها معقدٌ جداً .

رابعاً : منصات الحفر البحري المتنقلة أو السفينة الحفارة

(Drillship) or swamp barge



الشكل رقم (4-1) يبين : السفينة الحفارة

عبارة عن سفينة عادية مصممة بطريقة خاصة ، ذات إزاحة مائة تتراوح بين (7-35) ألف متر مكعب ، تتركب عليها معدات وحدة الحفر والبرج بصورة مماثلة لمنصات الحفر العائمة نصف المغمورة .

تنفذ هذه المنصات عمليات الحفر الاستكشافي الجيولوجي في المواقع البحرية ذات الأعماق حتى (1000) متر أو أكثر .

يمكن لهذه المنصة القيام بعمليات الحفر على أعماق كبيرة نتيجة احتوائها على منظومة توازن ديناميكي قوية ذات استطاعة عالية تؤمن تثبيت السفينة فوق نقطة (مركز) الحفر عند سرعة : (60-100) كم/ساعة وارتفاع الأمواج (5-6) أمتار .

خامساً: المنصات البحرية لاستثمار الآبار النفطية والغازية

(المنصات الإنتاجية) (Platform) (Production structures)

هذا الموضوع يخص المعدات الإنتاجية وكان يفترض دراسته ضمن موضوعات الباب الثاني من هذا الكتاب إلا أن أفضلية توحيد موضوعات الحفر البحري جعلتنا نعالجه ضمن هذا الباب .

- بالنسبة إلى الآبار المنتجة المحفورة على اليابسة أو في مناطق الأهوار والمياه الضحلة تستغل مواقع الآبار المحفورة والهياكل الارتكازية لاحتواء جميع الأجهزة والمعدات الضرورية لعملية الإنتاج وديمومتها ومعالجتها وإصلاحها .
- بالنسبة إلى الآبار المنتجة والمحفورة في المناطق البحرية التي يزيد عمق قاعها عن (50) متر فتعتمد خصوصية الهياكل الموقعية لتنفيذ عملية الاستثمار (الإنتاج) على خصائص طريقة حفرها . تصنف هذه الهياكل إلى نوعين :

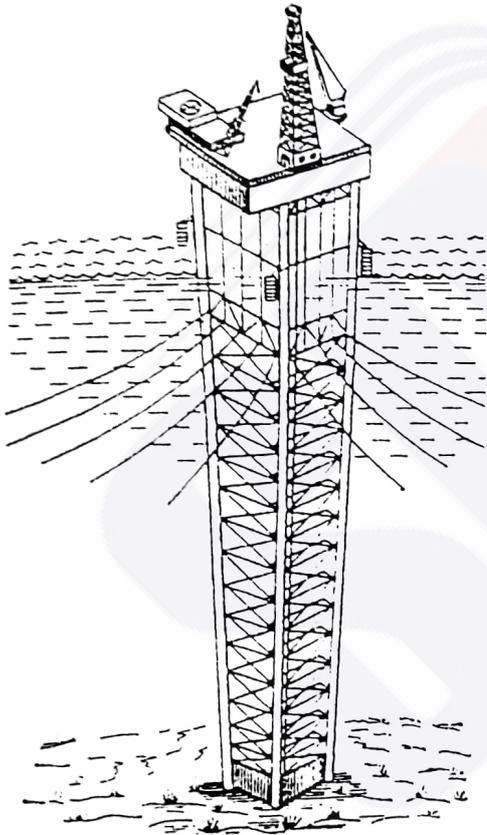
النوع الأول : الهياكل الموقعية المستخدمة خلال عمليات الحفر التي يمكن استخدامها

- كلياً أو جزئياً في عمليات الإنتاج والإصلاح والمعالجة . ويشمل :
- هياكل ركائزية - هياكل أحادية الركيزة أو أحادية الدعائم .

النوع الثاني : الهياكل المخصصة لعمليات الإنتاج والإصلاح والمعالجة فقط . وإضافة إلى الهياكل المستخدمة في النوع الأول يستخدم في هذا النوع من الهياكل منصات ذات تصاميم خاصة .

وبما أن تكاليف معدات الحفر في أغلب الأحيان تشكل الجزء الأقل من الكلفة الكلية للمعدات والمنشآت والهياكل المستخدمة خلال عملية حفر البئر واستثماره . لذلك يمكن في بعض الحالات استخدام بعض أو جزء من هذه الهياكل في عملية الاستثمار أيضاً .

أولاً : الهياكل الركائزية



تصمم هذه الهياكل لحفر الآبار واستثمارها في المناطق البحرية التي يصل عمق قاعها حتى (300) متر .

مثل هذه الهياكل يمكن أن تترك بكاملها بعد عملية حفر البئر لاستخدامها في عمليات الاستثمار والإصلاح والمعالجة أو يستبدل الجزء العلوي منها المنقول مع وحدة الحفر بميكل أخف من السابق لاستخدامه في عمليات الاستثمار .

تعتبر المنصة البرجية ، الشكل رقم (5-1) ،

من النماذج المطورة لهذا النوع من المنصات . شكل تخطيطي للمنصة البحرية البرجية

يتكون هيكلها الارتكازي من : أربعة دعائم شاقولية ذات قطر يتراوح بين (1.5-2.4) متراً ، المسافة بين كل اثنين منها (30.5) متراً . تربط هذه الدعائم فيما بينها بميكل معدنية و تثبت في قعر البحر بإنزال ركائز معدنية داخل الدعائم تغرز في قاع البحر . ويمكن استخدام هذه الدعائم والركائز كموجه لفوهة البئر .