
投稿論文

投稿くださる各位へのお願い

1. なるべく大勢の方々に投稿頂くため原稿枚数は、投稿原稿、依頼原稿とも規定以内(7. 参照)といたします。なお原稿料は規定枚数で打切りとなりますのでご了承ください。

2. 添付図はトレース(線図のみ墨入れ)または第2原図を原則とします。青図添付の場合は墨入れトレース代の一部負担を願いますので予めご了承ください。

3. 執筆者は依頼原稿の場合を除き正会員に限ります。したがって未加入者の場合は予め手続きいたしますのでその旨お申し出ください。

4. 本機関紙は現在、複数制編集委員による特集号形式としており、それぞれ特定のテーマによる依頼原稿が先行するため、投稿原稿は延期される傾向にありましたが、年間発行6冊のうち、2冊程度は投稿原稿による機関誌を予定し、また特集号でも数点は掲載余地を残すようにいたしますので、今後は投稿後半年以内には掲載されます。

5. 別刷は規定により50部を論説、報告、資料に限り贈呈いたします。それ以上希望される場合は実費増刷となりますので、原稿の表紙に部数をご記入願います。

6. 報告の投稿には必ず英文タイトル、英文著者名をつけてください。

7. 投稿原稿の制限枚数は次のとおりです。

論	説	刷上り6ページ(協会原稿用紙36枚、ただし図表、写真含む)以内		
報	告	// 8 // (// 48枚 //) //		
資	料	// 4 // (// 24枚 //) //		
工事	ニュース	// 1 // (// 6枚 //) //		
質	疑	応答 // 0.5 // (// 3枚 //) //		
読	者	の	声	// 0.5 // (// 3枚 //) //

鋼管被覆 PC パイルを建築構造物に用いる場合の耐火性

大 島 久 次*
大 島 敏 男**

1. 序 説

建築構造物用 Prestressed Concrete (PC) 部材では、火災を受けた後の構造耐力が火災前の元の耐力に対して、どの程度の残留保持耐力があるかが、火災後の PC 構造部材の補強および補修において問題となるところである。

そこで、火災後の構造部材がなるべく補強することなく、わずかの補修程度で継続使用できるために、耐火被覆材として Rock-wool Coating によってその目的を達し得ないかを、まず遠心力利用工業製品の PC パイルを、低層建築、例えば、ガレージ、工場、スーパーマーケット、または高速道路橋下の利用建築物などに用いる場合を念頭に置き、PC パイルの中でも特に軟弱地盤に

おける Negative Friction に対処させるために最近多く用いられている鋼管被覆 PC パイルを主な対象として、プレストレスを与えない高強度コンクリート供試体とともに、耐火実験を行い、さらに圧縮および曲げ実験より火災後の残留保持耐力について研究を行った。

2. 実験方法

(1) 供試体の種類および数

表-1、表-2 および表-3 に示すように、 $\phi 15\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ の Cylinder Type (I) および $\phi 15\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ (外径 15 cm, 内径 7 cm) の Hollow Cylinder Type (II) (パイル型) の 2 つの型によるそれぞれ 3 個の供試体の耐火試験前後の圧縮強度の比較、ならびに $\phi 30\text{ cm}$ (外径 30 cm, 内径 18 cm)、長さ 2 m (スパン 1.8 m)

表-1 Cylinder Type (I) の種類と寸法 ($\phi 150\text{ mm} \times 300\text{ mm}$)

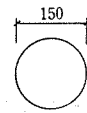
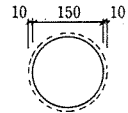
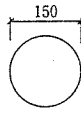
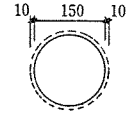

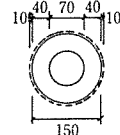

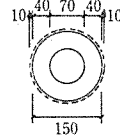
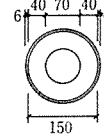
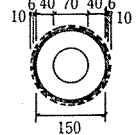
No.	(1)	(2)	(3)	(4)
Size & Kind				
	W/C=0.30 None Rockwool Coating (For PC Pile)	W/C=0.30 Rockwool Coating (For PC Pile)	W/C=0.40 None Rockwool Coating (For PC Pile covered with Steel Pipe)	W/C=0.40 Rockwool Coating (For PC Pile covered with Steel Pipe)
	None Prestressing		None Prestressing, But be used Admixtur for Chemical Prestressing	

表-2 Hollow Cylinder Type (II) の種類と寸法 ($\phi 150\text{ mm} \times 300\text{ mm}$)

No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Size & Kind						
	W/C=0.30 None Rockwool Coating (For PC Pile)	W/C=0.30 Rockwool Coating (For PC Pile)	W/C=0.40 None Rockwool Coating (For PC pile covered with steel Pipe)	W/C=0.40 Rockwool Coating (For PC Pile covered with Steel Pipe)	W/C=0.40 None Rockwool Coating (For PC Pile covered with Steel Pipe)	W/C=0.40 Rockwool Coating (For PC Pile covered with Steel Pipe)
	None Prestressing		None Prestressing, but be used the Admixture for Chemical Prestressing		Chemical Prestressing only	

* 千葉工業大学教授, 工博

** 千葉工業大学講師, 工博

表-3 曲げ-たわみ試験に使われた Hollow Cylinder Type (III) の種類と寸法 (φ=300 mm, l=2 000 mm)

No.	(1)	(2) ₁	(2) ₂	(3)	(3) ₁	(3) ₂	(4) ₁	(4) ₂	Method Of Loading
	Before (Fire Resistance) Test	One Hour Test	Two Hours Test	Before Test	One Hour Test	Two Hours Test	One Hour Test	Two Hours Test	
Size & Kind									Length of Test Piece 2,000mm Span at Loading 1,800mm Loading at Midspan
	Prestressing induced by 6-φ11 of Deformed Bar. Initial Prestressed Force is about 54 tf			Chemical Prestressing only					
	None Rockwool Coating	Rockwool Coating	None Rockwool Coating PC Pile covered with Steel Pipe			Rockwool Coating PC Pile covered with Steel Pipe			

の Hollow Cylinder Type (III) のそれぞれ2個の供試体の耐火試験前後の曲げひび割れモーメントおよび曲げ破壊モーメントの比較検討を行った。

(2) コンクリートの圧縮強度

PC パイル用のコンクリート圧縮強度として約 500 kgf/cm², 約 700 kgf/cm², 約 1 000 kgf/cm² およびそれ以上のものを対象とした。なお、耐火試験前の圧縮強度試験時の材令は約5日、耐火試験後の材令は約13週間である。コンクリートの養生はすべて常圧蒸気養生後にオートクレーブ養生(約 185°C, 約 10 気圧)を施した。

(3) 被覆鋼管および Rock-wool Coating の厚み

被覆鋼管の厚みは 6 mm, Rock-wool Coating の厚みは 10 mm とした。

(4) 耐火試験方法

JIS A 1304 に従って、4面火熱炉により試験し、曲げ試験では図-1に示す断面位置に熱電対を設置して温度測定を行った。

図-2に示す位置に Strain gauge を設置して、コンクリートのひずみ度測定を行った。

鋼管被覆パイルでは、ひび割れおよび曲げ破壊の荷重値を目視では簡単に求められないので、ひび割れ荷重値は図-1(2)の①点および図-2の③点における荷重-ひずみ曲線の変化の急な点より求め、曲げ破壊荷重値は

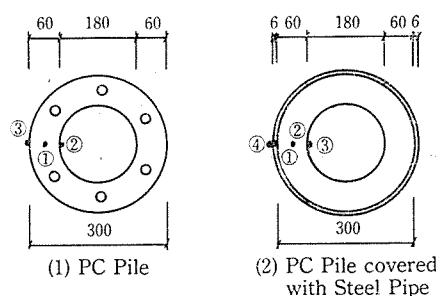


図-1 温度測定点 (単位: mm)

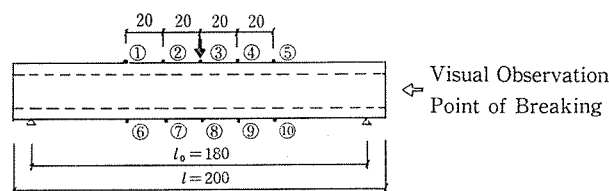


図-2 曲げ-たわみ試験測定点 (単位: cm)

図-1(2)の③点および図-2の③点におけるコンクリートの崩れ落ち出すときの荷重を穴を通して目視により求めた。

3. 実験の結果

Cylinder Type (I) および Hollow Cylinder Type (II) における耐火試験前後の単位容積質量, 静弾性係数および圧縮強度の試験結果は表-4 および表-5に示

表-4 Cylinder Type (I) (φ 150 mm × 300 mm) における耐火試験前後の単位容積質量, 静弾性係数および圧縮強度の試験結果

Kind of Test Piece	Time of Test	No.	W/C(%)	Unit Weight (tf/m ³)		Statical Modulus of Elasticity(×10 ³ kgf/cm ²)		Compressive strength(kgf/cm ²)		(B)/(A)×100 (%)
				Before Test	After Test	Before Test	After Test	Before Test (A)	After Test (B)	
Cylinder Type (I) φ150mm ×300mm	One Hour	(1)	0.30	2.37	2.23	3.05	1.13	731	550	75.2
		(2)	0.30	2.47	2.35	3.05	3.13	731	779	106.6
		(3)	0.40	2.30	2.17	2.56	0.87	536	432	80.6
		(4)	0.40	2.44	2.31	2.56	2.52	536	576	107.5
	Two Hours	(1)	0.30	2.32	2.16	3.05	0.18	731	159	21.8
		(2)	0.30	2.43	2.22	3.05	1.94	731	714	97.7
		(3)	0.40	2.32	2.16	2.56	0.11	536	105	19.6
		(4)	0.40	2.45	2.20	2.56	2.00	536	570	106.3

表-5 Hollow Cylinder Type (II) (φ150 mm×300 mm) における耐火試験前後の
単位容積質量、静弾性係数および圧縮強度の試験結果

Kind of Test Piece	Time of Test	No.	W/C (%)	Unit Weight(tf/m ³)		Statical Modulus of Elasticity(×10 ⁵ kgf/cm ²)		Compressive strength(kgf/cm ²)		(B)/(A)×100 (%)
				Before Test	After Test	Before Test	After Test	Before Test (A)	After Test (B)	
Hollow Cylinder Type(II) φ150mm ×300mm	One Hour	(1)	0.30	2.38	2.25	4.18	0.64	1085	305	28.1
		(2)	0.30	2.48	2.33	4.18	4.03	1085	1190	109.7
		(3)	0.40	2.39	2.29	3.48	0.55	1043	274	26.3
		(4)	0.40	2.58	2.33	3.48	3.25	1043	726	69.6
		(5)	0.40	3.35	3.25	6.74	3.42	1531	947	61.9
		(6)	0.40	3.40	3.29	6.74	6.93	1531	1702	111.2
	Two Hours	(1)	0.30	2.44	2.30	4.18	0.16	1085	116	106.9
		(2)	0.30	2.42	2.21	4.18	1.22	1085	446	41.1
		(3)	0.40	2.40	2.28	3.48	0.16	1043	115	11.0
		(4)	0.40	2.54	2.23	3.48	0.55	1043	212	20.3
		(5)	0.40	3.36	3.28	6.74	3.03	1531	816	53.2
		(6)	0.40	3.36	3.32	6.74	4.26	1531	1399	91.4

表-6 Hollow Cylinder Type (III) (φ300 mm, l=2 000 mm) における曲げ-たわみ試験での
ひび割れモーメント M_{cr} および曲げ破壊モーメント M_{br} の試験結果

kind	No.	Cracking Load Pcr(tf)	Bending Moment at Cracking (Mcr)		Breaking Load Pbr(tf)	Bending Moment at Breaking (Mbr)		(Mbr)/(Mcr)	
			Mcr (tf·m)	(%)		Mbr (tf·m)	(%)		
PC Pile Not Covered with Steel Pipe	Before Test	(1)	14.6	6.6	100	30.4	12.2	100	1.85
	One - Hour Rockwool Coating	(2) ₁	12.8	5.8	88.0	30.4	12.2	100	2.08
	Two - Hour Rockwool Coating	(2) ₂	8.2	3.7	63.9	26.7	10.7	87.8	2.89
PC Pile Covered with Steel Pipe	Before Test	(3)	37.6	16.9	100	103.2	46.5	100	2.75
	One - Hour None Rockwool Coating	(3) ₁	30.4	13.7	80.7	64.9	29.2	62.7	2.14
	Two - Hour None Rockwool Coating	(3) ₂	31.2	14.0	82.8	46.6	21.0	45.1	1.50
	One - Hour Rockwool Coating	(4) ₁	38.7	17.4	102.8	102.6	46.2	99.4	2.66
	Two - Hour Rockwool Coating	(4) ₂	39.9	17.9	106.0	102.6	46.2	99.4	2.58

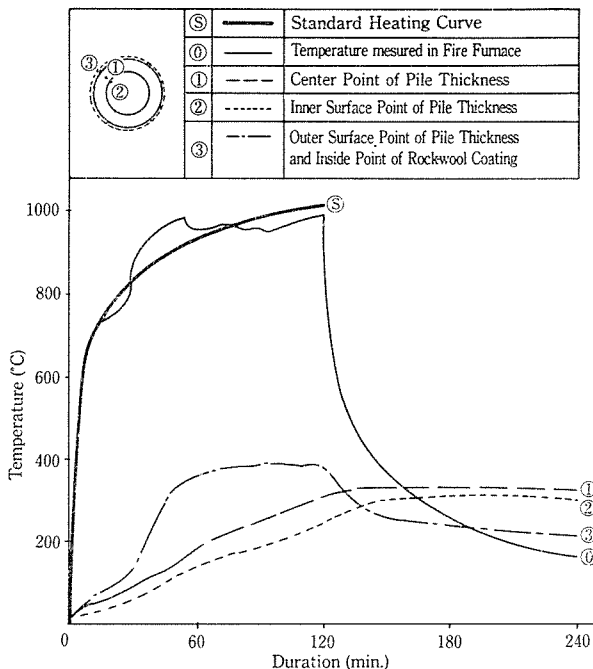


図-3 鋼管被覆はされず Rock-wool Coating を施した PC パイルの温度-時間曲線

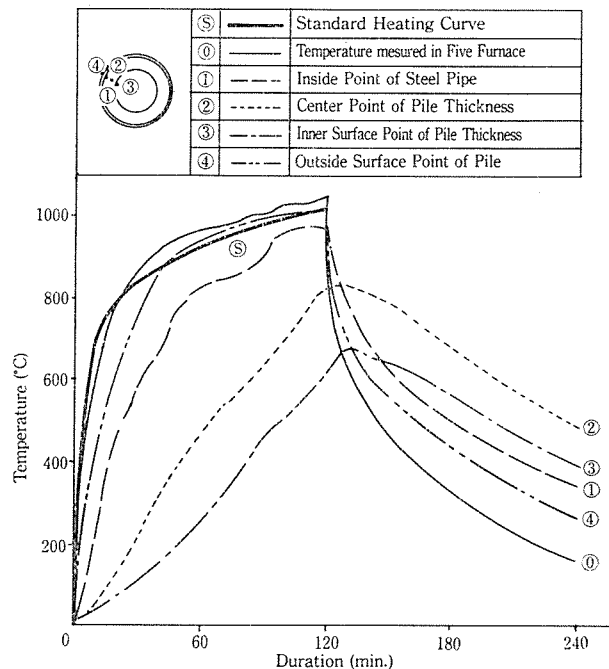
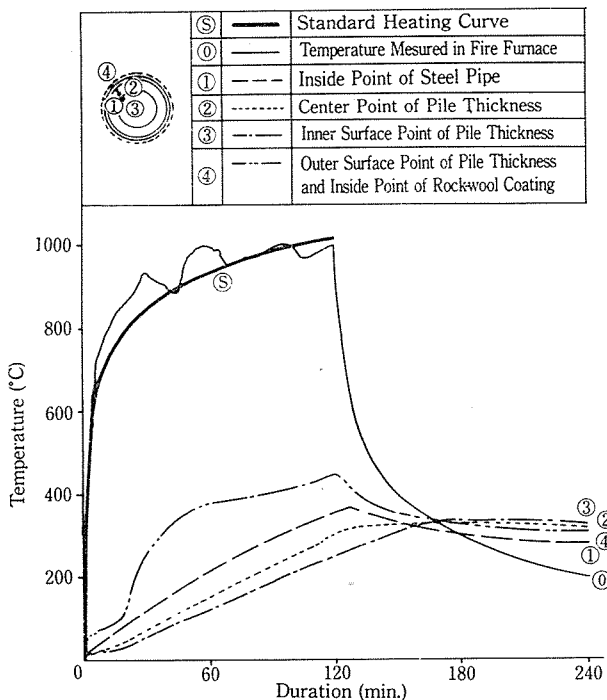


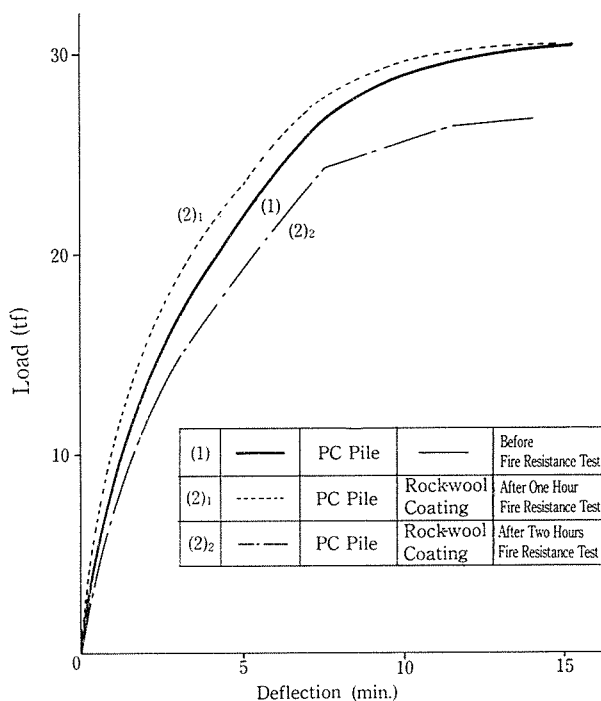
図-4 Rock-wool Coating を施さず鋼管被覆した PC パイルの温度-時間曲線

すとおりである。曲げ-たわみ試験におけるひび割れモーメント M_{cr} および曲げ破壊モーメント M_{br} の試験結果は表-6に示す。

各測定点の温度-時間関係を示すと、図-3、図-4 および図-5 のとおりである。次に、耐火試験前後の荷重-たわみ曲線を示すと図-6 および図-7 のとおりで



図—5 鋼管被覆をし Rock-wool Coating を施した PC パイルの温度-時間曲線

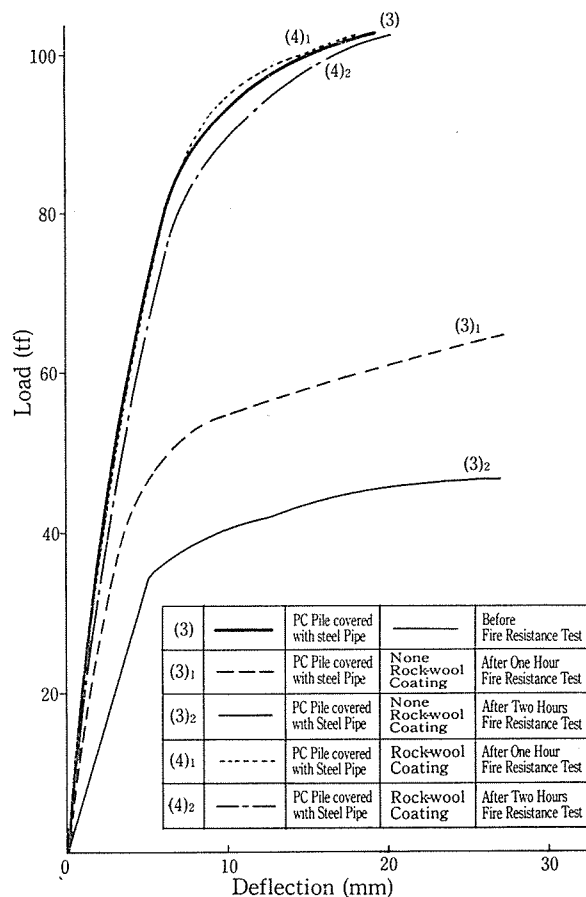


図—6 鋼管被覆されない PC パイルにおける耐火試験前後の荷重-たわみ曲線

ある。

以上の実験結果より、火災後の構造部材の耐力が、火災前の元の耐力に対してそれほど低下せず、構造的な補強を行わず、わずかな補修程度ですませるとすれば、次のような結論が得られる。

(1) 圧縮強度が 500~700 kgf/cm² 程度の高強度コ



図—7 鋼管被覆された PC パイルにおける耐火試験前後の荷重-たわみ曲線

ンクリートで Cylinder Type (I) では、Rock-wool Coating (厚さ 10 mm) したものは 1 時間耐火で適合したが、2 時間耐火では、強度的には十分であっても、弾性係数の減少傾向を考慮して、Rock-wool Coating の厚さをもっと増やす必要がある。一応 15 mm 程度とすべきであろう。

鋼管被覆パイル用コンクリート供試体では、1 時間耐火では概ね適合だが、2 時間耐火では Rock-wool Coating したものは強度的には概ね適合であっても弾性係数の減少が大きいことを考慮して Rock-wool Coating の厚みを増やす必要がある。一応、15 mm 程度とすべきであろう。

(2) 圧縮強度が鋼管被覆材の強度を含めて 1000 kgf/cm² 以上の Hollow Cylinder Type (II) のものは、鋼管被覆しないもので Rock-wool Coating (厚さ 10 mm) したものは、1 時間耐火で適合だが、W/C = 40% のものでは、強度および弾性係数が減少する。そこで当初の強度目標を 700 kgf/cm² 程度に押さえておけば概ね適合とみなせる。しかし、2 時間耐火では、Rock-wool Coating の厚さを 20 mm 程度に増やす必要がある。

報 告

次に、鋼管被覆パイプでは、Rock-wool Coating の厚さ 10 mm で、1 時間耐火では前記同様に適合するとみなされるが、2 時間耐火では幾分か安全をみて Rock-wool Coating の厚さを若干増やす必要がある。一応 15 mm 程度に増やす必要がある。

(3) 曲げ試験結果では、 M_{br}/M_{cr} はいずれも 1.5 以上で問題がないが、ひび割れ荷重が Rock-wool Coating (厚さ 10 mm) したものは、1 時間耐火で鋼管被覆の有無にかかわらず概ね適合とみなされる。2 時間耐火では、鋼管被覆のもので Rock-wool Coating したものでは適合で、Rock-wool Coating の厚さは 10 mm で適合とみなされる。

(4) 以上のいずれの試験結果でも、供試体面の目視できる爆裂現象はほとんど見られず、わずかに表面の 2～3 個所で僅少な剝裂がみられた程度で、強度的な影響がないように思われた。

4. 結 論

PC パイプを低層の建築構造材として用いる場合の耐火被覆材として Rock-wool Coating を施す場合に、次のことが推論できる。

(1) 1 時間耐火

鋼管被覆しなくとも Rock-wool Coating の厚さは 10 mm。

(2) 2 時間耐火

鋼管被覆しないものでは、Rock-wool Coating の厚さは 15 mm。鋼管被覆、Rock-wool Coating のものは、Rock-wool Coating の厚さは 10 mm。

(3) 現場打ちの Post-tension Prestressed Concrete 部材では、Precast 部材と異なり部材断面も大きく、緊張材のコンクリートかぶり厚さも大きい (5 cm 以上)。このこととともに Cylinder Type (I) の実験結果を併せて考慮して、次のように推論されよう。

圧縮強度が 500～600 kgf/cm² 程度の場合は Rock-wool Coating の厚さは、1 時間耐火で 10～15 mm、2 時間耐火で 15～20 mm 程度。

圧縮強度が 400～500 kgf/cm² の場合は Rock-wool Coating の厚さは、1 時間耐火で 15～20 mm、2 時間耐火で 20～25 mm 程度。

なお、上記のことは、今後行われる予定の Post-tension の Prestressed Concrete 部材の耐火実験で確認されるであろう。

5. 追 記

本研究には千葉工業大学助教授池永博威博士の協力と東京大学教授岸谷孝一博士の耐火試験の指導に負うところが多く、ここに感謝の意を表します。

【昭和 56 年 12 月 1 日受付】

協会誌「プレストレストコンクリート」用ファイル発売のご案内

かねてから編集委員会が企画していた「ファイル」が出来上りました。

これは 2 年分 (12 冊) 綴込み用で、紺の布クロス表紙に金文字で「プレストレストコンクリート」と刻印したものです。散逸を防ぎ、取外しも自在ですので、重宝されると思います。

価格は、会員用に大変低廉になっておりますが、送料は割高になりますので、できる限りまとめて注文なさるか、協会事務局に立ち寄りお持ち帰ることをお勧めいたします。

体 裁：B 5 判 (背幅 60 ミリ)、12 冊綴込み用、布クロス張り (紺)

価 格：400 円

送 料：1 冊の場合 300 円

2 冊以上 10 冊まで @ 200 円×冊数

11 冊以上 実費請求