

屋外貯蔵タンクの「基礎」と「地盤」について (その2) ～タンク本体変更工事に伴う基礎の再評価について～

土木審査部

1 はじめに

特定屋外貯蔵タンクは、適用法令（新法or旧法）及び容量（10,000kL以上or未満）に応じて、タンクの基本開放周期が設定されています。

タンクを開放すると、タンク本体の健全性を調査する内部点検が実施され、腐食の有無（板厚測定）や溶接部の健全性等が確認されます。調査の結果、補修が必要と判断された場合は、板の取り替えや当板補修等が実施されますが、近年は、タンク本体全体を建て替えるというケースも多くなってきています。また、タンク開放のタイミングに併せて油種変更を行うケースもあります。

こうした工事や油種変更により重量の増加があった場合、タンク本体に関しては、変更後においても、タンク本体が技術上の基準に従って適切に維持されているかどうかの確認（基準適合確認）が、事業者自ら行っているのが一般的ですが、タンク本体に重量増加があった場合でも、「基礎」に与える影響について検討している変更許可申請図書は、ほとんど無いのが実状です。

本稿では、タンク本体工事に伴う基礎の再評価について解説しますが、図1に示すように、基礎形式は「直接基礎」と「杭基礎」とに大別でき、また基礎形式で評価項目も異なるため、「直接基礎」と「杭基礎」に分けて基礎の再評価の必要性等について解説することとします。

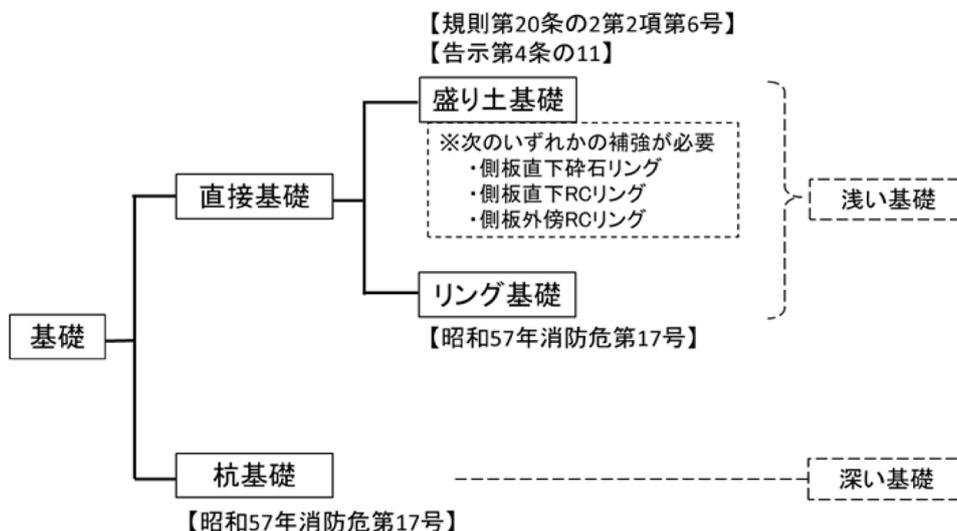


図1 特定タンクの場合の基礎分類

2 「直接基礎」の場合

(1) 新基準タンクにおいて、補修工事や液比重アップにより重量が増加するケース

特定タンクのうち旧法タンクに関しては、耐震基準である「新基準」に適合させる場合、基礎・地盤に係る「基準適合確認項目」は、表1に示す2つの項目となります。その中で、重量増が影響するのは、赤字で示す基礎の「局部すべり」となります。したがって、新基準タンクにおいてタンク本体等の重量が増加した場合は、基準維持義務の観点から、基礎の局部すべりに対する安全性を再チェックする必要があります。

表1 新基準タンクの直接基礎における基準適合確認項目

基礎/地盤	基礎	地盤
基準適合確認項目	・局部すべり(安全率:1.1以上)	・液状化(PL 値法)

直接基礎の場合、図2に示すように、タンク等の荷重が基礎に作用すると、碎石や土といった基礎材料が円弧状に滑ろうとする力(起動力)が働きます。一方、これらの力に抵抗しようと、碎石や土が持っている粘着力や粒子間の摩擦力(抵抗力)が働きます。

局部すべりに対する安全性の確認方法は、式1に示すように、起動力に対する抵抗力を比の形で表し、新基準タンクの場合、この比(安全率(Fs))が1.1以上であることが要件となっています。式1では、仮にタンク等荷重が増加した場合、起動力が大きくなることから、安全率は下がることを意味します。

したがって、タンク本体工事等により、荷重の増加割合が大きい場合は、安全率(Fs)も大きく下がりますので、特に注意が必要となります。

$$F_s(\text{安全率}) = \frac{\text{すべり抵抗モーメント(抵抗力)}}{\text{すべり起動力モーメント(起動力)}} \quad \dots\dots\dots \text{式1}$$

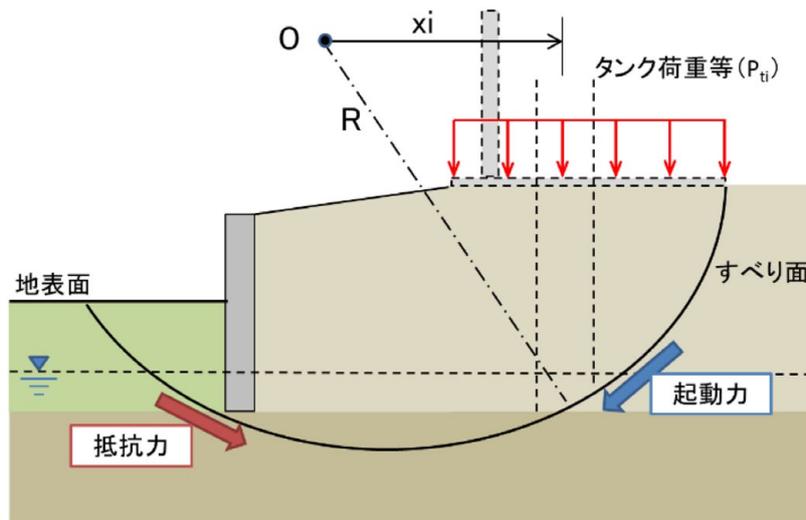


図2 基礎の局部すべりのイメージ図

事業者の皆様におかれましては、「今回の変更工事で、タンク本体等の荷重は増加したのかどうか」、また増加した場合は「どの程度増加したのか」を自ら確認し、増加割合の程度が大きい場合は、基礎の再評価について検討することが重要となります。

(2) タンク本体建て替え工事により、タンク直径を小さくするケース

変更許可申請の中でタンク本体を建て替える場合がありますが、タンク本体の建て替えに併せて、貯蔵容量を減じてタンク本体の直径を小さくするケースがみられます。

基礎の局部すべりに対する確認方法は、前述の式1や図2で解説したとおり、タンク等荷重の起動力と基礎材料の土性値による抵抗力とのバランスとなります。

図3に示すように、基礎に最も荷重が作用する側板直下付近のアニュラ板部分で検討する局部すべりは、荷重の作用位置が変わることにより、円弧の起動力位置や半径が変わります。また、側板直下付近は、碎石等による堅固な材料により構築されているのに対し、それ以外の部分は土による盛り土とされているため、抵抗力が弱い材質部分を円弧が通る場合が考えられます。

したがって、タンク直径が小さくなくても、必ずしも、局部すべりが安全側に転じる（安全率が高くなる）とは言えないことに留意する必要があります。

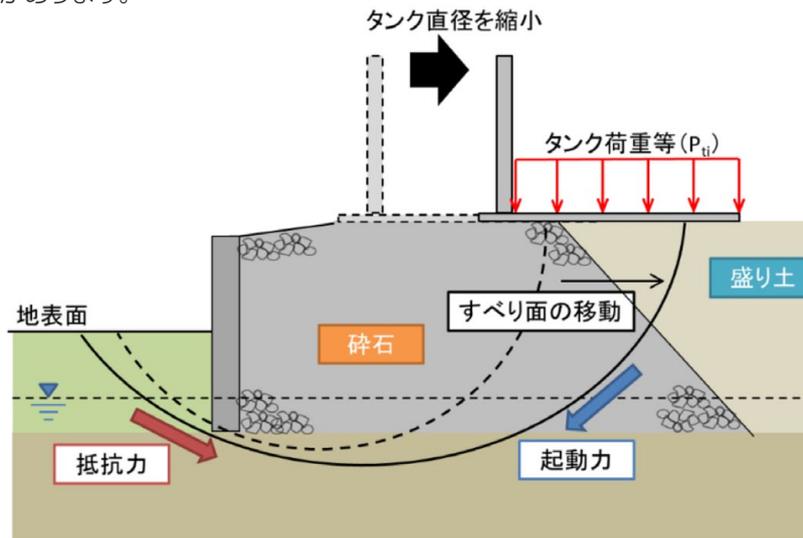


図3 タンク直径を小さくした場合のすべり面移動のイメージ

3 「杭基礎」の場合

本節で紹介するケースは、杭基礎である新法タンクにおいて、タンク本体を建て替えるとともに、油種変更に伴い、比重が1.0から1.2に増加するという、実際に申請のあった事例です。

新法タンクの杭基礎における基準適合確認項目は、表2に示すとおりとなります。新法タンクの場合は、設置許可と同様の設計審査が必要になります。また、杭基礎の場合は、直接基礎よりも確認項目も多くなります。したがって、表2で示した新法タンクの杭基礎の場合は、表1で示した新基準タンクの直接基礎よりも、基準適合確認項目が多くなっています。

新法タンクの杭基礎において、荷重増加があった場合の再評価項目は、表2に示す赤字部分となります。

表2 新法タンクの杭基礎における基準適合確認項目

基礎/地盤	基礎	地盤
基準適合確認項目	<ul style="list-style-type: none"> ・杭体の強度 ・杭の継手強度 ・基礎スラブの強度 ・スラブと杭との結合部の強度 ・スラブ厚さ ・杭の配置 ・砕石層、排水口の配置 ・犬走りの構造 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・杭の鉛直方向支持力 ・杭の水平方向支持力 ・液状化(限界 N 値法)

この事例では、表2に示す赤字部分を再計算したところ、基礎スラブに作用する荷重が大きく増加したことにより、基礎スラブの強度が不足するという結果となりました。したがって、図4に示すように、既存のスラブ上に新たに鉄筋を配置し、基礎スラブの増し打ち（スラブ厚の増加）を行いました。

この事例では、地表面上にある基礎スラブだけの補強工事で終わっていますが、杭基礎は、表2に示すように杭本体の強度や杭の支持力等も検討項目となっていますので、仮に杭の強度等に基準を満足しない項目があると、大掛かりな杭工事になる場合や当該計画が実施できない可能性も考えられます。

建設の際は、杭の支持力や強度等、ある程度の余裕を見込んで設計されているため、杭本体の強度等が基準を満足しないケースは少ないと想像しますが、杭基礎の場合、大幅な重量増となるような変更は、慎重に計画する必要があります。

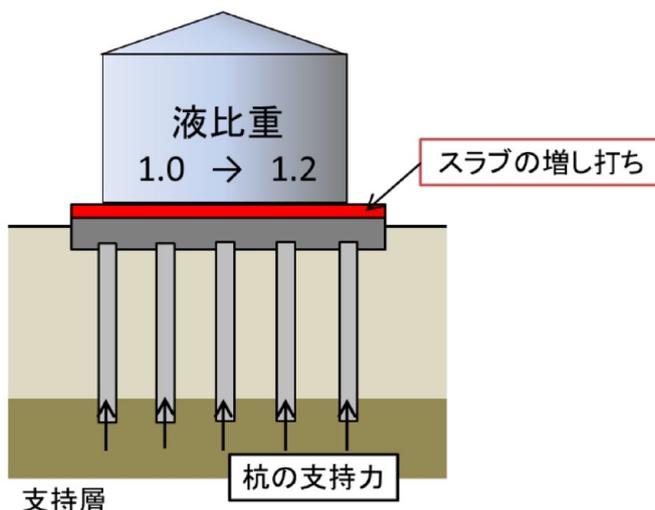


図4 杭基礎の変更事例

4 さいごに

前号のSafety&Tomorrow204号より、「屋外貯蔵タンクの基礎と地盤について」と題して、3回に渡って掲載することとし、本号では「基礎」に着目し、基礎の再評価について、その必要性等を解説しました。

屋外貯蔵タンクの「基礎」は、タンク本体等の荷重を直接受け、その荷重を均等に直下の「地盤」に伝達する非常に重要な役割を担っています。そうした基礎ですが、基礎形式も多く、新法or新基準、さらには特定タンクor準特定タンクで確認項目や安全率等も異なります。

特定タンクの設置基数としては、新法タンクに比べ新基準タンクの方が多く、また、新基準タンクの場合の基礎形式は、直接基礎が90%以上*と圧倒的に多く存在します。

前述の2(1)で解説したように、**新基準タンクの直接基礎の場合**、タンク等荷重が増加すると、基礎の局部すべりに影響を及ぼします。したがって、今後、タンク等荷重が大幅に増加する変更工事の場合は、事業者自らが局部すべりに対する安全性を確認したうえで、変更許可申請することが重要と考えます。

屋外貯蔵タンクの構造上の安全性を考える場合、タンク本体のみに目が向きがちになりますが、基礎にもある程度の意識を向け、「タンク等の荷重変動は、その直下の基礎に必ず影響する」ということを念頭に、今後維持管理していただければ幸いです。

※平成31年4月~令和3年7月に、協会が受託した新基準タンクの変更許可申請からの集計結果