

明 細 書

発明の名称：天然ガス液化装置を備える浮体設備の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、天然ガス液化装置を備える浮体設備の製造方法に関する。

背景技術

[0002] ガス田から産出された天然ガスの液化処理を行う設備として、洋上に船体などの浮体部を配置し、当該浮体部上に天然ガス液化装置を設けたF L N G (Floating Liquefied Natural Gas) と呼ばれる浮体設備が知られている。浮体部上に設けられる天然ガス液化装置は、液化される前の天然ガス(Natural Gas : N G) から各種の不純物を除去する前処理を行うための機器や、前処理後の天然ガスを冷却・液化してL N G (Liquefied Natural Gas) を得る液化処理を行うための機器などの多数の処理機器を備えている。

[0003] このようなF L N Gを建造するにあたり、詳しくは発明の実施の形態で述べるように、低コストとすること及び工期を短縮することが求められている。特許文献1には、このF L N Gとして、天然ガス液化プラント及びL N G貯蔵タンクを備える長大海上浮体設備の構成例が示されている。ただし、上記の要求に応えることができる技術については示されていない。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-13494号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、低コストであり且つ工期を短縮できる、天然ガス液化装置を備える浮体設備の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の天然ガス液化装置を備える浮体設備の製造方法は、天然ガス液化装

置を備える浮体設備の製造方法において、

前記天然ガス液化装置は、天然ガスを液化するコールドエンド部を少なくとも含み、

前記天然ガス液化装置を構成する処理機器を基台上に設ける工程と、
続いて、前記基台を懸架して、天然ガス液化装置の稼働時に洋上に配置される浮体部へ搬送して設置する工程と、を含み、

前記基台を浮体部へ搬送して設置する工程は、
前記基台を懸架するにあたり当該基台に加わる荷重による当該基台の変形を防ぐ補強部材を、前記基台と共に前記浮体部へ搬送する工程を含む。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、天然ガス液化装置を構成する処理機器を基台上に設ける工程と、続いて、基台を懸架して洋上に配置された浮体部へ搬送して設置する工程と、を含み、基台を懸架するにあたり、当該基台に加わる荷重による当該基台の変形を防ぐ補強部材を、基台と共に前記浮体部へ搬送する。従って、浮体部の製造と処理機器の製造とを並行して行うことができるので、天然ガス液化装置を備える浮体設備についての工期を短縮化することができる。さらに、基台と補強部材とを用いて搬送することで、処理機器の搬送に必要となる構造体について大掛かりなものとなることが抑制されるため、天然ガス液化装置を備える浮体設備について、製造コストを低減させることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1] F L N Gを構成する天然ガス液化装置にて実施される処理の流れを示すブロック図である。

[図2] パレット型モジュールの一例を示す概略図である。

[図3] パレット型モジュールが搬送される様子を示す説明図である。

[図4] パレット型モジュールの他の構成例を示す説明図である。

[図5] 本発明の第1の実施形態に係る製造方法を実施するための仮設治具を取り付けた前記パレット型モジュールを示す概略側面図である。

[図6]前記F L N Gを構成する船体及び前記仮設治具を取り付けたパレット型モジュールの概略平面図を示している。

[図7]前記仮設治具を用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

[図8]前記仮設治具を用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

[図9]前記仮設治具を用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

[図10]前記仮設治具を用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

。

[図11]前記仮設治具を用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

。

[図12]前記仮設治具を用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

。

[図13]本発明の第2の実施形態に係る製造方法を実施するために用いられるパレット型モジュールの概略側面図である。

[図14]前記第2の実施形態に係るパレット型モジュールの概略斜視図である。

。

[図15]前記第2の実施形態に係るパレット型モジュールを用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

[図16]前記第2の実施形態に係るパレット型モジュールを用いたF L N Gの製造工程の一例を示す工程図である。

発明を実施するための形態

[0009] 図1は、F L N G 1を構成する天然ガス（N G）液化装置にて実施される処理の流れを示すブロック図である。本例のN G液化装置は、N Gに含まれるメタンを分離して液化する。また、F L N G 1は浮体部として、N G液化装置の稼働時に洋上に配置される船体11を備える。船体11については、図1では表示しておらず、後に説明する。

[0010] 水底のガス田にて産出されたN Gの水中輸送を行うライザーを介して受け入れたN Gが、図1に示す気液分離部21に供給される。そして、気液分離部21にてN Gに含まれる液体が分離された後、各種の不純物を除去する前

処理が行われる。気液分離部 2 1 にて液体が分離された N G は、まず酸性ガス除去部 2 2 にて酸性ガスが除去される。酸性ガス除去部 2 2 は、例えば酸性ガスを吸収する吸収液と天然ガスとを向流接触させる接触塔を備えた吸収設備により構成され、液化の際に L N G 中で固化するおそれのある酸性ガスである二酸化炭素や硫化水素が、天然ガスから吸収液へと吸収、除去される。

[0011] 酸性ガス除去部 2 2 にて処理された N G は、さらに水分除去部 2 3 にて水分が除去された後、水銀除去部 2 4 にて水銀が除去される。これら水分除去部 2 3、水銀除去部 2 4 は、例えば夫々水分を吸着する吸着剤、水銀を吸着する水銀吸着剤が充填された吸着塔を備えている。以上に説明した気液分離部 2 1、酸性ガス除去部 2 2、水分除去部 2 3 及び水銀除去部 2 4 は、冷却前に N G 中の液体を分離し、ガスから不純物を除去することから、これらの処理部 2 1、2 2、2 3、2 4 全体を、ホットエンド部 2 と呼ぶ。なお、水銀除去部 2 4 は酸性ガス除去部 2 2 の前段に置いてもよい。

[0012] 次いで不純物が除去された天然ガスは冷却され、炭化水素分離部 3 1 にて、メタンと炭素数 2 以上の液体炭化水素成分である重質炭化水素とに分離される。炭化水素分離部 3 1 には、例えば蒸留塔であるデメタナイザーが設けられている。炭化水素分離部 3 1 にて分離されたメタンは、液化部 3 2 にて冷却・液化されて液化天然ガス (L N G) となる。液化部 3 2 には、主冷媒 (メタン、エタン、プロパン、ブタン及び窒素などからなる混合冷媒又は窒素冷媒) を用いてメタンを液化するための主極低温熱交換器 (M C H E : Main Cryogenic Heat Exchanger) が設けられている。なお、主極低温熱交換器 (M C H E) とは、スパイラルワウンド型またはコールドボックス型などの熱交換器をいう。

[0013] また、炭化水素分離部 3 1 にてメタンと分離された炭素数 2 以上の重質炭化水素は、蒸留部 3 4 にてエタン、プロパン、ブタンが順次、蒸留分離される。エタンと少量のメタンを含む軽質分は液化部 3 2 に戻され、プロパン、ブタンは、L P G として F L N G 1 内で利用され (一部のエタンも F L N G

1 内で冷媒として利用)、または出荷される。また、残りの重質分は、コンデンセートとして後述のコンデンセートタンク 4 3 へ送られる。蒸留部 3 4 には、エタン、プロパン、ブタンの各蒸留分離を行う蒸留塔であるデエタナイザー、デプロパナイザー、デブタナイザーが設けられている。

[0014] LNG は、その後、LNG の一部を気化 (エンドフラッシュ) させることにより、LNG の温度調整を行うエンドフラッシュ部 3 3 を経て、LNG タンク 4 4 に送液される。LNG タンク 4 4 に貯蔵された LNG は、例えば船体 1 1 に接触した LNG タンカーに向けて出荷される。ここで炭化水素分離部 3 1、液化部 3 2、エンドフラッシュ部 3 3、蒸留部 3 4 は、冷却された炭化水素の液体を取り扱うことから、これらの処理部 3 1、3 2、3 3、3 4 全体をコールドエンド部 3 と呼ぶ。

[0015] また、気液分離部 2 1 にて天然ガスから気液分離された液体成分 (コンデンセート) の一部は、蒸気圧調整部 4 1 にて軽質炭化水素を除去する処理が行われた後、コンデンセートタンク 4 3 に貯蔵され、出荷される。さらに、気液分離されたコンデンセートからは、水分を含む不凍液が相分離され、当該不凍液再生部 4 2 にて再生処理される。不凍液にはモノエチレングリコール (MEG) などが用いられ、再生された不凍液は天然ガスの井戸元に再供給される。

[0016] また、エンドフラッシュガスや LNG タンク 4 4 にて LNG から蒸発したボイルオフガス (BOG) は、コンプレッサーなどからなる昇圧部 4 5 にて昇圧され、昇圧されたガスの一部は、燃焼ガスとして使用され、残りは液化部 3 2 の入り口側に戻される。

[0017] ライザーで NG 液化装置に受け入れた天然ガス、あるいはこの天然ガスから生じたガス及び液体について温度調整や圧力調整などの処理を行うものは処理部とする。従って、ホットエンド部 2、コールドエンド部 3 を各々構成する既述の各部の他に、図 1 中の蒸気圧調整部 4 1、不凍液再生部 4 2 及び昇圧部 4 5 も処理部に含まれる。各処理部については処理機器として、塔槽や熱交換器などの静機器、及び／またはポンプなどの動機器が含まれる。NG

液化装置を構成する上記の各処理部は、船体 1 1 に複数設けられる甲板のうち、後述の図 6 に示す最も上側の甲板（upper deck）1 4 上に設けられる。本例では LNG 液化装置における最終生成物である LNG、コンデンセートを夫々貯留するタンク 4 3、4 4 については処理部には含まれない機器として、船体 1 1 内、即ち甲板 1 4 の下方に設けられる。

[0018] FLNG 1 の工期を短縮するためには、船体 1 1 及び当該船体 1 1 に含まれるタンク 4 3、4 4 と、船体の甲板 1 4 上に設けられる上記の処理部をなす構造物と、を並行して建造することが望ましい。そこで、上記の処理部を構成する処理機器が割り当てられた、ひとまとまりで建造される構造物をモジュールと称することになると、船体 1 1 の建造と、多数のモジュールの建造とを互いに別の場所で行うようにする。そして、各モジュールの建造後に、当該各モジュールをクレーンで吊り上げて船体 1 1 に搬送して、据え付けることが一般的に行われている。なお、ここではモジュールとは上記のように船体 1 1 の甲板 1 4 上に設けられる処理機器を含む、まとめて建造される構造物を意味するが、このように搬送が行われるため、船体 1 1 へと一括して搬送される構造物のことでもある。

[0019] 上記のモジュールについては、例えば鉄骨を用いて架構を形成してそれを作業員の足場として利用し、架構内に上記の処理機器やそれに付帯する配管などの構造物を設置して建造することが一般的に行われている。このような架構を含む従来のモジュールをブロック型モジュールと称することにする。当該ブロック型モジュールについては、架構をクレーンで支持して吊り上げることで、この架構に接続される上記の構造物も共に吊り上げて、架構もろとも船体 1 1 に搬送して据え付ける。ただし、このようにブロック型モジュールを用いて FLNG 1 を建造する場合、架構を形成するために非常に多くの鉄骨を用いることになり、FLNG 1 の製造コストが増大してしまう。

[0020] 既述した事情を踏まえて本発明者は、ブロック型モジュールとは異なる構成のモジュールを FLNG 1 の建造に用いることを検討している。具体的には、上記の処理機器などの処理部を構成する構造物が基台上に設けられた構成

のモジュールをF L N G 1 の建造に用いることを検討しており、このように基台を備えたモジュールをパレット型モジュールと称する。

[0021] 上記のパレット型モジュールの一例として、図2にパレット型モジュール51の概略側面図を示している。図中52は基台であり、基台52上に複数の処理機器53が設けられている。また、基台52上には処理機器53に付帯する配管54と、配管54を支持するパイプラック55と、が設けられている。基台52上に設けられる処理機器53の数は、この図2に示す例のように複数であることには限られず1つでもよいし、配管54及びパイプラック55については設けられていなくてもよい。既述のように、パレット型モジュール51の建造は、船体11とは異なる場所の施設において行う。具体的には、基台52を建造し、この基台52上に処理機器53を設置する。また、必要に応じて基台52上に上記の配管54やパイプラック55などを設置する。

[0022] ところで、このパレット型モジュール51を船体11に設置するにあたっては、クレーン56により基台52を支持して吊り上げ、船体11の甲板上当該基台52を搬送して据え付けることが考えられる。しかし、そのように基台52がクレーン56に懸架されると、当該基台52には比較的大きな荷重がかかる。その結果、図3に示すように基台52に歪みが生じてしまうおそれがある。図4は、基台52についての他の構成例を示す概略図である。この図4に示す例では、図2に示す例よりも基台52を厚くしてその強度を高くすることで、上記の歪みの発生を防いでいる。ただし、このように基台52を厚くすることは不経済である。

[0023] そこで本発明の第1の実施形態においては、図2で説明したパレット型モジュール51を多数、船体11に設置してF L N G 1 を建造する。このパレット型モジュール51の船体11への搬送には、仮設治具61を用いる。図5は、仮設治具61が取り付けられた状態のパレット型モジュール51の概略側面図を示している。また、図6は仮設治具61を取り付けたパレット型モジュール51及び船体11についての概略平面図を示している。

[0024] 図6を参照して、そのようにパレット型モジュール51が搬送される船体11について説明しておく、船首にはタレット12が設けられている。FLNG1の稼働時においては船体11が洋上に配置され、タレット12から既述したように気液分離部21にNGを供給するためのライザー13と、船体11に係留するための図示しない係留索とが、水底に向けて伸び出す。図中の各鎖線の枠内は、甲板14上におけるパレット型モジュール51の基台52の設置領域15であり、図に示すように複数の設置領域15にパレット型モジュール51が各々設置される。各設置領域15には、パレット型モジュール51の基台52を支持する台座16が複数ずつ設けられている。なお、図6に示す船体11の構成は一例であり、従って図6では設置領域15が船体11の左右各々に前後方向に列をなすように設けられているが、各設置領域15をこのようなレイアウトとすることには限られない。

[0025] 仮設冶具61は、少なくとも複数の垂直な支柱62及び複数の支柱62を互いに接続する梁63によって構成された架構である。支柱62は、例えば基台52の周縁部に沿って間隔を空けて配置されると共に基台52の中心部に設けられる。梁63は例えば上下に複数段に設けられる。このような支柱62の数及び梁63の段数については、後述のように各パレット型モジュール51を搬送するあたり、基台52の変形が防止されるように任意に設定される。各支柱62は基台52に対して、ボルトなどの固定具または溶接・切断によって着脱自在に構成される。また、支柱62及び梁63に加えて、必要に応じて斜材を加えても良い。後述するように、この例では仮設冶具61は、パレット型モジュール51間で使い回されてもよい。この場合、仮設冶具61は、各パレット型モジュール51で共通に使用することができる。なお、異なるサイズの仮設冶具61を使用してもよい。

[0026] 既述したパレット型モジュール51の建造に並行して、船体11及び当該船体11に含まれるタンク43、44が建造される。そのようにパレット型モジュール51及びタンク43、44を含む船体11を各々建造した後における、上記の仮設冶具61を用いたFLNG1の製造工程の一例を図7～図1

2を用いて以下に説明する。具体的に、この図7～図12では建造した多数のパレット型モジュール51のうちの2つを、モジュールを待機させている施設17に設けられる台座18上から、岸壁にて待機する船体11に搬送して設置する様子を例示している。

[0027] 先ず、パレット型モジュール51の1つに仮設治具61を取り付けておく（図7）。続いて、クレーン56で仮設治具61を支持して吊り上げ、パレット型モジュール51を船体11の甲板14上へと搬送する（図8）。このときクレーン56に懸架される仮設治具61に応力が加わることで、図3で説明したように基台52をクレーン56で吊り上げるよりも基台52に加わる応力が低減される。即ち、応力が基台52に集中することが抑制され、当該応力は仮設治具61へと分散されることになる。その結果として、当該基台52の変形が防止される。

[0028] そして基台52を船体11の甲板14の台座16上に設置して固定し（図9）、基台52と仮設治具61との固定を解除して、クレーン56により仮設治具61を吊り上げ（図10）、施設17に戻す。然る後、当該仮設治具61を、他のパレット型モジュール51に取り付け（図11）、このパレット型モジュール51を、先に船体11に搬送したパレット型モジュール51と同様に、船体11の台座16上に搬送する。そして、この台座16とパレット型モジュール51の基台52とを固定する（図12）。

[0029] 既述のようにパレット型モジュール51は船体11に多数搬送するが、他のパレット型モジュール51についても、図7～図12で説明した2つのパレット型モジュール51と同様に搬送する。即ち、仮設治具61を未搬送のパレット型モジュール51に取り付けて船体11に搬送し、その後は搬送済みのパレット型モジュール51から仮設治具61を取り外して、他の未搬送のパレット型モジュール51に取り付けることで、順次パレット型モジュール51を船体11に搬送する。

[0030] この第1の実施形態におけるFLNG1の製造方法によれば、タンク43、44を含む船体11を建造中に、NG液化装置を構成する処理機器53を含

む構造物をパレット型モジュール 5 1 として建造することができる。さらにパレット型モジュール 5 1 の基台 5 2 を利用して搬送を行うため、既述したボックス型モジュールを用いる場合に比べて処理機器 5 3 を囲む大型且つ複雑な架構を建造する必要が無くなる。また、搬送に仮設治具 6 1 を利用するために基台 5 2 の厚さが抑えられるので、当該基台 5 2 の建造コストが嵩むことを防ぐことができる。従って、この製造方法によれば、F L N G 1 の工期を短縮し、且つ F L N G 1 の製造コストを低下させることができる。さらに、仮設治具 6 1 を複数のパレット型モジュール 5 1 間で共用するため、F L N G 1 の製造コストをより低下させることができる。

[0031] なお、基台 5 2 について各図では板状体として示しているが、そのように板状体とすることには限られず、例えば架構であってもよい。また、仮設治具 6 1 については、パレット型モジュール 5 1 を船体 1 1 に設置した後、当該パレット型モジュール 5 1 から取り外すことには限られない。例えば、多数のパレット型モジュール 5 1 のうち、最後に船体 1 1 に搬送したパレット型モジュール 5 1 に仮設治具 6 1 を取り付けたまともよい。また、仮設治具 6 1 を複数のパレット型モジュール 5 1 で共用することにも限られず、モジュール毎に仮設治具 6 1 を設けて搬送してもよい。

[0032] 上記のように第 1 の実施形態は処理機器が稼働する場所（基台上）に当該処理機器を設置するものであるが、続いて説明する本発明の第 2 の実施形態では当該処理機器を船体構造ブロックの上に設置する。第 1 の実施形態との差異点を中心に説明すると、第 2 の実施形態では、船体 1 1 を構成するブロックに、上記の処理機器 5 3 などの構造物を建造してパレット型モジュールとする。上記のブロックは、モジュールを構成する各構造物を支持する基台をなす板状体として、船体 1 1 の甲板を含む。この甲板としては上記のように船体 1 1 に複数設けられる甲板のうちupper deckである甲板 1 4 が含まれる。つまり、パレット型モジュールを構成するブロックとしては甲板 1 4 に繋がる船体構造の一部が含まれていてもよい。

[0033] 図 1 3 に上記したブロックの一例として、ブロック 7 2 の概略側面図を示し

ており、このブロック 7 2 には、甲板 1 4 及びそれに付く構造部材のみが含まれるものとしている。この図 1 3 では処理機器 5 3 が建造される前後のブロック 7 2 を示している。また、ブロック 7 2 上に処理機器 5 3 が建造されることで形成されるパレット型モジュールについて、7 1 として示している。また、図 1 4 は上記のブロック 7 2 の概略斜視図を示している。ブロック 7 2 は、甲板 1 4 と、この甲板 1 4 を支持する構造部材である格子梁 7 3 と、により構成されている。格子梁 7 3 は例えば立て板により構成され、甲板 1 4 に下方側から接続されている。

[0034] 第 1 の実施形態同様に第 2 の実施形態についても、パレット型モジュールの建造と、船体 1 1 及び船体 1 1 に含まれるタンク 4 3、4 4 の建造とを並行して行う。以下、図 1 5、図 1 6 を用いて、建造されたパレット型モジュール 7 1 を用いた F L N G 1 の製造方法の一例を説明する。図中の各 7 4 は、船体 1 1 を各々構成する、互いに上下に積み上げられて固定されたブロックを示している。このブロック 7 4 の積層体の内部にはタンク 4 3、4 4 が設けられている（タンク 4 3、4 4 のうちタンク 4 4 のみ表示している）。

[0035] 先ず、パレット型モジュール 7 1 のブロック 7 2 をクレーン 5 6 で支持して当該パレット型モジュール 7 1 を懸架し、第 1 の実施形態と同様に船体 1 1 上に搬送する（図 1 5）。そして船体 1 1 をなすブロック 7 4 の積層体上に、ブロック 7 2 を下降させて設置し、当該ブロック 7 2 をブロック 7 4 に固定して一体化する（図 1 6）。複数のパレット型モジュール 7 1 について、このような船体 1 1 への搬送、固定を行う。上記のクレーン 5 6 によるパレット型モジュール 7 1 の懸架時において、処理機器 5 3 を支持する基台である甲板 1 4 は、補強部材である格子梁 7 3 によって補強されているため、当該甲板 1 4 の変形が防止される。

[0036] この第 2 の実施形態においても第 1 の実施形態と同様、船体 1 1 の建造とパレット型モジュール 5 1 との建造とを並行して行うことができるため、F L N G 1 の工期を短縮することができる。また、既述したボックス型モジュールを用いる場合に比べて、処理機器 5 3 を囲む大型且つ複雑な架構を形成す

る必要が無いので、F L N G 1 の製造コストの低下を図ることができる。さらに、甲板 1 4 の懸架時の補強部材として、船体 1 1 を形成するブロック 7 2 を構成する格子梁 7 3 を利用するので、上記の製造コストについて、より大きな削減を図ることができる。また、モジュールの船体 1 1 への設置後にこの補強部材を取り外す必要が無いことから、工期のさらなる短縮化を図ることができる。

[0037] 第 2 の実施形態において、上記のように甲板 1 4 の下方に設ける梁の形状としては格子梁であることには限られず、適宜設定することができる。また、甲板 1 4 の下方に接続される構造部材としては、上記の例のように 1 段の梁によって構成されることには限られず、梁によって互いに接続される支柱や、支柱や梁を支持する床などを含んでいてもよい。従って、例えば第 1 の実施形態の仮設治具 6 1 のように複数の支柱 6 2 及び上下に複数段の梁 6 3 によって当該構造部材が構成されていてもよい。また、第 1 の実施形態の基台 5 2 について、この第 2 の実施形態のように格子梁 7 3 を備えるようにしてもよい。また、F L N G を構成する天然ガス液化装置については、図 1 で説明した構成例とすることに限られない。例えば陸地においてホットエンド部 2 の処理として説明した前処理を行い、その後の天然ガスの液化処理を、当該 F L N G を構成する天然ガス液化装置で行うようにすることができる。即ち、F L N G としては上記のコールドエンド部 3 を少なくとも含む構成とすればよく、そのような構成の F L N G を建造する場合にも、既述の各実施形態を適用することができる。

[0038] なお、今回開示された実施形態は、全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の特許請求の範囲及びその趣旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

符号の説明

[0039] 1 F L N G
1 1 船体

- 1 3 ライザー
- 1 4 甲板
- 2 ホットエンド部
- 3 コールドエンド部
- 5 1、7 1 パレット型モジュール
- 5 2 基台
- 5 3 処理機器
- 6 1 仮設冶具