

名古屋大学工学部 正会員 ○ 植 下 協
名古屋大学大学院 学生員 佐 藤 健

1. きえがき

昭和49年12月18日に発生した三菱石油水島製油所、重油流出事故を契機として、日本各地の石油タンク基礎の水準測量され、全国で1万KL以上2697基のうち、約4%の109基がタンク直径の0.5%をこえる不等沈下を示していたことが報じられている。筆者の一人は、地盤沈下との関係で、名古屋地区の石油タンク不等沈下問題をいかに考えるべきかを明確に示しておく必要があり、その見解を関係の会議で述べるとともに、その概要については、土木学会誌にも寄稿した¹⁾。しかし、その後、さらに、二、三の検討を加えるとともに、最近の英国工質工学会での、この方面の研究討議²⁾にも触れることができたりで、その後の検討を加えて、筆者らの考えを述べてみたい。

2. 石油タンク不等沈下の考え方

軟弱地盤上のタンク基礎の水準測量は、タンク建設当初より、建設中・建設後を通じて、経年的に計測しておくべきであり、

図-1(a)に示すように、タンク外周の東西南北とその中間点の8点(タンクが超大型の場合は、さらにそれらの中間点を含めた16点ないしはそれ以上)の測点を明確に決めておき、絶対沈下量と相対沈下量が求まるように、公設の水準点と結びつけた水準測量をしておくべきである。その経年的沈下観測をすると、毎回のタンク基礎測定箇所は決めておくべきで、この場合、どの方向に不等沈下しているのかが表現するためにも、東西南北の方位と計測点の位置とを図-1(a)のように定めておくのがよい。

今日までの石油タンクの不等沈下の危険度を表現する方法として、〔不等沈下量/タンク直径〕を計算し、この値の大小で安全度を判断しているが、〔不等沈下量/タンク直径〕の値が同じであっても、タンクの底面が原形を保ったままの不等沈下(これを平面不等沈下と名づける)の場合には直ちに危険とはいえないのに対し、局部的な不等沈下を生じている場合には、タンクの局部に無理な応力が働いているために危険である。このことはタンク専門家による有限要素法計算によっても実証されている。

そこで、タンク基礎の外周を図-1(a)のように水準測量し、その結果を図-1(b)のように、相対沈下量 $\Delta h(\text{cm})$ と円周距離 $s(\text{m})$ を対応させてプロット(タンク南端が沈下最小点で、北端が沈下最大点であったと仮定して図示)すると、底面が平面を保って、タンクに無理のない不等沈下をしている場合(図-1(c)の場合)には次の関係式にのまらずである。

$$\Delta h = \Delta h_0 \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad \text{ただし、} \frac{\theta}{2} = \frac{s}{D} \text{ (ラジアン)} = \frac{573s}{D} \text{ (度)} \quad (1)$$

ここに、 Δh = 沈下最小点を基準にしたタンク外周の不等沈下量(cm)、 Δh_0 = 最大不等沈下量(cm)、 θ = タンクの円周距離 s に対する中心角、 s = タンクの沈下最小点を基点とし、時計まわりに測ったタンク外周の円周距離(m)、 D = タンクの直径(m)。

沈下最小点を図-1(b)の原点にとって数式表示すれば、式(1)のように $\sin$ の二乗の式になるが、式(1)は、図-1(b)の横軸を $\frac{1}{2}\Delta h_0$ のところに移した座標で見れば、 -90° から 270° まで0.1サイクルの正弦曲線そのものである。

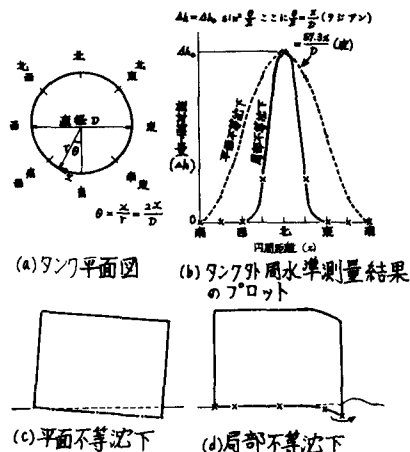
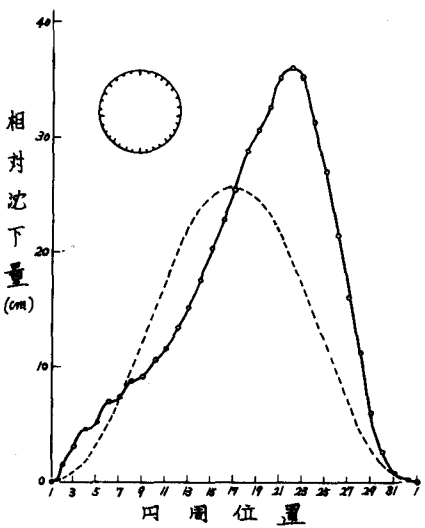


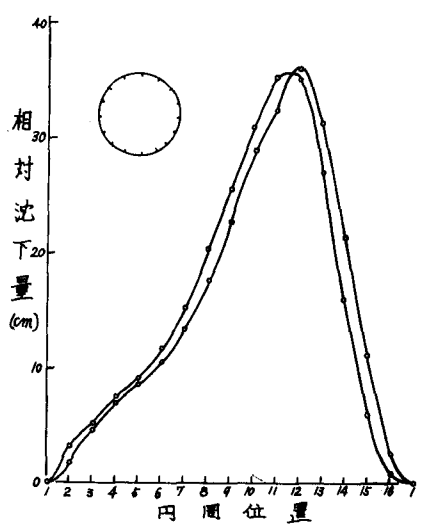
図-1 石油タンク外周水準測量による平面不等沈下と局部不等沈下の判別法

これに対し、図-1(d)に例示する局部不等沈下は、図-1(b)に示すように、正弦曲線からはずれた形で表現されることとなる。タンク外周での水準測量結果を図-1(b)のように作図した結果、局部沈下による不等沈下であれば、直ちに局部沈下部に注意を払い、その量が許容しがい場合には、手当が必要である。

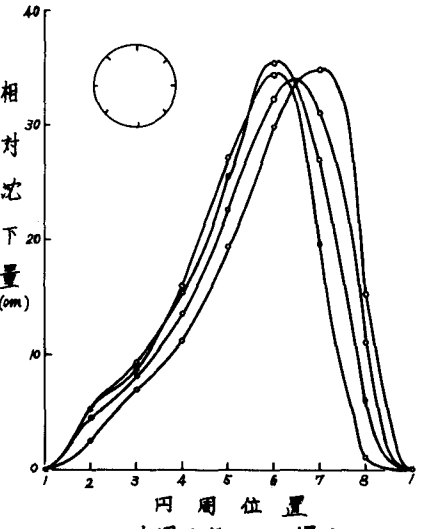
3. タンク外周の水準測量の測点数についての考察
筆者らは、不等沈下が問題となった某石油タンク完成時の底板深淺測量図に記入されているタンク外周に沿う32点のレベルをもとに、タンク外周の水準測量の



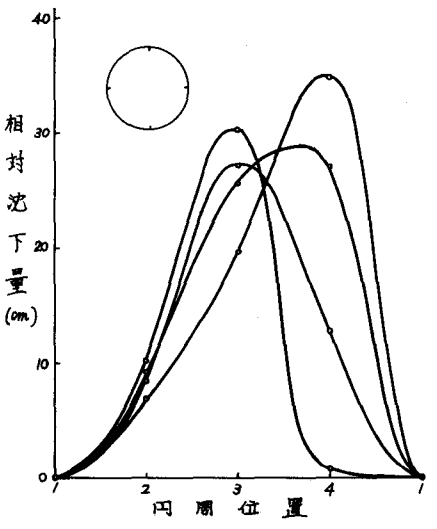
(a) 外周32点の水準測量の場合



(b) 外周16点による場合



(c) 外周8点による場合



(d) 外周4点による場合

図-2 石油タンク外周水準測量における測点のとり方による結果の変動例

測点数が、何点必要であるかを検討してみた。これによると、この場合少くとも8点の測点は必要であることがわかる。これらの解析結果に対し、基準になる平面不等沈下の正弦曲線を記入し、その正弦曲線と測量結果との最大のずれ Δ を、ずれの生じている円周距離 l で除した(Δ/l)の大きさを危険度を表現することが考えられる。これと似たことを、すでにDe Beer³⁾も提案しているが、基準の傾斜面(図-2の基準正弦曲線)をどのように考えるかが本議論の対象²⁾となっている。詳しくは、講演会当日に述べたい。

参考文献

- 1) 植下 協: 石油タンクの不等沈下問題とその水準測量, 土木学会誌, 昭和50年6月号, pp. 17~21.
- 2) British Geotechnical Society: Settlement of Structures, Pentech Press, London, 1975
- 3) De Beer, E.E.: Foundation Problems of Petroleum Tanks, Annales de L'Institut Belge du Pétrole, Vol. 6, 1969, pp. 25~40