

日産化學小松川工場内硫酸塔の不等沈下について

正員 猪瀬寧雄*

まえがき

日産化學小松川工場内の硫酸製造用の塔（ゲールサック塔）の基礎地盤が不等沈下を生じ塔は若干傾斜し鐵筋コンクリート造の基礎ラーメンに龜裂を生じこの傾斜並に龜裂が時間の経過と共に増大する傾向にありこの防止対策に關し同社小松川工場より土木研究所宛に調査の依頼があつたので本所では 23 年 11 月から調査を開始し今回一應終了したのでその内容の大略を

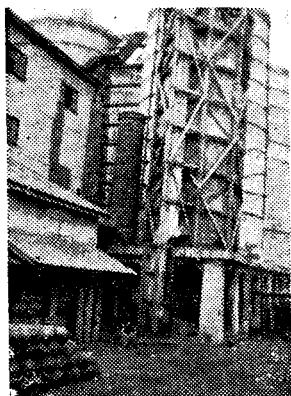
こゝに御紹介し各位の御参考に供せんとする次第である。(寫眞—1, 2, 3. 参照)

I. 環 淀

- (1) 名 稱: 日產化學小松川工場
(2) 所在地: 東京都江戸川區小松川一ノ二

図-1に示すように荒川放水路と中川との合流点附近に位置する。

资源一



高通—2

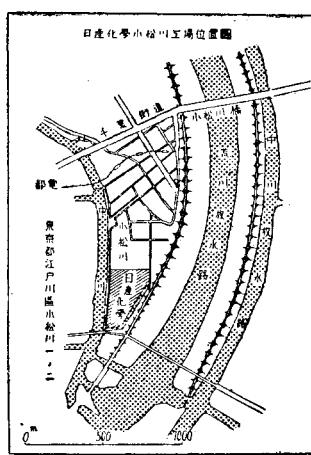


實驗一-3



圖—2。

—1



This technical floor plan illustrates the layout of a steel structure foundation. The plan shows a rectangular area with various dimensions and key features:

- Dimensions:** The overall width is 1000 mm. The distance from the outer wall to the center of the first column is 270 mm. The distance between columns is 770 mm. The height of the foundation is 750 mm.
- Columns:** There are eight circular columns arranged in two rows of four. The columns in the front row have a diameter of 750 mm, while the columns in the back row have a diameter of 650 mm.
- Base:** The base is labeled as having a thickness of 2142.6 mm.
- Annotations:** A note at the top right indicates a total weight of 6700 tons. Another note on the right side specifies a weight of 4537 tons for the foundation base and 2142.6 tons for the base plate.

* 建設省土木研究所技官

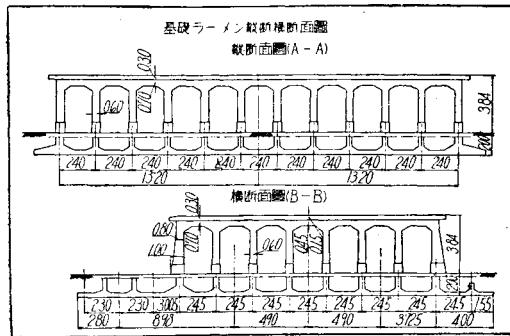
(3) 硫酸塔

塔の数は 6 基で外径 7.5 m 高さ 13.80 m でその概略配置は 図-2 に示す。自重は full charge の場合で 4 557.4 t である。

(4) 基礎ラーメン

縦方向 11 巷間、横方向 7 巷間の鉄筋コンクリート連続ラーメンで自重は 2 142.6 t である。その構造の概略を 図-3 に示す。

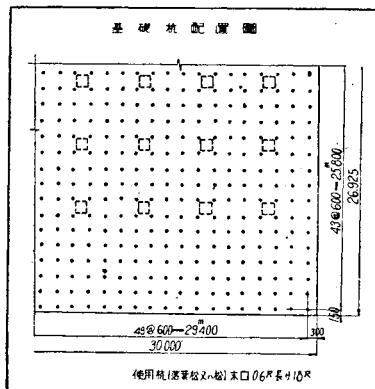
図-3.



(5) 基礎

基礎版の寸法は 30 m × 26.925 m で 図-4 に示したように末口 6 寸長 18 尺の木杭（落葉松又は松）を 60 cm 間隔に配置したものである。

図 4.



II. 地盤沈下に関する從來の研究

本工場の所在地すなわち東京都江東地区はかねてから地盤沈下の存在する場所として知られており特に大正 12 年の關東大震災以来沈下が急激にましておりこれに對し東京大學地震研究所、舊東京市土木局等において種々なる角度から調査研究がすゝめられていた所である。この地盤沈下は江東地区全般に涉るものであり塔の沈下は局部的のもので又その機構も同一とは云えないが土質を同じくすると云う點で少くとも有力なる参考資料と考えてよいと思われる。そこで從來の調

査研究の結果の主旨を箇條書にしてみると大略次のようになる。¹⁾

1. 地盤沈下はこの附近一帯に存在する所謂軟泥土の壓密収縮によつて生ずるものである。
2. この軟泥土の収縮に對しては含水量が深い關係をもち從つて地下水と地盤沈下とは密接なる關係を有するものである。
3. 沈下の機構に關し Terzaghi の動水壓²⁾ (Hydrodynamische Spannung) による考え方ができる。
4. 沈下量は軟泥層の厚さの大きい程大である。
5. 沈下に對しては降雨、潮汐、その他の氣象作用との相關關係を見出しえること。

III. 調査方針

硫酸塔の變状は明かに基礎地盤の局部的沈下により惹起せられたものであるから先づ調査の第一歩として沈下の状況を探求してみるとし次に基礎ラーメンの龜裂、現有強度等の状況を調査する事とした。これに對し取上げた項目は次の通りである。

1. 塔附近の地質
2. 塔の基礎地盤の土質
3. 塔附近における地下水位並に地下水の動き
4. 潮汐の地下水位に及ぼす影響
5. 時間的並に場所的の地盤の變動
6. 基礎ラーメンの龜裂の現況並にこの時間的發展過程
7. 變状を受けている基礎ラーメンの現有強度

尙この調査作業に際しては日本大學工學部土木科學生諸君を煩わした。

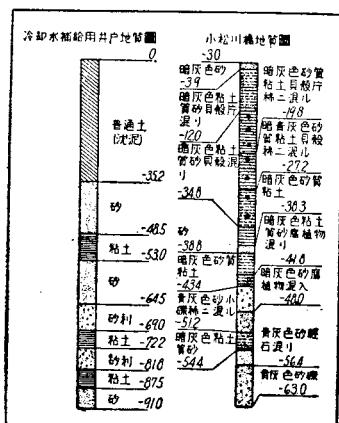
IV. 調査結果

1. 地質 地質調査は物理地下探査法により行う豫定があつたが費用の都合で中止しかねて同工場において塔附近に冷却用水採取用の深井戸を築造した際の地質サンプルがあつたのでこれにより判斷することとした。その結果は図-5 の通りである。尙東京都の架設に係る小松川橋梁の地質を参考資料としたので併せて示しておくこととする。

2. 土質 本所所有の T型簡易ボーリング機により塔附近の地點 12箇所を選びボーリングを行いサンプルを採取した。その結果によれば本工場内は表層に 2 ~ 2.5 m の硫化鐵錆の燒滓の層あり（これは同工場に於て埋立用に用いたものである）その下部は含水量の

1) 宮部直己：地盤の沈下
2) Terzaghi: Erdbaumechanik P. 140.
渡邊貴：地質工學 P. 61.

圖-5.



多い沈泥層である。地下 10m 附近の資料についての試験結果を示すと表-1 の通りである。

表-1.

地下 10m より採取せる試料	
比重	2.63 (二回の平均値)
見掛け比重	1.67
間隙率	60.8
間隙比	1.55
稠度	流出度界 0.591 (衝撃数 25 回)
液状限界	49.1%
塑性限界	0.323
塑性指数	16.7
界限	0.303
土の粒度分析による粒度曲線	0
の和砂	200mm - 0.3
粘砂	0.25mm - 0.05mm 9.2
沙	0.05mm - 0.005mm 65.5
粘土	0.005mm 以下 35.0
含水率	38.3
含水比	0.61
透水係数	0.000014

又粒度分析による粒度曲線を示せば 圖-6 の如くなる。

3. 地下水位 ポーリング孔を利用して観測すると大體地表面以下 40~50cm の所に自由水面ありこの

圖-7-1.

圖-7-2.

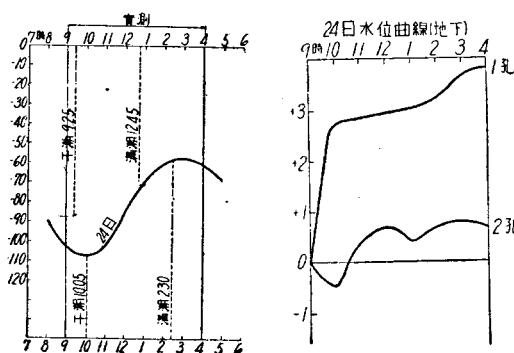
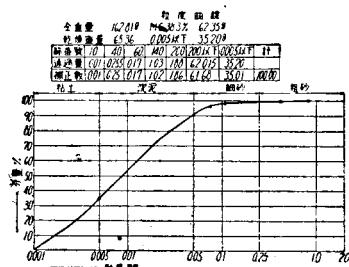


圖-6.



自由水面を地下水位と考えることとした。従つて塔の基礎地盤は飽和状態に達しているものと判断し得る。又塔に隣接して設置せられた冷却用水採取井の流量は $89 \text{ m}^3/\text{hr}$ で (Air lift を用いて揚水している) 測定した透水係数を用いて井戸の影響圓の半径を計算してみると約 72m となり塔はこの圓内に入ることになるから計算の信頼度を考慮に入れても塔の基礎部附近の地下水は何等かの形でこの井戸の影響を受けているものと判断する事ができる。

4. 潮汐の影響 塔附近の地下水が潮汐の影響を受けているか否かを調べるために潮汐の干満を工場内ドックの岩壁において測定しこれと同時刻に前記ボーリング孔により硫酸塔附近の地下水位の変化を観測せる結果塔附近の地下水は明に干満の影響を受けている事が認められた。その結果の一部を示すと表-2 及 圖-7 の如くである。

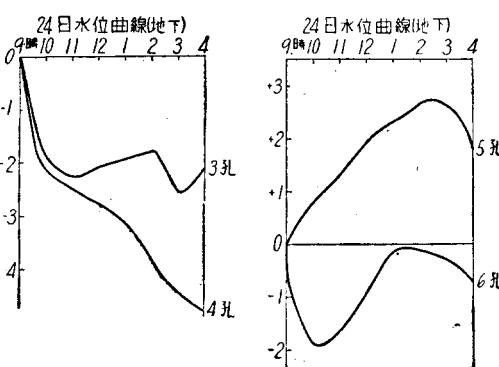
5. 地盤変動 塔附近の地盤の上昇及び沈下の関係を調査するために圖-8 に示す如く塔附近の地域を 5

表-2.

日	孔	潮汐	1	2	3	4	5	6
24	最大振巾 (cm)	50	3.8	1.3	2.6	4.8	3.6	2.0

圖-7-3.

圖-7-4.



m 及び 10 m の基盤目に分ちその交點に對して 7 日～10日に1回の割合で7回に涉り精密水準測量を実施した。その結果より 23 年 11 月 22 日と 24 年 2 月 9 日の測定値との差を示すと図-9 の如くである。概括的に見て N-E 角附近及び SW 方面の地盤が上昇し SW 方面の地盤が沈下している。(図-10 参照) 變動量は 1 回の測定毎に大略 1~1.5 mm で最大 3 mm 位の所もあつた。

図-8.

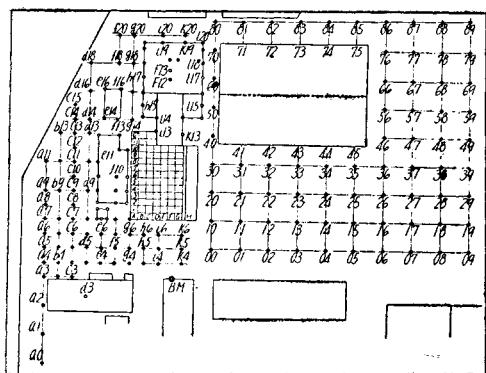
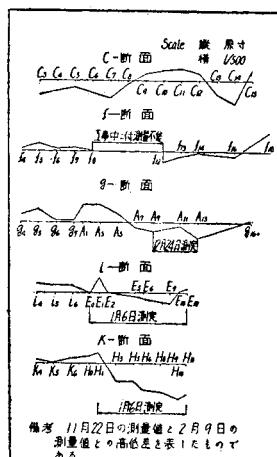


図-9.



これから判斷してこの地盤は塔の重量による壓密沈下と塔の原礎部沈泥の側方流動(lateral flow)とが合して生じているものと考えられる。

6. 基礎ラーメンの龜裂 基礎ラーメンの梁及柱について龜裂の調査を実施した。目的は現在どの程度の龜裂が発生しているか又この龜裂が時間的並に場所的にいかなる具合に發展していくかを見るためであつた。方法としてはある時刻における龜裂の現況をおさえておきその後一定期間毎に(7日に1回の割合で実施した)新たなる龜裂の発生並びに前の龜裂の生長過程を調査し5回実施したその結果の概要は図-11に示す通りである。

全般的傾向を概括すると

(1) 龜裂は隅角部及び周邊のラーメンに多く中央部

のラーメンには殆んど存在しないこと。

(2) 調査中感知し得る新たなる龜裂の発生は認められなかつたこと。

(3) 既成龜裂は NE 部 SW 部に於て生長しつゝありその量は

15 日毎に 1.7~2.0 cm 程度なる事が認められた。

図-10.

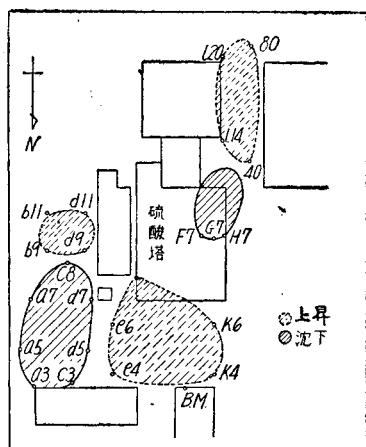
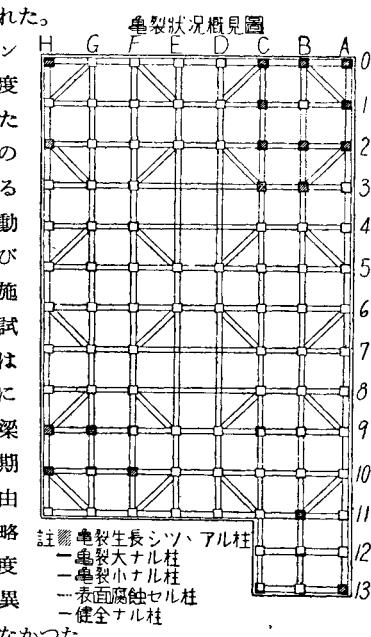


図-11.



V. 結果の要約

以上の調査結果を要約してみると次のようにになる。

1. 基礎地盤の局部的沈下は基礎部沈泥の壓密並に側方流動により惹起せられているものである。

2. 地盤変動は基礎部 NE, SW 方向において特に著しい。

3. この変動には冷却用水補給井がある程度の役割を演じているものと考えられる。

本件に關しては同じく日産化學木津川工場の硫酸塔が同様の地盤の局部的沈下により變状を受けた際附近冷却用水取水井よりの採水を中止した所沈下がとまつ

た事が報告せられている。

4. 基礎ラーメンは NE 角、 SW 角を始め隅角部並に周邊部に龜裂の生長を見つゝあるが龜裂は主として柱部において見られるもので梁部には殆んど變状が見受けられない。

IV. 補強対策

以上の調査の實情から判定した補強対策の方針をのべると次のようになる。

先づ対策の根本方針は次の2つに分ける事ができる。

1. 地盤の變動をとめるための対策

2. 基礎ラーメンの補強対策

これは更に次の2つに分類できる。

(1) 龜裂の防止並に必要強度を與えるための対策

(2) 酸による腐蝕部分の補強並に耐酸構造のための対策

これらについて所見を述べると次の通りである。

1. 地盤の變動防止対策

上記の機構により動いている地盤の動きを止めるためには先づ基礎沈泥の側方流動をおさえる必要がありこのためには基礎版に沿い必要な長サの steel sheet pile を打ちこむ事が最も望ましい事であるが我國の現状よりして sheet pile を相當量入手する事は極めて困難なる實情にあり又鋼材販賣の見地から見ても他の方法を考慮する必要あり次善策として次の案を提案した次第である。

側方流動をとめるためには基礎部の接地面積を擴大して單位面積に作用する荷重強度を安全なる程度におとすか又は所謂力杭を用いて側方流動をおさえるか2つの方法が考えられるが施工の難易、工費の點等から見て後者をえらぶ事とした。しかして所謂滑り面が存在するとすればこれは塔をはなれる程淺くなる譯であるから杭の長サを節約するためにある距離はなれた方が有利である。一應從來の滑り面を見出す方法により検算を行つて見ると基礎版の周邊から 10~15m はなれると相當に滑り面の位置は淺くなり比較的短かい杭ですむ事になるので計算の結果を參照して基礎版の周邊から 10~15 m 程度はなして長 10~12 m (末口 20 cm 程度) の生松丸太杭を打込み基礎版を囲う事により側方流動をおさえる事とした。この際セメント注入を併用すれば更に有効であろう。セメント注入に就ても現場で實験をする豫定であったが費用並に設備の點で果し得ずこれに對する基礎資料の得られなかつた事は殘念であつた。しかして塔と杭との間の地域は地盤を強固ならしめ土の流動を防ぐ目的で 5~6m の松杭を 2~3m 間隔に打込むと共にこの部分の地盤の上昇をおさえるため Surcharge をおく必要がある。材

料としては幸に同工場には前記燒滓が殆んど無盡藏と云つてもよい程あるからこれを用うれば至極簡単である。これは大體土と同程度の重量を有するものである。

尙前述の木津川の例からも考えて冷却用水取水井は現在のものを中止し塔から 100 m 以上はなくして新設する可と考える。

但し滑り面の位置を正確に決定する事は困難であり又今のような場合に確然たる滑り面が存在するかどうかについても疑問である。従つて前記の考察による杭が果してその豫想した機能を發揮し得るや否やについても更に詳細に研究を必要とするものであるが少くともこの杭により附近の地盤が堅密を受け Compact となつて土の流動を防止する作用は期待する事ができる。又 Surcharge はかかる場合に有効に働く事は多くの實例をみても明であるから一應この方法を採用したが尙補強工事実施後においても観測を續行しその成果を確認する事の必要なるは論を俟たない。

2. 基礎ラーメンの補強

龜裂の発生並に成長を防止し(これは地盤の變動がとまれば殆どなくなるものと考えられるが)必要な強度をあたえるには現在龜裂の発生している隅角部並に周邊部のラーメンを補強する要あり、方法としては變状を來している部分に對し柱同志を隔壁をもつて連結する。特に NE 部及び SW 部は隔壁の數を多くする。これは只にこの目的に合致するばかりでなく耐震上から見ても望ましい事である。

壁は鐵筋コンクリート造とし厚 20 cm 以上高サは施工條件の許す限り高くした方が有効である事は申すまでもない。この壁には diagonal tension に對抗する斜鐵筋を縦筋、横筋と併せ用ひるを可とする。又新舊コンクリートの繼目は構造上の弱點となる危険性が多いから標準示方書に従い特に入念に施工するを要するは論を俟たない。次に酸により腐蝕のすゝんでいる部分(特に slab に多く見受けられる)は腐蝕部をかきとり新らしいコンクリートを打つ必要ありこの時は slab は場所により相當の荷重が作用している状態で施工する場合を生ずるから支保工は十分にしなければならない。slab の表面は鉛板あるいは耐酸材料により保護する事が必要である。

結語

以上の提案に基き目下日產化學本社において具體的補強対策を設計立案中である。本件は軟弱地盤の沈下に對する一つの full size test とも見らるべきもので研究の對象として眞に興味深きものがある。補強対策実施後の状況につき引き続き調査を行い軟弱地盤の沈下防止に對する有力なる資料を得たいと念願している次第である。