

# 협업 부족 문제 해결

## 향상된 해양 배관 및 구조 해석 프로젝트 기술

**Bilal Shah**

MSc Structural Engineering(Hons)

소프트웨어 개발

관리자



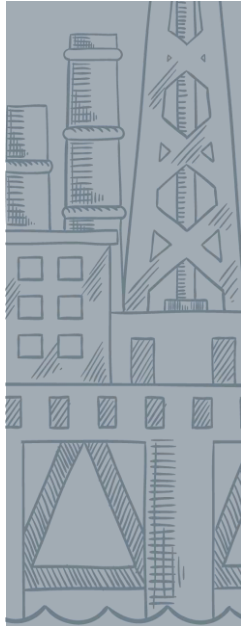
**Mark Upston**

B Mechanical Engineering(Hons)

기획 이사 제품 관리,

해석 모델링





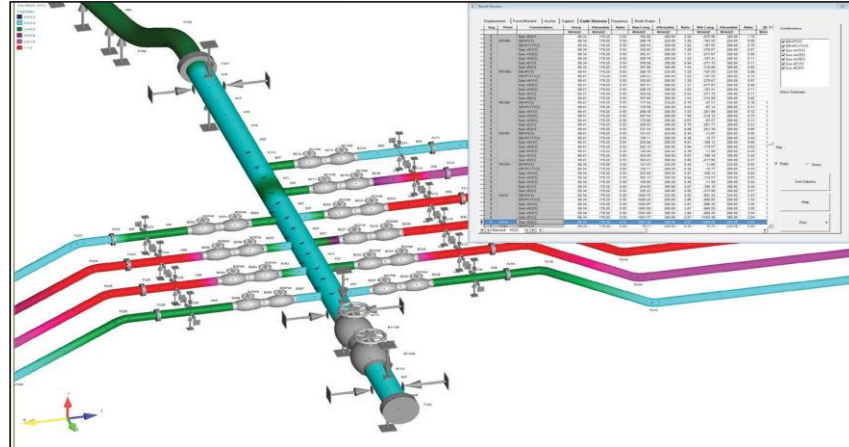
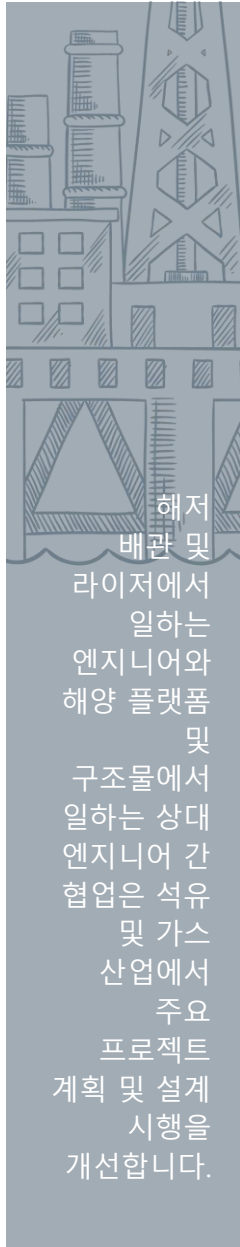
현재 통합  
소프트웨어  
솔루션에서  
해양 및 해저  
파이프라인  
응력 해석,  
구조 및 배관  
설계  
프로젝트  
과제를  
해결합니다.

해양 석유 및 가스 생산 설비 설계자가 직면하는 과제는 육지 설치와 관련된 과제보다 훨씬 더 해결하기 어렵습니다. 멀리 떨어져 있는 극한 환경은 오프사이트 방식의 건설이 필요한 경우가 많아서 설치하고 작동하는 동안 배관 응력 평가에 대한 물류 문제가 발생할 수 있습니다. 또한 이러한 해양 및 해저 파이프라인이 운반하는 독성 제품 때문에 해석 및 설계가 엄격하고 광범위해야 합니다. 라이저 파이프라인에서 발생하는 세로 응력은 특히 바람, 파도 및 지진 하중을 받기 쉬워 해저 배관 설계에 큰 영향을 줍니다. 파이프라인을 정확하게 해석하기 위해 엔지니어는 다음과 같은 유형의 상호 작용을 설명해야 합니다.

- 구조 플랫폼 이동
- 재킷형 파이프라인
- 파이프라인의 좌굴 효과
- 케이블 장력 및 와류 방출 진동 효과
- 라이저에 대한 파도/해류 항력을 증가시키는 해양 생물 성장

배관 응력 및 구조 해석 솔루션은 수년간 존재했고 이러한 솔루션의 광범위한 정적 선형, 정적 비선형 및 동적 해석 기능 집합이 해양 및 해저 파이프라인 해석에 적용되고 있습니다. 현재 엔지니어가 사용할 수 있는 기능에는 자동 부력 하중 계산, 엔드 캡 힘, 파도 하중 및 풍하중이 있습니다. 엔지니어는 비선형 배관 토양 상호 작용, 자동 내부 정수압 계산, 지동 및 도입한 진동 시간 히스토리 해석으로 재킷형 파이프라인은 물론 반내장형 또는 완전 내장형 해저 배관도 신속하게 모델링할 수 있습니다.

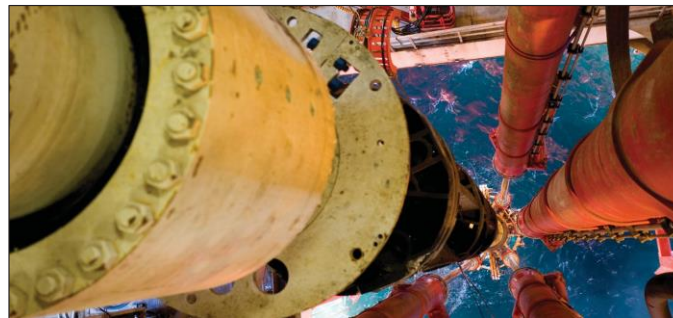
기존 소프트웨어 워크플로에서는 여러 부서 팀 간의 상당한 불통으로 인해 비효율적인 프로젝트 및 잠재적 설계 실수가 생겨 결국 설비에 운영상의 실패가 발생하기도 했습니다. 벤틀리의 AutoPIPE® 및 SACS™와 같은 상호 운용 가능한 배관 응력 및 구조 해석 및 설계 애플리케이션을 제공하는 개발을 통해 애플리케이션 간에 원활하게 결과를 내보내 통합 구조 및 배관 설계 모델을 제공할 수 있습니다. 이 상호 운용 가능한 공동 솔루션은 플랫폼 구조, 용기 및 파이프라인 설계의 최적화를 위해 보다 안전하고, 오류가 덜 발생하며, 비용 효율적인 설계 대안을 제공합니다. 해저 시스템 및 파이프라인을 신속하고 정확하게 해석하고 설계할 뿐만 아니라 극한 해양 환경에서 파이프라인 시스템을 해당 수명 동안 재검토하기 위해 이러한 솔루션을 더 많이 채택하고 있습니다.

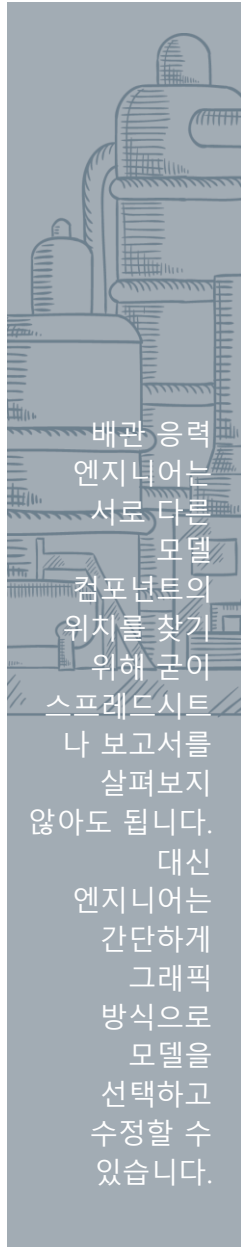


컬러 플롯 및 결과 검토 그리드를 사용하여 AutoPIPE에서 생성되는 대화형 코드 응력 결과

## 강력한 사용자 인터페이스로 효율적인 모델링 및 재설계

최신 배관 응력 소프트웨어의 분명한 이점은 한 번의 마우스 클릭 또는 키보드 단축키로 신속하게 해석 모델을 생성하고 수정할 수 있다는 것입니다. 일반적으로 서로 다른 모델 컴포넌트의 위치를 찾으려면 배관 응력 엔지니어가 수작업으로 스프레드시트 또는 보고서를 검토해야 합니다. 이제 엔지니어는 강력한 소프트웨어 애플리케이션에서 그래픽 방식으로 모델을 선택하고 수정할 수 있습니다. 이를 통해 라이저 및 해저 배관의 경우처럼 긴 파이프라인을 모델링할 때 상당한 시간이 절약됩니다.





라이저를 세그먼트로 분류하여 파도 하중, 풍하중 및 내외부 압력 값 차이를 해석하는 것이 중요합니다. 최신 기술은 보다 빠른 모델 구체화를 위해 파이프라인과 함께 자동 다중 노드 생성을 제공합니다. AutoPIPE는 엔지니어가 품질 또는 안전에 영향을 주지 않고 최소한의 서포트가 필요한 최적의 배관 서포트 위치를 확인할 수 있는 혁신적인 기능인 서포트 옵티마이저를 제공합니다. 엔지니어는 최고의 시나리오를 보장하는 여러 설계 대안을 신속하게 평가할 수 있으므로 시간과 비용이 절약됩니다.

플랫폼의 서포트를 받는 라이저 클램프 또는 라이저는 배관 및 구조 프레임 부재에 연결된 가이드 서포트를 사용하여 모델링할 수 있습니다. 그러면 서포트 프레임 부재가 앵커에서 끝날 수 있으며 시간 히스토리 또는 응답 스펙트럼 하중이 이러한 앵커 포인트에 적용되어 플랫폼의 설계 수명 동안 서로 다르거나 일반적인 극한의 하중 조건에 대해 플랫폼 또는 용기 이동을 시뮬레이션할 수 있습니다.

입력 그리드 및 그래픽 선택 기능이 있는 시각적 사용자 인터페이스로 재킷형 배관 또는 번들형 배관의 모델링을 단순화합니다. 재킷과 내부 배관 간 모든 연결부는 필요한 경우 간격도 제공될 수 있는 서포트를 통해 모델링할 수 있습니다. 재킷 배관에 대한 압력 및 온도 값이 내부 배관의 경우와 다를 수 있도록 배관 포인트가 명료해지면 이러한 배관 포인트에 대한 작동 조건을 서로 다르게 정의할 수 있습니다. 이 모든 것은 자동 노드 번호 생성과 함께 복사하여 붙여넣기 작업 및 동기화된 모델 및 그리드 선택에 의해 더 간단해집니다.

해저 아래에 있는 반내장형 또는 완전 내장형 파이프라인의 경우 향상된 토양 속성 계산기 및 비선형 토양 속성을 지원하는 기능을 사용하는 배관 토양 상호 작용 해석이 필요합니다. 이러한 애플리케이션은 해저 환경에 필수적인 배관 토양 상호 작용을 위한 여러 범위의 토양 강도 속성을 생성합니다. 해저에 놓이는 파이프라인은 횡수평 및 상향 토양 강도 값과 함께 토양 속성을 삽입하거나 마찰이 있는 V-스톱 서포트를 사용하여 모델링할 수 있습니다. FCM(Flexible Concrete Mattress)가 해저 파이프라인의 일부를 덮을 때 이러한 부분에 대해 콘크리트 매트리스의 구속 속성과 유사한 효과를 가진 토양 강도 값 또한 적용될 수 있습니다. 파이프라인 위 매트리스의 무게는 분산 하중으로 추가될 수 있습니다.

일부 해양 파이프라인의 경우 보다 정확한 파도 응답을 위해 모델에 해양 생물 증가가 중요할 수도 있습니다. 현재 사용 가능한 소프트웨어는 각 정의된 파도 하중에 대해 깊이에 따라 달라지는 해양 생물 증가를 지원합니다. 프로그램이 해양 생물 증가 값을 중간 깊이에서 자동으로 보관하고 소프트웨어가 해수 레벨 아래에 있는 파이프라인에 대한 해양 생물 증가의 파도 하중 사례를 계산합니다. 해양 생물 증가의 추가 무게는 일반적으로 분산 하중으로 포착됩니다.

지름이 큰 긴 길이 라이저의 경우 내부 유체 무게는 단순 수직 중력 하중로 모델링될 수 있습니다. 또한 모델의 모든 포인트에서 로컬 정수압을 포착하는 것이 중요합니다. 강력한 소프트웨어 애플리케이션은 버튼 클릭으로 이러한 기능을 원활하게 제공합니다.

## 광범위한 하중 및 정확한 해석

기업은 안전하고 정확하며 극한의 작동 조건에서 시간 테스트를 건널 새로운 라이프사이클 팽창 설계를 제공해야 합니다. 완전한 해저 파이프라인 및 라이저 네트워크의 광범위하고 안전한 해석을 수행하려면 많은 양의 데이터 결과를 관리해야 합니다. 일반적으로 최대 1,000개의 정적 해석 결과가 생성되며 각각의 결과는 단일 모델에 서로 다른 설계 하중 및 가정을 포함할 수 있습니다. 광범위한 기능 및 환경 하중 집합에는 다음이 포함됩니다.

- 내부 압력
- 외부 압력으로 인한 엔드 캡 힘
- 열 팽창
- 부력 및 정수압
- 풍하중(프로필, ASCE 및 UBC)
- 파도 하중(해류, 공기, 스토크 및 흐름 파도 이론)
- 정적 지진(해저 배관용)
- 모델 해석(잠수된 배관용 추가된 질량 계수에 맞추는 기능 포함)
- 지진 및 진동 설계를 위한 응답 스펙트럼 해석
- 시간 히스토리 해석(해저 배관 및 라이저와 힘에 대한 지진동 옵션 및 진동에 대한 도입된 서포트 시간 히스토리 포함)

해파는 복잡한 현상이며 수학적 용어로 설명하기 어렵습니다. 그러나 몇 가지 가정으로 파도의 특정 특성을 설명할 수 있습니다. 파도의 동작과 파도가 생성하는 힘을 예측하는 여러 이론이 있습니다. 예를 들어, 선형 1차수 공기 파도 이론, 5차수까지의 스토크 파도 이론, 10차수까지의 스트림 함수 파도 이론 또는 파도 하중 응답용 해류 속도 이론이 포함될 수 있습니다.

특정 파도 이론에 사용할 차수를 결정하는 방법은 차수를 선택하고 해를 구한 다음 해당 차수를 1씩 늘리고 다른 해를 구하는 것입니다. 결과가 크게 변경되지 않으면 파도 이론용으로 선택한 1차수가 적합하며, 그렇지 않으면 다음으로 높은 차수를 선택하여 프로세스가 반복됩니다.

응력  
보고서를  
생성하는  
기본 표준은  
해양  
파이프라인  
설계 코드  
준수를  
보장합니다.

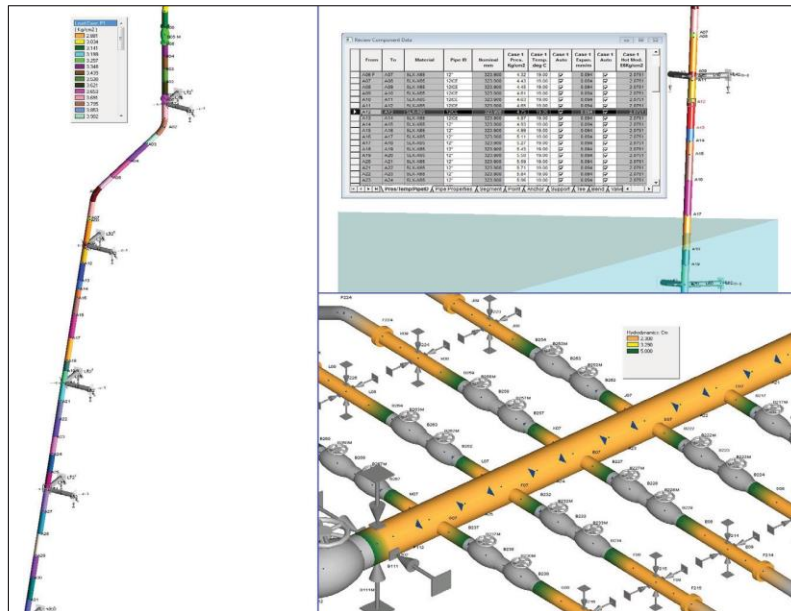


파도 이론 차수의 자동 선택을 재정의하기 위해 사용자 데이터가 적용될 수 있습니다.

현재 사용 가능한 소프트웨어 솔루션이 이러한 접근 방식을 모두 지원하며 프로그램은 파도 이론 차수를 자동으로 선택합니다. 질량 계수(Cm), 항력 계수(Cd) 및 양력 계수(Cl)와 같은 유체 역학 데이터도 프로그램에 의해 자동으로 계산됩니다. 그러나 이러한 계수를 보다 적합한 사용자 데이터로 재정의하는 옵션이 항상 있습니다. 유체 역학 데이터는 관성력, 항력 및 양력을 변경하여 파도 응답에 영향을 줍니다.

해수와 파이프라인 간의 상호 작용은 또 하나의 복잡한 현상입니다. 잠수되었거나 부분적으로 잠수된 파이프라인의 자연 주파수는 잠수되지 않은 구조물 또는 파이프라인의 주파수보다 낮습니다. 이러한 자연 주파수의 변화는 배관이 진동할 때 함께 움직이는 구조물 또는 파이프라인 주위의 추가 유체 질량 때문이며 이는 일반적으로 추가된 Cm을 사용하여 설명됩니다.

해양 파이프라인의 수압 테스트는 육지 배관의 수압 테스트와는 다릅니다. 파도 및 정수 하중 효과가 항상 존재하기 때문입니다. 이러한 효과는 선형 또는 비선형 정적 해석을 사용하여 고려해야 합니다.



선택 및 표시 옵션을 위한 AutoPIPE의 대화형 그래픽 인터페이스

## 해양 파이프라인 설계 코드 준수

경쟁 시장에서 많은 엔지니어링 회사는 글로벌 프로젝트 기회를 잡기 위해 최고의 역량을 발휘합니다. 전 세계 여러 지역에 분산되어 운영되는 팀이 점점 일반화됨에 따라 지리적으로 서로 떨어져 있는 위치에서의 업무 공유와 협업이 필요해졌습니다. 따라서 광범위한 국제 표준 및 사양을 준수하고 해당 보고서를 제공해야 하는 일이 필수 업무가 되었습니다. 해양 파이프라인 설계에 대한 코드 준수 능력 보고서를 생성하기 위한 여러 해양 파이프라인 설계 표준이 있습니다. 가장 일반적으로 사용되는 몇 가지 표준은 다음과 같습니다.

- 내부 ASME B31.4 9장: 해양 액체 파이프라인
- ASME B31.8 8장: 해양 통기울
- 캐나다 표준 협회 Z662: 해양 강철 파이프라인
- DNV-OS-F101: 해저 파이프라인 시스템

기능적 응력 계산과 환경적 응력 계산 모두 코드 준수 응력 범주를 충족해야 하며 소프트웨어에서 Tresca 및 Von Mises 항복 조건의 미리 정해진 변수를 사용할 수 있습니다. 배관 횡단면 주위의 서로 다른 각도에서 응력 값을 계산하고 계산된 응력 값에서 최대 응력을 보고해야 합니다.

DNV-OS-F101 코드와 해당 한계 상태 설계법에는 최종 한계 상태 및 우발적 한계 상태에 대한 결합된 좌굴 검사가 포함됩니다. 좋은 배관 응력 해석 프로그램에는 서로 다른 코드 범주 옵션, 설계 요소 및 코드 조합 요소가 포함되며 기본적으로 간단하게 변경하고 신속하게 새 결과 보고서를 생성하는 기능이 포함됩니다.

사용자 정의 하중 조합 응력 계산은 시간이 많이 걸리고 오류가 발생하기 쉬운 수작업 계산을 방지하는 데 유용합니다. 예를 들어, 한 엔지니어는 바람과 파도가 동시에 발생하여 결합된 응력을 설명할 코드 조합을 원하고 다른 한 엔지니어는 여러 정적 지진 또는 수중 하중 사례에서 최악의 예상 시나리오를 파악하는 데 관심이 있을 수 있습니다.



복합 톱사이드 배관 설계

구조, 배관  
서포트,  
배관 응력 및  
설치  
엔지니어 간  
협업  
워크플로를  
통해 설계  
시간이  
줄어들기  
때문에  
사용자가  
정확한 설계  
대안을  
모색하고  
수작업  
데이터  
전송으로  
인해 발생할  
수 있는  
오류를  
없앨 수  
있습니다.

## 협업을 통해 더 많은 것 얻기

최신 설계 및 해석 애플리케이션은 기존 워크플로에서 존재했던 협업 장벽을 없앨 수 있습니다. 배관 응력 해석을 구조 해석 및 설계(STAAD.Pro®) 및 해양 구조 해석 및 설계(SACS™)용 구조 애플리케이션과 통합하면 설계 부서 간 진정한 협업이 가능해집니다. 이에 따라 설계 시간이 대폭 줄어들게 되고, 사용자는 보다 정확한 설계 대안을 모색하고, 수작업 데이터 전송 시 사람의 실수로 발생하는 오류를 없앨 수 있으며 구조, 배관 서포트, 배관 응력 및 설치 엔지니어 간에 보다 생산적인 협업 워크플로가 가능해집니다. AutoPIPE 및 SACS를 포함하는 통합 워크플로를 통해 해양 구조물에 대한 배관 설계를 몇 주가 아닌 몇 시간 만에 완료할 수 있습니다. 사실적인 모델로 설계 및 해석을 완료함으로써 잠재적 비용이 절감되며 위험 완화가 개선됩니다.

일반적인 양방향 통합 워크플로는 다음과 같이 작동합니다.

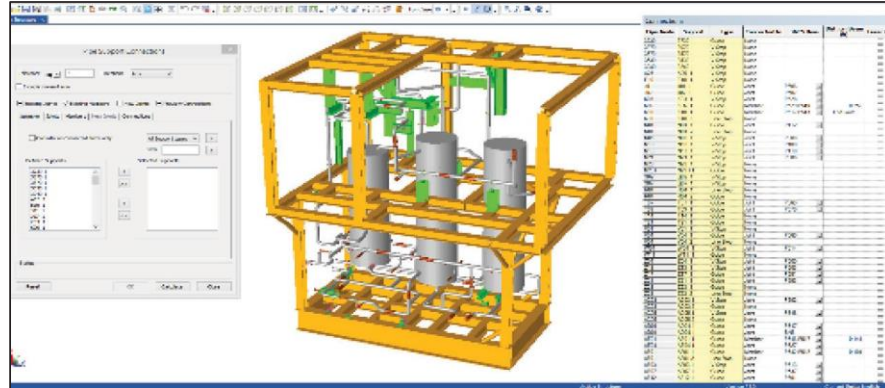
- 배관 응력 해석 프로그램의 배관 서포트 위치를 구조 설계 프로그램에 디지털 방식으로 전송
- 구조물에 상대적인 위치 자동 찾기
- 각 하중 조건에 대한 배관 하중을 구조물에 자동 전송

해양 프로젝트의 경우 많은 수의 서포트(일부 경우엔 10,000개 이상)를 설계해야 할 수 있습니다. 시스템 간에 사용자가 결과를 수작업으로 입력할 필요가 없으므로 상당한 시간이 절약됩니다. 회사는 그 어느 때보다 신속하고 정확하게 프로젝트를 완료할 수 있으므로 고객에게 최적화된 설계를 제공합니다.

또 다른 시나리오는 배관 서포트 연결을 포함한 전체 구조를 배관 응력 해석 프로그램으로 가져오는 것입니다. 그러면 정적 행동과 동적 행동 모두에 대해 보다 정확한 통합 배관 및 구조 모델을 해석할 수 있습니다. 이러한 통합으로 엔지니어는 높은 파이프라인 하중이 구조에 끼치는 영향 또는 구조적 변형이 파이프라인에 끼치는 영향을 쉽게 확인하고 신속하게 간섭을 피할 수 있습니다. 다시 말해 이는 해당 부서 간에 수작업으로 정보를 전달하는 단계를 없애서 엔지니어링 설계 시간이 20~60% 줄어듭니다. 또한 규정 미준수 위험 및 건설, 운영 시 냉온 및 고온 간섭이 감소합니다. 이러한 설계 팀은 구조 엔지니어링 그룹과 배관 응력 엔지니어링 그룹 모두에서 동기화된 모델을 만들어 내기 위해 고도의 팀워크를 발휘해야 합니다.



기술은  
우리가 다른  
사람과  
소통하는  
방식과 해양  
산업의  
엔지니어링  
을 바꿉니다.  
새로운  
기술을  
받아들이면  
협업 부족  
문제를  
해결하고  
보다  
효율적인  
방식으로  
업무를  
수행할 수  
있습니다.



세부적 모델 해석 결과

## 향상된 해양 배관 및 구조 해석 프로젝트 기술

어떤 프로세스든 개선과 발전의 여지는 항상 있으며 해양 솔루션에서도 예외는 아닙니다.

해저 배관 및 라이저에서 일하는 엔지니어와 해양 플랫폼 및 구조물에서 일하는 상대 엔지니어 간 협업 문제를 해결하는 것은 시작에 불과합니다. 석유 및 가스 산업의 기업은 항상 주요 프로젝트 계획을 개선하고 고객에게 안전하고 비용 효율적인 설계를 제공하려고 합니다. 최신 통합 기술 및 워크플로 사용은 기업이 이러한 과제를 극복하는 데 매우 유용합니다. 다른 개선 영역에는 3D 모델링 애플리케이션과의 통합 개선, 자산 수명 연장을 위한 와류 진동, 피로, 구조 무결성 검사와 같은 보다 정확한 해석, 배관 설치 및 배관 이음 설계와 같은 대규모 변위 시나리오 캡처를 위한 향상된 FEA 이론이 포함됩니다. 이러한 변화는 요구 사항을 이해하고, 연구에 투자하며, 변화를 위한 노력을 통해 보다 효율적인 솔루션을 도출해 내는 설계 팀 간 협업을 통해서만 달성할 수 있습니다.

자세한 내용을 보려면 [www.bentley.com](http://www.bentley.com)을 방문하십시오.



© 2019 Bentley Systems Incorporated. Bentley, Bentley 로고, STAAD.Pro, AutoPIPE 및 SACS는 Bentley Systems, Incorporated 또는 해당 직간접 완전 자회사 중 하나의 등록 또는 미등록 상표 또는 서비스 마크입니다. 기타 브랜드 및 제품 이름은 해당 소유주의 상표입니다. 22902 0819