

論 說 報 告

建築研究所 第21卷第5號 昭和10年10月

小銃彈の衝撃に依るセメントモルタル及び コンクリートの破壊状況に關する補遺

會員 工學博士 福 田 武 雄*

Supplementary Notes on the Breakage of Cement Mortar and Concrete due to the Impact of Rifle Bullets

By Takeo Fukuda, Dr. Eng., Member.

要 旨

本文は、前に發表した小銃彈の衝撃に依つて生ずるセメントモルタル及びコンクリートの破壊に關する實驗的研究の報告の續報であり、且つ其の最後の報告である。本報告で取扱つた問題は、材齡 1~7 日の硬化初期に於けるセメントモルタル及びコンクリートの破壊状況と材齡または壓縮強さとの關係、タイルを貼付けたコンクリートに於けるタイル及びコンクリートの破壊状況、鐵筋を配置したセメントモルタル及びコンクリートに於ける鐵筋の影響及び効果である。之等の實驗の結果の概要は本文最後の“要旨”に記載して置いたから、重複を避けて茲には省略する。

1. 緒 言

は舊く小銃彈の衝撃に依るセメントモルタル及びコンクリートの破壊状況に關する實驗の結果を前本報告は其の補遺であつた。此の特殊な問題に就て行つた實驗の結果の報告である。先づ材齡タル及びコンクリートに就て、材齡に依つて銃彈の透過又は破壊部分が如何に變化するか、セメント如何なる影響を及ぼすか、或はまた此のやうな初期のものに於ける壓縮強さと破壊状況との關係等コンクリートの表面にタイルを貼つた場合のタイル及びコンクリートの破壊状況を實驗し、最後に格闘した供試體に就て、鐵筋の有無、鐵筋の太さ、間隔、振り等の影響を實驗した。實驗の方法、供試體等に記載したものと同様である。火薬の量はすべて 2.15g であつて、銃彈射撃方向は供試體の面

種の問題、或はまた一般にモルタル及びコンクリートの衝撃に對する強さ、または其の試験方法等多くの興味ある問題が残されて居るが、之等は後日の機會に譲り、茲に不完全な本報告を以て“セメントモルタル及びコンクリートの實驗的研究”の報告を終ることとし、此の機會に於て本願興へられた日本學術振興會に亘つて謝意を表するものである。

2. 材齡 1~7 日のセメントモルタル

1) 總 説

實驗の主なる目的は、材齡の變化に依つて透過が如何に變化するか、モルタル製作後幾日位經過す

東京帝國大學助教

日本誌第 21 卷第 5 號、第 8 號。

の衝撃に對して十分に抵抗し得るか、或は普通のポルトランドセメントとペロセメントとの差、前の實驗では明か
でなかつたが、材齡 7 日以前ではどんなであらうか等を調べることである。

供試體の諸元は第 1 表に示す通りであつて、普通のポルトランドセメント及びペロセメントに就きすべて同数の
供試體を作製した。試験材齡は、實驗の都合と日曜日を避ける爲に、1, 3, 5 及び 7 日の隔日にし、各種類、各材齡
に就て 1 個ずつの供試體を作製した。各材齡
に對して 3 個ずつの供試體を用意したかつた
が、そうすると一線のコンクリート量が多く
なり、著者が利用し得る設備では困難であつ
たので止むを得なかつた次第である。

材齡 1 日のものは型枠を取外して直ちに實
験に供したが、其他の材齡のものは水槽中で
養生した。材齡 1 日のもの及び配合比 1:3 の材齡 3 日のものでは、300×350 mm の面に向つて射撃した。即
ち銃彈進行方向の供試體の厚さは、此の場合には 300 mm になる。其他のものではすべて 300×300 mm の面
に向つて射撃した。従つて此の場合の銃彈進行方向の供試體の厚さは第 1 表に示した厚さに等しい。但し普通セ
メントを使用した 1:1 モルタルの材齡 3 日のものでは、300×300 mm の面及び之に直角なる 300×200 mm の
面に射撃し、更に材齡 1 日に於て既に實驗済
のもの 300×300 mm の面を射撃した。此
の最後の結果は第 2 表の中に括弧を付して示
した。各材齡に於ける壓縮強さは 1 邊 7 cm
の立方體供試體各 3 個の平均値をとつた。

附圖寫眞 1~24 は、供試體の破壊状況を
示し、第 2 表は實驗の結果を集録したもので
ある。 p は侵徹の深さ、 a と b は表面の破
壞部分の平均直径と深さである。第 2 表の數
値から、材齡と侵徹及び表面の破壞部分の大
さとの關係を圖示すると、第 1~6 圖の如く
になる。實驗前にも少し一様な結果を得るこ
とを豫期して居たが、前述の如く各材齡に就
て唯 1 個ずつの供試體に依つて實驗したた
めか、實際には可成り不揃な結果になり、明
確なる數量的結論を導き得なかつたのは甚だ
残念であるが、以下の諸項は事實として之を
指摘することが出来る。

(2) 一般の破壊状況

一般に材齡 3 日或は 5 日のものは、その
破壊状況に於て、また銃彈の衝撃に抵抗する

第 1 表 供試體の種類

配 合 容 積 比	水セメント 重 量 比	各材齡に於ける厚さ (mm)			
		1 日	3 日	5 日	7 日
1 : 1	0.50	250	200	150	150
1 : 3	0.70	250	250	200	200
1 : 6	1.00	250	250	200	200

第 2 表 材齡 1~7 日のモルタル

セメント	配 合 比	w/c	材 齡	圧縮強さ kg/cm ²	厚さ mm	p mm	a mm	b mm	備 考	
普通	1:1	0.50	1	35.7	300	122	32	10	空気中養生	
			3	151.3	(250)	(88)	(36)	(7)		
			5	232.3	150	33	70	15		
			7	291.1	150	51	50	15		
			1	17.3	300	132	36	14		
			3	57.4	300	104	30	9		
			5	87.8	200	108	29	9		
メ	1:3	0.70	1	104.1	200	111	30	8		
			3	173	200	92	55	14		
			5	22.3	200	145	26	8		
			7	28.0	200	145	29	10		
			1	4.4	300	125	?	?		石破砕
			3	16.9	250	165	34	11		裏面剥離 裏面破壊
			5	22.3	200	145	26	8		
ペ	1:1	0.50	1	53.4	300	222	24	7		
			3	252.7	200	92	185	40		
			5	359.7	150	52	140	20		
			7	401.3	150	62	232	?		
			1	27.8	300	141	35	11		
			3	97.3	300	129	31	11		
			5	155.5	200	80	110	17		
7	174.4	200	56	135	24					
ン	1:6	1.00	1	8.7	300	107	120	30	裏面石破壊 裏面剥離なし	
			3	29.1	250	147	28	9		
			5	45.1	200	165	28	10		
			7	45.7	200	98	34	11		

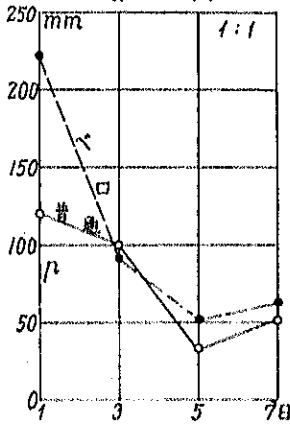
上に於て、材齢 7 日又は大以上のものと性質的には略々同様であるが、材齢 1 日のものの破壊状況は、後に詳説するやうに、之と可成り相違して居る。

材齢 1 日に於ては、假令その厚さが 300 mm あつても、銃弾は容易に之を貫通するものと豫想して居たが、實際には貫通せず、ペロセメントの 1:1 モルタルに於ける侵徹が 222 mm であつた他はすべて 150 mm 以下の侵徹であつて、之から推測すると、材齢 1 日に於ても 250 mm 以上の厚さならば充分に銃弾の貫通を防ぎ得るものと考へられる。

(3) 1:1 モルタル

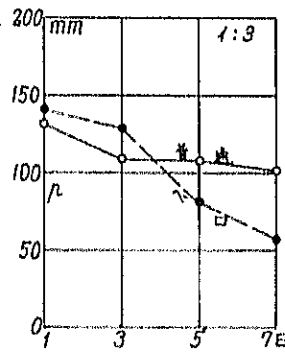
材齢 1~7 日の 1:1 モルタルに於ては、その硬化に伴つて侵徹は急激に小になり、之と反對に表面の破壊部分が著しく大になる。この變化は普通セメントを使用せるものよりもペロセメントを使用せるものに於て著しい。

第 1 圖

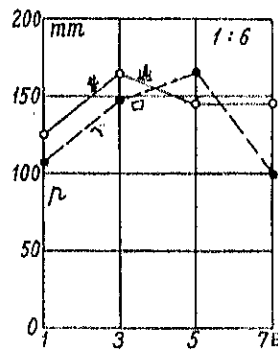


第 1, 2, 3 圖 材齢 1~7 日のモルタルに於ける侵徹

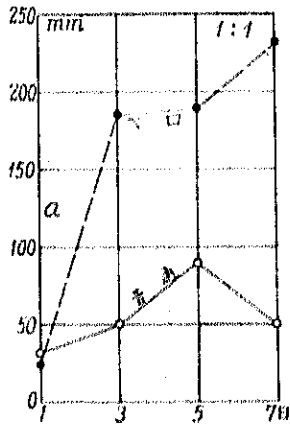
第 2 圖



第 3 圖



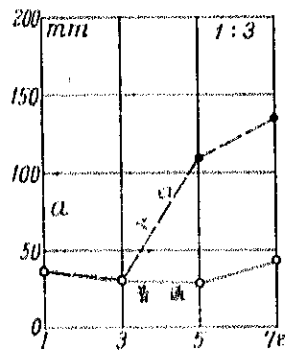
第 4 圖



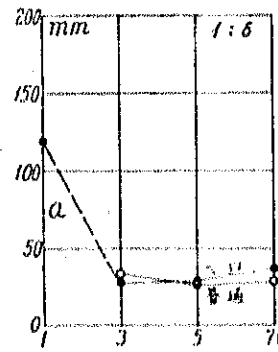
第 4, 5, 6 圖 材齢 1~7 日のモルタルに於ける

表面破壊部分の直径

第 5 圖



第 6 圖



ペロセメントと普通セメントとの差は、侵徹に於ては一般に認められない。また表面の破壊部分に於ては、材齢 1 日では両セメントの間に差はないが、材齢 3 日以上のもものでは、ペロセメントを使用したものは著しく大なる表面の破壊部分を示した。普通セメントを使用したものは、材齢 5 日になると可成り充分に硬化し、材齢 7 日に於けると略々同様の破壊状況を示し、ペロセメントを使用したものでは、既に材齢 3 日にして材齢 7 日と同様の破壊状況を示した。

十分に硬化した 1:1 モルタルでは、前報告で述べた通り、侵徹が 50~60 mm であつて、表面が大きく破壊されるのである(篇 5, 8, 12 参照)。材齢 1 日のものでは之と異り、侵徹が相當に深く、之に反して表面の破壊部分は極めて小さく約 30 mm 位の直徑に過ぎない。之は恰も充分に硬化した 1:3 又は 1:6 モルタルの破壊状況に類似する(寫眞 1, 2 参照)。

(4) 1:3 モルタル

普通セメントを使用した 1:3 モルタルでは、侵徹も表面の破壊部分も材齢に依つては殆んど變化しない。たゞ侵徹が多少浅くなる傾向が見られる位である。然しペロセメントを使用した 1:3 モルタルでは、材齢に伴つて侵徹が著くなり、表面の破壊が大きくなる。その變化は材齢 3 日と 5 日との間に於て著しい。また之等の變化の程度は 1:1 モルタルに於ける程著しくはない。

普通セメントとペロセメントとの差は、侵徹に於ては殆んど見られないが、材齢 5 日及び 7 日に於ける表面の破壊は、ペロセメントを使用したものの方が著しく大であつた。

(5) 1:6 モルタル

材齢 1 日の 1:6 モルタルは、壓縮強さが 10 kg/cm² にも満たず甚だ脆弱なものであつて、従つて銃弾はその 300 mm の厚さを容易に貫通するものと豫期して居たが、實際には 125 又は 107 mm の侵徹であつて、材齢 3 日以後のものより却つて浅かつた。また前實驗の結果、壓縮強さが大きい程表面が大きく破壊される一般的方向がわかつて居たので、此の場合には表面の破壊は極めて小さいだらうと豫想して居たが、實際には桁外れの大きな破壊が見られた。

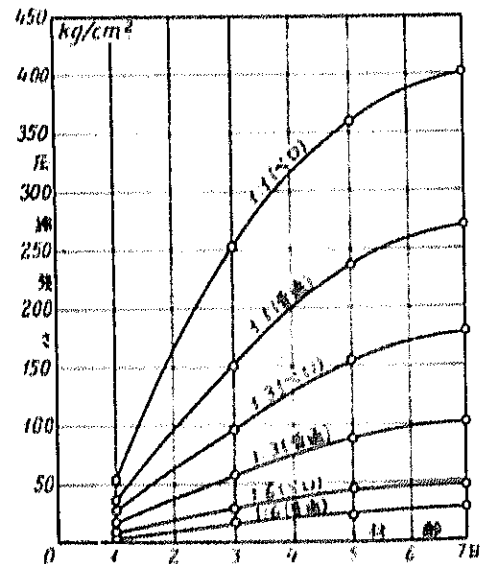
材齢 1 日の 1:6 モルタルに於ける最も特異な現象は、附圖寫眞 19, 22 の如く、銃弾の侵徹に依つて穿たれた孔が甚だ大きいことである。今までの例では、孔の直徑はすべて 7 mm 程度であつたのに、此の場合には兩例とも 26 mm の直徑であつた。

(6) 壓縮強さ及び之と破壊状況との關係

本實驗の主要なる目的ではないが、材齢と壓縮強さとの關係を圖示すると第 7 圖の如く可成り規則的な曲線が得られ、此の期間に於ては材齢に伴つて壓縮強さが急激に増大すること、普通セメントよりもペロセメントの方が著しく大なる壓縮強さを與へることが看取せられる。

前報告でも述べた通り、壓縮強さと破壊状況との間には何等直接的の關係は存在しない。それは普通の靜的壓縮試驗の場合と本實驗の如く供試體の一部分に衝撃が作用する場合とで、その破壊の機構が全然別個のものであるからである。若し此の兩者の間に何等かの關係があるものとすれば、それは間接的の見掛上のものに過ぎない。極端な例としてペロセメントのモルタルで材齢 1 日の結果を比較すると、壓縮強さが最大 (53.4 kg/cm²) である 1:1 モルタルに於ける侵徹が 222 mm の最大値を示し、之に反して壓縮強さが僅かに 8.7 kg/cm² しかない 1:6 モルタルに於ける侵徹が 107 mm で最小であつた。

第 7 圖 材齢 1~7 日に於けるモルタルの壓縮強さ



3. 材齢 1~7 日のコンクリート

(1) 概 説

此の試験に供したコンクリートの種類は第3表に示した8種であつて、試験材齢は、モルタルに於けると同様に、1, 3, 5及び7日の隔日とした。供試體の厚さはすべて材齢1日のものは250mm, 3日のものは200mm, 5日と7日のものは150mmとした。供試體は各材齢に就て1個ずつ製作したが、壓縮強さの試験には圓錐形の供試體各3個を用意した。養生はすべて水中養生である。

配合比1:1:1の材齢1, 3, 7日のもの及び配合比1:1:2のものは、その兩面を射撃したが、他のものはただその片面を射撃しただけである。兩面を射撃したものではその平均の結果を第3表に記入した。

第3表は試験結果を集録したものであつて、 u は表面の破壊部分の平均直径、 p は侵徹の深さである。 V は $\pi pu^2/12$ から算出した破壊容積である。之は必ずしも眞の破壊容積を示すものではないが、然し銃弾の衝撃に依つ

第3表 材齢1~7日のコンクリート

配合比	水セメント比	材 齢	普通セメント				ベロセメント					
			番号	圧縮強さ kg/cm ²	u cm	p cm	V cm ³	番号	圧縮強さ kg/cm ²	u cm	p cm	V cm ³
1:1:1	0.35	1	146	105	12.7	6.15	262	150	144	12.3	5.10	200
		3		239	15.1	4.95	297		328	12.8	4.75	202
		5		283	14.7	4.60	260		375	13.3	4.60	209
		7		319	15.0	4.35	264		398	13.3	4.15	193
1:1:2	0.40	1	147	90	11.7	5.95	212	151	127	14.0	5.70	303
		3		229	13.0	5.50	246		280	15.3	5.30	327
		5		270	13.7	5.25	272		335	13.3	4.45	203
		7		283	10.4	4.70	122		365	12.6	4.40	179
1:2:4	0.60	1	148	16	13.3	7.0	324	152	26	15.2	9.4	573
		3		63	14.3	5.9	316		101	13.4	4.9	230
		5		90	12.7	5.9	249		144	13.5	5.0	238
		7		113	12.5	5.3	216		163	14.0	4.6	236
1:3:6	0.80	1	149	5.0	?	8.6	?*	153	9.7	20.0	7.1	790*
		3		233	14.0	6.2	318		36.0	16.0	7.3	470
		5		35.0	16.5	6.6	470†		50.3	16.0	6.4	429†
		7		43.7	14.0	6.9	354†		57.0	12.1	6.3	241

*: 破碎, †: 裏面龜裂

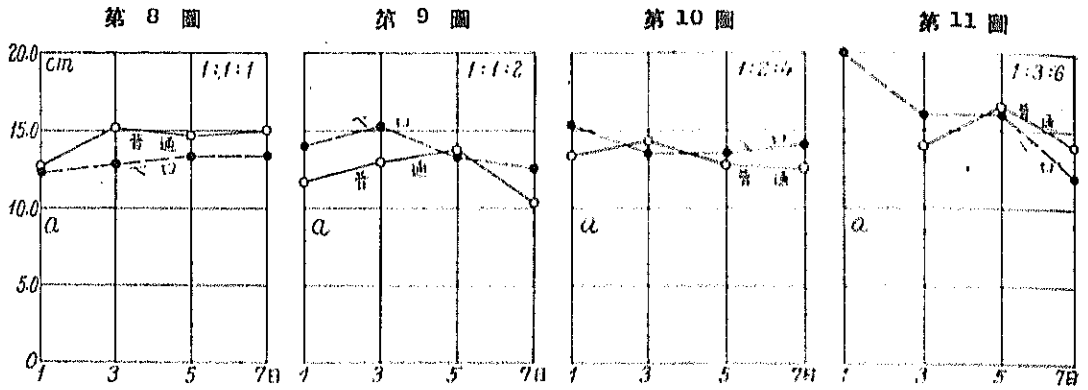
て生じた破壊の大小を比較する上に於て、一つの基準數値と考へることが出来る。附圖寫眞 25~42 に示すものは供試體の破壊状況である。

(2) 材齢と破壊状況との關係

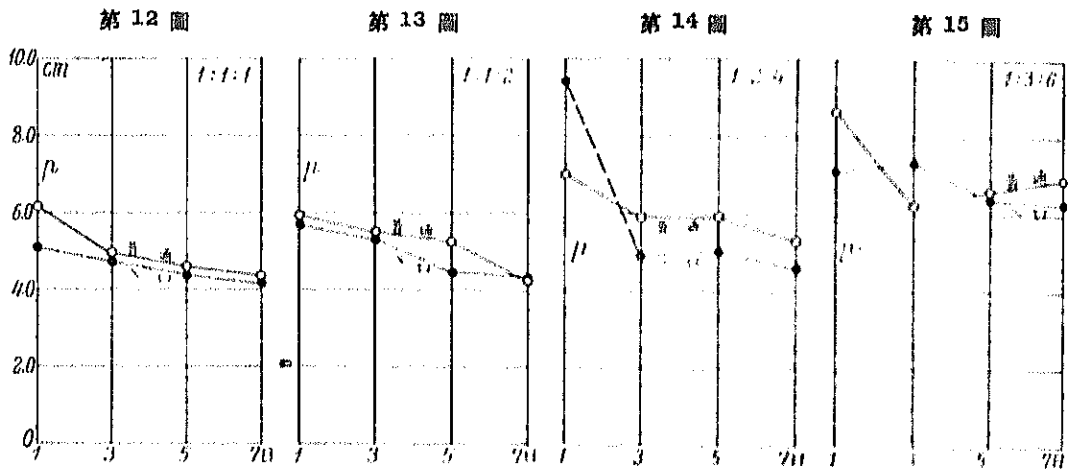
第3表の結果から、 u , p 又は V と材齢との關係を圖示すると第8~19圖の如くなる。

先づ第一に指摘しなければならないのは、 u , p 及び V 等が材齢に依つては大きく變化しないことである。またその破壊の性質或は機構に於ても、充分に硬化したものと大差がないことである。コンクリート中の砂利及び砂の性質は材齢に依つては變化しないから、コンクリートの性質が材齢に依つて變化するのはその中に含まれるセメントの硬化に起因するものである。従つて上記の如く小銃弾の衝撃に依るコンクリートの破壊状況が材齢に依つては大きく變化しないと言ふことは、之に對してセメントの影響が第二義的のものであり、主として砂利及び砂が重要な要素であることを物語るものである。

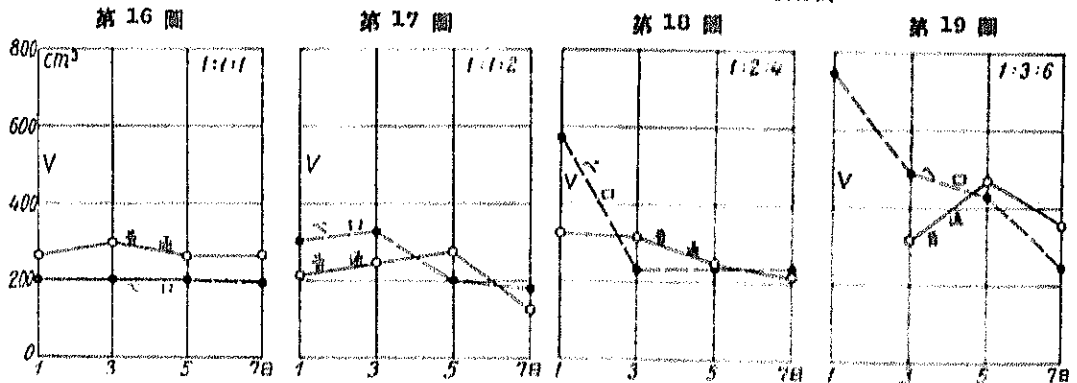
第 8~11 圖 材齡 1~7 日のコンクリートに於ける表面破壊部分の直徑



第 12~15 圖 材齡 1~7 日のコンクリートに於ける侵蝕



第 16~19 圖 材齡 1~7 日のコンクリートに於ける破壊容積



斯くの如く材齡に依る破壊状況の變化は豫期した程のものではなかつたが、勿論多少の變化は認められた。表面の破壊部分は、第 8~11 圖に示すやうに、配合比 1:1:1 では材齡に伴つて大きくなり、配合比 1:3:6 では之と反對に材齡に伴つて漸減する傾向が見られたが、配合比 1:1:2 及び 1:2:4 ではその差は明瞭でない。

侵徹は材齢に伴つて一般に淺くなる。計算上の破壊容積 V は、配合比 1:1:1 では材齢に依つては殆んど變化しないが、其他のものでは多少小さくなつた。

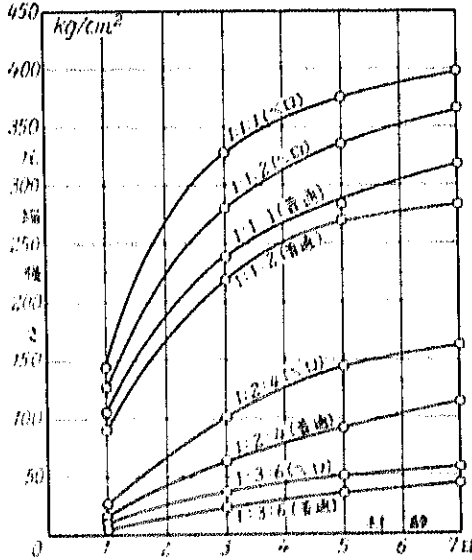
尚、配合比 1:1:1 の α, p, V 及び配合比 1:1:2 の p に於ては、ペロセメントと普通セメントとの差が可成り明瞭に認められたが、その他のものでは此の兩セメントの差は判然としない。

(3) 壓縮強さ及び之と破壊状況との關係

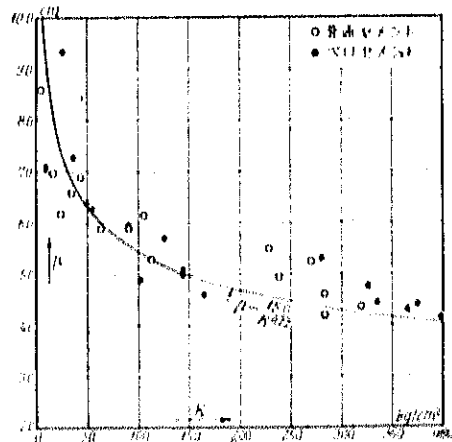
材齢 1~7 日に於けるコンクリートの壓縮強さと材齢との關係を圖示すると第 20 圖の如くになり、可成り規則的の曲線が得られる。

コンクリートの壓縮強さと本實驗の場合の破壊状態との間には、前にモルタルに關して述べたやうに、何等直接的の關係は存在しない。之は第 20 圖の規則的な曲線と前の第 9~19 圖を比較すれば直ちにわかることであり、また前述の如く本實驗の場合にはセメントが第二義的の役割しか演ぜず、且つ本實驗と壓縮試験とに於て其の破壊機構が別個のものであることに依つて説明し得ることである。

第 20 圖 材齢 1~7 日に於ける
コンクリートの壓縮強さ



第 21 圖 材齢 1~7 日のコンクリート
に於ける侵徹と壓縮強さとの關係



然し前報告に於て、材齢 7 日と 28 日に於ける實驗の結果、侵徹 p (cm), 破壊容積 V (cm³) と壓縮強さ K (kg/cm²) との間には、見掛上

$$p = \frac{15.0}{K^{0.25}}, \quad V = \frac{2150}{K^{0.43}}$$

の關係があることを記したが、材齢 7 日以前の硬化初期に於けるコンクリートに於ても上式が成立するや否やを驗して見る。先づ p を縦軸に K を横軸にとつて點を求め、之に上記の p の曲線を描くと第 21 圖の如くになり、材齢 1~7 日に於ても前記の p と K との關係が成立することがわかる。之と同様に V と K との關係を求めて見ると、此の場合には點が可成り散亂して、果して前記の關係が成立するや否やは判断し得なかつた。

4. タイル張りコンクリート

建物の外装としてはタイル類が廣く用ひられるが、コンクリートの表面にタイルを張つたものに小銃弾が命中し

た時、その衝撃に依つてタイル及びコンクリートに如何なる破壊が起るか、タイルの有無に依つてコンクリートの被害にどんな差があるか或はまたタイルの種類に依つてどんな差が現れるか等を調べるのが本実験の目的である。実験に供した供試體の大きさは $300 \times 300 \times 100$ mm であつて、コンクリートは

配合比 1:1:2, 水セメント重量比 0.40, スランプ 5.4 cm, フロー 172%
 配合比 1:2:4, 水セメント重量比 0.60, スランプ 0.9 cm, フロー 105%

の 2 種類であり、共にポルトランドセメントを使用した。実験に使つたタイルは第 4 表に示した 9 種類である。このうち建物の外装に使はれるのは小口平の 3 種類であり、3 吋角及び 5 吋角のものは主として内部装飾に使はれ、4 吋角クリンカーは床の舗装用のものである。特にスクラッチ小口平は東京帝國大學の諸種の建築物の外装に汎く使用されて居るタイルである。

コンクリート及びタイルの各種類に對してそれぞれ 1 個づつの供試體を製作し、此の外に比較のためにタイルを貼付しないものを 1 個づつ製作したから、供試體の個数は全部で 20 個である。

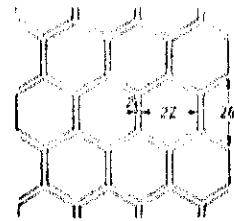
供試體は脱型後直ちに水槽に入れて養生し、材齡 7 日に於てタイルを貼付した。タイルとコンクリートとの接合をよくするために、コンクリートの面には豫め菱形の疵を付けておいた。タイルを貼り付けるには、先づ水槽中

第 4 表 タイルの諸元

番 號	タイルの名稱	産 地	タイルの寸法 (mm)	目 地 (mm)	モルタルの厚さ (mm)	備 考
1	鼠色吋 6 角モザイク	岡 山	90 × 92 × 7	3	5	第 22 圖
2	AG 120-3 釉引 3 吋角	常 滑	78 × 78 × 11	3	5	第 23 圖
3	スクラッチ小口平	常 滑	100 × 50 × 20	5	3	第 24 圖
4	サルモン小口平	常 滑	110 × 61 × 12	3	3	第 24 圖
5	礫石釉引磁器質小口平	瀬 戸	108 × 60 × 10	3	3	第 24 圖
6	無釉渦巻 4 吋角クリンカー	常 滑	123 × 123 × 20	4	6	第 25 圖
7	小豆色 5 吋角	常 滑	152 × 152 × 12	4	4	第 26 圖
8	釉引半磁器 5 吋角	瀬 戸	152 × 152 × 15	4	4	第 26 圖
9	釉引硬質 5 吋角	名古屋	151 × 151 × 10	4	4	第 26 圖

から取出したコンクリート供試體の面の餘分の水分を拭ひ、豫め水に浸しておいたタイルを 1:2 のモルタルでもつて、水平の位置に於て貼り付けた。このモルタルが相當に硬化してから、タイルの表面又は目地の部分の餘分のモルタルを清水で洗ひ落して目地仕上げをした。普通の建物では垂直の面に貼付けるのが普通であるが、それに比べると本方法は可成り丁寧であつたと考へる。タイルの位置、目地割り、モルタルの厚さ等は第 4 表及び第 22~26 圖に示す通りである。

第 22 圖 6 角モザイク



4 吋角クリンカー及び 5 吋角のものは、第 25, 26 圖に示すやうに両面に貼付けた。即ち片面には 4 枚を、他の面の中央に 1 枚を貼付けたのであつて、これは、一方の面では目地の交點に、他の面ではタイルの中央に銃弾を命中せしめて其の差を見るためである。

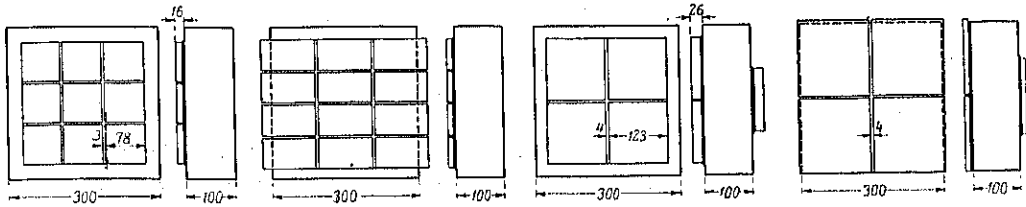
タイルの貼付を終つた供試體は其後 3 週間実験室内に放置し、材齡 28 日に於て実験した。これは普通の建物に於てタイル貼付後特に濕潤養生をしないのに模したわけである。

第 23 圖 3 吋角

第 24 圖 小口平

第 25 圖 4 吋角クリンカー

第 26 圖 5 吋角



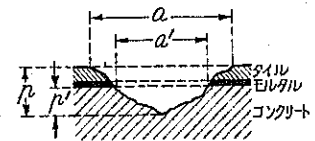
尚、コンクリートの壓縮強さは、タイル張り供試體と同様に、材齡 1 週まで水中中で、其後 3 週間實驗室の空氣中で發生した圓錐形供試體各 3 個に就て試験したが、その結果は 1:1:2 コンクリートで 372 kg/cm²、1:2:4 コンクリートで 189 kg/cm² であつた。

火薬量はすべて 2.15 g であつて、供試體の面に垂直に射撃した。

供試體の破壊状況は附圖寫眞 43~57 に示す通りであつて、銃弾は先づタイルを完全に破碎し、次でコンクリート中に侵徹して之を破壊した。大部分のタイルは銃弾命中と殆んど同時にコンクリートから剝落するのが常であつて、附圖寫眞に示すものは、四方に飛散したタイルの破片を拾集して適當に組合せ、モルタルで再び貼り付けた後に撮影したものである。然し寫眞で見られるタイルの龜裂の大部分は銃弾命中の際に生じたものであつて、實驗中の觀察に依ると飛散落下に依つてタイルが割れたことは稀である。

供試體の破壊部分の形状は大體第 27 圖に示すが如きものであつて、タイルの破壊部分の平均直徑 a 、全侵徹 p 、コンクリートの破壊部分の平均直徑 a' 、その深さ p' 、容積 $V = \pi p' a'^2 / 12$ の値は第 5 表に示す通りである。但し各行のうち上方の數値は 1:1:2 コンクリート下方の數値は 1:2:4 コンクリートに での値である。

第 27 圖



第 5 表 タイル張りコンクリート

(上方の數値は 1:1:2 コンクリート、下方の數値は 1:2:4 コンクリート)

番號	タイルの種類	タイル及びモルタルの厚さ t (mm)	タイルの破壊平均直徑 a (mm)	全侵徹 p (mm)	コンクリートの破壊		
					表面破壊 a' (mm)	侵徹 p' (mm)	破壊容積 V (cm ³)
0	タイル無し	—	—	—	100	52	186
					116	44	155
1	鼠色時 6 角モザイク	12	106	42	?	30	?
			135	39	?	27	?
2	AG 120-3, 3 吋角	16	?	39	73	23	32
			?	44	74	28	40
3	スクラッチ小口平	23	125	34	78	11	18
			78	31	?	8	?
4	サルモン小口平	15	130	41	85	23	49
			142	40	95	25	59
5	偽石磁器質小口平	13	?	30	85	17	32
			?	29	63	16	17
6	渦巻 4 吋角クリンカー	26	150	38	47	12	7
			162	60	47	31	20

7	小豆色 5 寸角	16	165 164	44 57	97 115	38 41	69 142
8	半磁器 5 寸角	19	153 145	43 49	68 87	24 30	29 59
9	硬質 5 寸角	14	129 123	51 54	113 115	37 40	124 139

第 5 表に就て見ると、タイルを貼付けることによりコンクリートに於ける侵徹及び破壊容積が著しく減少することがわかる。また 1:1:2 コンクリートと 1:2:4 コンクリートとを比較すると、前者に於て破壊が一般に小である。之は即ちコンクリートの品質に起因するものである。

第 5 表の結果だけからは、各種タイルの優劣を明確に論断することは出来ないが、概略的に比較するために、No. 2 のモザイクは特殊なものであるから之を省き、その他のものに就て p , p' 及び Γ の最小のものから順位を付けると第 6 表の如くなり、コンクリートの被害を軽減する上に於て、スクラッチ小口平、偽石磁器質小口平及び 4 寸角クリンカーの 3 種が最も優秀であり、AG 120 3 及び半磁器 5 寸角等が之に次ぐことがわかる。

第 6 表 順位表

番 號	1:1:2			1:2:4		
	p	p'	Γ	p	p'	Γ
2	4	4	4	4	4	3
3	2	1	2	3	1	2
4	5	6	6	3	3	4
5	1	3	4	1	2	1
6	3	2	1	8	6	2
7	7	7	7	7	8	7
8	6	5	3	5	5	4
9	8	8	8	6	7	6

偽石磁器質小口平が、その厚さが 10 mm で可成り薄いに拘はらず優秀であつたのはその材質のためであり、4 寸角クリンカーはその材質と共に厚さが大であるためであらう。一見最も多孔質で口の脆弱と思はれたスクラッチ小口平で優秀であつたことは、硬質陶器質 5 寸角が甚だ不満足な結果を示したことと共に豫想外の事實であつた。

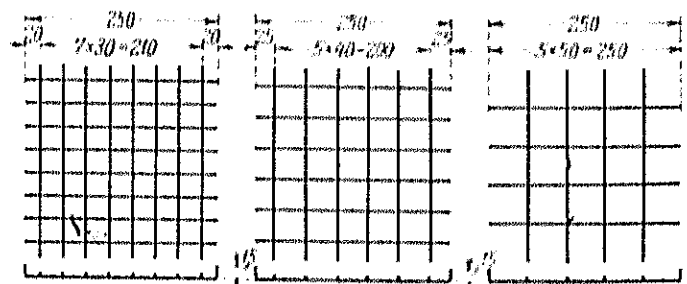
4 寸角クリンカー及び 5 寸角のものは前述のやうに供試體の両面に貼付けたが、前記第 5 表に示した値は、そのうちタイル 4 枚を貼付けた面に就ての値である。その背面、即ちタイル 1 枚を貼付け、その中央を射撃した結果は、附圖寫眞に明かなやうにタイルは残らず剥落飛散してしまつた。後に残つたコンクリートの破壊を第 5 表に示したものに比較すると、一般に之より小さい。此の場合にも 4 寸角クリンカーを貼付けたコンクリートの破壊は、附圖寫眞 50, 51 に明かなやうに、極めて僅少であつた。殊に 1:1:2 コンクリートでは全然被害がなかつた。

5. 鐵筋の効果に関する實驗

コンクリート中に鐵筋を配置した場合、小銃弾の衝撃に依るコンクリートの破壊状況が如何に變化するか、或は鐵筋の太さ、間隔又は被り等が如何なる影響を及ぼすかを明かにするために試みたのが本實驗である。

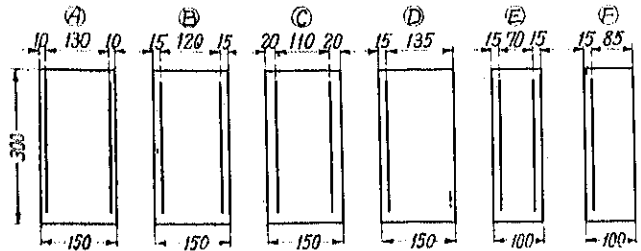
實驗に使用した鐵筋の様式は第 28 圖に示すが如き格子状のものである。

第 28 圖 鐵筋の形状



鉄筋の中心間隔は 30, 40 及び 50 mm の 3 種であつて、鉄筋の交點はすべて鋼線で緊結しただけであつて、銲接等はしなかつた。鉄筋としてはすべて焼鈍鋼線を使用し、B. W. G. 8 番 (4.191 mm)、12 番 (2.769 mm) 及び 16 番 (1.651 mm) の 3 種の太さのものを使用した。コンクリートの表面から鉄筋の中心までの被りは 10, 15 及び 20 mm の 3 種にした。供試體の厚さは 150 及び 100 mm の 2 種であつて、鉄筋の配置は第 29 圖のやうになる。

第 29 圖 鐵筋の配置



コンクリートの他にモルタルに就ても實驗したが、その配合比、水量及び28日の壓縮強さは次の如きものである。

1:1 モルタル :	水セメント重量比 = 0.50,	壓縮強さ = 304 kg/cm ²
1:3 モルタル :	" 0.70,	" 136 "
1:1:2 コンクリート :	" 0.45,	" 335 "
1:2:4 コンクリート :	" 0.70,	" 136 "

實驗の結果は第 7 表乃至第 10 表に示した通りである。但し a, h, p 及び a', b' は夫々表面の破壊部分の平均直徑、深さ、面積及び容積であり、 a' 及び b' は裏面の破壊部分の平均直徑と深さである。之等の表で示したもののうち厚さ 150 mm の供試體に就ての數値は供試體の兩面を射撃した結果の平均値であるが、その他のものは一般に供試體の片面のみに就ての値である。附圖寫眞 64~81 は破壊状況を示したものである。之等の結果からは次の事項が歸納される。

(1) 表面側にある鐵筋は、表面の破壊及び侵徹の深さには殆んど影響を及ぼさない。

鐵筋が無い場合の表面の破壊部分の平均直徑が約 30 mm、その深さが約 10 mm 程度である。1:3 モルタルに於て鐵筋の影響がないだらうと言ふことは、既に實驗前から豫想して居た所であつたが、鐵筋が露出するやうな大

第 7 表 1:1 モルタル

水セメント比 0.50, 材齡 28 日, 壓縮強さ 304 kg/cm²

番 號	厚 3 mm	配型 筋式	鐵 筋 B.W.G. 番號	筋 間隔 mm	被 り mm	a mm	h mm	p mm	a' mm	b' mm	備 考
200	150	無	—	—	—	130	14	78	—	—	放射狀龜裂を生じ破砕す
202	150	A	12	30	10	118	11	貫通	123	24	銃彈は裏面の鐵筋に命中し之を切斷す
203	150	B	12	30	15	103	12	105	?	?	貫通せざるも裏面破砕す
204	150	C	12	30	20	104	11	貫通	?	?	表面に環狀龜裂を生ず、裏面破砕す
205	150	D	12	30	15	130	?	27	—	—	取鐵筋、鐵筋同射撃、鐵筋に命中、裏面異狀なし
208	150	B	12	40	15	75	10	65	—	—	表面に環狀龜裂を生ず、裏面異狀なし
209	150	B	12	50	15	110	23	52	—	—	表面に環狀龜裂を生ず、裏面異狀なし
210	150	B	8	30	15	81	12	42	—	—	表面に環狀龜裂を生ず、裏面異狀なし
211	150	B	16	30	15	105	20	49	—	—	裏面の鐵筋に命中し之を切斷す、裏面異狀なし
201	100	無	—	—	—	210	?	貫通	215	?	破砕す
206	100	E	12	30	15	165	22	57	105	?	裏面破砕す
207	100	F	12	30	15	215	20	貫通	180	38	取鐵筋、鐵筋同射撃、裏面破砕す

第8表 1:3モルタル

水セメント比 0.70, 材齡 28 日, 壓縮強さ 136 kg/cm²

番 號	厚 さ mm	配型 筋式	鉄 筋		投 り mm	a mm	b mm	p mm	a' mm	b' mm	備 考
			BVCG 番號	間隔 mm							
220	150	無	—	—	—	38	10	貫通	130	36	裏面大きく破損す
222	150	A	12	30	10	35	10	貫通	118	?	裏面破損し 鐵筋露出す
223	150	B	12	30	15	29	9	80	—	—	表面に環狀鉄筋を生ず, 裏面異常なし
224	150	C	12	30	20	34	9	107	—	—	裏面に小銃裂を生ず
225	150	D	12	30	15	38	10	91	—	—	單縱筋, 縱筋と反對側を射撃, 裏面異常なし
228	150	B	12	40	15	34	7	78	—	—	裏面に小銃裂を生ず
229	150	B	12	50	15	37	9	84	—	—	裏面異常なし
230	150	B	8	30	15	23	7	82	—	—	裏面異常なし
231	150	B	10	30	15	41	13	68	—	—	裏面に小銃裂を生ず
221	100	無	—	—	—	35	10	貫通	93	36	—
222	100	E	12	30	15	35	11	貫通	112	31	裏面破損し 鐵筋露出す
223	100	F	12	30	15	37	22	貫通	112	35	單縱筋, 縱筋と反對側を射撃, 裏面同上

第9表 1:1:2コンクリート

水セメント比 0.45, スランブ 16 cm, 材齡 28 日, 壓縮強さ 335 kg/cm²

番 號	厚 さ mm	配型 筋式	鉄 筋		投 り mm	a mm	p mm	A cm ²	F cm ³	備 考
			BVCG 番號	間隔 mm						
240 250	150	無	—	—	—	127	40	137	169	—
242	150	A	12	30	10	131	40.5	135	181	—
243	150	B	12	30	15	114	39	97	126	—
244	150	C	12	30	20	141	39	156	202	—
245	150	D	12	30	15	{133 147	{41 46	{139 170	{180 230	單縱筋, 縱筋側を射撃 縱筋と反對側を射撃
248	150	B	12	40	15	143	40.5	161	216	—
249	150	B	12	50	15	148	40	173	239	—
251	150	B	8	30	15	124	34.5	131	158	—
252	150	B	8	40	15	105	32.5	87	122	—
253	150	B	8	50	15	115	40.5	104	140	—
254	150	B	10	30	15	117	41	108	147	鐵筋に命中, 鐵筋切斷す
255	150	B	10	40	15	145	40	164	210	—
256	150	B	10	50	15	126	43	135	179	—
241	100	無	—	—	—	133	38	130	176	裏面異常なし
246	100	E	12	30	15	{132 136	{39 50	{117 145	{152 285	第1回射撃, 裏面異常なし 第2回射撃, 裏面破損
247	100	F	12	30	15	{117 131	{36 貫通	{107 135	{139 ?	第1回射撃, 裏面異常なし (單縱筋) 第2回射撃, 破損 (縱筋側射撃)

第10表 1:2:4 コンクリート

水セメント比 0.70, スランパ 6cm, 材齢 28 日, 圧縮強さ 136 kg/cm²

番 號	厚 さ mm	配型 筋式	鐵 筋		被 り mm	a mm	p mm	A cm ²	I [*] cm ⁴	備 考
			HW44 番號	間隔 mm						
260 270	150	無	—	—	—	132	40	137	222	
262	150	A	12	30	10	134	48.5	139	234	
263	150	B	12	30	15	125	40.5	123	190	
264	150	C	12	30	20	113	51.5	100	172	
265	150	D	12	30	15	109	40	93	124	單鐵筋, 鐵筋側射擊
268	150	B	12	40	15	118	50	109	182	
269	150	B	12	50	15	128	52.5	150	261	
271	150	H	8	30	15	118	50	109	182	
272	150	B	8	40	15	113	58.5	100	195	
273	150	H	8	50	15	120	50	113	210	
274	150	H	10	30	15	115	58	104	200	
275	150	B	10	40	15	119	53.5	111	198	
276	150	B	10	50	15	121	51.5	115	197	
281	100	無	—	—	—	118	47	109	171	全面に龜裂を生ず
266	100	E	12	30	15	109 貫通	44 貫通	93 102	137 ?	第1回射撃, 表面龜裂なし 第2回射撃, 表面龜裂あり
267	100	F	12	30	15	157	40	194	310	單鐵筋, 鐵筋側射撃, 全面龜裂

きな破壊を示す 1:1 モルタル又はコンクリートに於て鐵筋の影響が殆んど見られなかつたことは、鐵筋コンクリート梁に於ける肋鐵筋と同様に、鐵筋が最初から有効に作用するものではなく、銃弾の衝撃に依つてモルタル又はコンクリートに滑り面が発生し、之に依つて絶縁された部分の相對的變位が生ずるに至つて始めて鐵筋が有効に作用するのであつて、従つてモルタル又はコンクリートに最初に生ずる滑り面が鐵筋の有無に關係しないためであらうと考へて居る。

(2) 上記の如く表面側の鐵筋は、モルタル又はコンクリートの表面に生ずる破壊には殆んど影響がないが、然し 1:1 モルタルに於ては、放射狀龜裂の發生を防ぐ上には可成り有効であつた。この放射狀龜裂は前報告で述べた通り引張に依つて生ずるものであるが、之に對しては鐵筋コンクリート梁に於ける引張鐵筋と同様に、鐵筋が直接に引張に抵抗してモルタルに作用すべき張力を軽減し、之に依つて生ずる放射狀龜裂の發生を防いだものと考へられる。

(3) 表面側の鐵筋のもつた効果は、表面破壊部分がバラバラになつて前方に飛散するのを防いだことである。例へば附圖寫眞 62 及び 64 の 1:1 モルタルには環狀龜裂が見られるが、之は内部の滑り面が表面に現れたものであつて、若し鐵筋が無ければ、この環狀龜裂に圍まれた部分はすべて飛散したに違ひない。またコンクリートに於ては例へば附圖寫眞 70 及び 76 に示すやうに、表面の破壊部分が可成り廣くに拘はらず、鐵筋より内側にある部分は鐵筋に抑へられて前方には飛散しなかつた。此の後者の場合には主として鐵筋の剛性が役立つたもので、鐵筋は一般に前方に向つて彎曲して居た。

(4) 裏面側鉄筋は銃弾の貫通を防ぐ上に於て甚だ有效である。

一般にモルタル又はコンクリートを銃弾が貫通する場合には、銃弾が漸次侵徹して表面に近づくや、先づ表面が破碎して後方に飛散した後に於て銃弾が勢せずして抜け去るものであるから、此の裏面の破壊及びそれが後方に飛散するのを鉄筋で防げば、銃弾の貫通を防止する上に於て可成り有效であらうとは實驗前から豫想して居たが、實驗の結果は果してさうであつた。

厚さ 150 mm のものでは一般に貫通しないから、裏面の鉄筋の影響は全く不明であるが、厚さ 100 mm の 1:1 モルタル或は 1:1:3 コンクリートの例に就て見れば、裏面の鉄筋の効果は明瞭に看取出来る。此の場合の鉄筋の効果は其の張力に依るものではなく、(3)の終りで述べた様に主として其の剛性に依るものである。即ち供試體の裏面の部分が銃弾の進行方向に移動するのを鉄筋が背面から支へるためであつて、此の意味から考へると、銃弾の貫通を防ぐための裏面の鉄筋には成可く太いものを使用することが望ましい。

(5) 以上の他には鉄筋の太さ、間隔、被り等の影響に關しては明瞭な歸結が得られなかつた。

本實驗ではすべて前記の如く格子狀の直交鉄筋を使用したのであるが此の他の配筋形式としては例へば環狀鉄筋と放射狀鉄筋を組合せたもの等が考へられる。然し普通の床版或は壁體構造では格子狀の配筋が最も普通であり、また特に剛壁構造では銃弾又は砲彈等が命中する位置を全然豫定することは出来ないで、之に前記の環狀鉄筋と放射狀鉄筋を使用することには可成りの難點があるであらう。

6. 要 結

材齡 1~7 日のセメントモルタルに就て

(1) 材齡 3 日或は 5 日のものは、その破壊状況に於ては、材齡 7 日又はそれ以上のものと性質的には略々同様であるが、材齡 1 日のものは之と可成り相違する。

(2) 1:1 モルタルに於ては、材齡に伴つて侵徹は急激に小になり、表面の破壊部分は著しく大になる。この變化は普通セメントを使用したものよりもペロセメントを使用したものに於て著しい。ペロセメントを使用した場合には、普通セメントを使用するよりも表面の破壊部分が著しく大きくなる。

(3) 材齡 1 日の 1:1 モルタルの破壊状況は、充分に硬化した 1:3 又は 1:6 モルタルのそれに類似する。

(4) 普通セメントを使用した 1:3 モルタルでは、その破壊状況は材齡に依つては殆んど變化しない。然しペロセメントを使用したものでは、材齡に伴つて侵徹が著くなり、表面の破壊が大きくなる。

(5) 材齡 1 日の 1:6 モルタルでは、侵徹は 150 mm に満たないが、表面は大きく崩壊する。銃弾が穿つた孔の直徑は 20 mm であつた。

(6) 膨脹強さと破壊状況との間には何等直接的の關係は存在しない。

材齡 1~7 日のコンクリートに就て

(1) 早期材齡のコンクリートの破壊の性質は充分に硬化したものと大差がない。また R、R' 等も材齡に伴つて大して變化しない。

(2) 但し侵徹 p は材齡に伴つて一般に淺くなり、表面の破壊部分は材齡に伴つて、1:1:1 では大きくなり、1:3:6 では減少する。1:1:3 及び 1:2:4 ではその差は明瞭でない。

(3) セメントの種類の影響は 1:1:1 以外のものでは判然としない。

(4) 侵徹 p (cm) と膨脹強さ K (kg/cm²) との間には、材齡 1~7 日に於ても $p=15/K^{0.3}$ の關係が略々成立

するが、之は間接的のものであつて、破壊状況と壓縮強さの間には直接的關係はない。

タイルの影響に就て

- (1) 銃彈命中部分及び其の附近のタイルはコンクリートから剝落する。タイルを貼付けることに依つて、コンクリートの侵徹及び破壊容積は著しく減少する。
- (2) コンクリートを保護する上に於て優秀なものは、厚さが厚いもの又は磁器質のものである。

鐵筋の影響に就て

- (1) 表面側鐵筋は表面の破壊及び侵徹には殆んど無關係である。但し 1:1 モルタルの放射狀龜裂の發生を防ぐこと、1:1 モルタル及びコンクリートの表面の破壊部分がバラバラになつて飛散するのを防ぐ上には可成り有效である。
- (2) 裏面側鐵筋は銃彈の貫通を防止するには甚だ有效である。
- (3) 鐵筋の太さ、間隔或は被り等の影響は判然としなかつた。

結 語

之をもつて前後 3 回に亘つて發表した小銃彈の衝撃に依るセメントモルタル及びコンクリートの破壊状況に関する實驗的研究の報告を一先づ終りとする。本研究は甚だ粗雑なものであつたが、此の種の問題或はまた一般にモルタル及びコンクリートの衝撃強さ、または其の試験方法等に關する今後の研究に對する豫備實驗ともなり、或はまた耐弾構造に對して何等かの示唆を與へることが出來れば、著者の望外の幸とする所である。尙、本報告を發表する機會を與へられた土木學會に對して茲に深く謝意を表する次第である。(終)

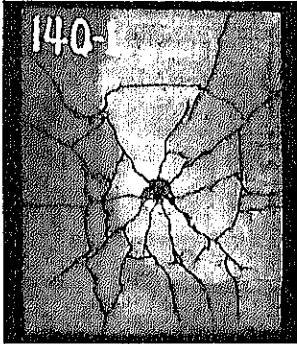
附圖寫眞に就て K = 壓縮強さ (kg/cm^2), t = 供試體の厚さ (mm), a = 表面の破壊部分の平均直徑 (mm), b = 表面の破壊部分の深さ (mm), V = 表面の破壊部分の容積 (cm^3), p = 侵徹の深さ (mm)

附圖寫眞

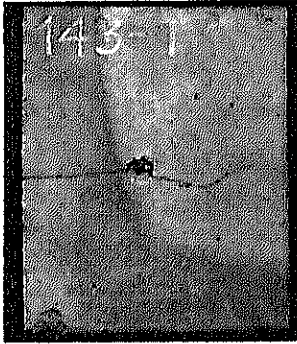
(1) 材齡 1~7 日のセメントモルタルの破壊状況

1-12. 1:1 モルタル, 水セメント比 0.50

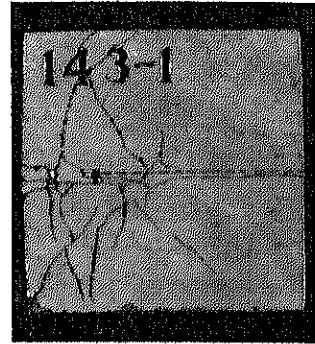
1. 材齡 1 日, 普通セメント
 $K=35.0, t=300, a=33, p=122$



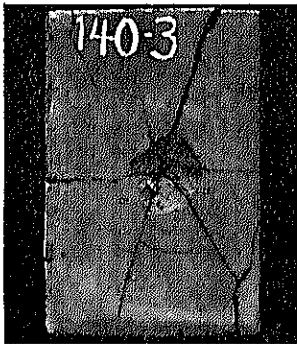
2. 材齡 1 日, ベロセメント
 $K=53.4, t=300, a=24, p=222$



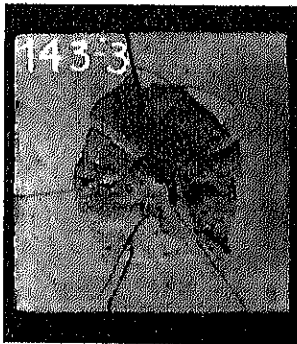
3. 同左, 側面の龜裂
點線は銃弾侵徹の標路



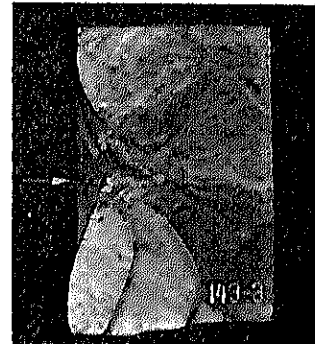
4. 材齡 3 日, 普通セメント
 $K=151, t=309, a=55, p=100$



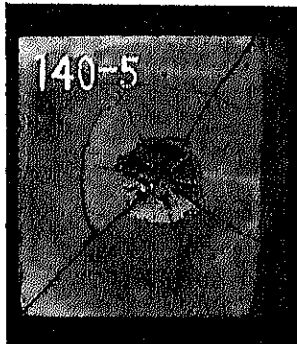
5. 材齡 3 日, ベロセメント
 $K=253, t=250, a=185, p=103$



6. 同左, 内部の破壊状況
中央に白く見ゆるは銃弾なり



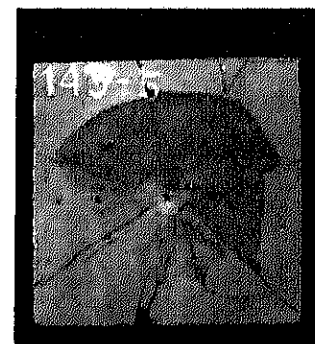
7. 材齡 5 日, 普通セメント
 $K=237, t=160, a=90, p=33$



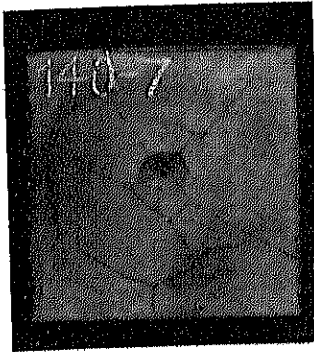
8. 同左, 裏面の破壊状況
中央に白く見ゆるは銃弾なり



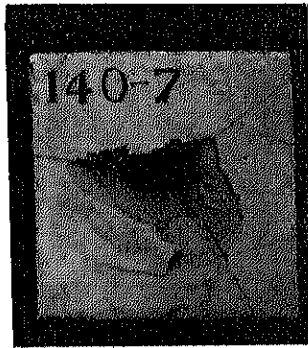
9. 材齡 5 日, ベロセメント
 $K=200, t=160, a=100, p=52$



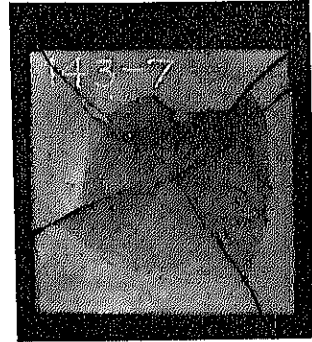
10. 材齢 7 日, 普通セメント
 $K=271, t=150, a=51, p=51$



11. 同左, 裏面の破壊状況
貫通せざるも裏面破壊す

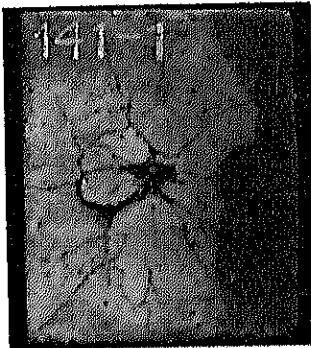


12. 材齢 7 日, ペロセメント
 $K=401, t=150, a=232, p=62$



13—15. 1:3 モルタル, 水セメント比 0.70, 普通セメント

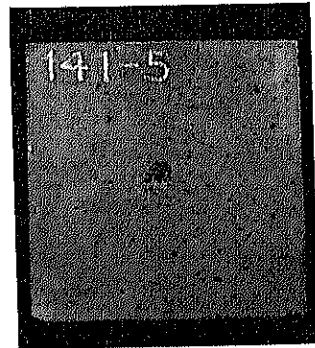
13. 材齢 1 日 $K=17.3$
 $t=300, a=30, p=132$



14. 材齢 3 日 $K=57.1$
 $t=300, a=30, p=109$

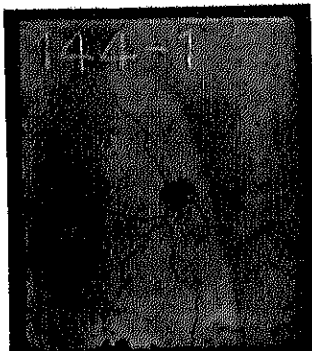


15. 材齢 5 日 $K=87.8$
 $t=200, a=20, p=108$

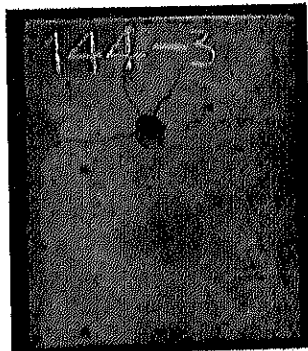


16—18. 1:3 モルタル, 水セメント比 0.70, ペロセメント

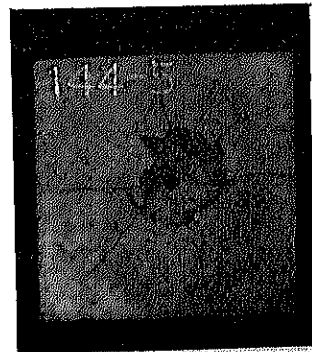
16. 材齢 1 日 $K=97.8$
 $t=300, a=35, p=141$



17. 材齢 3 日 $K=97.3$
 $t=300, a=31, p=129$

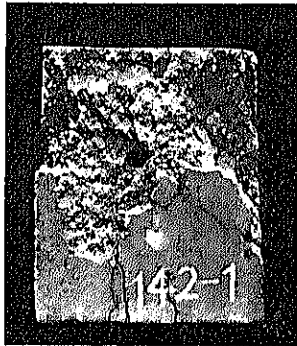


18. 材齢 5 日 $K=150$
 $t=200, a=110, p=80$

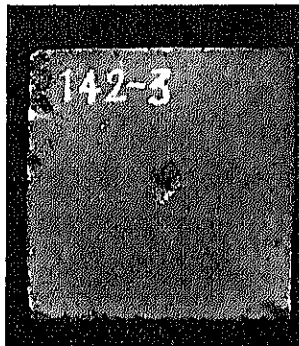


19-21. 1:6 モルタル, 水セメント比 1.00, 普通セメント

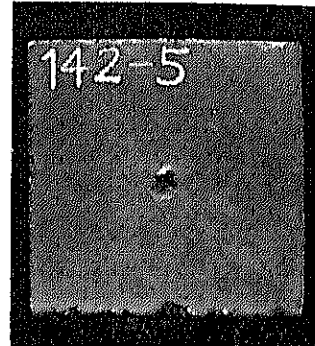
19. 材齢 1 日 $K=4.4$, $p=125$
 弾頭の直径は 26 mm



20. 材齢 3 日 $K=16.9$
 $t=250$, $a=34$, $p=165$

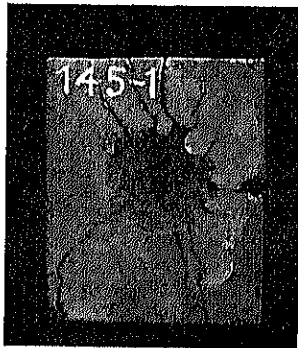


21. 材齢 5 日 $K=23.3$
 $t=200$, $a=26$, $p=145$

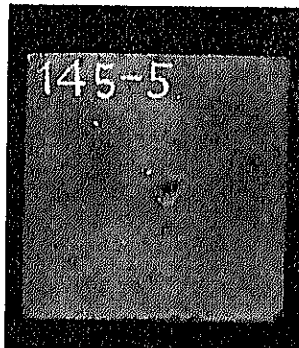


22-24. 1:6 モルタル, 水セメント比 1.00, ベロセメント

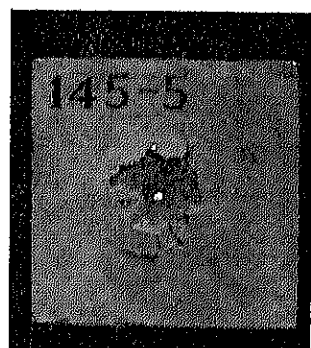
22. 材齢 1 日 $K=8.7$, $p=107$
 $a=120$, 弾頭の直径は 26 mm



23. 材齢 5 日 $K=45.1$
 $t=200$, $a=28$, $p=165$



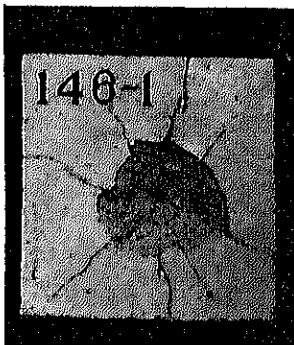
24. 同左 裏面の破壊状況
 中央に白く見ゆるは銃弾なり



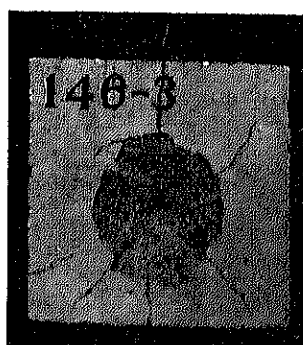
(2) 材齢 1~7 日のコンクリートの破壊状況

25-27. 1:1:1 コンクリート, 水セメント比 0.35, 普通セメント

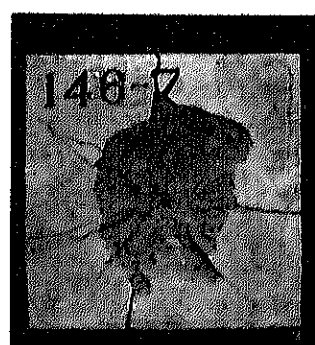
25. 材齢 1 日 $K=105$
 $a=137$, $p=72$, $F=353$



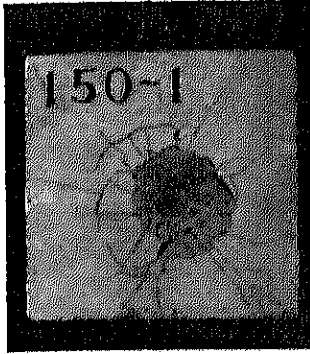
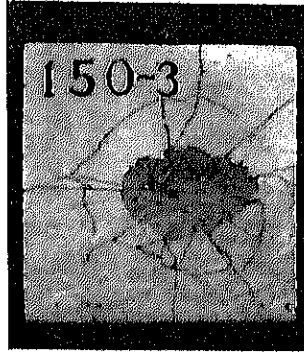
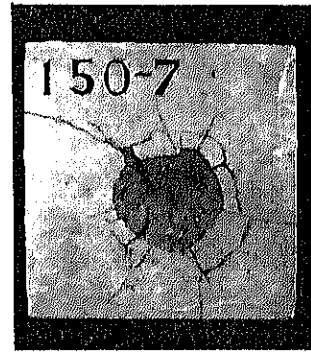
26. 材齢 3 日 $K=239$
 $a=153$, $p=54$, $F=311$



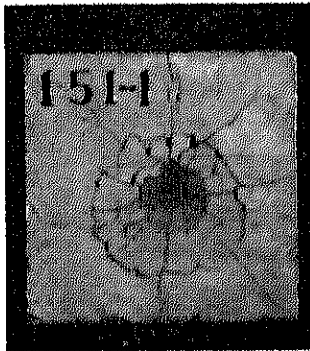
27. 材齢 7 日 $K=319$
 $a=170$, $p=45$, $F=333$



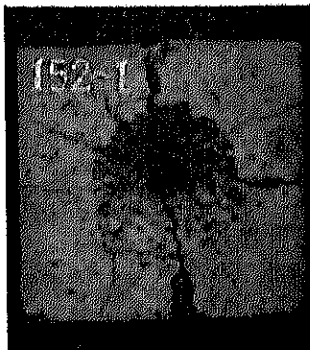
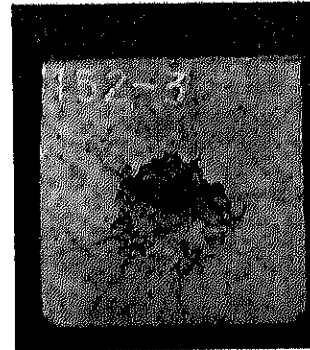
28-30. 1:1:1 コンクリート, 水セメント比 0.35, ペロセメント

28. 材齡 1 日 $K=144$ $a=116, p=55, F=194$ 29. 材齡 3 日 $K=328$ $a=135, p=52, F=212$ 30. 材齡 7 日 $K=308$ $a=118, p=42, F=153$ 

31-33. 1:1:2 コンクリート, 水セメント比 0.40, ペロセメント

31. 材齡 1 日 $K=137$ $a=155, p=63, F=300$ 32. 材齡 3 日 $K=280$ $a=176, p=60, F=392$ 33. 材齡 7 日 $K=365$ $a=125, p=48, F=106$ 

34-36. 1:2:4 コンクリート, 水セメント比 0.60, ペロセメント

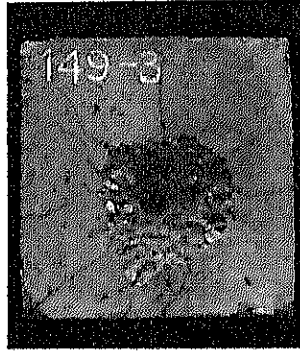
34. 材齡 1 日 $K=20$ $a=107, p=66, F=701$ 35. 材齡 3 日 $K=101$ $a=134, p=49, F=230$ 36. 材齡 7 日 $K=103$ $a=140, p=46, F=236$ 

37-39. 1:3:6 コンクリート, 水セメント比 0.90, 普通セメント

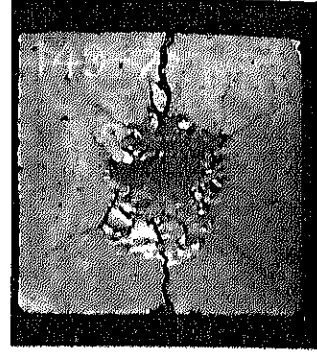
37. 材齢 1 日 $K=5.0$
 $p=80$, 表面破砕崩壊す



38. 材齢 3 日 $K=29.3$
 $\alpha=140$, $p=69$, $F=318$

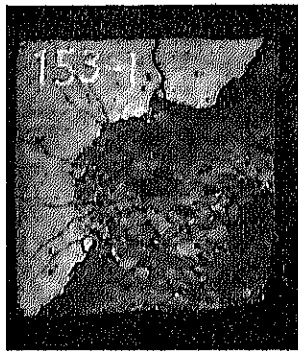


39. 材齢 7 日 $K=43.7$
 $\alpha=140$, $p=69$, $F=354$

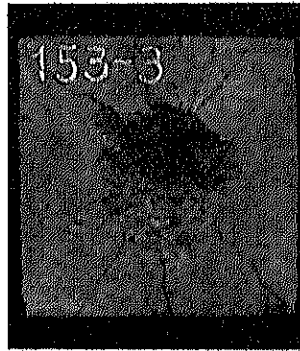


40-42. 1:3:6 コンクリート, 水セメント比 0.90, ベロセメント

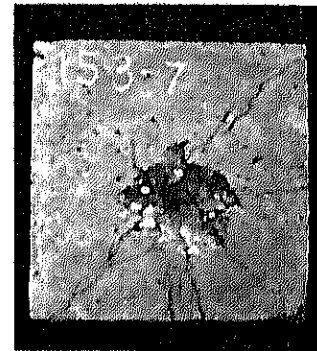
40. 材齢 1 日 $K=9.7$
 $\alpha=200$, $p=71$, $F=744$



41. 材齢 3 日 $K=30.0$
 $\alpha=160$, $p=64$, $F=429$

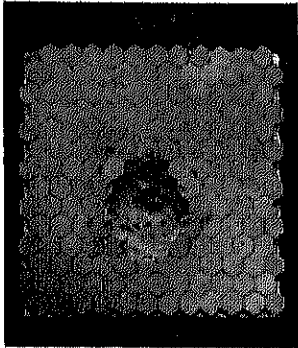


42. 材齢 7 日 $K=57.0$
 $\alpha=131$, $p=63$, $F=241$

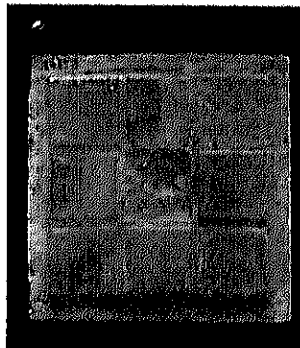


(3) タイル張りコンクリートの破壊状況

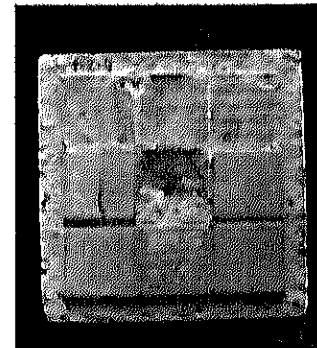
43. 吋六角モザイク 厚 7mm
全径散 42mm, コンクリートに
於ける径散 30mm, 破壊部分周
邊のタイルは隆起す (1:1:2)



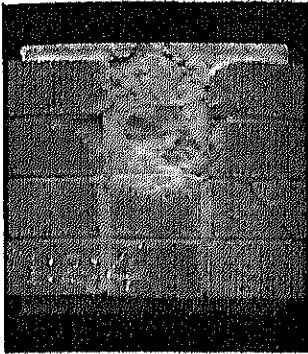
44. 3吋角 厚 11mm
全径散 30mm, コンクリートに
於ける径散 23mm (1:1:2)



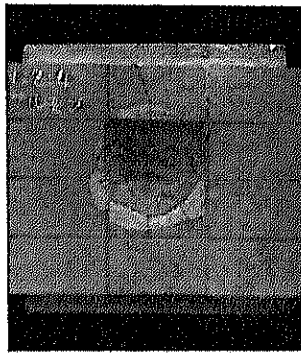
45. 3吋角 厚 11mm
全径散 44mm, コンクリートに
於ける径散 28mm (1:2:4)



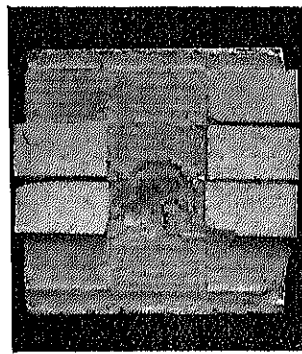
46. スクラッチ小口平 厚 20 mm
全侵徹 31 mm, コンクリートに
於ける侵徹 8 mm (1:2:4)



47. サルモン小口平 厚 13 mm
全侵徹 40 mm, コンクリートに
於ける侵徹 25 mm (1:2:4)



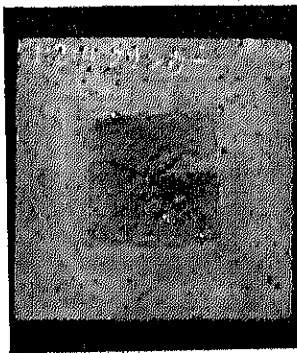
48. 礫石粘引磁器質 厚 10 mm
全侵徹 20 mm, コンクリートに
於ける侵徹 16 mm (1:2:4)



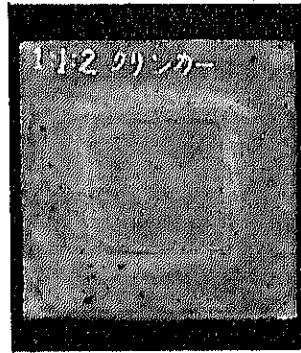
49. 4寸角クリンカー 厚 20 mm
全侵徹 60 mm, コンクリートに
於ける侵徹 34 mm (1:2:4)



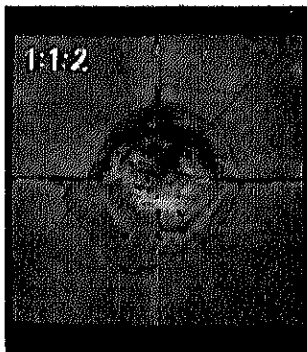
50. 4寸角クリンカー 厚 20 mm
タイルは破碎せるも, コンクリート
の被害は僅小なり (1:2:4)



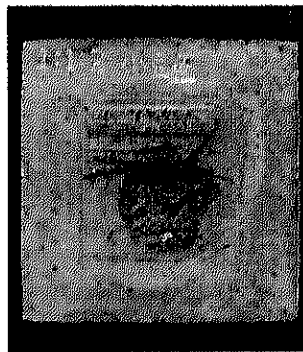
51. 4寸角クリンカー 厚 20 mm
タイルは破碎せるも, コンクリート
には全然被害なし (1:1:2)



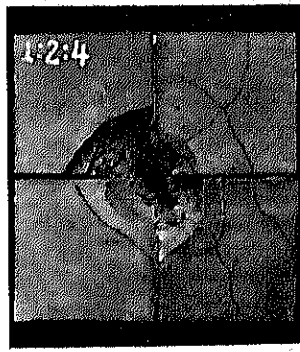
52. 小豆色 5寸角 厚 12 mm
全侵徹 44 mm, コンクリートに
於ける侵徹 28 mm (1:1:2)



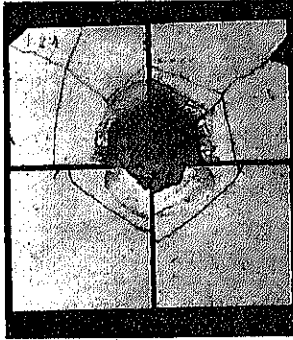
53. 小豆色 5寸角 厚 12 mm
タイル破碎す, コンクリートに於
ける侵徹 17 mm (1:1:2)



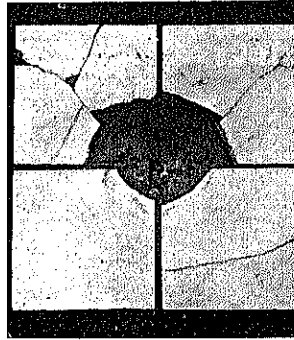
54. 小豆色 5寸角 厚 12 mm
全侵徹 57 mm, コンクリートに
於ける侵徹 41 mm (1:2:4)



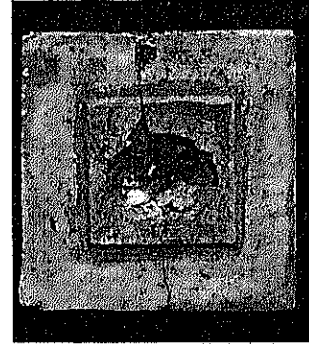
55. 半磁器 5 寸角 厚 15 mm
全侵徹 49 mm, コンクリートに
於ける侵徹 30 mm (1:2:4)



56. 硬質 5 寸角 厚 10 mm
全侵徹 51 mm, コンクリートに
於ける侵徹 37 mm (1:1:2)



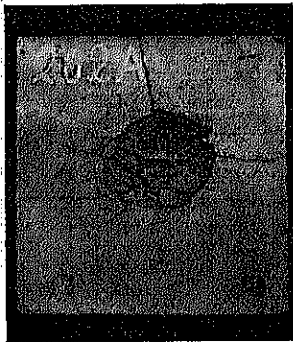
57. 硬質 5 寸角 厚 10 mm
タイル破碎す, コンクリートに於
ける侵徹 31 mm (1:1:2)



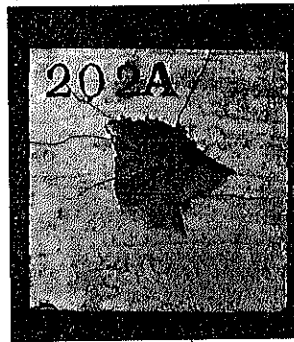
(4) 鉄筋入りモルタル及びコンクリートの破壊状況

58—66. 1:1 モルタル, 水セメント比 0.50, 材齢 28 日

58. 複鉄筋 #12×30, 被り 10
 $t=150, a=118, b=11$, 貫通



59. 前箇の裏面, 銃弾は鉄筋に
命中し之を切斷せり



60. 複鉄筋 #12×30, 被り 15
 $t=150, a=103, b=12, p=105$



61. 前箇の裏面, 貫通せず



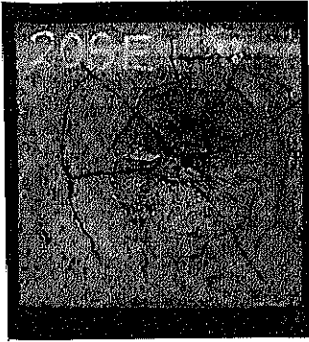
62. 複鉄筋 #8×30, 被り 15
 $t=150, a=81, b=12, p=42$
裏面異状なし



63. 複鉄筋 #16×30, 被り 15
 $t=150, a=195, p=49$ 銃弾は
鉄筋に命中切斷す, 裏面異状なし



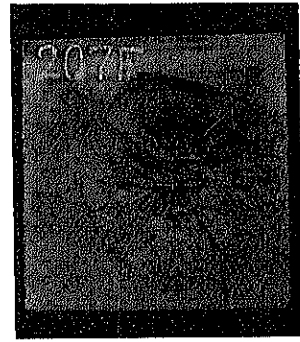
64. 複鉄筋 #12×30, 被り 15
 $t=100, a=165, b=22, p=57$



65. 前圖の裏面, 貫通せざるも
 裏面破壊せり

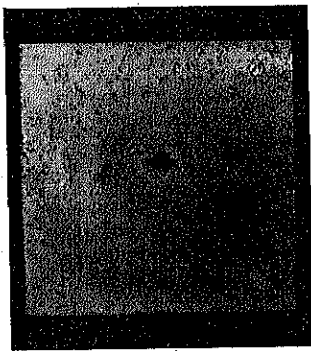


66. 単鉄筋 #12×30, 被り 15
 $t=100, a=215, b=20$, 貫通
 銃弾は鉄筋に命中し、之を切断す

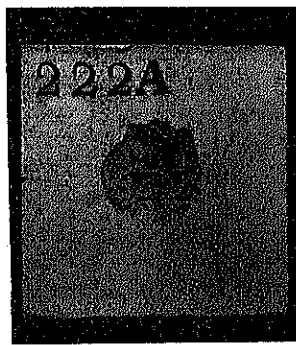


67—69. 1:3 モルタル, 水セメント比 0.70, 材齡 28 日

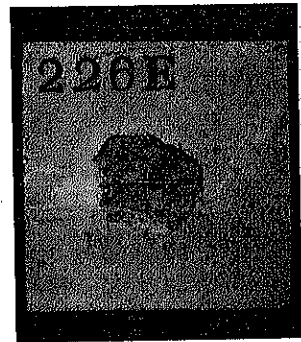
67. 複鉄筋 #12×30, 被り 10
 $t=150, a=85, b=10, p=118$
 表面の破壊には鉄筋の影響なし



68. 前圖の裏面, 貫通せざるも
 裏面破壊し, 裏面の鉄筋彎曲せり



69. 複鉄筋 #12×30, 被り 15
 表面の破壊状況, 裏面鉄筋彎曲す
 銃弾は貫通せり

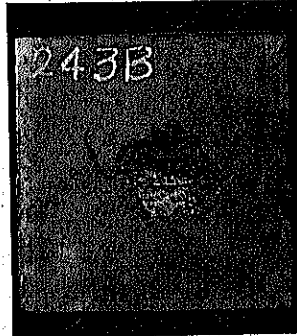


70—75. 1:1:2 コンクリート, 水セメント比 0.45, 材齡 28 日

70. 複鉄筋 #12×30, 被り 10
 $t=150, a=163, p=89, V=271$



71. 複鉄筋 #12×30, 被り 15
 $t=150, a=110, p=87, V=117$



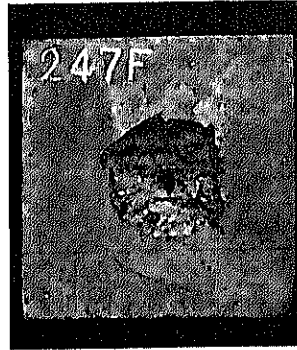
72. 複鉄筋 #12×30, 被り 15
 $t=100$, 2 回別撃した結果なり
 表面破壊せるも貫通せず, $p=59$



73. 前圖の裏面, 第1回には裏面異状なく, 第2回の射撃に於て圖の如く破壊せり



74. 單鐵筋 #12×30, 被り15
 $t=100$, 鐵筋側を2回射撃せる結果なり。第1回に於ては $p=30$

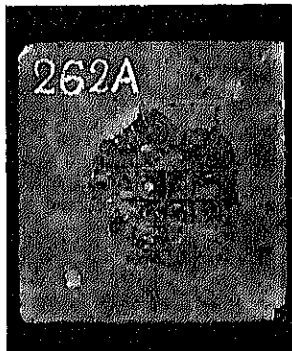


75. 前圖の裏面, 第1回には裏面異状なく, 第2回に於て貫通す



76-81. 1:2:4 コンクリート, 水セメント比 0.70, 材齡 20 日

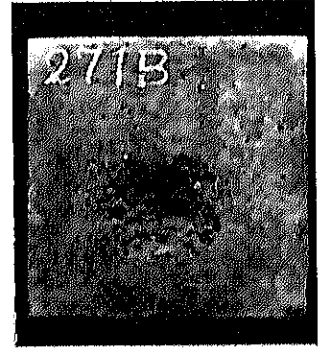
76. 複鐵筋 #12×30, 被り10
 $t=150$, $a=157$, $p=45$, $f'=201$
銃弾命中部分の鐵筋は横に彎曲す



77. 複鐵筋 #12×30, 被り15
 $t=150$, $a=136$, $p=42$, $f'=180$



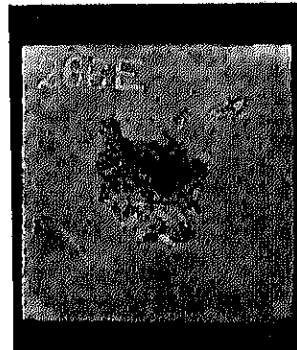
78. 複鐵筋 #8×30, 被り15
 $t=150$, $a=117$, $p=50$, $f'=170$
銃弾命中部分の鐵筋は彎曲す



79. 複鐵筋 #8×50, 被り15
 $t=150$, $a=114$, $p=50$, $f'=191$



80. 複鐵筋 #12×30, 被り15
 $t=100$, 2回射撃せる結果なり
第1回の射撃に於ては $p=44$



81. 前圖の裏面, 第1回には裏面異状なく, 第2回に於て貫通す

