



★ 業務紹介 ★

地下タンク貯蔵所のタンク室等に係る 例示基準の適用可能性について

土木審査部

1 タンク室等の評価に関する経緯と本稿の目的

地下タンク貯蔵所の技術上の基準は、平成17年に性能規定の導入が図られ、この性能規定化に伴い、許可・検査等の事務の効率化を確保する観点から、一般的な構造例（以下「例示基準」という。）が示されました（平成18年消防危第112号通知）。112号通知における例示基準は、タンク本体は横置き円筒型を想定し、かつ、タンク室は地表面（GL）直下に埋設されることを前提に示されたものです（図1）。

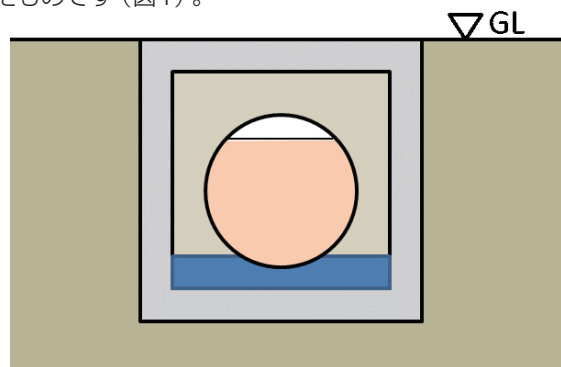


図1 例示基準の想定

しかしながら、近年、首都直下地震等に備えた事業継続計画（BCP）対応のため、長期間非常用発電設備を稼働できるだけの燃料を備蓄する建築物が増加しています。都市部では、燃料備蓄のために使用できるスペースが狭小であることから、地下タンク本体を縦置き円筒型として建築物に近接して設置するケース（図2）や維持管理の容易さからタンク室上部に管理用の地下空間（以下「上部空間室」という。）を配置するケース（図3）もみられます。

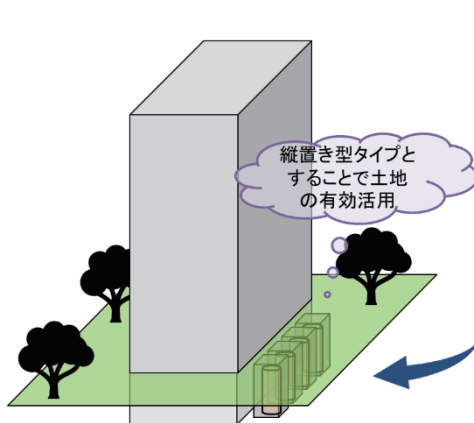


図2 地下タンクを縦置き型とするケース

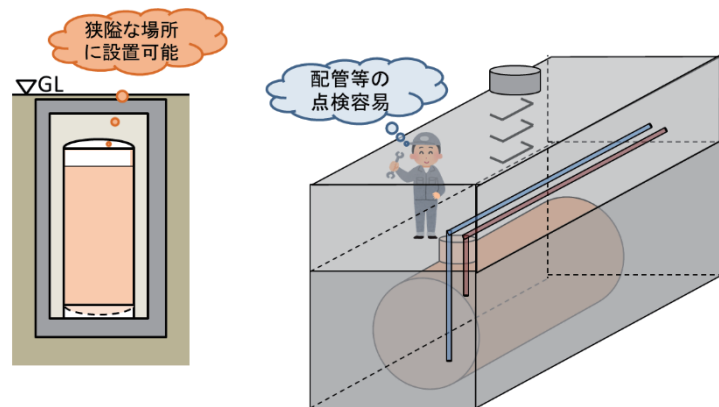


図3 上部空間室を配置するケース

当協会では平成29年度に、このようなケースにおける地下タンク室の構造安全性等について、調査検討委員会を設置して検討しましたが、その中では、地中深くにタンク室等が設置される場合には、例示基準の適用は困難であり、個別にタンク室等の構造安全性を確認する必要があるとされました。

一般的に、地中構造物は温度変化や風等による影響はほとんど受けませんが、地盤条件に応じた土圧や地下水による水圧の影響を大きく受けます。

図4に、タンク室等の側壁に作用する土圧と水圧による合力のイメージ図を示しますが、設置深度が深くなるにつれタンク室等の側壁に作用する力は大きくなります。また、タンク室等の重量や土被り等の上乗荷重は、底板を介して地盤に伝えられますが、図5に示すように、底板は、逆に直下の地盤から上向きの地反力を受けます。

従って、地中深く設置される場合や上部空間室と土被りがあることにより地反力が大きくなる場合には、例示基準を適用することができず、個別にタンク室等の構造安全性を確認する必要があります。

本稿では、地中深く設置される場合に例示基準の適用が可能であるかどうかについて、改めて検証してみることにし、その検証結果を分かりやすく記載することとします。

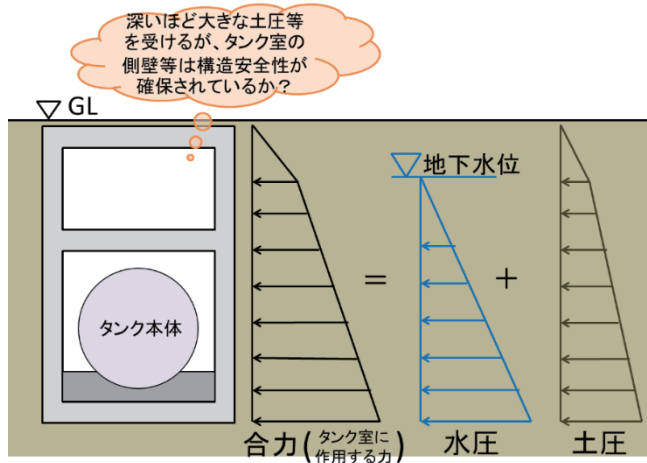


図4 側壁に作用する土圧や水圧のイメージ

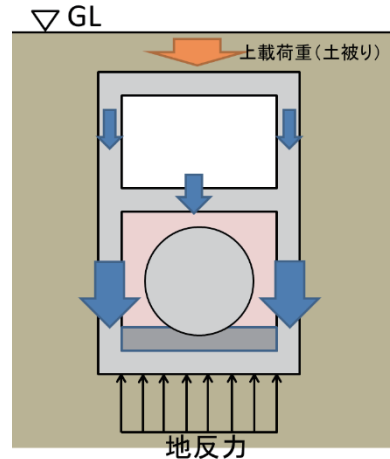


図5 底板に作用する地反力のイメージ

2 技術基準の概要と構造安全性の考え方

消防法令上、「タンク室に生じる応力は、それぞれの許容応力以下でなければならない」とされ、鉄筋とコンクリートの許容応力度がそれぞれ規定されています。また、タンク室の構造安全性は、主荷重のみが作用する場合（分かりやすく言うと「常時」）と主荷重と従荷重との組合せ時（分かりやすく言うと「地震時」）の両方について検討することとされています。

一般的に、鉄筋を配したコンクリート（鉄筋コンクリート）構造物は、図6に示すように、発生する引張力に対しては鉄筋が抵抗し、圧縮力に対してはコンクリートが抵抗するとして設計します。従って、発生する引張応力に対しては鉄筋の許容引張応力度以下であることを確認し、圧縮応力に対してはコンクリートの許容圧縮応力度以下であることを確認する必要があります。

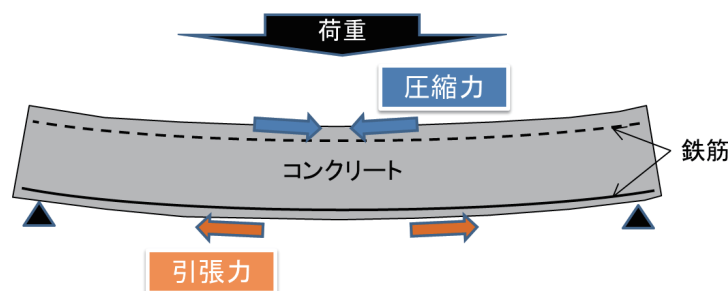


図6 鉄筋コンクリート構造物に発生する応力のイメージ

3 例示基準の適用可能性の検証

(1) 検証方法

本稿では、タンク室等の各部位を図7のとおり呼ぶこととします。112号通知では上部空間室があることを想定していませんので、一部、112号通知とは異なる名称を用いています。

例示基準の適用可能性の検証方法については、実際に評価申請があった実例を基に、構造寸法等の構造条件や土圧・水圧等の荷重条件は変更することなく、例示基準で示された材料（鉄筋とコンクリート）に材質変更し、強度検討を実施することとしました。

次節以降、次の手順で検証結果を記載します。なお、今回は「常時」のみの検証とします。

- 【手順①】 まず、実際に評価申請があった事例の構造条件（躯体寸法、配筋、コンクリート強度等）と評価結果を示します。
- 【手順②】 例示基準では、容量2kL~100kLの構造例が示されていますが、その中から検証するために最も適切な構造例を一つ選定します。
- 【手順③】 事例の構造寸法や荷重条件はそのままとし、材料条件を上記②で選定した例示基準のものに変更します。
- 【手順④】 最後に、例示基準の適用可能性について計算結果を示します。

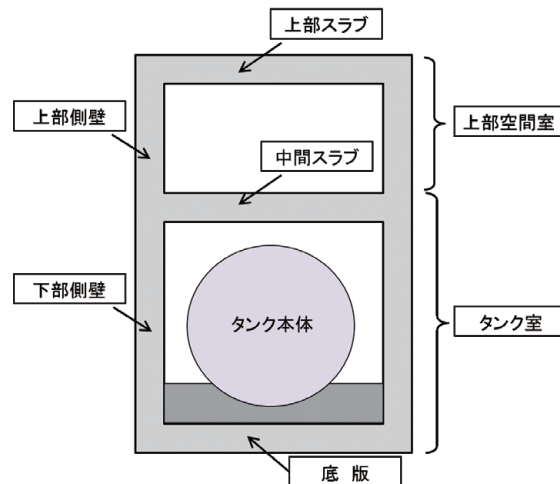


図7 本稿で用いるタンク室等各部位の名称

(2) 例示基準の適用可能性の検証

【手順①】 事例の構造条件等

実際に評価申請のあったタンク室等の構造寸法や材料条件、また地下水位等を図8に示します。本事例は、容量50kLの横置き円筒型タンクで、タンク室上部に配管等のメンテナンスを容易にするための上部空間室が設けられているタイプです。

上部スラブの上は、地表面 (GL) から50cmの土被りがあります。地下水位は地表面 (GL) から70cmの位置であり、タンク室は、土圧と水圧の両方を受ける荷重条件となっています。また上部空間がある分設置深度は深くなり、側壁下部では地表面から6mの深度となっています。

事例のタンク室等のコンクリート強度は30N/mm²とされており、また地盤と接する部位の鉄筋は、主に直径19mm (D19) のものを100mm~200mmの間隔で配置されています。

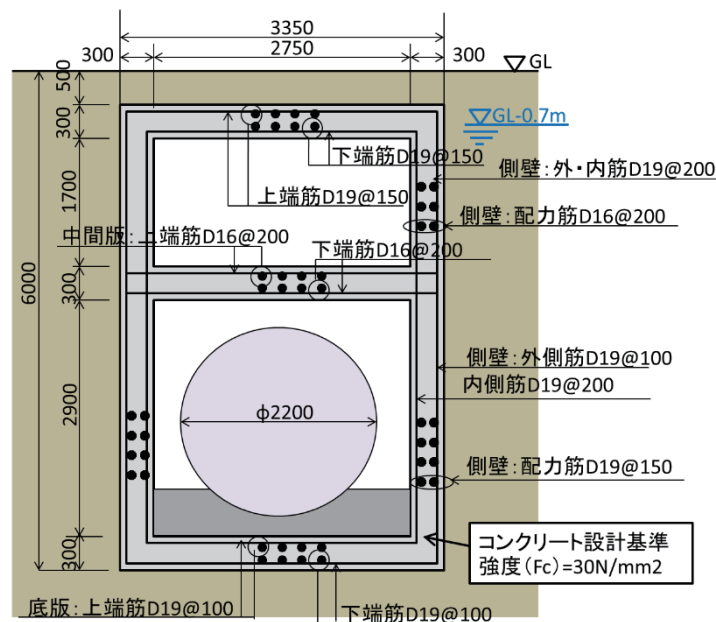


図8 タンク室等の構造条件及び材料条件 (事例)

実例の条件下におけるタンク室等の構造安全性の計算結果を表1に示します。いずれの部位も、発生する応力は許容応力度以下であり、十分な安全性が確保されていることが確認されています。なお、中間スラブは例示基準で想定していませんので、ここでは、構造計算を省略することとしました。

表1 実例における構造計算結果（常時）

部位	条件	応力度	発生応力	許容応力	判定
上部スラブ	D19@150	引張応力	37.8	207.0	○
	30N/mm ²	圧縮応力	1.7	10.0	○
上部側壁	D19@200	引張応力	33.0	207.0	○
	30N/mm ²	圧縮応力	1.2	10.0	○
下部側壁	D19@100	引張応力	104.6	207.0	○
	30N/mm ²	圧縮応力	6.0	10.0	○
底版	D19@100	引張応力	128.3	207.0	○
	30N/mm ²	圧縮応力	7.3	10.0	○

【手順②】 例示基準の選定

今回の実例の構造寸法等は、前述した図8のとおりですが、例示基準で示されたタンク容量2kL~100kLの構造例をみると、表2に示す比較からも例示基準のうち50kLタンクにおいて検証してみることが、適切であると判断しました。実例と例示基準（50kL）は、タンク本体寸法や容量、また地下水位もほぼ同程度となっています。

表2 タンク概要と条件の比較

実例におけるタンク概要及び条件		例示基準（50kLタンク）の概要及び条件	
タンク形式	横置き	タンク形式	横置き
容量	50kL	容量	50kL
タンク内径	2.2m	タンク内径	2.65m
土被り	0.5m	土被り	0m
地下水位	GL-0.7m	地下水位	GL-0.6m
コンクリート強度	30N/mm ²	コンクリート強度	21N/mm ²

さらに、図9に示す例示基準（50kL）の構造例をみると、タンク室の幅や側壁、底版の厚さも実例（図8）とほぼ同程度となっています。

【50kLの場合】

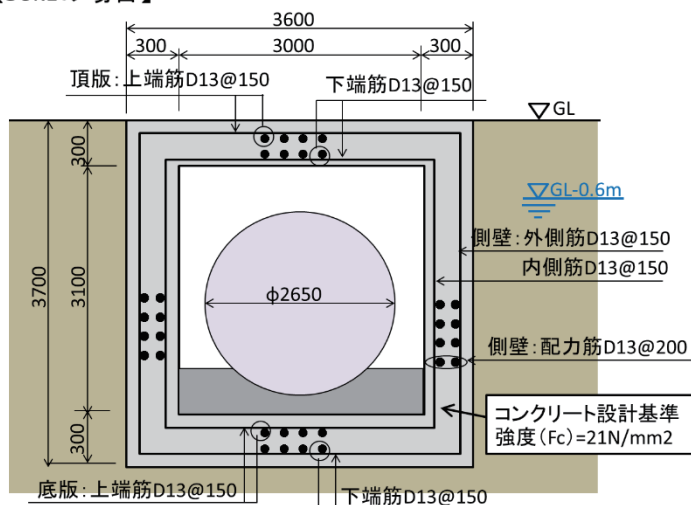


図9 例示基準（50kL）で示されている標準断面

【手順③】 材料条件を例示基準（50kL）のものへ変更（検証用モデル）

実例の構造寸法や土圧・水圧等の荷重条件はそのままとし、材料条件（鉄筋とコンクリート）を例示基準（50kL）と同じにしたものを図10に示します（変更箇所は赤字部分）。例示基準（50kL）では、コンクリート強度は21N/mm²とされ、実例より強度が低く設定されています。また鉄筋の配置は直径13mm（D13）で150mmの間隔とされ、実例よりは細い鉄筋が用いられています。

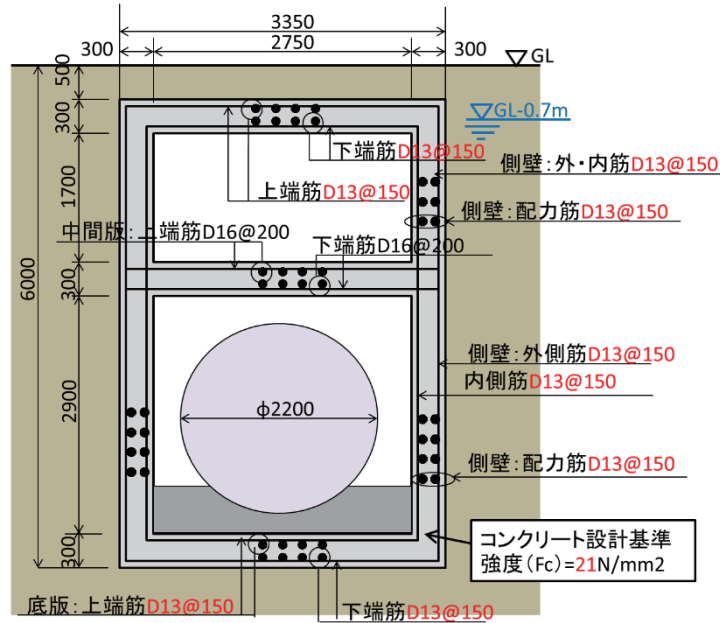


図10 実例を例示基準（50kL）の材料条件に変更（検証用モデル）

【手順④】 例示基準の適用可能性の検証

実例の鉄筋とコンクリートを、例示基準（50kL）で示されている材質に変更した検証用モデルの構造計算結果を表3に示します。

鉄筋やコンクリートが持つ強度は、使用する材料の材質や規格に応じて規定されているため、材質や規格値が異なると、当然のことながら、許容応力度も異なります。従って、表1と表3で示した許容応力度の値は異なるものとなっています。

表3に示すように、例示基準と同じ材料条件にした場合には、特に、地中深い位置となる下部側壁と底版に発生する応力が許容応力度を大きく超え、消防法令上の基準を満足しない結果となりました。

下部側壁は、土圧や水圧による大きな力を受けることとなったため、許容応力度を超える結果となりました。また底版については、上部空間室分の重量や土被り重量が大きくなることにより底版が受ける地反力も大きくなったため、許容応力度を超える結果となりました。

上部スラブと上部側壁は判定結果こそ満足する結果となっていますが、発生応力は実例の結果の倍程度と大きな応力が発生しています。

表3 実例を例示基準の材料条件に変更して計算した結果（常時）

部位	条件	応力度	発生応力	許容応力	判定
上部スラブ	D13@150	引張応力	78.7	177.0	○
	21N/mm ²	圧縮応力	2.1	7.0	○
上部側壁	D13@150	引張応力	54.6	177.0	○
	21N/mm ²	圧縮応力	1.5	7.0	○
下部側壁	D13@150	引張応力	332.0	177.0	×
	21N/mm ²	圧縮応力	8.9	7.0	×
底版	D13@150	引張応力	407.5	177.0	×
	21N/mm ²	圧縮応力	11.0	7.0	×

4 さいごに

平成29年度の調査検討委員会では、地中深く設置されるようなケースにおいては、例示基準の適用は困難であり、個別の検討が必要とされましたが、今回一事例の検証とはいえ、このようなケースの場合には例示基準の適用は困難であることを改めて確認することができました。設置条件や荷重条件等に応じて、個別にタンク室等の構造安全性を照査することの必要性を認識した次第です。

前述しましたが、地中構造物は、土圧や水圧の影響を大きく受けます。地表面上に植栽や積載物があると、その荷重は土圧にも反映され、タンク室等の側壁に力が作用します。また、地下タンク室上部の土地活用方法によっては、一般車両が通行したり、オイルタンクへの給油にタンクローリーが停車したりする場合があります。

このように、タンク室等に作用する荷重は、設置される位置や周辺環境等により、荷重条件は大きく変わりますので、個別に検討することが重要となります。

本地下タンクの評価業務は、消防本部における審査の補完となるよう開始した業務です。協会からの評価結果通知書は、消防本部における事務の効率化が期待できますので、是非、本評価業務をご活用ください。

本稿では、実例を基にした例示基準の適用可能性について検証しましたが、来年度発行の本誌 (Safety&Tomorrow) では、令和元年度の評価申請受託実績や評価申請に必要な図書、設計書を作成するに当たっての留意点等を掲載する予定としています。