

鐵と鋼 第九號

大正四年十一月二十五日發行

石油タンクの破裂に就て

今泉嘉一郎

某年某日某所に於て石油タンクの大破裂を生し多數の死傷者を出し附近の民家數戸を潰流して頗る慘狀を呈するに至れり此かる場合に於て常に有り勝なる如く此場合に於ても亦破裂の原因に關しタンク構成の鋼材品質を以て第一の問題となし其鑑定を予に求められたり。

地は海岸浪打際より數間乃至數十間の間に卜せられ海面以上十尺に満たざる如く感せらるゝ低き一面の砂原に於て何等の基礎工事を施さざること無く四面只點々たる矮松を見るのみの空地に巍然として散在するタンクは其數六七個あり内には既に使用を始められたるものあるを見る、破裂したるタンクは最新の構造物にして、今や海水を以て充水試験を行ひ一々漏洩の個所を検したる後充水の儘外部よりコーキングを行ひつゝ上部より漸次下部に向て進行し恰も上頭より第四列の鋼板(全高九枚の鋼板より成る)に於て此作業をなすに當り、俄然としてタンクの破裂を來し圓き底板の略ほ原位置に止まるのみにて周圍の外板は兩大片に壊裂して左右に分倒し、充水潰流の勢に乘りて各百尺餘の遠隔せる場處に至るまで奔逸し僅に停止せり、當時タンクの周圍に架したる足場に登りて同時にコーキングに従事したる職工は計八人なりしも全部罹災死亡したるを以て破裂瞬間に於ける狀況は之を詳にすることを得ざりし。

予か實檢の際にはタンクの破壊各部か略ぼ尙破壊當時の状態に置かれたるを以て、各破壊部に就て較々精密なる肉眼檢定をなすの便を得たり、尙構造に用ひられたる各鋼材の理學的及化學的檢査を爲し得るため、各破片に就て一々必要の標本を採ることを得たり。

破裂の原因を主觀的に説明せんことは元より容易の業にあらざるも歸する所は左の四點の單働又は其併働と見るの外なかる可し、但し人間の罪惡的行動又は職工の極端なる不注意等は別問題なり。

- 一、構造に用ひたる鋼材の品質に缺點なきや
- 二、同上鋼材の加工に缺點なきや
- 三、タンクの据付に缺點なきや
- 四、タンク構造學上の缺點なきや

第一、鋼材の品質を檢するため採收したる試験片に就て牽延試験、ポンチ試験、鍛接試験、冷曲試験及化學分析を行ひたるに別表(第九六八及九六九頁)に示す如き結果を得たり。

此表に依て見れば此鋼材の化學的成分に於て燐の含有稍多量に過ぐるの感なきを得ず、且鋼質一様ならず鋳材に於て特に著しきを見る、タンク所有者は英國の石油會社なるを以て或は酸性平爐の物なるへく、米國製品とすればベスマー鋼なるへし、化學的成分は此の如く不等一なれとも牽延試験其他の結果に於ては普通此の如き建築用鋼材として何等格段なる缺點を見ることなかりし。

第二、加工上の缺點に就きても亦敢て不當の事實を發見せさりし、鋳孔の如きは凡てボーリングに依らずしてポンチングに依りたるものなれともタンクの如きものに對し此法を用ふるは普通の事にして敢て差支なきを常とす、鋳の飛散せし跡の孔を檢するも孔の周縁清淨にして裂痕又は歪形を呈するもの無く鋳孔の距離又は鋳配置の如きも適當と思はれたり、破裂の激動により鋼板の無事な

るに拘はらず、鋸のみ飛散せるもの點々之を發見すれとも、鋸其物の品質は別表分析表に示す如く、最良質と認め難き迄にして普通の加工に堪へ難き程のものにあらず。

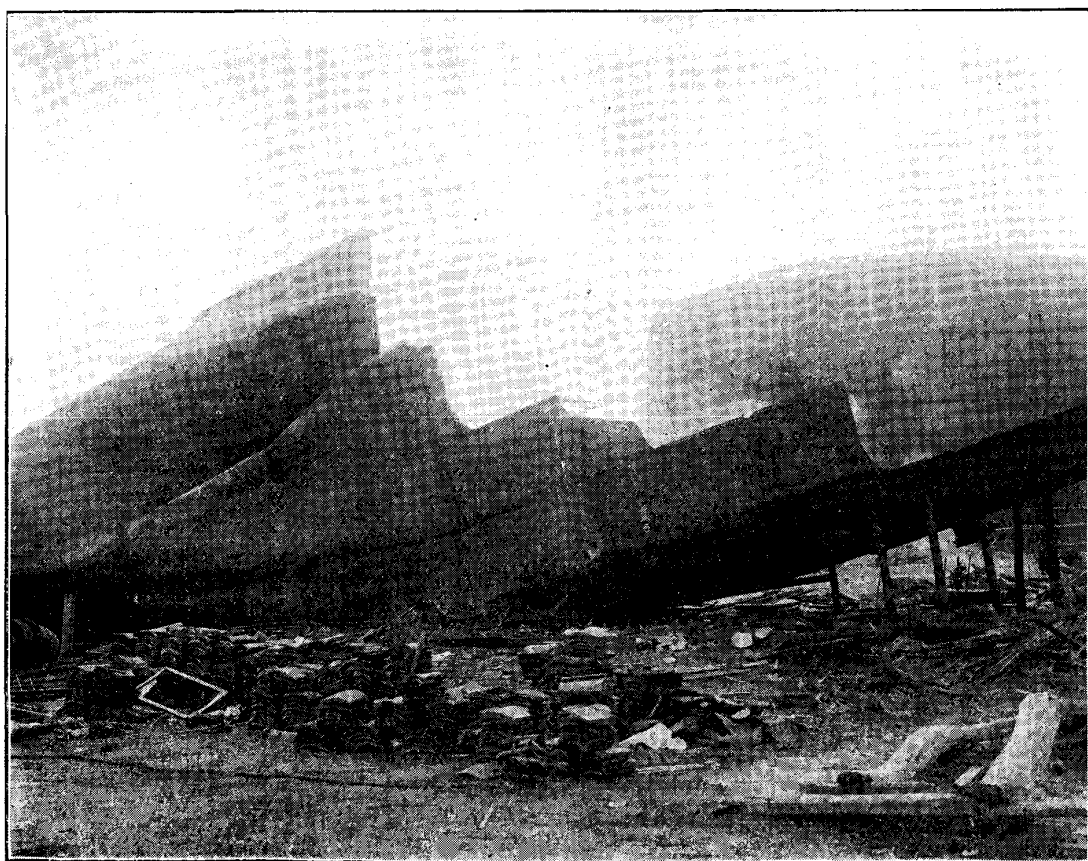
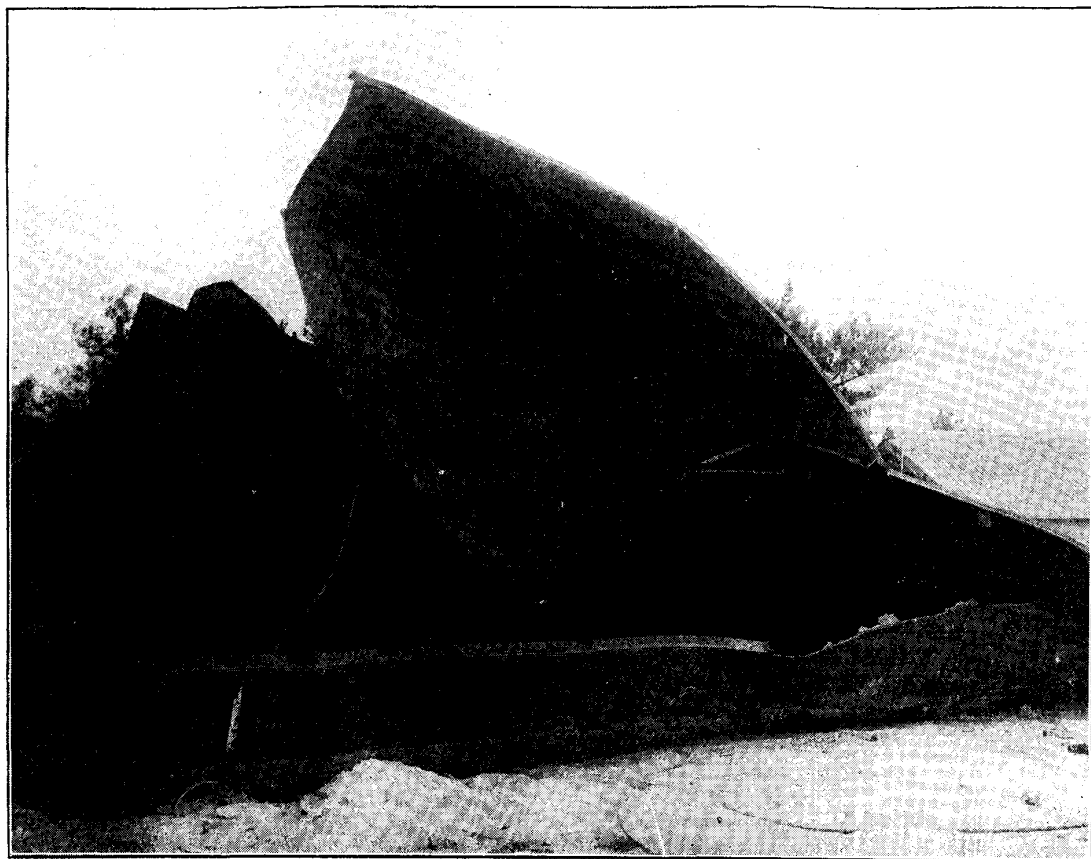
第三、据付上の缺點に至りては現場の狀況を一見して明かに其存在を否認し難き感あり、即ち當所は海岸に於て風波のために堆積せる砂床を利用し殆ど何等人工を加ふることなくして直にタンクを其上に据ゑたるものにして所謂基礎なるものは絶対に之を發見することを得ず、當局技師はポルネオに於て屢々此くの如く實行し而も未だ今回の如き出來事に遭遇したることなしとの經驗論を主張すれとも、予輩素人に於ては工學上驚く可き事實なりとの感なきを得ず、此の如き状態にありては假令タンク其物の構造に於て充分の安全率を有するものなりと雖もタンク据付後に於て風雨等のため砂床の流出せる場合に於ては直に基礎たる可き部分の缺陷を生じ、次に説明する如き恐る可きストレスを構造上に生ずるか故に其原因のみに依るも充分にタンクの破壊を生ずることを得へし、砂床流出の事實は現に据付済に係れる他のタンクに於て多少とも之を見ることを得、間々底板下に人の半身を容るへき空洞あるを見たり。

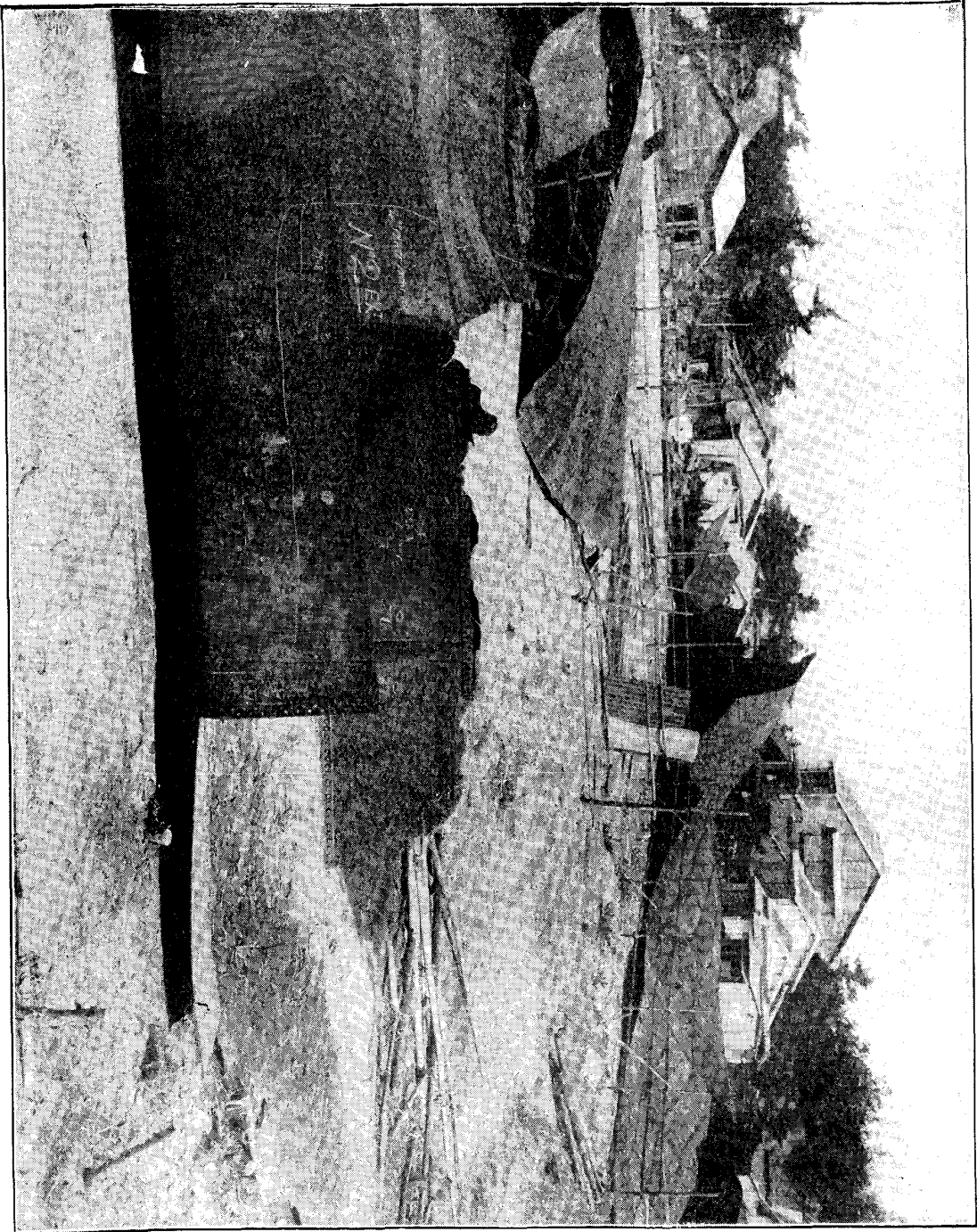
第四、タンク構造上の缺點ありや否や、構造強弱論の學理上より種々なる場合に就て現物の安全程度を檢定するの要あり、(イ)の場合としてはタンクに石油を充たしたる場合に於て石油のために内部より周囲の外板に向て加へらるゝ水平壓力に對し外板の抵抗力は尙何程の安全範圍にありや、(ロ)の場合としてはタンクの土臺を成せる砂床か一方より漸次散逸するに従ひ充満せる石油の重力に依りて加へられたる撓屈力に對しタンクの抵抗如何、(ハ)の場合としてはタンクの土臺を成せる砂床に於て周圍より見えざる部分に一定の凹陷を生じたる時何程の凹陷に依てタンクの破壊を生し得へきやは最も重要なる問題にして、此道の設計者としては本文の如き場合に於て當然其考慮を要すへきものなる可し。此問題に對し鐵骨構造の篤學者工學士沼田尙德氏は頗る精細なる計算を以て予に

4 説明を與へられたり、今其計算は之を略し茲に其大要を述べれば、(イ)の場合に於ける石油の水平壓力に對し上頭第一列の鋼板に在りては十四倍一分の安全率あるも、漸次下方に至るに従ひ其安全程度を減し問題の第四列に至りては三倍四分に過ぎず即左の如し。

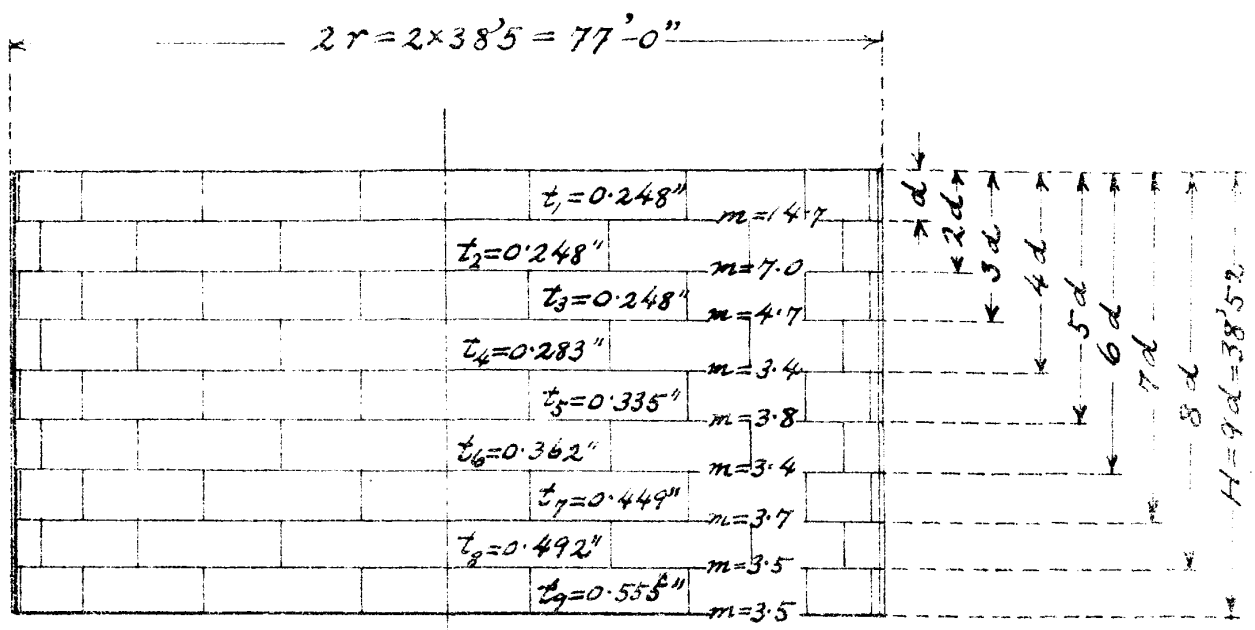
上頭よりの鋼板列	鋼板抵抗力安全率
1	14.1
2	7.0
3	4.7
4	3.4
5	3.8
6	3.4
7	3.7
8	3.5
9	3.5

右に依れば第四列は第六列と共に最も危険なる部分なりとす、普通此の如き構造物に於ては設計上四倍以上の安全率を希望すべきなれども、第四列の如きは三倍四分に過ぎず而も尙三倍以上の安全率を存する以上敢て設計上の非難をなし難し、只彼破裂の事變か恰も此第四列のコーキング作業中に起りたる事實は安全率の影響を考へざる能はず、加ふるに前記計算は石油を盛りたる場合の計算にて破裂の當時には海水を盛りたることなれば此安全數字は更に低下したること勿論なり、而して是等の計算は平面にして堅固なる基礎の上に安定したる場合を想像したるものなれども實際は軟弱の砂床を土臺とせること前記の如くなるを以て次に記する如きストレスのため各部の安全率は一層の減少を餘儀なくせらるへし、即ち(ロ)の場合としてタンクの土臺を成せる砂床か一方より漸次散逸し之かためタンクを撓屈するストレスに對し砂床の散逸外方より十一呎のときタンクは尙六倍の抵抗力を有すれども、十九呎のときは二倍四分となり二十八呎に達するときは僅に一倍一分となり、タンクは此時を以て殆んど破壊すへきなり、(ハ)の場合なるタンク砂床凹陷の危険に就きては此凹陷か正四角形の穴なれば三十八吋邊長を有するときに於て危険に瀕すべく、又此凹陷かタンクの周邊附近に生じたるときは三十一吋の邊長にて同様の危険あり、凹陷の形狀圓孔形なるときは奥深き部分にありとして四十四吋の圓徑に於て危険となり、周邊に近く在りとして三十五吋の圓徑を以て危険程度となす是は凡て底板破壊を來す場合に係るものなり。

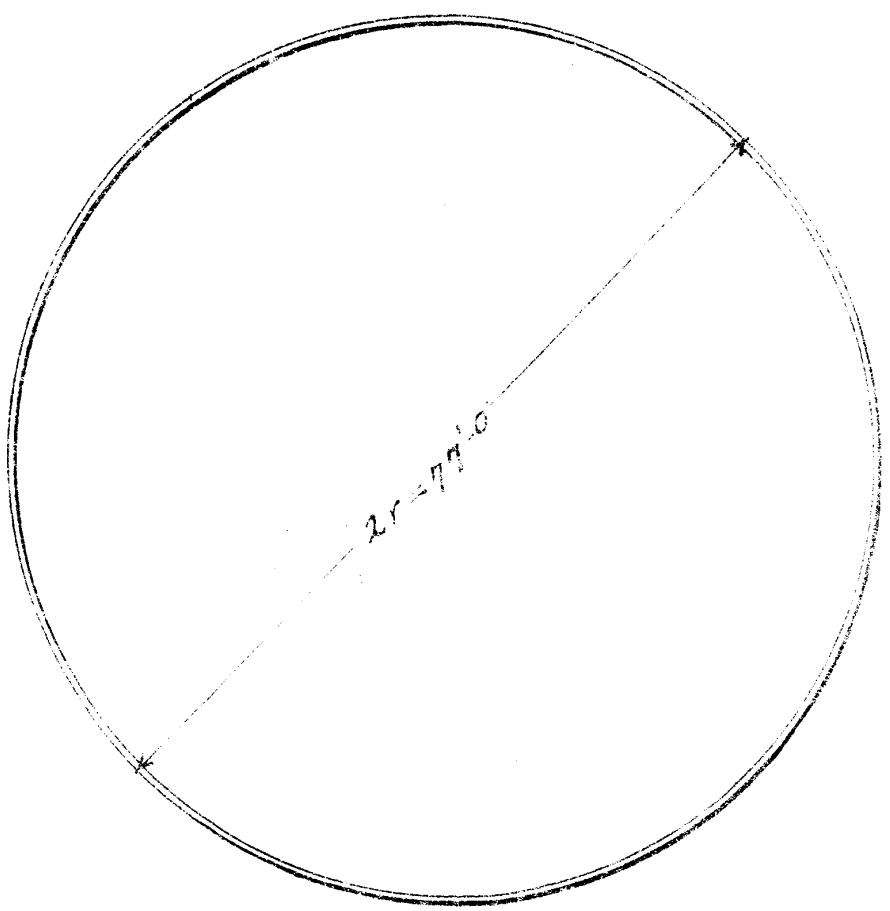




第一圖 正面圖

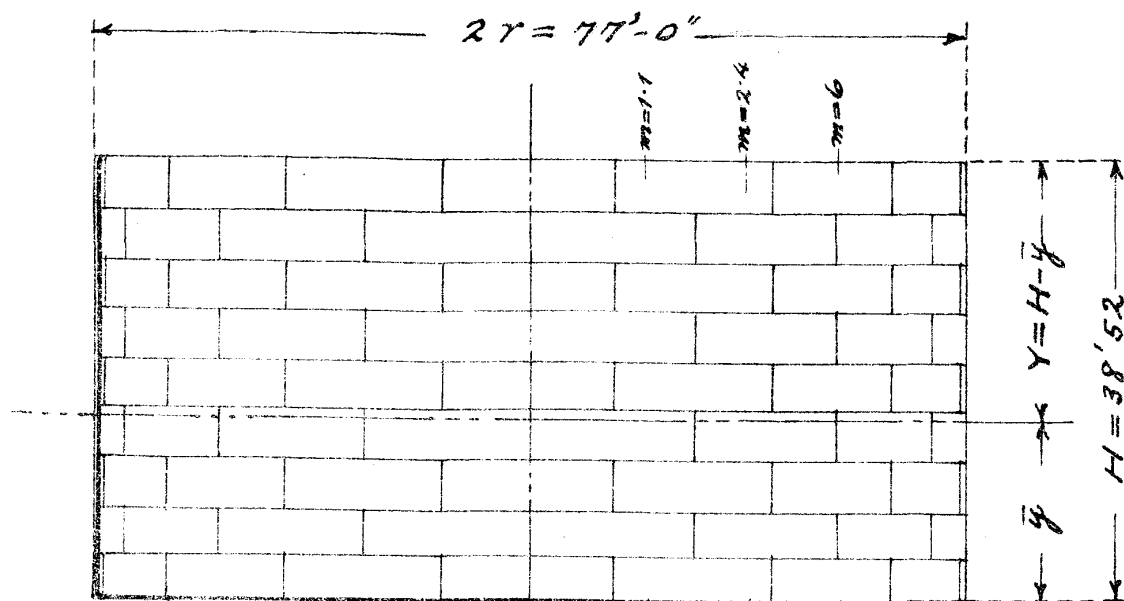


平面圖

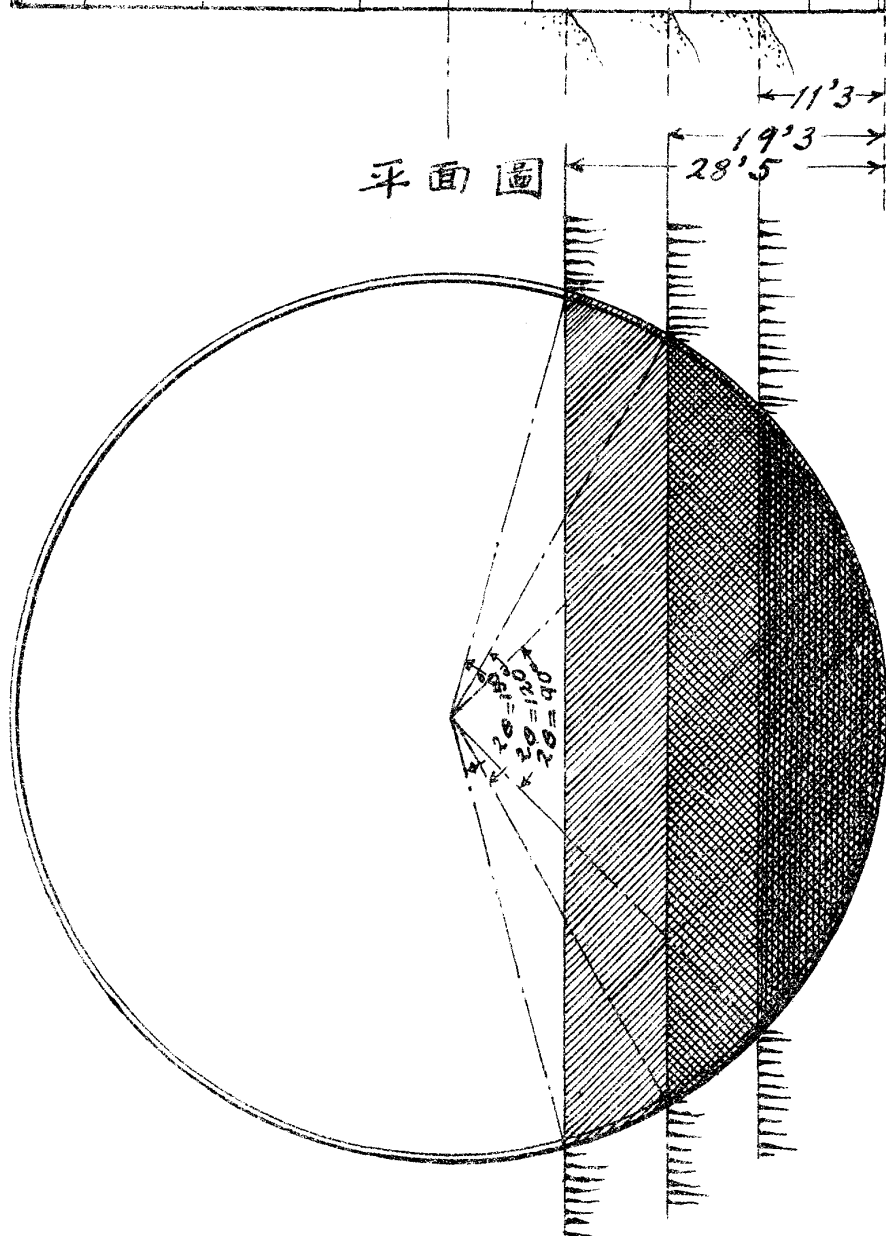


抗張強 = 56,000 #/sq"
 鉄孔の爲の減積率 = 7.0%

第二圖 正面圖

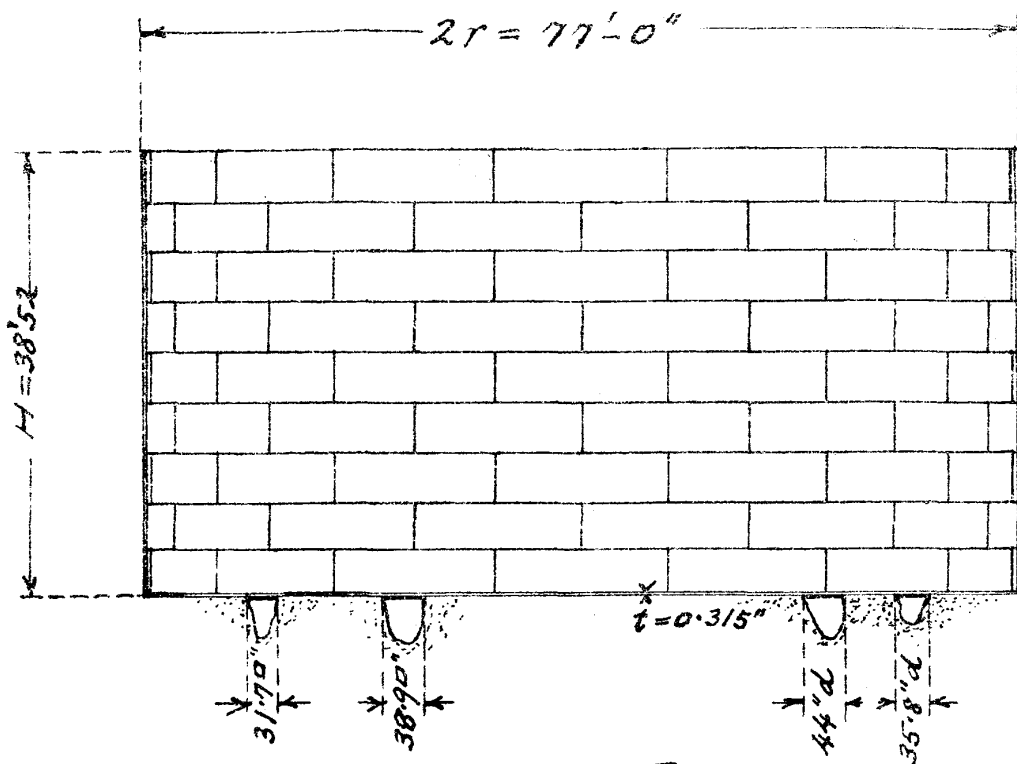


平面圖

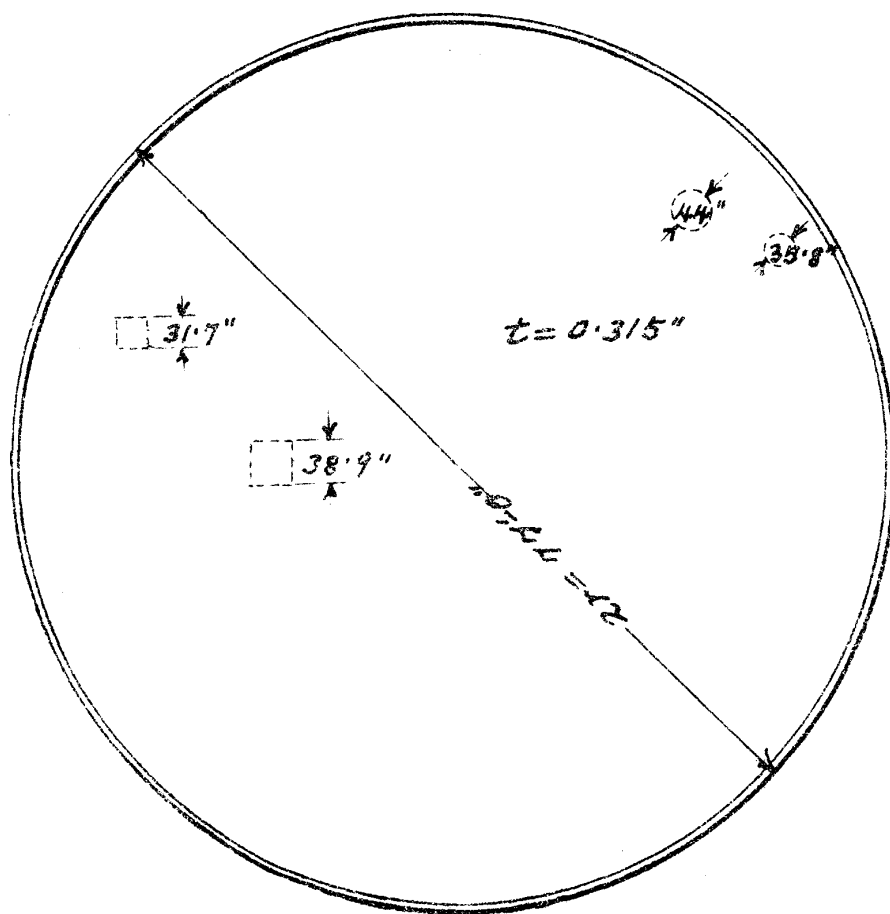


抗張強 = 56,000 #/sq.
 鉄孔ノ爲メ減積率 = 15%

第三圖 正面圖

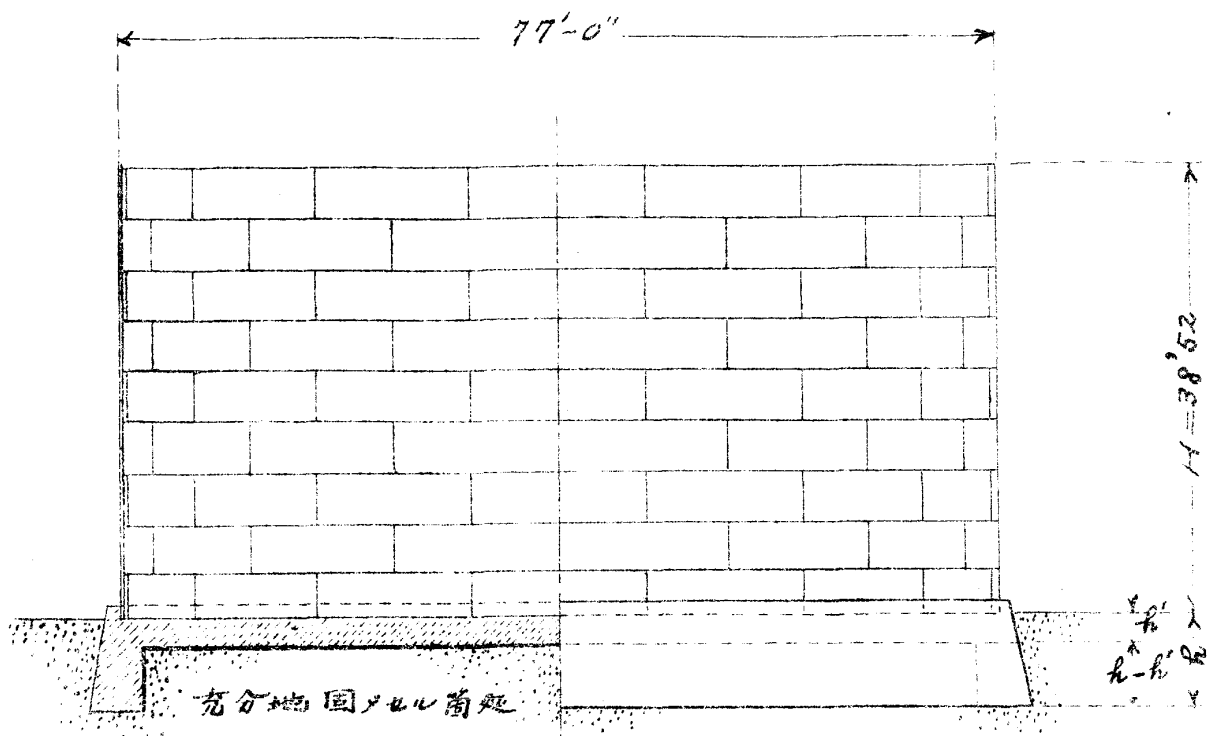


平面圖

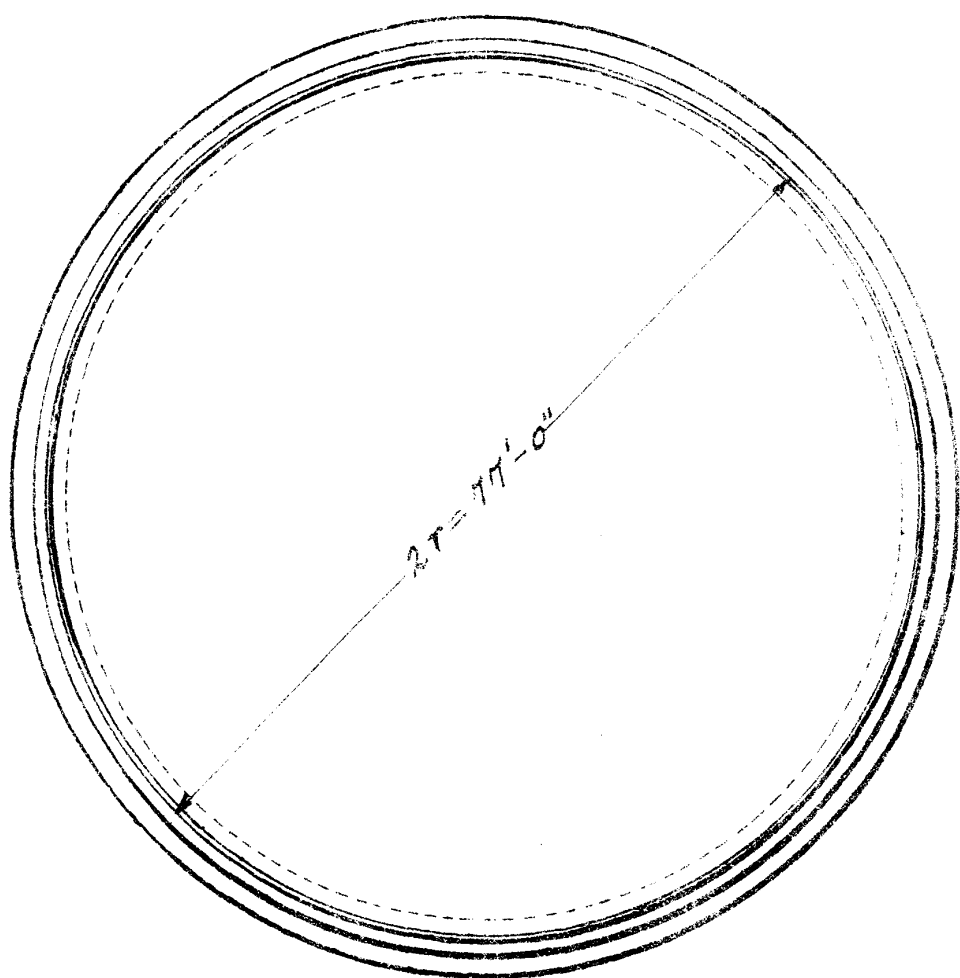


抗張強 = 56,000 $\frac{\text{lb}}{\text{sq. in.}}$

第四圖 正面圖



平面圖



別紙圖面はタンクの大體寸法を示したるものにして、其第一圖は(イ)の計算、第二圖は(ロ)、第三圖は(ハ)の計算に資すべき要點を表示せり。

結 論

之を要するに破裂は内部の壓力に對し抵抗力の最も貧弱なる第四列の鋼板に於てコーキング作業中に起りたる事實に依りて察するに、破裂の原因として先第一に認むべきは内部壓力に對する安全率の不足なることなりとす、而して單に充水試験のみに於ては無事にしてコーキング中に破裂したる事實は多人數の職工が同時に同一板列に於て一齊射擊的にコーキングを行ひたるため此缺點の増進せるを證するに足る可く、而して他に多く類例を聞かざる出來事なる事より考ふれば基礎工事を全然省略して所謂砂上樓閣的に此大重量の構造物を設置したる著明なる事實は以て第三原因として前述(ロ)の場合の如き撓屈作用を認めざる可らず、其他附帶の原因とも見らる可きは鋼質の化學成分の餘りに優良ならさることにして特に鋸の品質として充分の安全を認め難きものあり、敢て不良品と云はさるも此場合平易に看過し難きの感なきに非ず、板の完全にして鋸のみ飛散したるもの多き事實あるも是は斯かる場合に於て常に見る所にして或は當然の事なるべく、又破損したる鋸を採りて分析したる一例の如きも品質上特に指摘すべき缺點を認めざることなれども、二分一吋鋸又は八分三吋鋸の如き稍高度の含燐量を示せる例あり、一般に品質頗る不同なるより察すれば或はベスマー製品に於て常に見る所の缺點の如く甚しき劣等品の混入するものありて、予の採りたる標本以外に潜伏し就中鋸として鋼板第四列に存在し烈しきコーキング作業のため先づ破壊を始め遂に全體の大破裂を誘致せる如きことなきやの疑もなきにあらず、(ハ)の場合に於ける砂床凹陷の事は此場合問題とするに至らず夫は底板は完全に殘留したればなり。

抑も問題のタンクの如き薄き鋼板を用ひて比較的多量の容積を含ましむるものにおいて、相當

冷曲試驗	水ノ子 試 驗	鍛接試驗	撻打試驗	化 學 分 析 (%)				
				炭 素	硅 素	滿 俺	磷	硫 黃
良	良	良可	——)	0.095	0.034	0.49	0.082	0.024
良	良	良良	——)	0.084	0.034	0.57	0.055	0.013
良	良	良良	——)	0.081	0.038	0.33	0.037	0.016
良	良	良良	——)	0.105	0.028	0.46	0.084	0.035
良	良	良良	——)	0.095	0.019	0.47	0.082	0.047
良	良	良良	——)	0.102	0.015	0.61	0.090	0.029
良	良	可良	——)	0.196	0.015	0.71	0.084	0.046
良	良	可良	——)	0.094	0.019	0.58	0.084	0.025
良	良	良良	——)	0.119	0.017	0.51	0.077	0.046
良	良	——)	——)	0.103	0.015	0.55	0.102	0.025
良	良	——)	——)	0.097	0.015	0.56	0.066	0.021
良	良	——)	——)	0.087	0.015	0.50	0.076	0.038
良	良	可	——)	0.097	0.015	0.54	0.105	0.025
良	良	可	——)	0.082	0.015	0.58	0.058	0.017
良	良	良可	——)	0.087	0.015	0.59	0.095	0.023
良	良	可	——)	0.075	0.015	0.56	0.057	0.016
良	良	良良	——)	0.160	0.021	0.53	0.064	0.069
良	良	良良	——)	0.160	0.021	0.54	0.068	0.071
良	——	——	良	0.086	0.019	0.34	0.054	0.053
——	——	——	良	0.102	0.034	0.46	0.015	0.029
——	——	——	良	0.084	0.015	0.42	0.062	0.052
——	——	——	良	0.091	0.026	0.46	0.077	0.078
——	——	——	良	0.186	0.045	0.39	0.069	0.053
——	——	——	——	0.091	0.032	0.35	0.063	0.036

石油タンクの破裂に就て

頂部の板の順位	試験片の採り方	牽 延 試 験				
		試験片の(耗)幅及厚	断面積(平方耗)	最大荷重(耗)	抗張強 T/口"	延伸率(八吋當リ)
1	板					
1	タ テ	43.1 × 6.3	272	12,550	29.3	23.5
1	ヨ テ	42.6 × 6.3	269	12,800	30.2	22.5
2	タ テ	43.2 × 6.4	276	12,300	28.3	17.5
2	ヨ テ	42.7 × 6.5	278	12,320	28.2	20.5
3	タ テ	43.2 × 6.0	259	10,420	25.6	24.5
3	ヨ テ	42.6 × 6.1	260	10,840	26.5	23.0
4	タ テ	43.2 × 7.2	311	13,960	28.5	22.5
4	ヨ テ	43.0 × 7.1	305	13,960	29.1	23.5
5	タ テ	43.2 × 8.5	367	15,600	27.0	22.5
5	ヨ テ	42.9 × 8.5	364	16,020	28.0	25.0
6	タ テ	43.1 × 9.0	387	17,580	28.8	27.5
6	ヨ テ	42.6 × 9.2	392	17,300	28.0	25.0
7	タ テ	42.7 × 11.4	483	22,630	28.0	22.5
7	ヨ テ	42.7 × 11.2	479	20,460	27.2	25.0
8	タ テ	42.8 × 12.5	535	22,520	26.7	26.5
8	ヨ テ	42.7 × 12.3	525	22,020	26.6	29.5
9	タ テ	43.2 × 13.8	596	24,910	26.5	26.0
9	ヨ テ	42.6 × 14.1	601	25,150	26.6	24.5
9	タ テ	44.0 × 13.2	581	24,350	26.6	28.0
9	ヨ テ	44.4 × 13.2	586	23,500	25.4	24.5
9	タ テ	44.0 × 13.2	581	23,660	25.9	25.5
9	ヨ テ	44.4 × 13.2	586	24,070	26.1	29.0
9	タ テ	44.0 × 13.2	581	24,270	26.3	27.0
9	ヨ テ	44.4 × 13.2	586	25,390	27.4	26.5
9	タ テ	44.0 × 13.1	576	24,460	27.0	28.0
9	ヨ テ	43.8 × 13.2	579	24,920	27.3	24.5
4	タ テ	44.2 × 6.4	283	12,830	28.8	19.5
4	ヨ テ	44.1 × 6.3	278	12,300	28.1	23.5
4	タ テ	44.5 × 6.4	285	13,060	29.1	12.0
8	タ テ	44.2 × 13.2	583	22,540	24.5	32.0
8	ヨ テ	44.1 × 13.1	578	23,330	25.6	28.0
4	隅鐵	—	—	—	28.4	29.0
4	—	—	—	—	27.6	27.0
	鋸					
	徑 7/8 吋	—	—	—	27.1	46.0%(50耗)
	徑 3/4 吋	—	—	—	—	—
	徑 5/8 吋	—	—	—	—	—
	徑 1/2 吋	—	—	—	—	—
	徑 3/8 吋	—	—	—	—	—
	破損せる鋸	—	—	—	—	—

8
堅固なる基礎を用ひて充分に荷重の平均を圖らされは、假令鋼質又は構造上のみの點に於て多少の安全ありとするも決して安心すへきにあらざるの理由は已に之を述べたり、沼田氏はランキンの方式に従ひ計算の結果コンクリートを用ひて基礎とする場合を取りて、第四圖の如き基礎となしタンクの周邊に沿ふて少くとも九呎半の高さを有する環形のコンクリート壁を造り内部には堅く砂を搗固めたる上二呎乃至三呎のコンクリートを一面に築造することを以て安全なる基礎とするに足れりと云へり、蓋し石油タンク建設の如きは一見極めて平凡の工事にして其道の人に取りては日常の事として何等の思慮を要せざる的事項なるへしと雖も、僥倖にして事無きを得たる自己の僅かの經驗のみに依頼し若くは益進んで工學上普通の原則をも輕視するに至るときは遂に痛激なる自然の大教訓を味はざるを得ざる可し、此時に及んで尙自ら覺らす徒らに罪を材料の品質又は従事の職工に課するか如きは抑も亦考へざるの甚しきものと謂ふ可し。

鐵道院總裁官房研究所に於ける金屬 材料の機械的試驗設備

石 黒 豊

第四號第二十九頁に掲出の「八幡製鐵所に於ける金屬材料の機械的試驗設備」の記事中第二項に於ける「電働リレー式二百種材料強弱試驗機」中「二百」は「百」の誤に付き訂正す（編者）

一、總裁官房研究所に於ける試驗事業及び其分擔

總裁官房研究所の管掌する業務の主なるものは、鐵道事業に關する用品の試験にして其事務は左