

# 鋼材腐蝕試験第一回報告

囑託員 佐野利器

自然ノ状態ニ於ケル鋼材腐蝕ノ現象ヲ探知シテ鋼骨及ビ鋼筋構造施工上ノ基礎ヲ確立セン事ヲ期シテ試験片ヲ作り、左ノ各項ニ從テ之ヲ記セリ。

第一項 鋼材ノ用途ト鑄

第二項 鋼材ノ大サト鑄

第三項 大氣中ニ於ケル塗料ノ効果

第四項 「コンクリート」中ニ於ケル鋼材及塗料ノ變化

第五項 「コンクリート」ノ調合ト鑄

第六項 「コンクリート」ノ厚サト鑄

以上ノ試験ヲ完成セバ施工上ノ基礎ヲ確立スルニ難カラザルコトヲ信シ各々之ヲ六回ニ分チ永年ノ後ニ於テ完全ナル結果ヲ得ンコトヲ期セリ試験用鋼材ハ第一項ノ試験ニ供スルモノ、外ハ凡テ徑四分三吋丸綱ヲ削リテ中間徑半吋長九吋全長十五吋ノ抗張試験片形トナセリ是レ後日彈性ニ及ボセル變化ヲ知ルニ便センガ爲メナリ而シテ豫メ測定セル綱ノ平均抗張強度ハ一平方吋ニツキ六萬斤ニシテ其伸ビハ平均八吋ニツキ二

十二「パーセント」アリ

凡テノ試験ハ明治四十年十月ヨリ始メタリ最初ノ一ケ年ニ於ケル變化ハ殆ンド特記スベキ丈ケニ進マス明治四十三年五月即滿二ケ年七ケ月ニ至リテ之ヲ驗スルニ第一項及第二項ニ關シテ多少ノ秩序ヲ得タルニ依リ先ツ第一回報告トシテ之ヲ提出セリ

第一項 綱材ノ用途ト鑄

試験片(半吋ニ削リタル丸綱)ヲ磨キ塗料ヲ施サズシテ之ヲ左ノ六ヶ所ニ置キタリ

一、室内

二、戶外

三、土中

四、池中

五、煉瓦柱中

六、「コンクリート」柱中

以上ノ状態ニアリテ二ケ年七ケ月ヲ經過セル結果左ノ如シ

(一) 室内—工科大学建築學科標本室内ニ置キタルモノハ

表面ノ凡ソ十分一程ハ極メテ薄キ赤錆ヲ以テ蓋ハレタルノミニシテ他ハ殆ント當初ノ儘ノ光澤ヲ有シテ變化ナシ

## (二)

戶外—工科大学本館空堀内ニ置キテ風雨ニ曝シタルモノハ全面厚サ一分ニ近キ赤褐色ノ錆ヲ以テ蓋ハレ錆ノ表面ハ多少連續的ノ凸凹ヲ呈シテ恰モ松ノ古木ヲ見ルカ如ク之ヲ打テハ赤褐色容易ク剝落シテ暗黒色ノ小凸凹ヲ有スル面ヲ表ハス更ニ表面ヲ強く打ツトキハ黒色ノ小片所ニヨリ剝レ飛ブ斯ノ如クシテ得タル表面ハ小凸凹(凸凹ノ差大ナルモノ約五厘)ヲ有スル黒色ノ極メテ薄キ表皮ヲ以テ蓋ハレタル錆ノ最後ノ薄層ナリ鑪ニ依テ直ニ光輝アル綱面ニ達スルコトヲ得ベシ蓋シ第一項ノ試驗中最モ錆ノ甚シキモノニシテ錆ヲ落シテ計量セル結果ハ重量ニ於テ當初ノ九「パーセント」ヲ減ス即チ凡ソ一割ニ近キ腐蝕ヲナシタリ(第二及三圖參照)

## (三)

土中—工科大学本館西側ノ土中深サ約二尺五寸ノ中ニ埋没ス土ハ餘リ水分ヲ含マザル粘土ナリ之ヲ見ルニ表面ニハ一分乃至五分程ノ厚サヲ有スル粘土ト錆トノ混和物ノ如キモノニテ包マル打テハ容易ク之ヲ剝落シテ眞ノ表面ヲ現ハス眞ノ表面ハ黒色ヲ呈シ各所ニ數多ノ凹所ヲ出現セリ凹所ハ大ナルモノ三平方分モアルベク深キモノ一分ニ近シ(二)ノ場合ニハ小凸

## (四)

凹全面ニ渡レリト雖モ此ノ場合ニハ黒色ノ平ナル面ニ所々ニ凹所ノ散在セルヲ見ル斯ノ如クシテ全重量ノ減率ハ前者ニ比シテ遙ニ少ク原重量ノ凡ソ一七「パーセント」ヲ減シタルニ過ギス水分ナキニアラズト雖モ空氣ニ觸ル、事少キニ依ルモノナランカ(第四圖參照)

池中—初メ之ヲ工科大学工學實驗所南側ノ貯水池ニ投シ滿一ケ年ヲ經テ之ヲ引キ上ゲタルニ赤錆ノ薄皮ヲ以テ蓋ハレタルノミニシテ錆ハ指磨シテモ之ヲ去ルニ難カラズ當時水清キニ過ギテ錆方モ遅カルベシト思ヒ更ニ其儘之ヲ御殿側ノ池中ニ投入シテ一ケ年七ケ月ヲ經タリ即チ試験片ハ通シテ二ケ年七ケ月間水中ニアリタルナリ之ヲ驗スルニ表面ハ薄キ赤黒キ色ノ錆ヲ以テ包マル之ヲ指磨シ去レハ中ニ更ニ眞黒ニシテ光澤アル薄皮アリテ硬ク綱身ニ附着シ一種ノ防錆的被包ヲナセルモノ、如ク綱身ノ大部分ハ全く此ノ黒皮ニ保護セラレテ腐蝕ノ現象ヲ呈セス只小部ノミ薄皮狀ヲナシテ犯サレタルニ過ギス要スルニ地中ニ埋没セルモノニ比シテ却テ其良好ノ結果ヲ呈セルモノト云ハザルベカラズ或ハ斯ノ如キ清カラザル

(五)

水中ニアリテ却テ空氣又ハ酸ニ會スル事少キ上ニ有機物中ニ埋没シテ却テ酸化ハ還元作用ニ阻ダレタルニ依ルモノナランカ(第五圖參照)

煉瓦積中―燒過一等煉瓦ト「セメント」一、砂三ノ調合ニナル「モルタル」トヲ以テ一枚角積ノ柱ヲ作り其中心ニ試験棒ヲ積ミ込ミ之ヲ戶外ニ置キタリ之ヲ驗スルニ結果餘リ良好ナラズ表面ノ約三分一ハ全ク純潔ニシテ光輝アル綱身ヲ保持セリト雖モ不規律ナル赤錆ヲ以テ蓋ハレシカモ極メテ一樣ナラザル錆方ヲナセリ煉瓦ハ多量ニ吸水スル上ニ空氣ヲ浸透スル事容易ナルガ故ニ酸化ノ原因ヲ具フルコト多ク且ツ綱棒ノ周ニ「モルタル」ノ被包完カラズシテ是等ノ原因ヲ防禦スルノ能力ヲ普及シ難カリシニ依ルモノナランカ余一昨年帝國大學圖書館ヲ改築スルニ當リ二枚壁ノ中心ニ壁帶トシテ積込マレタル幅一時半厚サ八分ノ一時ノ平鐵(コイルター)ヲ塗レリ)ガ約十五ヶ年ヲ經テ全ク完全ニ保存セラレタルヲ見タリ、蒸發セサル「コイルター」ハ大ナル効力ヲナスベシトハ雖モ水平目地内ニ置カレテ「モルタル」ノ充分ナル被包ニ保護セラレタル事必スヤ又其大ナル理由ナラザルベカ

(六)

ラズ試験片ニ於テモ各所ニ完全ナル光輝ヲ保持セルヲ見レバ施工宜シキヲ得ルトキハ殆ント完全ニ保護シ得ベキモノナル事ヲ想像セザルベカラズ(第六圖參照)

「コンクリート」柱中「セメント」一、砂三砂利六ノ調合ニナル五寸角ノ「コンクリート」柱ヲ作り其中ニ試験片ヲ埋メ込ミテ之ヲ戶外ニ置キタリ之ヲ驗スルニ綱面ハ極メテ薄キ鉛色ヲ呈シ鋼ノ光輝ヲ蓋ヘリト雖トモ指磨ニ依テ直チニ光澤アル綱面ヲ見ル事ヲ得ベク一ノ混色モノノ錆ヲモ呈セズ試験片ノ全長ハ全ク完全ニ保存セラレタリ蓋シ以上六種ノ試験中最モ良好ノ結果ヲ呈セルモノナリ「コンクリート」ハ水ヲ吸入ス然レトモ酸化ニ必要ナル炭酸瓦斯ハ「セメント」ニ吸收セラレテ綱ニ働カズ「セメント」ガ泡和セルトキハ最早ヤ空氣ヲ浸透シ難キ硬皮トナリテ完全ナル防錆作用ヲナスモノニテモアランカ(第七圖參照)

之ヲ要スルニ綱材ハ「コンクリート」内ニ於テ最モ完全ニ保存セラル、ヲ知ルベク煉瓦積中ニ於テモ施工ニ注意シテ綱材ノ四周ニ「モルタル」ノ欠所ナカラシメバ又腐蝕ノ憂ナキモノトナスコトヲ得ベク戶外ニ

露出スル鋼材ハ最モ恐ルベクシテ土中之レニ次キ水中ニアルモノハ水ノ性質ニ依テハ却テ土中ヨリ危険ノ度少シト云ヒ得ベシ

第二項 鋼材ノ大サト錆

酸化ハ表面ヨリスベキカ故ニ錆ノ量ハ表面積ノ一乗比ニ近カルベキコトヲ想像シ得ベシ事實ニ照シテ之ヲ認メント欲シ試験片ノ主徑ヲ次ノ如ク製作ス

- 徑 八分一吋
- 同 四分一吋
- 同 八分三吋
- 同 二分一吋
- 同 四分三吋
- 同 一吋

之ヲ戶外ニ併列ス之ヲ驗スルニ前項ノ(二)ニ説明セルガ如ク各ノ表面ハ全ク赤褐色ノ松皮ニ似タル錆ノ厚層ヲ以テ包マレタリ善ク其赤色ノ皮及黑色ノ葉片ヲ落シ去ルトキハ何レモ全面ニ小凸凹(凸凹ノ差大ナルモノ約五厘ヲ有スル黑色ノ薄皮ヲ帶ス面シテ徑八分一吋ノ分ノ如キハ小徑ノ面ニ凸凹ヲ生ゼルノ結果其原形ヲ想像シ得ザル迄ニ變形セリ而シテ是等ノ試験片ノ原重量ト錆ヲ落シタルトキノ減重量トノ關係ハ次表ノ如

シ

番 號	直 徑 吋	平均直徑 吋	原 重 量 匁	貳ケ年七ケ月 後ノ重量 匁	其 差 匁	差トノ百分 比
1.	$\frac{1}{8}$	0.16	13.0	10.0	3.0	23.0
2.	$\frac{1}{4}$	0.30	36.3	32.4	3.9	10.8
3.	$\frac{3}{8}$	0.41	73.3	63.3	10.3	14.0
4.	$\frac{1}{2}$	0.57	147.0	133.8	13.2	9.0
5.	$\frac{3}{4}$	0.83	287.3	272.7	14.6	5.1
6.	1.	1.08	475.7	460.7	15.0	3.2

其百分比ニ示スガ如ク減量ノ割合ハ徑ノ大ナルニ從ツテ少ナシ即徑ト減量ノ百分比トヲ軸トシテ圖示スルトキハ何等カノ關係ヲ見出し得ベシ今原ノ徑ヲ $w$ トシ鋼材ノ單位重量ヲ $w$ トシ試験片ノ長サヲ $l$ トセバ原重量ハ

$$wlw$$

而シテ錆ハ凡テノ表面ヲ一樣ニ厚サ $t$ 丈ケ進ムモノトセバ錆

ノ重量即減量ハ  $\frac{r_{actual}}{r_{theoretical}}$

故ニ減量ト原重量トノ百分比ハ

$$100 \times \frac{r_{actual}}{r_{theoretical}} \times 4 = 400t \dots \dots \dots (イ)$$

ニシテ  $t$  ガ  $x$  ニハ無關係ノモノトセバ此ノ百分比ハ正ニ  $x$  即徑ニ反比セザルベカラズ此ノ觀點ヨリ此百分比ト徑トヲ  $y$  及ビ  $x$  ニテ表ハシ

$$y = \frac{K}{x}$$

ト想像シテ  $x$  ヲ十分一ヲ以テ表ハシ百分比ト徑トノ關係ヲ算シテ次ノ如キ結果ヲ得タリ

$$y = \frac{39}{x} \dots \dots (ロ)$$

而シテ(ロ)式ヲ(イ)式ニ比シテ  $t$  即鏽ノ平均厚サヲ算スルトキハ一時ノ約百分ノ一ニ當ル(第八圖参照)

斯ノ如クニシテ鏽ハ凡ソ表面積ニ比例スベク小材ヲ多ク用フル場合ト大材ヲ少ク用フル場合トノ率ヲ知り得ベシ

第三項以下ニ關シテ未ダ明ナル結果ヲ見ル事ヲ得ず只知り得タル二三ノ事項ヲ斷片的ニ左ニ記載スベシ。

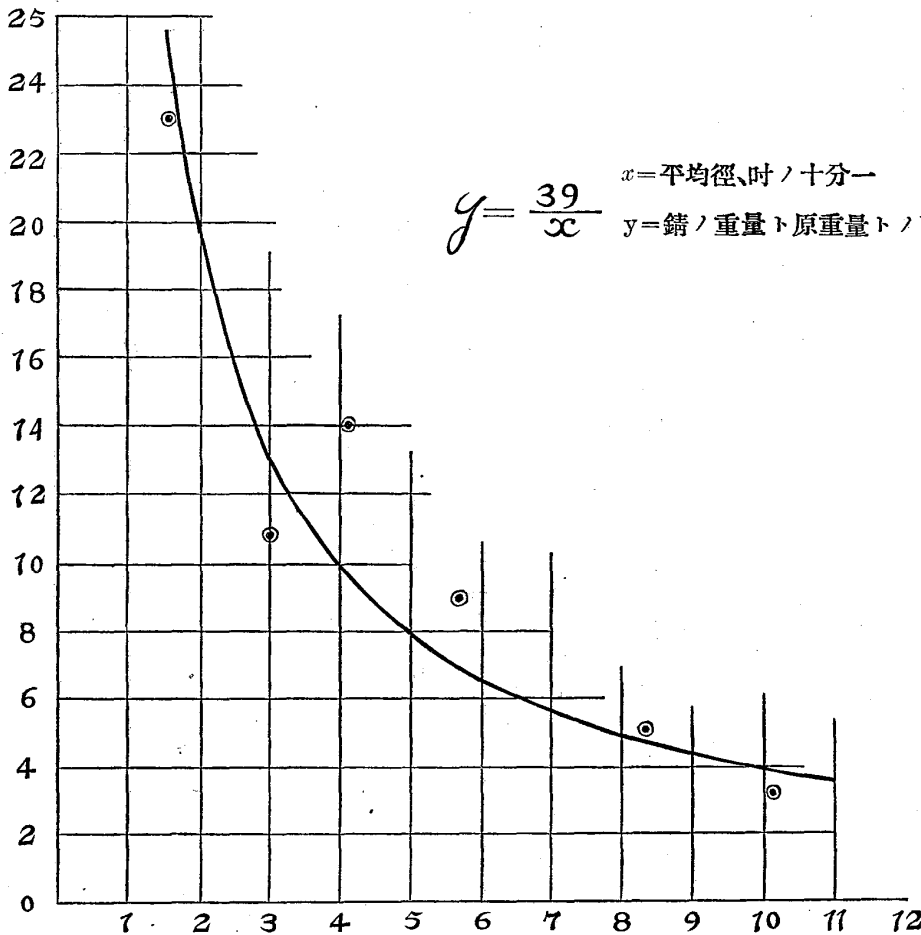
光明丹ニ就テ

光明丹塗料ヲ二回施シテ戶外ニ置キタルモノハ二ヶ年七ヶ月ノ經過ニ於テ表面塵芥ニ依テ暗褐色ヲ呈シタリト雖モ之

ヲ洗ヒ去レバ殆ンド全部當初ノ赤色ヲ保持ス之ヲ剝ギ去ルニ鋼身亦完全ニ保護セラレ一點ノ鏽ヲ示サザルモノ、如シ即單純ナル戶外塗料材トシテハ光明丹ノ充分ナル効果ヲ認メザル

$$y = \frac{39}{x}$$

$x$  = 平均徑、吋ノ十分一  
 $y$  = 鏽ノ重量ト原重量トノ百分比



ベカラズ。

然レドモ「セメント」「砂三、砂利六」ノ調合ニナル五寸角ノ「コンクリート」柱内ニ貳ケ年七ヶ月間埋メ込ミタル結果ハ意外ニシテ光明丹ハ全ク粘質ヲ失シテ粉狀ニ化シ去リタリ即チ鋼身ノ保護皮トシテハ全ク効果ヲ失シタルノミナラズ却テ鋼身ト「コンクリート」トノ間ニ非連絡的ノ阻害物トシテ存在スルコトトナレリ故ニ鋼筋「コンクリート」構造ノ如ク鋼身ト「コンクリート」トノ間ノ粘着力ニ依頼セザルベカラザルモノニアリテハ却テ甚ダ有害ナルモノトナサシムルベカラズ

「コールター」ニ就テ

「コールター」ヲ塗リテ戶外ニ置キタルモノハ初メ約半ケ年ノ間ハ何等ノ變化ヲモ認メ得ザリシカ一ケ年ヲ經過セル頃ハ黒色ノ表面所々凸起シ玆ニ赤色ノ斑點ヲ現出スルニ至レリ猶一ケ年ヲ經過セルモノハ塗料ヲ施サズシテ之ト併列セルモノト見誤ル迄ニ表面ニ赤褐色ノ凸凹ヲ呈シテ錆ヲ進メ二ケ年七ヶ月ヲ經タル後ハ表面ノ凸凹殆ンド全ク塗料ヲ施サシムルモノト區別ナキニ至レリ只色トシテ黒ノ斑點ヲ殘セルニ過ギズ而シテ錆ヲ落シテ衡量セル結果ハ減量ト原量トノ百分比ハ八、五「パーセント」ニシテ先キニ第二項ニ於テ記シタル同徑ノ(四)ノ丸「パーセント」ニ比シ甚ダ近キ迄ニ錆ヲ進メタル事ヲ知ル斯

ノ如クコールターハ一ケ年以内ニ於テ既ニ局部的ニ効力ヲ失シ約三ケ年ニシテ全ク其効力ヲ認ムベカラザルニ至ルモノト云ヒ得ベシ然レド之ヲ「セメント」「砂三、砂利六」ノ調合ニナル五寸角ノ「コンクリート」柱ニ埋メ込ミタルモノハ二ケ年七ヶ月ヲ經テ「コンクリート」柱ヲ碎キタルニ「コールター」ハ二層ニ分レ一ハ「コンクリート」ニ附着シ他ハ鋼身ニ密着ス而シテ鋼身ニハ一點ノ錆ナク「コールター」又變化ヲ受ケザルモノ、如ク且ツ鋼身ト「コンクリート」トノ間ニアリテ粘着ヲ阻害スル形跡ヲ見出サズ即チ「コールター」ハ鐵筋「コンクリート」構造ニ使用シテハ無害ニシテ而シテ變化ナキニ近キモノト云ヒ得ベキカ

「セメント」ニ就テ

煉瓦積中ニアリテモ亦全ク無害ニ又無變化ナリシ事ハ先キニ述ベタル所ナリ

「セメント」ニ就テ

光明丹ヲ塗リテ「コンクリート」柱内ニ入レタルモノハ光明丹變質シタレドモ鋼身ニ錆ヲ生ゼザルコト前ニ述ベタルガ如ク「コールター」ヲ塗リテ「コンクリート」ニ入レタルモノハ自己モ鋼身モ共ニ變化ヲ受ケザルコト又前ニ記セル所ナリ而シテ「コンクリート」内ニ於テ錆ヲ生ゼザルハ獨リ塗料ヲ施セルモノ、ミナラズ全ク塗料ヲ施サシムル鋼身ニ於テ又然リ是レ既ニ

第一項ニ於テ説キタル所ナリト雖モ猶少シク之ヲ詳説セント欲ス第一項ニ使用セル「コンクリート」ハ「セメント」一、砂三、砂利六ノ調合ニナル五寸角ノ柱ナリ而シテ同調合ニシテ更ニ小ナル二寸角ノ柱内ニ入レタルモノモ其結果亦全ク前者ニ異ナラズ更ニ厚約一分二厘ノ「セメント」糊(純セメントヲ水練シタルモノ)ヲ以テ包ミタルモノニ於テ又全ク同様ノ結果ナリ「コンクリート」ノ調合ヲ種々ニ變シテ。

- 第一號 セメント一、 砂一、 砂利二、
- 第二號 同 一、 同二、 同 四、
- 第三號 セメント一、 砂三、 砂利六、
- 第四號 同 一、 同五、 同 十、
- 第五號 同 一、 同四、 同 八、 石灰 二、
- 第六號 同 一、 同二、 石炭殻四、
- 第七號 同 一、 同四、五 砂利九、 石灰〇、二五

火山灰一、

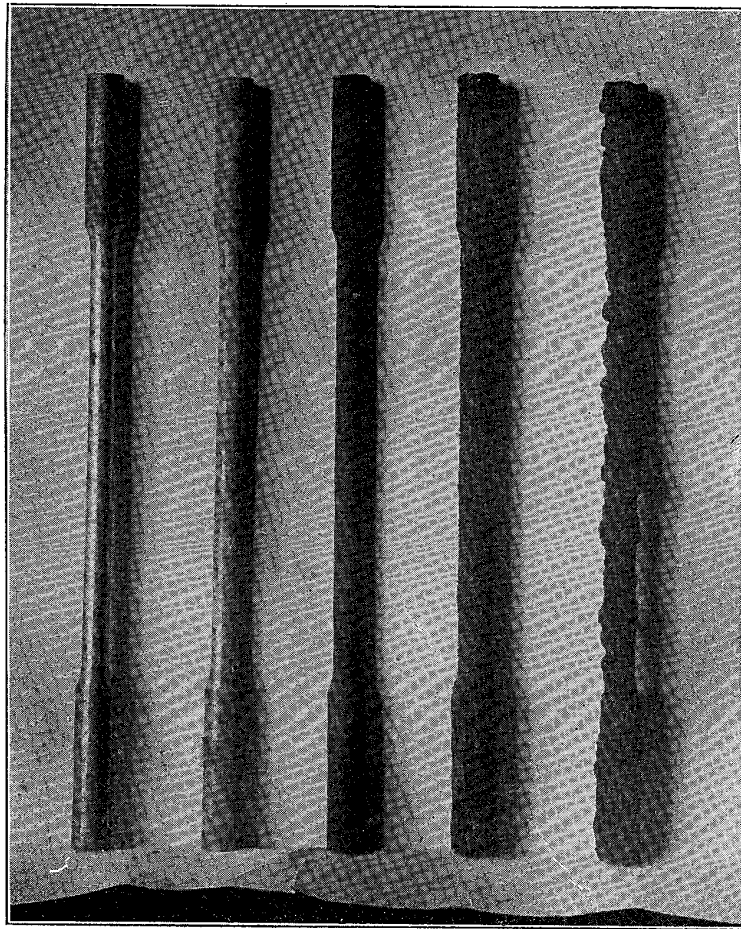
等ノ調合ニ依ル五寸角柱ニ埋メ込ミタルモノヲ驗スルニ第四號ガ薄キ赤色ノ斑點多ク存セルト第六號ガ石炭殻ノ作用ニ依テカ多少薄黒ク變色シタルガ如キヲ見ルノ外殆ンド格段ナル差異ヲ認メ難シト難モ「セメント」ノ容積比ノ大ナルニ從ツテ光澤ヲ多ク保持スルヤノ感アリ而シテ特ニ注意スベキハ當初

「コンクリート」中ニ挿入シタルトキハ表面多少ノ極メテ薄赤キ斑點ヲ有シタルモノアリシト雖モ今ヤ全タ之ヲ認ムル事能ハズ即錆ハ却テ所在ヲ失シタル傾アリト云ハザルベカラズ又「コンクリート」柱ニ挿入スルニ當リ特ニ鋼身ノ周ニ「モルタル」ヲ敷キ又ハ注ギテ施工セルモノハ最モ完全ニ鋼身ト「コンクリート」トノ粘着力ヲ表現シ柱ヲ碎キテ鋼棒ヲ取り出スニ最モ難クシカモ「モルタル」ハ容易ニ鋼身ヲ離レ難キ迄ニ密着セルノ事實ハ明ニ鐵筋「コンクリート」構造上ノ大ナル結果ヲ意味スルモノトセザルベカラズ(第九圖參照)

之ヲ要スルニ「セメント」ハ防錆材トシテ偉大ナル効力ヲ有スルコトニ疑ヲ置クコト能ハザルヲ覺ユ。

猶其他ノ試験事項ニ關シテハ未ダ確然タル結果ヲ示スノ歲月ニ達セズ後日ヲ期シテ報告ヲ重ネント欲ス。

第一圖



1 土中

2 戶外

3 池中

4 コンクリート内

5 室内

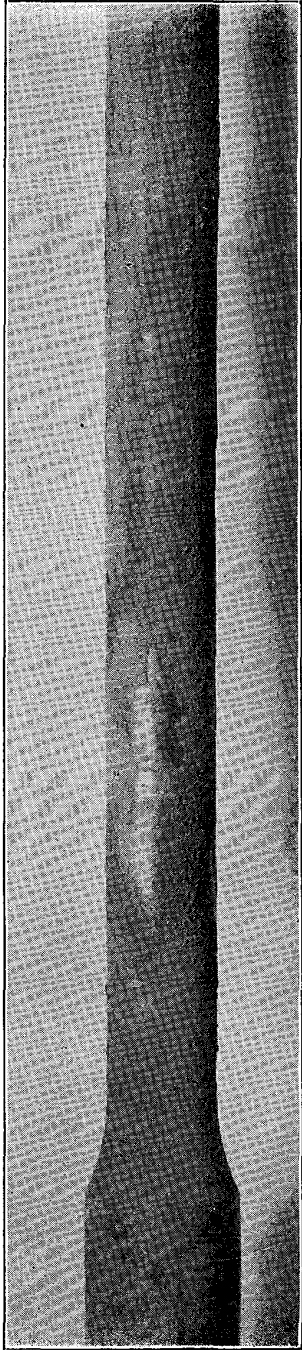


第二圖

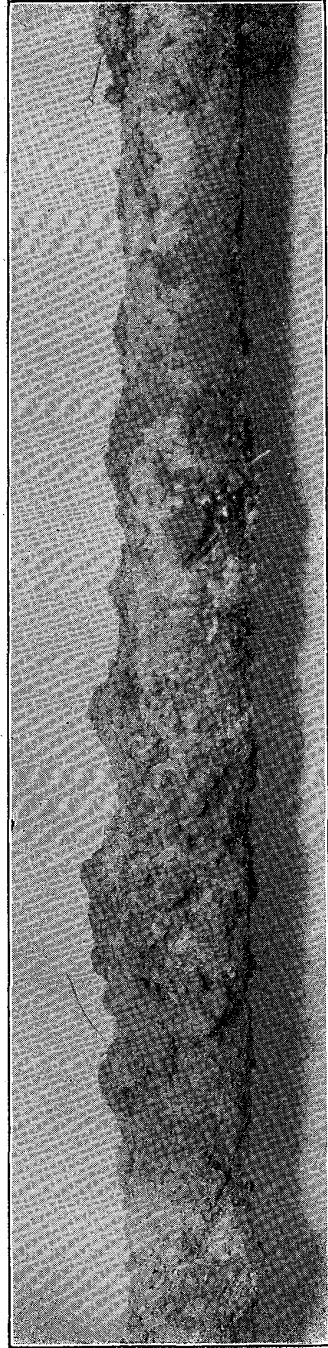


第三圖



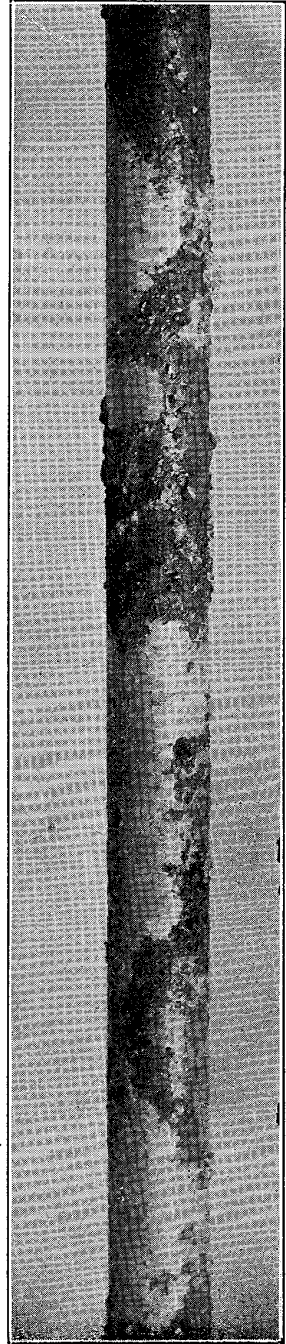


第  
五  
圖

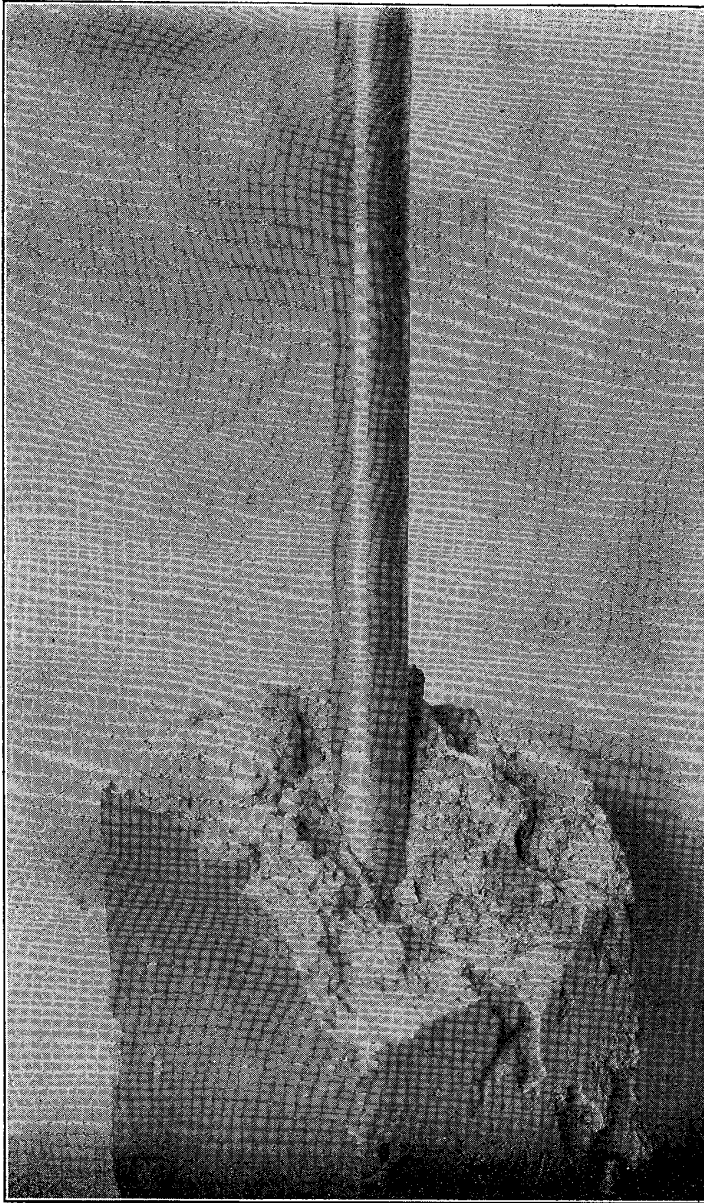


第  
四  
圖

第 六 圖



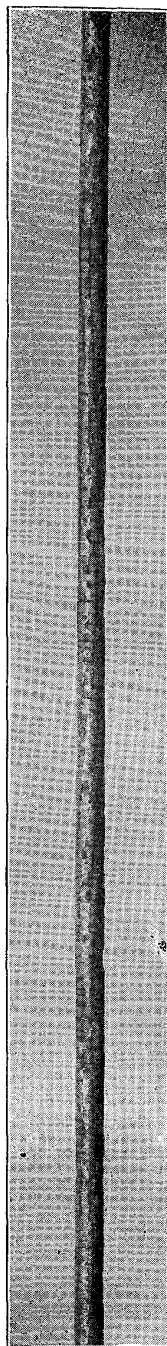
第 七 圖



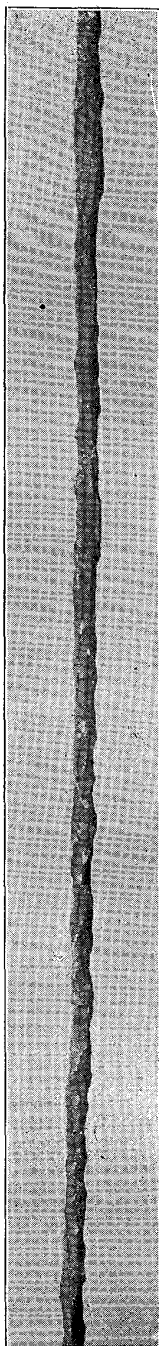
第 八 圖

1 徑八分ノ一吋丸鋼  
2 全

戸外三一年  
全 二ヶ年七ヶ月



1



2

第 九 圖

