

鐵筋ト混凝土ノ附着強ニ就キテ

(第二卷第六號所載)

著者 工學士 茂庭忠次郎

本誌第二卷第六號所載ノ本論ニ對シ曰比博士ノ高評ヲ博シ有益ナル御示教ニ接スルヲ得タルハ著者ノ甚クシキ光榮ナリ依テ茲ニ貴間ニ應フルト同時ニ其後ノ實驗ヨリ得タル成績ヲ併セ記シテ本論ヲ補修セント欲ス

(一) 附着強ト膠泥ノ配合

著者ハ曩キニ其實驗成績ニ於テ膠泥ト鐵筋ノ附着強ハ混凝土ノ場合ノ如ク其含有スルせめんとノ量ニ比例セサリシコトヲ指摘シ且ツ其結果ノ Caudlot 氏ノ實驗成績ト一致セサルニ疑ヲ挾ミ可否ヲ後日ノ實驗ニ徵センコトヲ表示シ置ケリ此研究ノ爲メ其後施シタル實驗ハ純せめんと及配合ヲ異ニスル七種ノ膠泥ヲ以テ供試體ヲ作り其中ニ挿入セル鐵筋ノ附着強ヲ試驗シタル者ニテ實驗ノ方法等凡テ前者ト同様ナレトモ唯材料ノ都合ニヨリ供試膠泥塊ノ長サヲ七吋ニ減シ鐵筋ノ接觸長ヲ六吋ト爲セリ其成績次表ノ如シ

第 一 表

鐵筋ト膠泥ノ附着強度

1398

配合(管狀比) 用水量六分の一 材路十種 膠泥中ニ在ル鐵筋ノ長サ六吋
 鐵線 No. 4 (B.W.G.) 接觸面 4.49 平方吋

封度	1:1					1:2					1:3					1:4		1:5	
	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	封度/口'	
1435	319.6	1365	304.0	1085	241.6	855	190.4	998	222.3	745	165.9	623	138.1	520	115.6				
1610	358.6	1240	276.2	1110	247.2	1080	220.4	993	221.2	800	178.2	700	155.9	400	89.1				
1044	366.1	1415	315.1	1240	276.2	1080	240.5	850	189.3	860	191.5	730	162.6	520	115.8				
1563	348.1	1340	298.4	1145	255.0	988	222.3	947	210.9	802	178.6	683	152.1	480	108.9				
2590	439.7	1970	334.5	1700	288.6	1580	264.0	1270	215.6	1130	191.9	1080	185.1	730	123.9				
2350	309.0	2022	343.3	1630	276.7	1796	304.9	1300	220.7	1200	203.7	940	150.6	780	132.4				
2235	382.9	2970	351.4	1910	324.3	1450	247.9	1510	256.4	1060	180.0	900	152.8	690	117.1				
2398	407.1	2021	343.1	1743	295.9	1605	272.5	1380	230.9	1130	191.9	977	165.9	773	131.2				
	377.6		320.8		275.5		247.4		220.9		185.3		150.0		119.1				

丸棒 鐵 徑 $\frac{5}{16}$ 吋

接觸面 5.89 平方吋

此成績ニ依レハ膠泥ニ於テモ亦混凝土ト同様ニせめんと量ノ増加ト共ニ附着強ヲ増進スルモノナルコト明カニシテ Candlot 氏實驗ノ誤リナラサルヲ證スルニ足ル可シ前實驗ニ於テ一膠泥ノ成績甚タ不良ニシテ疑惑ヲ生セシメタル原因更ニ不明ナレトモ畢竟供試體製作中又ハ取扱上ニ於テ疎漏アリシニ因ルナランカ

膠泥ノ場合ニ於テモ亦附着強ハ混凝土ト同シク其配合ニ左右セラル、コト前述ノ如ク其經跡ハ拋物線狀ヲ呈シ普通ニ使用セラル、配合範圍ニ於テハ次ノ等式ニヨリ其變動ヲ見出スヲ得可シ

(第一圖參照)

又ハ

$$f^2 = 1,000 \left(\frac{70}{S} + 8 \right)$$

$$f^2 = 1,000 \left(\frac{100}{S} - 5 \right)$$

式中 f = 單位附着強度 (對度/斤)

S = セメントと砂ノ容積比

然ルニ此曲線ノ性質甚ク遲鈍ナルカ故ニ實際上之ヲ直線ト見做スモ殆ント支障ナキカ如シ第二圖ハ附着強度ノ變化ヲ直線トシテ描キタルモノニシテ或ル一種ノ配合ニ對スル附着強度ヲ知り他ノ配合ニ於ケル強度ヲ求メントスル場合ノ如キ頗ル便利ヲ得可シ其等式次ノ如シ

$$f = a - 36.5(S - S_0)$$

式中 f = 單位附着強度

a = 已知膠泥ノ單位附着強度

S_0 = a ナル強度ヲ有スル膠泥ノセメントと砂ノ容積比

S = 附着強ヲ求メントスル任意膠泥ノセメントと砂ノ容積比

(二) 附着強ト混凝土ノ團體

日比博士ハバハ氏及ぐらーム氏ノ施シタル實驗成績ニ依レハ膠泥ニ於テ砂量ノ増加ニ伴フ附着強減少ノ割合ヲ見ルニ乾燥狀態ニ於ケルモノハ濕潤狀態ニ於ケルモノヨリモ遙カニ小ニシテ配合豐富ナル時ハ前者ハ後者ヨリモ附着強著シク小ナルモ配合貧弱ナルモノニアリテハ其現象全ク相反スルヲ見ル混凝土ノ場合ニ於テハ此關係果シテ如何ト質議ヲ寄セラレタリ

右實驗中ニ於ケル貧弱ナル配合ノ程度不明ナレトモ蓋シセメント混合物ノ大氣中ニ在リテハ收

1400

縮シ水中ニ於テハ膨脹セントスル固有性ハ鐵筋トノ間ニ摩擦抵抗力ヲ發現スル一因子ナル可ク
レハ混合物カ同一ノ固有強度ヲ有スル場合ニハ一般ニ濕態ノモノ程附着力強大ナルハ當然ノ道
理ナル可シ然レトモせめんと混合物ニ於ケル固有強度ノ關係ハ全々之ト反對ニ乾態ノモノ常ニ
優良ナルヲ以テ茲ニ附着力ノ幕僚中ニ相反スル二因子ノ存在スルヲ認メサル可ラス即チ混合物
ノ配合豐富ニシテ容積變化ニ對スル固有性ノ威力アル間ハ固有強度ヲ壓服シ克ク其主張ヲ完フ
スルヲ得可シト雖配合極端ニ貧弱ニ陥リ其力微弱トナルニ至ラハ固有強度ノ影響遙カニ優勢ニ
變シ遂ニハ全ク相反スル現象ヲ呈スルモノナランカ畢竟スルニせめんと混合物ニ於ケル配合ノ
程度如何ニ依リテハ附着強ニ於テ乾濕相反スルカ如キ結果ヲ生センコト又必スシモ絶無ナリト
ハ考フル能ハサルナリ

要ハ此反對ノ現象ヲ呈ス可キ配合ノ限界ヲ研究スルニ在リ然レトモ著者ハ單ニ一、二、四配合ノ混
凝土ノミニ就キ實驗ヲ施シタルニ過キサレハ此限界問題ニ對シテハ新タニ必要ナル實驗ヲ試ミ
サル限リ何等ノ研究資料ヲ有セス實驗ヲ行ハントスルモ不幸ニシテ著者ハ博士ノ質議ヲ受ケタ
ル本年四月ハ已ニ其擔當工事竣成セシ故ヲ以テ名古屋市ヲ退キ目下ハ浪人中ナルヲ以テ何等施
ス可キノ途ナシ即チ甚タ遺憾ナカラ此問題ノ解決ハ實驗等ノ自由ヲ有セラルハ諸君ヲ煩ハサシ
コトヲ切望セサル可ラス

然レトモ實際鐵筋混凝土トシテ使用サル可キ膠泥又ハ混凝土ノ配合ニハ自ラ制限アリ著シク貧
弱ナル配合ノモノハ事實上使用ニ適セサルコト明カナルヲ以テ學術上ノ研究ハ別トシ實際問題
トシテハ此限界點不明ナルモ甚タシキ支障ヲ感セサル可シ何トナレハ現ニ鐵筋混凝土トシテ最
モ多ク使用セラル、一、二、四配合程度又ハ之レヨリ豐富ナル配合ノモノニ在リテハ著者ノ實驗ニ
ヨリ明カニ濕態ニ於ケル附着強ハ乾態ノモノヨリ強大ナルコトヲ立證シ得可ケレハナリ尙博士

ノ折ノ實驗ニアリテハ歐米諸家ノ報告モ亦常ニ著者ノ成績ト同様ナルカ如シト附記セラレタルハ所謂此間ノ消息ヲ傳フル者ニ非サルナキカ
 本論報告ノ際未済ナリシ團體ニ關スル第二回實驗成績中材齡二十六週及一箇年ノモノ完了セシヲ以テ茲ニ附記シテ前論ヲ補充ス可シ

第 二 表

混凝土ノ團體ニ關スル第二回實驗成績ノ内

鐵線 No. 4 (B.W.G.)

混凝土配合 1:2:4 (容積比)

用水重六分の一

團體 鐵筋ノ長 材齡	大				中				土			
	6吋	8吋	12吋	12吋	6吋	8吋	12吋	12吋	6吋	8吋	12吋	12吋
二十六週	785	174.8	1742	194.2	910	202.7	1898	211.6	950	211.6	2080	229.7
同	770	158.1	1910	212.9	815	181.5	1940	216.3	1030	229.2	2160	240.8
同	830	184.9	1605	178.9	955	212.7	1805	201.2	710	158.1	1850	206.2
平均	795	177.1	1752	195.3	893	198.9	1881	209.7	897	200.0	2023	225.5
百分比例	100.0		100.0		112.3		107.4		112.9		115.5	
一箇年	850	189.3	2040	227.4	1030	229.2	2130	227.5	940	209.4	2430	270.9
同	550	122.5	1800	200.7	900	200.4	2075	231.3	1080	240.5	2380	265.3
同	930	207.1	1910	212.9	780	173.7	2250	250.8	1055	235.0	2310	257.5
平均	777	173.1	1917	213.7	903	201.1	2152	239.9	1025	228.3	2373	264.5
百分比例	100.0		100.0		116.2		112.3		131.9		123.8	
各國體ノ比				100.0				112.1				121.0

(三) 附着強ト混凝土ノ材齡

討 議 鐵筋ト混凝土ノ附着強リ試キテ

1402

材齡ニ關スル供試體ノ内一箇年ヲ經過セシモノノ附着強次表ノ如シ

第三 表

材齡一箇年ニ於ケル混凝土ノ附着強

配合 1:2:4 (容積比) 用水量六分の一 縦筋ノ間隔長十二吋

封 度	5/16吋 (普通面)		No. 1 (普通面)		No. 1 (赤 錆 面)		No. 4 (普通面)			
	封度 (吋)	公式(3)ヨリ計算セル數	封 度	公式(3)ヨリ計算セル數	封 度	公式(3)ヨリ計算セル數	封 度	公式(3)ヨリ計算セル數		
3315	281.4	2750	243.1	3550	313.9	2040	227.4			
3050	253.9	2600	223.9	3590	317.4	1800	200.7			
2680	227.5	3400	300.6	3080	272.3	1910	212.9			
3015	256.0	245.7	238.0	244.8	3407	301.2	233.8	1917	213.7	201.3

前表中公式(3)ヨリ計算セル數ト記シテハ、表内ノ案出ナル本條中ノ公式(3)ヲヨリ計算セル數値ニシテ

棒 鐵 徑 $\frac{5}{16}$ 吋 (普通面) = ハ $f^2 = \frac{65,000 \omega}{\omega + 4}$

鐵 線 No. 1 (普通面) = ハ $f^2 = \frac{68,000 \omega}{\omega + 7}$

同 上 (赤 錆 面) = ハ $f^2 = \frac{68,000 \omega}{\omega + 7} \times 1.2$ (普通面縦筋ノ二割増)

同 No. 4 (普通面) = ハ $f^2 = \frac{46,000 \omega}{\omega + 7}$

ヲ使用セシモノナリ

又以テ該公式ノ適當ナルヲ信スルニ足ランカ
 (四) 附着強ト鐵筋ノ太サ
 前報告ニ於テハ丸棒鐵ハ單ニ徑十六分ノ五吋一種ノモノ實驗ナレハ不充分ヲ免レサリシ故其後
 徑四分ノ一吋及徑二分ノ一吋軟鋼丸棒鐵ヲ加ヘテ實驗ヲ施セシニ次表ノ成績ヲ舉ケタリ

第 四 表
 軟鋼丸棒ト混凝土ノ附着強

配合 1:2:4 (容積比) 用水量六分の一 鐵筋ノ接觸長 12 吋

鐵筋	徑 $\frac{1}{4}$ 吋 接觸面 9.43cm ²			徑 $\frac{5}{16}$ 吋 接觸面 11.75cm ²			徑 $\frac{1}{2}$ 吋 接觸面 18.85cm ²					
	八週	十三週	十八週	八週	十三週	十八週	八週	十三週	十八週			
附着強	封度 1900	封度 2015	封度 2200	封度 2383	封度 2735	封度 2839	封度 2960	封度 2513	封度 5300	封度 2918	封度 6225	封度 3302
供試體	2970	2407	2130	2259	2960	2428	2650	2250	5540	2340	5830	3093
平均	2067	2153	2170	2301	2835	2407	3390	2878	5620	2981	5920	3141
比 例	2067	219.2	2167	229.8	2817	239.1	3000	254.7	5553	291.5	5992	317.9
				224.5				246.9				306.3

此實驗モ亦供試體ノ數甚々僅少ナルヲ以テ其成績ノモニ對シ多大ノ信頼ヲ措ク能ハサル可キモ
 假リニ其結果ニ基キ丸棒鐵ノ太サト附着強ノ關係ヲ圖上ニ示セハ第三圖ノ如ク其平均値ハ恰モ
 次ノ等式ヲ爲ス可シ

$$f = a \pm 9S$$

式中 f = 單位附着強度 (封度/cm)

S = 鐵筋ノ接觸面積ノ差 (平方吋)

1404

今^レヲ以テ混凝土中ニ存在スル時ニテ示ス鐵筋ノ長サトシ^ル d_0 ヲ^ル α ナル單位附着強度ヲ有スル鐵筋ノ時ニテ示セル直徑 d ヲ附着強ヲ求メントスル鐵筋ノ直徑時トスレハ

$$S = \pi(d - d_0)N$$

ナルヲ以テ前式ヨリ

$$f = \alpha + 9\pi(d - d_0)N = \alpha + 28(d - d_0)N$$

ヲ得可シ即チ軟鋼鐵線ノ係數四十四ニ對シ軟鋼棒鐵ニ於テハ二十八ノ係數ニ相當スルモノ、如シ之レ著者ノ彙キニ棒鐵ニ於ケル係數ハ四十四乃至二十二ノ範圍ナル可シトノ推測ニ對シ合致スルモノト云フ可シ

(五) 附着強ト鐵筋ノ長サ

著者ノ實驗ニ於テハ混凝土ニ接觸スル鐵筋長ノ増加ニ伴ヒ附着強モ亦漸次増進スルカ如キ結果ヲ示セルニ對シ日比博士ヨリ右ハ歐米諸大家ノ實驗成績ト正ニ相反スルノ事實ヲ指摘シ *Wright* 氏ノ實驗ヲ舉ケテ詳細ナル御示教ヲ賜リタルハ深ク感謝ニ堪ニサル次第ナリ著者モ亦 *Wright* 氏ノ實驗ニ於テ同様ノ結果ヲ示セル由ヲ知り自己ノ成績トハ正反對ナルヲ以テ頗ル怪訝ノ念ヲ禁スル能ハサリシナリ然レトモ實驗上現ハレタル事實ナレハ有ノ儘ヲ報告シタル迄ニテ其源因如何ハ暫ク措キ其後施行セル二十六週目ノ成績ニ於テモ亦次表ノ如ク前者ト殆ント同様ニ鐵筋ノ長サニ比例シ漸次増進スルノ傾向アルヲ示セリ

第 五 表

鐵筋ノ長サト附着強(第二回實驗ノ内)

配合 1:2:4 (容積比) 用水量六分ノ一 材齡二十六週

1405

钢筋ノ長 (吋)	接頭面積 (平方吋)	No. 1 普通面			No. 1 赤錆面			5/16吋 普通面			Cノ平均
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	
4	(No. 1) 3.77	846	2884	223.8	855	2340	226.8	800	2402	203.6	
"	(No. 1) 3.93	1030	1650	273.2	905	1705	240.1	785	2360	200.0	
"	(5/16") 3.93	725	1430	192.3	1095	1600	290.5	1000	2880	254.5	
平均		867	1988	230.0	952	1882	252.5	862	2581	219.4	234.0
6	(No. 1) 5.66	1320	2728	233.2	1870	2575	330.4	1290	2355	219.0	
"	(5/16") 5.89	1430	2220	252.7	1210	1610	213.8	1550	3250	263.2	
"	(5/16") 7.85	1325	1514	234.1	1920	3130	339.2	1250	3360	212.2	
平均		1358	2154	239.9	1667	2438	294.5	1363	2988	231.4	255.3
8	(No. 1) 7.54	1750	4350	232.1	2360	4200	313.0	2030	3285	253.6	
"	(5/16") 7.85	1820	2700	241.4	2100	3330	273.5	1683	3210	214.4	
"		1755	2930	232.8	2600	3950	344.8	1850	3062	235.7	
平均		1775	3327	235.4	2353	3843	312.1	1854	3186	236.2	261.2
10	(No. 1) 9.43	2160	3660	229.1	2720	3640	288.4	2720	2845	277.0	
"	(5/16") 9.82	2830	4295	300.1	3005	4110	318.7	2450	3985	249.5	
"		2200	4392	233.3	2930	3780	310.7	2820	3320	287.2	
平均		2397	4116	254.2	2885	3843	305.9	2663	3550	271.2	277.1
12	(No. 1) 11.31	3140	3805	277.6	4105	5200	363.0	3310	4350	281.0	
"	(5/16") 11.78	3245	4678	286.9	3660	4620	314.8	3040	3650	258.1	
"		3100	4505	274.1	3330	4025	347.5	2390	3360	245.3	
平均		3162	4329	279.6	3865	4615	341.7	3080	3797	261.5	294.3
以上平均				247.8			301.3			244.0	

正 規 鋼 筋 之 混 凝 土 之 附 着 強 度 試 験

以上ノ如ク全々反對ナル成績ヲ現ハシタル原因果シテ如何惟フニ鐵筋ト混凝土間ニ生スル附着強ハ其接觸面積ニ均等ニ分布サル、モノニ非スシテ其位置ニヨリ度合ヒヲ異ニシ混凝土ノ内部程緊壓ヲ受クルコト大ナル可キニヨリ附着力モ亦多大ナリト認メサル可ラス又外力ヲ受クル場合ニ於テハ先ツ受力點附近ニ於テ最大應力ヲ生シ漸次他ニ傳達サレ遂ニ全體ニ及フモノナル可ケレハ受力ノ上ニ於テモ亦必ス位置ニヨリ其度ヲ異ニスルハ當然ナル可シ況ンヤ鋼材ノ如ク彈性ニ富ムモノニ在リテハ外力ニ接スレハ必ス多少ノ應力變形ヲ生ス可キカ故ニ受力點ニ於ケル鐵筋ノ移動ハ混凝土ノ内部ニ在ル他ノ部分ヨリモ速カニシテ且大ナルハ必然ナリ去レハ混凝土中ニ埋メ込マレタル鐵筋ノ長サ著大ナル場合ノ如キ鐵筋ノ他端ニ於テハ未タ甚タシキ應力ヲ發セサルニ先チ受力點附近ノ部分ハ已ニ其彈性限度ヲ超過シ恒久變形ヲ爲スカ如キ場合ニ到達セシコト必スシモ絶無ナリトハ考フル能ハス現ニ著者ノ實驗ニヨルモ後節ニ示セル第六表ノ成績ノ如ク埋メ込マレタル鐵筋ノ長サ過大ナルモノニ在リテハ荷重ニシテ該鐵筋ノ彈性限度ヲ超ユル時ハ埋置セラレタル鐵筋ノ長サ如何ニ拘ラス殆ント一樣ニ受力點附近ノ部分ハ著シク其斷面ヲ收縮シテ全ク混凝土ヨリ滑脱シ鐵筋ハ全體ニ於テ一時以上ノ脱出(伸長)ヲ見ルニ至ルモ混凝土中ニ在ル他端ノ部分ハ殆ント何等ノ異狀ヲ呈セサルヲ發見ス可シ而シテ脱出ノ狀況ヲ見ルニ棒鐵ノ如ク伸張度ノ多大ナルモノハ其抵抗力甚タ微弱ニシテ脱出ノ長サ一時四分ノ一ニ達シ試験ヲ中止スルニ至ル迄僅小ナル抵抗ヲ示セシノミ之ニ反シ伸張度ノ少キ六番鐵線ニ於テハ脱出ニ對シ可ナリノ抵抗ヲ現ハシ其多クハ一時未滿ノ伸長後破壞抗張強度ニ達シ全部受力點附近ノ部分ヨリ切斷セリ然ルニ六番鐵線ノ伸張度ハ平均約八%ナル故其影響ヲ受ケタル長サハ恐ラク一呎内外ノ部分ナランカ依テ推スルニ鐵筋ノ長サト附着強ノ關係ニ對シ鐵筋固有ノ彈性限度ハ最も重大ナル連絡ヲ有スルコト明瞭ニシテ其長サ短ク混凝土ニ對スル附着強ノ總和カ未タ彈性限

度ニ及ハサル間ハ長サノ増加ニヨリ漸次其附着力ヲ増進シ得レトモ鐵筋ノ長サ増大シ總和カ恰モ彈性限度ニ達スルカ又ハ之ヲ超越スルニ至レハ鐵筋ノ受力シタル一部ニ於テ恒久變形ヲ生シ滑脱ヲ開始スルヲ以テ附着ノ破壞トナリ最早附着強ノ數値ヲ増加スルコトナク(滑脱抵抗ヲ含マズ)鐵筋長ノ過大ナル部分ハ何等抵抗ヲ生セスシテ其儘殘存スルモノナランカ而シテ附着力總和ノ彈性限度ト同値ニ達スルニ必要ナル鐵筋ノ長サハ一、二、四混凝土中ニ於テハ棒鐵ハ約十五吋鐵線ハ約十八吋ナル可キコト前説ノ如シ故ニ之レ以上ニ長キ鐵筋ヲ埋置スルモ附着力ノ増進ニ對シテハ格別ナル效果ヲ奏セシムルコト能ハサル可シ然ルニ單位附着強度ハ附着力ハ凡テ鐵筋ノ全面ニ等布サルハモノト假定シ接觸面積ヲ以テ附着力ノ總和ヲ除セシ商ナレハ彈性限度後ニ於ケル成績ノ如キハ鐵筋長ノ増進ニヨリ著シク單位附着強ノ數値ヲ減小スルコト第六表記載ノ如シ之ヲ以テ正當ナル變化ノ如ク見做スモノアラハ甚タシキ誤リト爲サル可ラス尙 Adams 氏ノ實驗成績中ニ於テ一、二、四混凝土中ニ挿入セシ徑一吋四分ノ一丸棒鐵ノ材齡七十四日目ニ於ケル單位附着強度ハ長サ六吋ノ時四百二十封度ヲ示セルニ對シ長サ二十四吋ノ者ハ僅カニ三百二十八封度ナリシト云フカ如キ或ハ此誤謬ヲ含ムニアラサランヤ

要スルニ混凝土中ニ介在スル鐵筋ノ受力點ニ於ケル移動ハ鐵筋全體ノ移動ニ關係ナクシテ單ニ其部分ニ於ケル應力變形(恒久變形ノミナラス一般ニ)ニヨリ生スルコトアルハ必然ニシテ伸張度ノ多キ鐵筋又ハ其長サノ大ナル時程此現象顯著ナル可キハ明カナリ然ルニ歐米諸家ノ實驗ニ於テハ鐵筋ノ移動ヲ觀測スル裝置精密ニシテ克ク一時ノ千分ノ一又ハ二分ノ一ト云フカ如キ極メテ微細ナル移動ヲモ寬過セサリシモノ甚ナカラス且其多クハ伸張度ノ大ナル普通軟鋼材ヲ使用セシモノナレハ一般ニ並圓釘ノ附着強ハ百分ノ一時移動ノ時最大ナリト稱スレトモ鐵筋ノ長サ異ナル場合應力變形ノ量ニ於テモ夫々多少ノ相違アルコト當然ナレハ此間ニ於テ却テ變形量

ノ取捨上ニ錯誤ヲ來シ易ク鐵筋長ノ大ナル程此誤認重疊シテ未タ全附着力ノ破壞ニ至ラサルニ
 先チ已ニ最大應力ニ達セシモノト過信セラレ其數値ヲ接觸面積ニテ除シタル結果遂ニ鐵筋長ノ
 増加ト共ニ單位附着強度ノ減少ヲ示スカ如キ結局ニ陥リタルニ非サラシカ
 之ニ反シ著者ノ實驗ハ其設備不完全ニシテ鐵筋ノ移動觀測ノ如キ僅カニ器械ノ側面ニ附屬セル
 遊尺ニヨリ目測セシニ過キサレハ最初ノ移動ナリト稱スルモ實際ハ可ナリノ移動ヲ生セシ後ナ
 リシヤモ計ラレス加フルニ供試體ノ鐵筋長ハ何レモ十二吋以下ニシテ多クハ伸張度ノ僅小ナル
 高炭鋼ヲ採用セシ結果偶然ニモ應力變形度ノ羈絆ヲ脱スルコトヲ得却テ眞理ヲ傳フルモノト推
 スルヲ得サラシヤ但シ著者ノ實驗ニ供セシ混凝土塊ハ鐵筋ノ長サ如何ニ拘ラス凡テ同一大サノ
 モノナリシ故鐵筋長ノ短キモノ程震動其他取扱上ノ缺陷ニ對シ不利ノ立場ニ在リタルコト明カ
 ナレハ此點ニ就キテハ其成績上ニ相當ノ損亡アリシモノト認定セサル可ラス
 斯ノ如ク鐵筋ノ長ク對附着強問題ニ關シ歐米諸家及著者ノ實驗中ニハ幾多相反スル缺陷ノ存ス
 ルアリテ遂ニ全ク反對ノ結果ヲ齎シタルモノナル可シ然レトモ著者ノ信念ヲ遠慮ナク披瀝スレ
 ハ混凝土ノ凝結ニ際シ生スル鐵筋對ノ緊壓力ハ其外用ヨリモ内部ニ至ル程大ナル可キハ當然ナ
 ルノミナラス鐵筋ノ長サ大ナル程混凝土面ニ對スル接觸ノ完全ヲ期シ得可キコト必然ナルヲ以
 テ著者ノ當初ノ主張ノ如ク附着強ハ其總和カ鐵筋ノ彈性限度ニ及フ迄ハ混凝土ニ接觸スル鐵筋
 ノ長サノ増加ト共ニ漸次増進スル傾向ヲ有スルモノナリト認ムル方寧ロ眞理ナリト信スル次第
 ナリ

以上我田引水甚タシク聊カ暴論ノ謗ヲ免ル、能ハサル可シト雖亦裸々ナル著者ノ告白ナリ謹テ
 博士ノ叱正ニ任セント欲ス

(六) 附着強ト鐵筋面ノ性質

此問題ニ關シ其後ノ實驗ニヨレハ前記第五表及第三表ニ掲ケシ如ク材齡二十六週ニ於ケル普通面鐵筋ノ平均單位附着強度二百四十七封度八ナルニ對シ同赤錆面ノモノハ三百一封度三ナレハ赤錆ノモノハ普通面ノ者ニ比シ二十一・六%ノ増加ヲ示シ又材齡一箇年ノモノハ普通面二百四十四封度八ニ對シ赤錆面二百九十三封度八ナレハ之レ又二十%ノ増加ヲ現ハセリ即チ前報告ノ成績ト格別逕庭ナキヲ知ル可キナリ

(七) 離脱ヲ防クニ必要ナル鐵筋ノ長サ

著者ハ曩キニ其實驗公式ヨリ算出シテ混凝土ヨリ滑脱スルヲ防キ充分ナル附着強ヲ發揮セシムルニ必要ナル鐵筋埋置ノ長サハ丸棒鐵ハ十五吋鐵線ハ十八吋ヲ以テ足ル可キモ安全ノ爲メ相當ノ餘裕ヲ置キ棒鐵ノ時ハ二十吋鐵線ノ場合ハ二十四吋ト爲ス可キコトヲ主張セリ

右ニ對シ適否ヲ檢センカ爲メ其後實驗ヲ施セリ供試體ニ使用セル混凝土塊ハ幅六吋厚サ五吋長サ三十六吋ヲ有シ一・二・四配合ノ混凝土ヨリ成リ其中間ニ六番鋼線及十六分ノ五吋棒鐵ヲ各二十吋二十四吋三十吋ノ長サ丈ケ埋メ込ミ前實驗同様ノ方法ヲ以テ附着力ヲ試驗セシモノニシテ其成績ヲ舉クレハ次ノ如シ

第 六 表

鐵筋ト混凝土ノ附着強

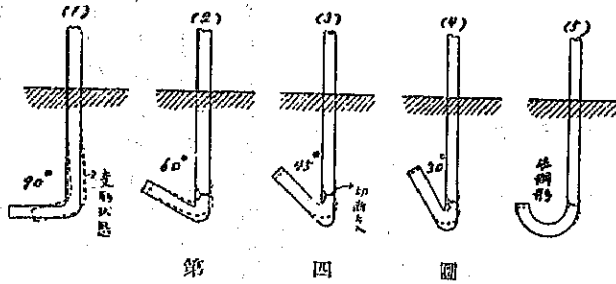
鐵筋	混凝土配合 1:2:4 (容積比)			用水 六分ノ一			材齡 十週 (△印ハ鐵筋ノ切断セシモノ)					
	破壞強度 (封度)	彈性強度 (封度)	伸張度 %	鐵筋ノ長 20 吋			鐵筋ノ長 24 吋			鐵筋ノ長 30 吋		
5	5050	3030	23.2	A	B	C	A	B	C	A	B	C
16												

1410

No. 6	鐵筋 埋置 長度 (對度)	彈性 限度 (對度)	伸張 率 %	鐵筋ノ長 30 吋			鐵筋ノ長 24 吋			鐵筋ノ長 30 吋			
				A	B	C	A	B	C	A	B	C	
5	16	5630	3030	23.2	3280	3610	3100	3540	3310	3460			
4	16	5630	3030	23.2	3110	3710	3240	3750	3180	3400			
4	16	5790	1674	7.8	3317	3600	3210	3573	3223	3453	109.4		
"	"	"	"	"	1920	2000 ^Δ	2170	2310 ^Δ	2170	2320 ^Δ			
"	"	"	"	"	1910	2770 ^Δ	2000	2820 ^Δ	2080	2650 ^Δ			
"	"	"	"	"	1950	2920 ^Δ	1800	2790 ^Δ	1870	2850 ^Δ			
4	16	5790	1674	7.8	1937	2763	151.9	1990	2803	130.0	2033	2757	106.9

前表ヲ見ルニ何レモ該鐵筋ノ有スル彈性限度以上ノ荷重ニ達シタル後始メテ移動セシモノナレハ何レモ其最大附着強度ニ到達シ得タルモノナルコト明瞭ナリ然シテ十六分ノ五吋棒鐵ニ於テハ爾後格別ノ抵抗ナク一時四分ノ一ノ脱出(實際ハ伸長)ヲ見鐵筋ノ切斷セシモノ無カリシト雖六番鐵線ニ於テハ脱出概ネ一時以內ニ於テ其破壞抗張強度ニ達シ何レモ混凝土ノ受力而附近ノ部分ニテ切斷セリ後破碎シテ内部ヲ檢スルニ深ク混凝土中ニ埋置セラレタル一半ハ混凝土面ト克ク接觸シテ移動等ノ徵候ナキハ勿論其太サニ於テモ何等變化ナカリシト雖脱出セシ方面ノ一半ハ外面ニ近キ部分程著シク混凝土面ヨリ離脱シ其太サモ收縮セシコトわいやげーじノ嵌入自在ナリシニヨリ推知スルヲ得タリ即チ叙上ノ脱出ハ何レモ鐵筋全體ノ滑出ニ非スシテ其彈性限度ヲ超過セシ爲メ鐵筋前半部ノ變形ニ基ク伸長ナルヲ知ラン

表中ニ示セル鐵筋ノ彈性限度ハ何レモ其破壞抗張強ノ六十%ヲ取レルモノナリ然ルニ各鐵筋共何レモ之レヨリ遙カニ大ナル附着強度ヲ顯ハセルハ移動觀測方法ノ不充分ナリシ爲メナル可シ要スルニ此實驗ニ於テ鐵筋埋置ノ長サニ關係ナク殆ント皆該鐵筋ノ彈性限度ト近似セル附着強



第一 四 圖

度ヲ示セルノ事實ハ最モ明カニ附着強ト彈性限度トノ關係ヲ説明スルモノト云フ可ク鐵筋ノ混凝土ニ接觸スル長サ如何ニ大ナルモ附着力ハ其彈性限度以上ニ達シ得ル者ニアラス從テ附着力ノ發現上必要ナル鐵筋ノ長サニハ自ラ制限アリ長サニ餘裕アルモ其數値ノ増進ニ對シテハ何等效果ナキモノト認メサル可ラス此成績ニヨリ又前主張ノ大過ナキヲ卜知スルヲ得ンカ

(八) 鐵筋ノ末端ヲ屈曲セシムルノ效果

著者ハ曩キニ一、二、四程度ノ混凝土中ニ並鐵筋ヲ使用スル場合ニ於テハ鐵線ハ二十四吋棒鐵ハ二十吋ノ長サ丈ケ埋置スレハ最大附着強度ヲ發揮セシムルニ充分ナレトモ其他外應力ノ影響又ハ衝動等ニ對スル安全辯トシテ其末端ヲ適當ノ長サ丈ケ屈曲セシムルカ又ハ之ニ準スヘキ裝置ヲ爲スノ得策ナルコトヲ論述シ置キタリ

實際ニ於テ鐵筋ノ末端ヲ屈曲セシムルトキハ混凝土ノ抱容力ヲ増加セシメ鐵筋固有ノ彈性限度ニ達スル迄滑脱等ノコトナキ様安全ニ之ヲ保持シ得ルヲ以テ附着力ノ保護上著シキ效果ヲ齎ス可キハ怪シムニ足ラス然レトモ屈曲ス可キ長サハ使用スル混凝土ノ固有強度ニ準シテ充分ナル抱容面積ヲ與フ可キ程度ナルヲ要ス又其形狀ハ抱容力ヲ偉大ナラシムルト同時ニ簡易ニシテ加工ノ際鐵筋ノ固有強度ヲ甚ダシク損亡セシメサル如キモノヲ撰ハサル可ラス

歐米諸家ノ實驗ニヨレハ普通配合ノ混凝土中ニ於テ屈曲セシム可キ鐵筋ノ長サハ直角ニ曲クル場合ニハ鐵筋直徑ノ約五倍圓形ニ屈曲セシムル時ハ鐵筋直徑ノ四倍ニ等シキ直徑ヲ有スル半圓形ノ先端ニ僅カノ直

線部ヲ附スレハ充分ナル可シト云フ面シテ其形狀ハ後者ヲ以テ適當ナリトスルニ一致スルカ如シ
 著者ノ實驗セシモノハ第四圖ニ示ス如ク屈曲方法五種類ニシテ鐵筋ニハ四番鐵線ヲ使用シ屈曲ノ長サハ凡テ約二吋トナセシヲ以テ半圓形ニ曲ケタルモノハ鐵筋徑ニ對シ約六、七倍ノ直徑ヲ有セシ割合ナリ之ヲ約六吋立方ノ一、二、四混凝土塊中ニ約四吋ノ深サニ埋メ込ミ材齡四週ノ後荷重セシモノニシテ其成績次表ノ如シ

第七表 鐵筋ノ末端屈曲ノ效果

混凝土配合 1:2:4 (容積比)	用水量七分の一	材齡 四週	鐵筋 No. 4 (B. V. G.)			
屈曲ノ種類	鐵筋ノ彎曲法 張強(對度)	同張強程度 A×60%	成績(對度)	狀	況	Aヲ100トセ ル効率
直 角	4250	2550	3240	鐵筋脫出	同	76.2
60 度	"	"	3480	鐵筋切斷	同	81.9
45 "	"	"	3784	同	同	89.0
30 "	"	"	3448	同	同	81.1
半圓形	"	"	3950	同	同	92.9

右ハ何レモ鐵筋ヲ中心トシテ混凝土塊ニ大龜裂ヲ生シ鐵筋ハ大略第四圖ニ示セル點線ノ如キ狀態ヲ以テ脱出又ハ切斷シタルモノニシテ其周圍ノ混凝土ハ著シク粉碎セラレ居レリ
 以上ノ成績ニヨリ鐵筋屈曲ノ效果並ニ其優劣ヲ略推知スルヲ得ンカ即チ屈撓ノ度合輕易ニシテ加工上強度ノ損亡少ナク混凝土ノ抱容力ヲ活用シ得可キ形態ノモノ程良好ナル成績ヲ示セルコト明瞭ナリ去レハ直角ニ曲ケタルモノ、切斷スルニ至ラスシテ脱出セルハ抱容力ノ活用最モ薄

弱ナルヲ證スルモノト云フ可ク半圓形ノ者ニ於テ最モ卓越セル成績ヲ見タルハ蓋シ其形狀及屈撓ノ度合圓滿ニシテ抱容力ノ維持並ニ強度ノ損亡等ニ對シ最優者ノ地位ニアル爲メナリト認メサル可ラス

(九) 練直シ混凝土ノ附着強

左ニ記載スルハ本誌第三卷第三號中著者ノ物セル「練直シ混凝土ノ研究」ナル論文中ニ掲ケタルモノナレトモ本論トハ最モ關係深ク且ツ其結論中ニ練返シ混凝土ノ使用ハ附着強ニ大害アリト述ヘ置キタル連絡上茲ニ統一のニ記載シ置ク方便ナランカト考ヘ再録スルモノナリ

練返シ時間ノ延長スルニ從ヒ混凝土ハ次第ニ其粘性ヲ消失スルモノナリ然ルニ鐵筋ト混凝土ノ附着強ハ混凝土ノ粘性ト密接ノ關係アルヲ以テ練返シ時間ノ延長ト共ニ漸次鐵筋ニ對スル附着強ノ減退スルハ當然ニシテ疑ヲ挾ム可キ餘地ナキハ必然ナリ

附着強ニ關スル著者ノ實驗ハ供試體トシテ中央部ニ徑十六分ノ五吋ノ軟鋼丸棒鐵ヲ挿入セル厚サ四吋幅五吋長サ十四吋ノ混凝土塊ヲ作り其附着力ヲ測定セルモノニテ混凝土ノ配合ハ容積比一二、四練返シ時間ノ最長ハ十時間混凝土中ニ存在スル鐵筋ノ長サハ十二吋混凝土ノ混和用水量ハ乾燥ニ伴ヒ時々補給セルヲ以テ詳細ナラサレトモ最初ノ混捏ニ使用セル水量ハ砂利ノ容積ノ六分ノ一ニシテ混凝土ノ材齡ハ八週ナリ其成績ハ次表及第五圖ニ掲ケル如シ

第八表

鐵筋ト練直シ混凝土ノ附着強度

練直シ時間	0		1		2		3		6		10	
	封度	封度/口	封度	封度/口	封度	封度/口	封度	封度/口	封度	封度/口	封度	封度/口
1	2950	2504	2915	2475	2730	2318	2660	2258	1890	1604	1310	1112

討論 鐵筋ト混凝土ノ附着強ニ就キテ

1414

練返シ時間 附着強度	0			1			2			3			6			10		
	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	封度	
2	3129	261.9	2980	227.5	2350	241.9	2410	201.6	1580	159.6	1300	110.3						
3	3110	254.1	2381	244.5	2510	221.6	2360	200.3	1950	145.5	1251	108.1						
平均	3060	259.8	2825	239.8	2730	231.8	2477	210.3	1907	161.9	1287	109.3						
百分比例		100.0		92.3		89.2		80.9		62.3		42.1						

前表ノ成績ニ徴スレハ混凝土ノ練返シ時間ノ延長ニ伴ヒ附着強ヲ減失スルコト意外ニ多ク練返シ二時間ノモノハ約十%三時間ノモノハ二十%六時間ノモノハ四十%十時間ノモノハ約六十%ヲ失ヒタル割合ニ相當セリ

今試ミニ之ヲ圖上ニ表示スレハ其經跡ハ恰モ直線狀ヲ呈シ次ノ等式ヲ得可シ

$$f = a - 15h$$

式中 f = 練直シ混凝土ニ於ケル任意ノ附着強度 (封度%)

a = 普通混凝土ニ於ケル附着強度 (封度%)

h = 練返シ時間

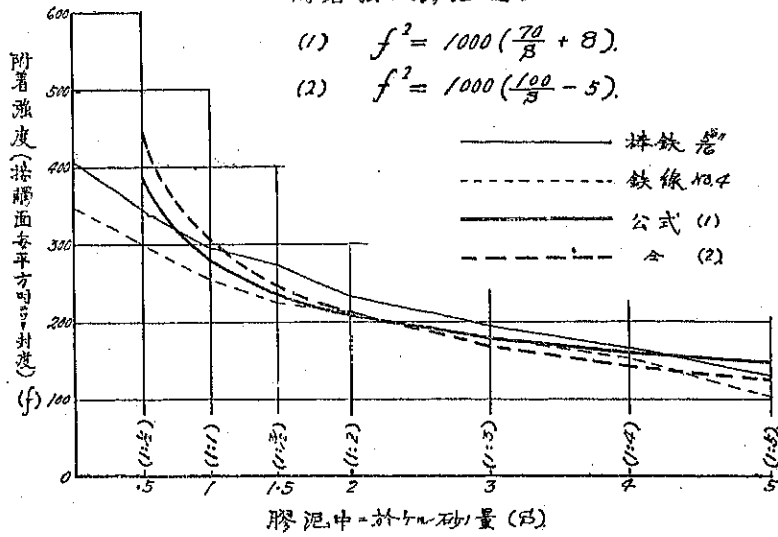
第五圖ニ於ケル太キ線ハ此等式ニヨリ描キタル直線ナリ(完)

第一圖

附着強、膠泥配合

$$(1) f^2 = 1000 \left(\frac{70}{\beta} + 8 \right)$$

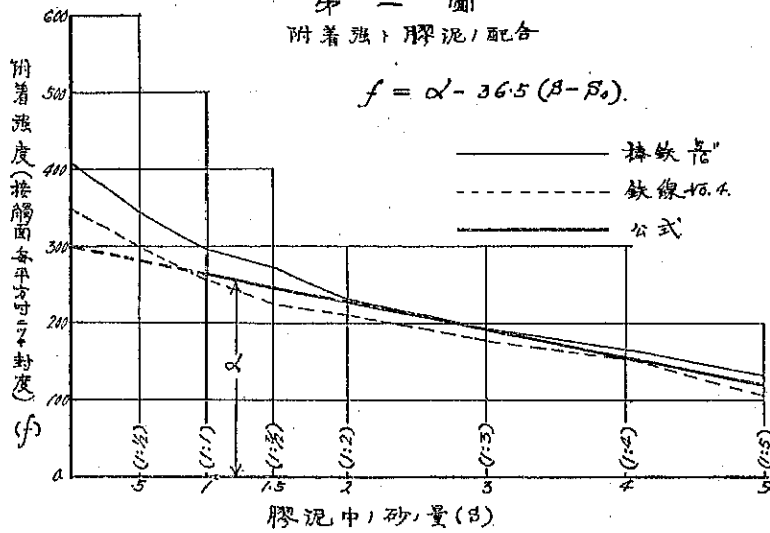
$$(2) f^2 = 1000 \left(\frac{100}{\beta} - 5 \right)$$



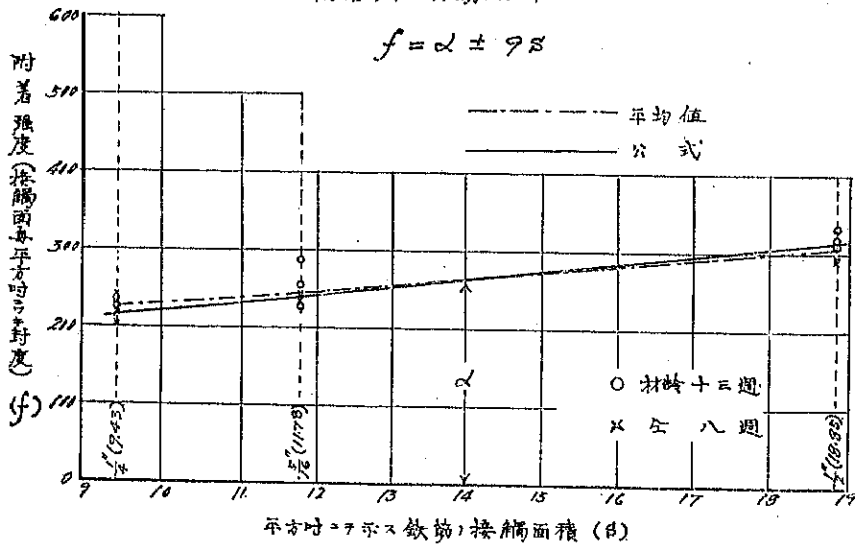
第二圖

附着強、膠泥配合

$$f = \alpha - 36.5 (\beta - \beta_0)$$



第三圖
附着強_レ鉄筋_ノ太_レ



第五圖
練直_レ混凝土_ノ鉄筋_ノ附着強度

