

16万kl地下式LNG タンクの土木工事

日本最大級の容量を有する
地下式LNGタンク

(土木建築部 火力・原子力開発G)

Civil Engineering of a 160,000 kl LNG In-ground Storage Tank

LNG In-ground Storage Tank Having the Largest Capacity in Japan

(Civil & Architectural Engineering Department,
Thermal & Atomic Power Development Group)

当社関連初の地下式LNGタンク工事が、知多エル・エヌ・ジー(株)で平成5年11月に着工した。地下式LNGタンクは、 -162°C の液化天然ガスを地下に貯蔵する設備であり、鉄筋コンクリートの円筒を地中に構築し、その内側に保冷材とメンブレンを取付け、上部に金属製のドーム屋根を設置したものである。容量は16万kl(内径64m、液深49.9m)で、日本で稼働中の地下式LNGタンクの最大容量14万klを超える容量となる。さらに、施工時の止水と土留の目的で構築する地中連続壁は、深さ118.2mとなり、東京湾横断道路川崎人工島の119mに続き世界最大規模である。

The construction of the company's first LNG in-ground storage tank was started at Chita LNG Co. in November 1993. The LNG in-ground storage tank is a facility to store in-ground liquefied natural gas at -162°C , and is a reinforced concrete cylinder built in-ground with a thermal insulation material and membrane installed on the inside surface having a metallic dome roof constructed above it. The capacity of this tank is 160,000 kiloliters (inner diameter: 64 meters, liquid depth: 49.9 meters) and exceeds the size of the largest operational in-ground tank of 140,000 kiloliters in Japan. The slurry wall built for the purpose of cutting-off and earth-retaining during construction is 118.2 meters deep and is almost the size of world largest, the one of 119 meters deep built for the Trans-Tokyo Bay Highway Kawasaki Man-Made Island.

1 地下式LNGタンク採用の経緯

地下式タンクは、法規制上敷地境界から必要となる離隔距離が地上式タンクの半分以下ですみ、さらにその構造上、地上式タンクに比べ液深を深くすることができる。したがって、同一敷地内に設置する場合、地下式タンクは地上式タンクよりも大容量化が可能となる。さらに、タンク設置箇所には、地下に「常滑層」(新第三紀層)といわれる堅固で、かつ不透水層が存在する地層があり、地下式タンクの建設に適していること、また、環境との調和を考慮して、周辺の景観に馴染みやすい「地下式タンク」を採用した。

2 地下式LNGタンクの概要

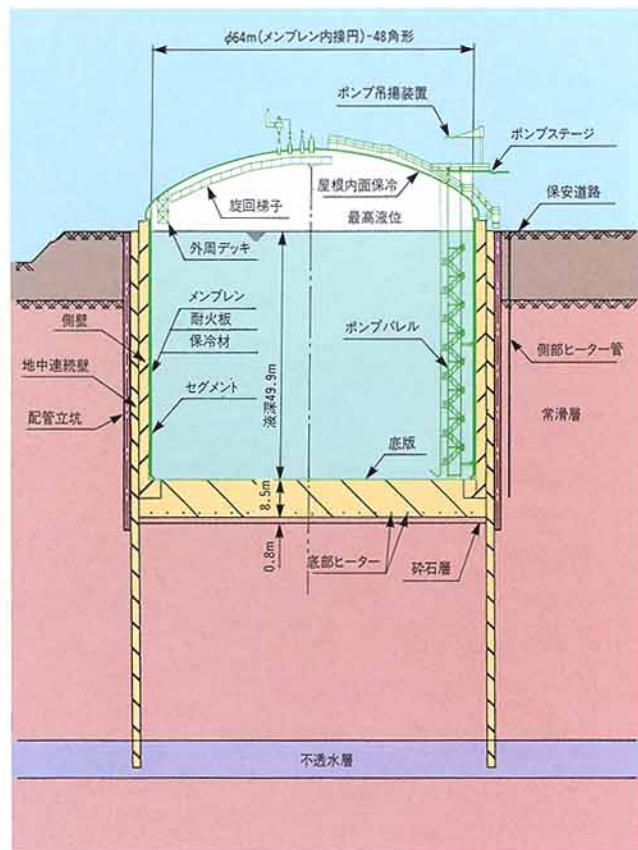
LNGは、 -162°C という超低温の無色、無臭の液体である。地下式LNGタンクは、この貯蔵するLNGの最高液面が地盤面以下にあり、万一の場合にも液が地表面に流出することはない。

地下式LNGタンクは、第1図に示すように、躯体(側壁・底版)、屋根、メンブレン、保冷材、ヒーター設備から構成されている。

躯体は鉄筋コンクリート製円筒体で、土圧、水圧、液圧等の荷重を支える構造部材である。屋根は鋼製のドーム形で、側壁上端で支持される。メンブレンは、タンクの液密、気密を保持するためのステンレス製の薄板である。保冷材は、硬質ポリウレタンフォームを使用し、貯蔵LNGの蒸発量を抑制するとともに、躯体に発生する温度応力を軽減する目的を持つ。ヒーター設備は、LNGの冷熱により周辺地盤が凍結し、多大な凍結土圧(膨張圧)が発生するのを防ぐため、側部地

盤内および底版内に設ける。

今回知多エル・エヌ・ジー(株)に設置する地下式LNGタンクは、容量16万kl(内径64m、液深49.9m)で、現在日本で稼働中の地下式LNGタンクの最大容量14万kl(内径64m、液深43.7m)を上回る規模である。さらに、施工時の止水と土留の目的で構築する地中連続壁(以下連壁)は、深さ118.2m、厚さ1.6mで、深さについては東京湾横断道路川崎人工島の119mに続き世界最大規模である。



第1図 地下式LNGタンク構造図

3 設計の概要

最適なタンク諸元と構造形式を決定するために、第2図に示すフローに従って基本設計を行った。

(1) 地盤条件

当該地点の地層構成は表層から順に埋立層約8m、沖積層約1m、以下新第三紀層となっている。新第三紀層は、主に砂と固結シルトの互層となっており、N値50以上である。

(2) 掘削・土留工法比較検討

開削順巻工法（法付け、NATM、グラウンドアンカー、連壁）、開削逆巻工法（鋼管矢板逆巻、連壁、受杭逆巻）、ケーソン工法（ニューマチック、オープン）、凍結工法について、工程、品質、施工性、経済性、周辺環境への影響等に関する比較検討を行い、総合的に評価した結果、以下の点において優れた連壁順巻工法を採用した。

- ① 連壁が土留壁兼止水壁として機能し合理的であり、大深度掘削に対して信頼性が高い。
- ② 既設基地内の狭い敷地での建設であるが、周辺地下水位の低下、既設構造物への影響がなく施工可能である。
- ③ 止水に対する信頼性が要求されるため、順巻工法とする。また、工程的にも有利である。

(3) 躯体構造比較検討

① 側壁構造形式の検討

側壁構造形式には、連壁仮設利用構造（完成後作用する外力はすべて側壁が受け持つ）と連壁本体利用構造（完成後作用する外力は連壁と側壁の合成構造で受け持つ）がある。さらに、連壁仮設利用構造は分離構造（連壁と側壁が分離）と接合構造（連壁と側壁は接するが構造的には一体化させない）とに分けられる。

以上3ケースについて品質、施工性、運用面、経済性等に関する比較検討を行い、総合的に評価した結果、次の点において優れた連壁仮設利用接合構造を採用した。

ア 連壁仮設利用接合構造は分離構造に比べ、連壁の

径を小さくできる他、側壁構築時の外型枠が不要なため経済的である。

イ 連壁本体利用構造は仮設利用構造に比べ、設計の考え方は一見合理的と思われる。しかし、設計法に許容応力度設計法を用いる場合、仮設利用を本体利用とすることにより、連壁の設計時に、許容応力の割増し（仮設=1.5）が適用できなくなるため、結果的に連壁の断面厚が厚くなる等その仕様を大幅にグレードアップせざるを得なくなる。その結果、工事費に占めるウエイトが非常に高い連壁の工事費がさらに増大することになり、結果的に不経済になる。

ウ 地下式LNGタンクは、LNGの冷熱により周辺地盤を凍結させないように、0°C線を躯体内に常に納めるよう管理しなければならない。連壁本体利用構造は、側部の躯体壁厚が仮設利用構造に比べ薄くなるため、運用が難しくなる欠点がある。

② 底版構造形式の検討

地下式LNGタンクの底版形式は、地下水に対する基本的な考え方の相違により、2種類の構造形式に分類される。1つは剛底版形式と呼ばれ、地下水圧に対してその強度および重量により抵抗できる底版をいう。もう1つは柔底版形式と呼ばれ、止水壁内部に湧き出す地下水を常時排水することにより、底版に水圧を作用させず、底版を薄くした構造をいう。

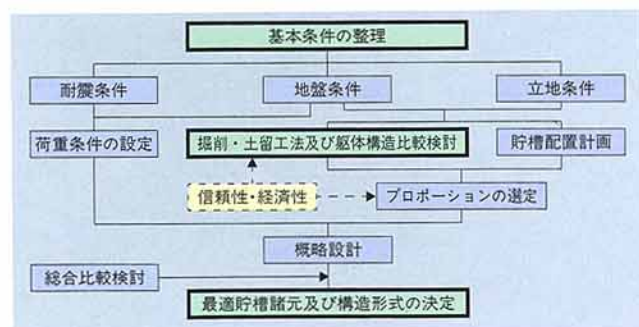
底版形式については、地盤条件、他地点の実績、信頼性等を考慮して、以下の理由から剛底版形式を採用した。

- ア 大容量の地下式LNGタンクとしては、当該地盤のように砂層を多く挟在する地盤に柔底版形式が採用された実績はない。
- イ 剛底版形式の場合、底部碎石層や排水設備が目詰まりを起こし、排水が不可能になる等のトラブルに対して100%の信頼性を確保することができる。

4 今後の工事工程と計測計画

知多エル・エヌ・ジー(株)地下式LNGタンク土木工事は平成5年11月に着工した。平成8年7月には機械工事に着手し、平成10年3月運用開始の予定である。

地下式LNGタンク工事は、当社関連初の工事であるうえ、例のないほどの大深度掘削を伴う。合理的で信頼性の高い同種工事の設計に役立つべく、掘削に伴う地盤の変形、土圧、地下水の挙動、運転開始後の躯体および周辺地盤の温度変化、さらに地震時の躯体と周辺地盤の挙動等を詳しく計測、解析していく計画である。



第2図 基本設計フロー