

プレパクトモルタルの配合設計方法に関する実験的研究

堀 口 寛
山 城 幸 治

§ 1. まえがき

プレパクトコンクリート工法とは、あらかじめ型わく内に特定の粒度分布をもつ粗骨材を充てんし、粗骨材中に建込んだ注入管から所定の性質を備えた配合の特殊なモルタルを粗骨材の空げきに注入してコンクリート構造物を作る工法である。

注入するモルタルに、混和剤としてイントルージョンエイドを混入したものを、プレパクトモルタルと称している。

本工法は米国 Intrusion Prepakt 社, Luis. S. Wertz によって考案された工法で、わが国には昭和28年末に清水建設KK, および西松建設KKが特許実施権を取得し技術導入された。

わが国における施工は、昭和29年から護岸岸壁、防波堤、および橋脚基礎等、各種水中コンクリート構造物、あるいは各種構造物の補修に使用されていて、現在水中コンクリートとしては最も確実な品質のコンクリートが得られる工法とされている。

また、本工法の応用工法として、

- 1) プレパクト場所打くい工法 (PIPくい工法, CIPくい工法, MIPくい工法など)
- 2) イントルージョン工法
- 3) ファブリパクト工法
- 4) 放射線しゃへい用重コンクリート

等、幅広い施工方法として実用化されている。特に、近年、プレパクト場所打くい工法は建設公害のない工法として目ざましい発展をとげるに至った。

プレパクトコンクリートが普通コンクリートと異なる点は、

- 1) 粗骨材とモルタルを施工上分けて別々に使用しコンクリート構造物を成形すること、
- 2) 粗骨材の空げきに注入するプレパクトモルタルは材料分離を起こさず、粗骨材空げきにすき間なく注入され、硬化後は所定の性能を得る特定な性状を有

すること、

に要約されるものと考えられる。

特にプレパクトモルタルの性質は、直接的にプレパクトコンクリートの性質に影響をおよぼすことは必然であり、それゆえにプレパクトモルタルの性質を正確に把握する必要がある。

また、プレパクトモルタルの諸性質は、その配合比の変化によって鋭敏に変化する。したがってプレパクトモルタルの配合を適切に定めることは、良い品質のプレパクトコンクリートを得ることにほかならないのである。

現在、プレパクトモルタルの配合を定める場合、その配合設計方法は土木学会“プレパクトコンクリート施工指針(案)”あるいは建築学会“建築工事標準仕様書”いずれにも具体的な設計方法が明記されておらず、また諸外国における仕様書にも見られない、わが国における2, 3の報文に見うけられるがいまだ実用化されるに至っていないのが現状である。

したがって、現在プレパクトモルタルの配合を決定する方法は既往の施工資料・実験資料をもとに現場で試験練りを行ない、その結果から配合を決めているのが現状である。

本研究は以上に述べた背景のもとに、プレパクトモルタルの配合と諸性質との関係を実験によって調べ、一般的な相関関係を見出し、合理的かつ経済的なプレパクトモルタルの配合設計方法を確立することを目的としたものである。

§ 2. 研究の概要

プレパクトモルタルの諸性質に影響をおよぼす要因はきわめて多い。すなわち、セメント、混和材、細骨材、混和剤、水等の品質、使用材料の配合比、練りませ方法、養生条件等である。

しかし、これらの要因をすべて考慮してプレパクトモ

ルタルの配合設計をすることは一般に行なわれない。

例えば使用材料の選択はその現場における地理的、経済的な条件によって決まり、遠方より材料を搬入するというようなことは、一般に行なわれていない。このように現場において特定の制約を受ける条件をのぞけば配合設計で考慮する大きな要因がある程度小範囲になる。すなわち、配合設計をすることは配合比を変えることによって所定の性質のプレバクトモルタルを得るということに換言できる。

現在、一般のプレバクトモルタルの配合設計で主として問題となる性質は流動性、膨張率、ブリージング率、圧縮強度である。

本研究は以上の背景からプレバクトモルタルの配合比すなわち、水結合材比($W/(C+F)$)、フライアッシュ混和率($F/(C+F)$)、砂結合材比($S/(C+F)$)、イントルージョンエイド混和率($I.A/(C+F)$)、とプレバクトモルタルの流動性、膨張率・ブリージング率、圧縮強度との関係について調べた。

また、その他に細骨材の品質と流動性との関係、養生温度と圧縮強度との関係についても調べた。

以下に各実験別にその概要を述べる。

2.1 実験—I

- 1) 水結合材比、フライアッシュ混和率と圧縮強度との関係
- 2) 砂結合材比と圧縮強度との関係

2.2 実験—II

- 1) コンシステンシーを一定とした場合の砂結合材比と水結合材比との関係

2.3 実験—III

- 1) コンシステンシーを一定とした場合の細骨材の品質と砂結合材比との関係

2.4 実験—IV

- 1) 材令と圧縮強度との関係

2.5 実験—V

- 1) 養生温度と圧縮強度との関係

再現性がある一般的なものを選んで使用した。

プレバクトコンクリートおよびプレバクト場所打くい等において、セメントは一般に普通ポルトランドセメントを使用していて、特定の場合にはその目的に応じて早強ポルトランドセメント、フライアッシュセメント、高炉セメントなども使用されている。

セメントは、その銘柄、製造工場によって物理的、化学的性質が多少異なり、プレバクトモルタルの諸性質にも影響はあるものと考えられるが、本実験ではJ I S R5201の規格に合った製品であれば再現性があるものとして、一銘柄の製品を使用した。

混和材は、一般の工事では現在ほとんどフライアッシュを使用している。フライアッシュもセメントと同様にその銘柄、製造工場によって物理的、化学的性質が多少異なるが、一応J I S A6201の規格に合致したものをを使用した。

細骨材は「プレバクトコンクリート施工指針(案)」(土木学会)でその標準粒度分布の範囲を定めているので本実験では川砂で標準粒度分布の範囲にできるだけ近いものを使用した。

混和剤はイントルージョンエイドを、使用水は上水道水を使用した。以下に各使用材料の試験結果を示す。

3.1 セメント

日本セメント株式会社製の普通ポルトランドセメントを使用した。試験結果を表—1に示す。

		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
比 重	比	3.16	3.16	3.16	3.16
	粉末度(88 μ 残分)(%)	1.8	1.8	3.4	2.4
凝結時間	始発(時-分)	2-40	2-30	2-53	3-05
	終結(時-分)	3-59	3-35	4-08	4-20
安定性	安定性	良	良	良	良
	フロー値(mm)	252	247	240	242
曲げ強さ (kg/cm ²)	3 日	31.4	34.1	—	—
	7 日	46.7	46.1	42.0	39.4
	28 日	68.2	68.1	68.0	68.0
圧縮強さ (kg/cm ²)	3 日	122	144	—	—
	7 日	223	228	215	195
	28 日	413	405	395	387

表—1 セメントの試験結果

§ 3. 使用材料

実験に使用した材料はプレバクトモルタルの諸性質の

3.2 混和材

東電フライアッシュ工業株式会社製のフライアッシュ

を使用した。試験結果を表一2に示す。

		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
比	重	2.18	2.25	2.18	2.24
粉末度	ブレン(cm ³ /g)	3390	—	3630	—
	44 μ 残分 (%)	9.0	14.0	9.0	8.0
所要水量比 (%)		95.0	97.4	95.0	96.6
圧縮強度比 (%)		80.6	77.2	81.2	74.8

表一2 フライアッシュの試験結果

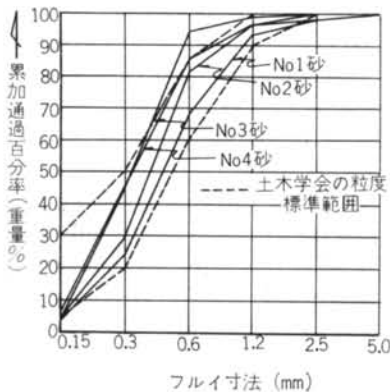
3.3 細骨材

細骨材は利根川産の川砂を使用した。

試験結果を表一3、図一1に示す。

		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
比	重	2.58	2.60	2.60	2.56
吸水量 (%)		3.0	1.80	1.90	4.2
フルイ分け試験 結果通過百分率 (%)	5 mm	99	99	100	100
	2.5	98	98	100	100
	1.2	93	96	99	96
	0.6	69	81	94	85
	0.3	25	30	46	45
	0.15	4	5	6	4.5
Pan		0	0	0	0
粗粒率 (F.M)		1.91	1.55	2.10	1.69

表一3 細骨材の試験結果



図一1 細骨材の粒度分布

§ 4. 試験方法

プレパクトモルタルの試験方法は、現在、「プレパクトコンクリート施工指針(案)」（土木学会）、「建築工事標準仕様書」（建築学会）、あるいは General Specifications for Prepakt Concrete (Intrusion Prepakt Co.) 等に種々の方法が提案されていて、統一された試験方法はまだできていないのが現状である。

本実験では一般のプレパクトコンクリートあるいはプレパクト場所打くい工事において行なわれている方法で行なった。以下にその方法について述べる。

4.1 プレパクトモルタルの練りませ方法

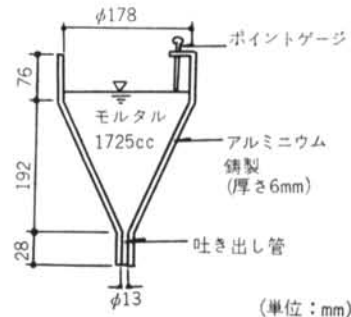
プレパクトモルタルの練りませは、2段攪拌羽根をもつプレパクト用4切電動ミキサ（回転数180r.p.m, 攪拌容量50ℓ）を使用して行なった。

練りませ方法は、水、イントルージョンエイド、フライアッシュ、セメント、砂の順に約2分間でミキサー内に投入し、その後さらに3分間継続して練りませを行なった。1バッチの攪拌容量は約30~40ℓになるように各材料の量を調整して練りませを行なった。

4.2 コンシステンシー試験

試験方法は、General Specifications for Prepakt Concrete に示される方法、すなわち図一2に示す形状・寸法の流下装置を使用して行なった。

測定方法は、ロートの吐き出し管の下端を閉じて、モルタルを1725cc入れ、自由に流出させて、その流下時間をストップウォッチで測定し流下時間〇〇秒と表示した。



図一2 コンシステンシー試験装置

4.3 膨張率・ブリージング率試験

試験方法は、General Specifications for Prepakt Concrete に示される方法、すなわち1000ccの目盛付メ

スリンダに練り混ぜたモルタルを約800ccまで入れ、経過時間とともにモルタル面と水面の読みを読む。

膨張率・ブリージング率の表示方法は、モルタルを入れた時の読みを M_0 cc, ある経過時間での水面の読みを W cc, モルタル面の読みを M cc とすると次の式で計算される。

$$\text{膨張率 (\%)} = \frac{W - M_0}{M_0} \times 100$$

$$\text{ブリージング率 (\%)} = \frac{W - M}{M_0} \times 100$$

測定は経過時間、3時間まで行なった。

4.4 圧縮強度試験方法

試験方法は、“プレパッドコンクリート施工指針(案)”(土木学会)プレパッドコンクリート試験方法、3章、注入モルタルの圧縮強度試験方法に示される方法に従って行なった。すなわち、供試体は $\phi 5 \times h 10$ cm のモールドにモルタルを充てんし、ガラス板上ふたをし、その上に重さ3.6kgのおもりを載せてプレパッドモルタルの膨張を抑制した。

供試体はモルタル充てん後、24時間でキャッピングし48時間で脱型して試験まで 20 ± 2 °C の水中で養生した。

試験は、材令28日、および91日で行なった。

§ 5. 実験結果および考察

5.1 実験-I

5.1.1 概要および結果

本項では、プレパッドモルタルの配合比がプレパッドモルタルの圧縮強度におよぼす影響について調べた。すなわち、水結合材比 ($W/(C+F)$)、フライアッシュ混和率 ($F/(C+F)$)、砂結合材比 ($S/(C+F)$) がプレパッドモルタルの圧縮強度におよぼす影響について実験を行なった。

実験は、表-4に示す各要因の水準を組合せて行なった。実験結果を図-3、4に示す。

No	$W/(C+F)$ (%)	$F/(C+F)$ (%)	$S/(C+F)$
1	46	0	0.6
2	48	10	0.8
3	50	20	1.0
4	52	30	1.2
5	54	40	1.4

表-4 要因と水準

5.1.2 水結合材比 ($W/(C+F)$)、およびフライアッシュ混和率 ($F/(C+F)$) とプレパッドモルタルの圧縮強度との関係

フライアッシュ混和率をパラメータとした場合の水結合材比とプレパッドモルタルの圧縮強度との関係は、水結合材比の逆数 ($(C+F)/W$, 以後、結合材水比と呼ぶことにする。) と圧縮強度について実験結果を整理すると図-3、4のようになる。すなわち、結合材水比が増加すれば圧縮強度は一次的に増加し、その増加の割合はフライアッシュ混和率によって異なる。

普通コンクリートでは D. A. Abrams 氏の強度理論¹⁾が、今日一般に認められていて配合決定などの基礎的な考え方の根本になっている。また、強度推定式ではその関数形がより簡単な Inge Lyse 氏のセメント水比説²⁾が適用されている。

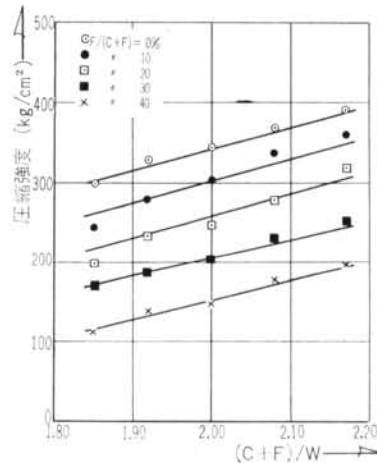


図-3 結合材水比と圧縮強度との関係 (材令28日)

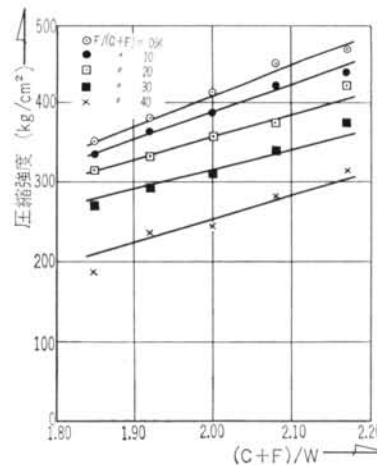


図-4 結合材水比と圧縮強度との関係 (材令91日)

セメント水比説ではセメント水比 X と強度 F との間に
 $F = Km(AX - B)$

なる一次式の関係があるとされている。

プレバクトモルタルの場合も結合材水比をセメント水比と考えれば、基本的に Lyse 氏のセメント水比説が適用されるものと考えることができる。

水結合材比をパラメータとした場合のフライアッシュ混和率とプレバクトモルタルの圧縮強度との関係は図-5, 6に示すようにフライアッシュ混和率が増加すると圧縮強度は一次的に減少する。

プレバクトモルタルの圧縮強度と結合材水比との関係をセメント水比説を適用して、本実験結果より最小自乗法により実験式を求めると、材令28日、圧縮強度： σ_{28} 、 $(C+F)/W = x$ として、

$$\sigma_{28} = ax - b \quad \dots(1)$$

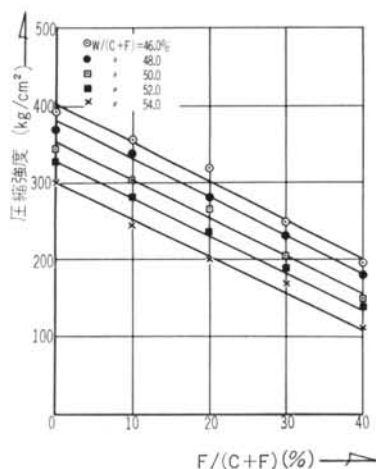


図-5 フライアッシュ混和率と圧縮強度との関係(材令28日)

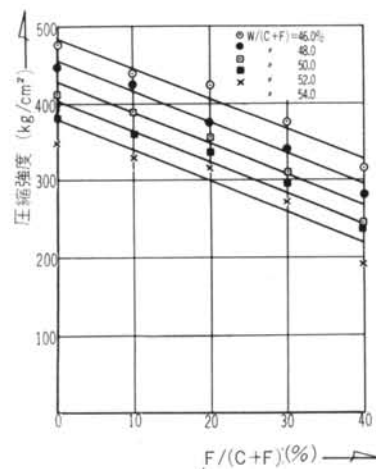


図-6 フライアッシュ混和率と圧縮強度との関係(材令91日)

と考えると、

$$\begin{aligned} F/(C+F) = 0\% & \quad \sigma_{28} = 298x - 218 \\ 10\% & \quad \sigma_{28} = 374x - 444 \\ 20\% & \quad \sigma_{28} = 372x - 501 \\ 30\% & \quad \sigma_{28} = 279x - 350 \\ 40\% & \quad \sigma_{28} = 280x - 407 \end{aligned}$$

ここでフライアッシュ混和率と係数： a 、定数： b の関係は、ほぼ比例関係にあることから、

$$F/(C+F) = P\% \text{ として、} \quad a = cP + d, \quad d = eP + f$$

と考えて最小自乗法により関係式を求めると、

$$a = 350 - 1.3P \quad \dots(2)$$

$$b = 2.8P + 108 \quad \dots(3)$$

が得られる。

したがって、式(2)、(3)を式(1)に代入すると、

$$\sigma_{28} = (350 - 1.3P)x - (2.8P + 330) \quad \dots(4)$$

が得られる。

同様に材令91日における結合材水比とプレバクトモルタルの圧縮強度について実験式を求めると、

$$\begin{aligned} F/(C+F) = 0\% & \quad \sigma_{91} = 387x - 364 \\ 10\% & \quad \sigma_{91} = 332x - 275 \\ 20\% & \quad \sigma_{91} = 342x - 288 \\ 30\% & \quad \sigma_{91} = 338x - 359 \\ 40\% & \quad \sigma_{91} = 390x - 531 \end{aligned}$$

が得られる。

ここで $F/(C+F) = P\%$ として係数および定数との関係を求めると、

$$a = (0.1P + 352), \quad b = (4.2P + 280)$$

が得られる。この関係式をまとめると、

$$\sigma_{91} = (0.1P + 352)x - (4.2P + 280) \quad \dots(5)$$

が得られる。

したがって、プレバクトモルタルの材令28日および91日圧縮強度と結合材水比、フライアッシュ混和率との関係は、

$$\sigma_{28} = (350 - 1.3P)x - (2.8P + 330)$$

$$\sigma_{91} = (352 - 0.1P)x - (4.2P + 280)$$

なる関係式で定量的に表わすことができる。

5.1.3 砂結合材比($S/(C+F)$)と圧縮強度との関係

D. A. Abrams 氏の水セメント比説および I. Lyse 氏のセメント水比説ではコンクリートがプラスチックでワーカブルならば強度は単に水セメント比、あるいはセメント水比のみによって決定されるといわれている。

しかし、布施氏によれば同一水セメント比でもコンクリート単位容積中の水量の多いものは分離をきたし易く、強度が低下するといわれており、坂氏はこの布施氏の観点を覚えて同一水セメント比でも骨材とセメントの

量の比によって異なるとしている。3)

本実験結果では、プレパクトモルタルの圧縮強度と砂結合材比との関係は図-7, 8に示すように、圧縮強度は実用的な範囲内で砂結合材比が変わっても水結合材比によって一義的に決定されるということがわかる。

このことは、先に述べた布施氏、坂氏の結果に矛盾するものであるが、しかし、両氏の結果は骨材量をかなり大きく幅をとった場合の一般的な傾向であって、骨材量がある程度の範囲内で材料分離のないような実用的な配合では D. A. Abrams 氏の論理に合致するものと考えられる。したがって、本実験結果からプレパクトモルタルの圧縮強度は、実用的な範囲内で、水結合材比、フライアッシュ混和率によって決定されるものと考えてもさしつかえない。

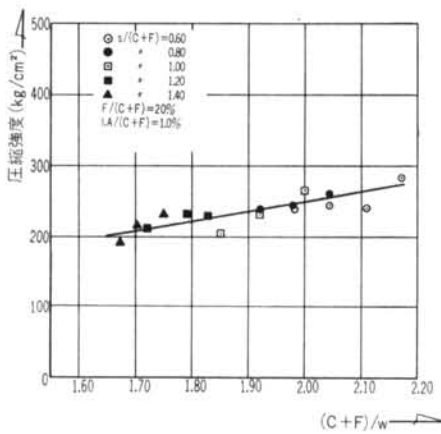


図-7 砂結合材比を変化した場合の結合材水比と圧縮強度との関係(材令28日)

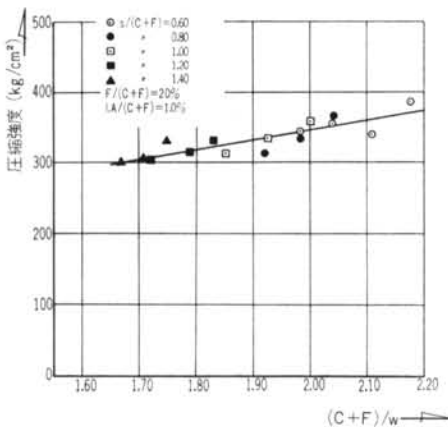


図-8 砂結合材比を変化した場合の結合材水比と圧縮強度との関係(材令91日)

5.2 実験-II

5.2.1 概要および結果

実験-Iでは、プレパクトモルタルの配合比と圧縮強度との関係について検討した。

すなわち、プレパクトモルタルの圧縮強度に影響をおよぼすのは、水結合材比、およびフライアッシュ混和率のみであり砂結合材比は、骨材量が実用的な範囲内であれば影響がないことが解明された。

プレパクトモルタルは、粗骨材の投入後にその間げきに注入するということから分離しにくく、流動性が良いものでなければならぬと思われる。

プレパクトモルタルの流動性は、それが良すぎると材料分離を起こしやすくなり、またそれが悪くなると粗骨材の間げきに密実に注入されなくなる。したがって、それらの条件からプレパクトモルタルの流動性はある範囲

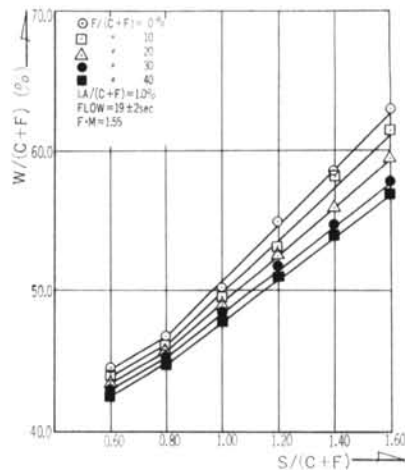


図-9 水結合材比と砂結合材比との関係(流下時間19±2秒)

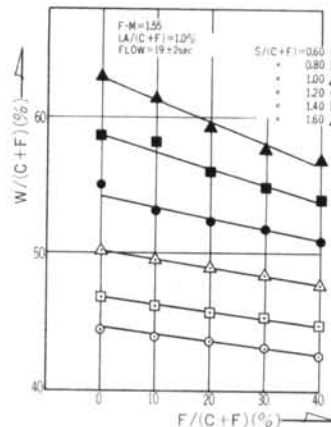


図-10 水結合材比とフライアッシュ混和率との関係(流下時間19±2秒)

をもつことになる。

プレパクトモルタルのコンシステンシーは、現在、各所で実験が行なわれ、最適値の種々の提案がなされている。現在までの施工例では19~20秒を標準にした例が多く、良好な結果を得ているようである。

現状では“プレパクトコンクリート施工指針(案)”に示される流下時間 19 ± 2 秒が一般の標準のようであり、本実験においても 19 ± 2 秒を標準にして行なった。

以上の背景から本項ではプレパクトモルタルの配合比とプレパクトモルタルの流動性および膨張率・ブリージング率との関係について調べたものである。

実験の結果を図-9, 10に示す。

5.2.2 プレパクトモルタルのコンシステンシーを一定とした場合の水結合材比と砂結合材比との関係

使用材料の品質を一定とし、プレパクトモルタルのコンシステンシーを流下時間で 19 ± 2 秒とした場合の水結合材比と砂結合材比と関係は、図-9, 10に示すように砂結合材比 $S/(C+F) = 0.8$ を境界に直線関係がある。

また、この関係は、フライアッシュ混和率によっても変わる。

本実験結果では、砂結合材比と水結合材比との関係は、砂結合材比 $S/(C+F) = 0.8$ を境にフライアッシュ混和率によっても異なるが、大略の値は $S/(C+F) > 0.8$ の領域では $W/(C+F) = \pm 1.0\%$ の変化に対して $S/(C+F) = \pm 0.05 \sim 0.07$ であり、 $S/(C+F) < 0.8$ の領域では $W/(C+F) = \pm 1.0\%$ の変化に対して $S/(C+F) = \pm 0.09$ である。

本実験では砂結合材比を $S/(C+F) = 0.6 \sim 1.6$ にとつて行なったものであり、この範囲内では $S/(C+F) = 0.8$ を境にその変化率が変っている。このことは、砂結合材比の幅をもっと大きくとつた場合に水結合材比と砂結合材

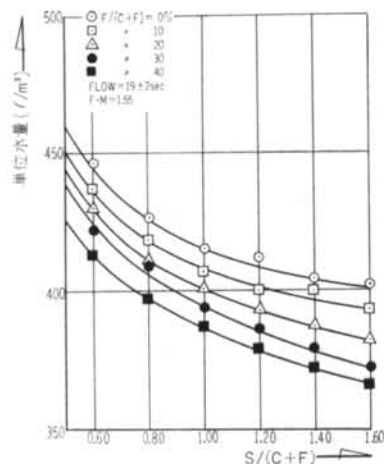


図-11 砂結合材比と単位水量との関係(流下時間 19 ± 2 秒)

比との関係は二次的な関係になるものと推察される。

プレパクトコンクリートも普通コンクリートと同様に単位水量が減少すれば、材料分離が少なく、耐久性が増すものと考えられ、その意味においてもプレパクトモルタルの配合を定める場合は単位水量をも考慮しなければならない。本実験結果からプレパクトモルタルの単位水量の計算値と砂結合材比との関係を図-11に示す。

図-11からも明らかなように砂結合材比が小さくなるに従って単位水量が増加する。その変化率を見ると、砂結合材比 $S/(C+F) = 0.9$ 付近を境に砂結合材比が0.9よりも小さい領域では急激に単位水量が増加し、0.9よりも小さい領域では単位水量の変化率が徐々に小さくなる傾向がある。

単位水量が小さいプレパクトモルタルは水密性が大きく、強度、乾燥収縮等に良好な結果をもたらすことは明白である。したがって、砂結合材比を選定する場合にはできるだけ単位水量の小さいモルタル、すなわち砂結合材比が $S/(C+F) = 0.9$ よりも大きい範囲で選定することが望ましいといえる。

5.2.3 プレパクトモルタルのコンシステンシーを一定とした場合の砂結合材比と膨張率・ブリージング率との関係

プレパクトモルタルのコンシステンシーを一定(流下時間で 19 ± 2 秒)とした場合の砂結合材比と膨張率との関係を図-12に、ブリージング率との関係を図-13に示す。図-12から明らかなように砂結合材比が増加すれば膨張率は一次的に減少する。また、図-13から明らかなように砂結合材比の増減にかかわらずブリージング率はほぼ一定の値を示している。プレパクトモルタルの膨張機構は、セメント質の中に含有されるアルカリ分の溶液と混和剤に含有されるアルミニウム粉末との化学反応で水素ガスが発生し、それが微小な気泡となって体積膨張を示すのであるから、その量はセメントペースト中のアルカリ分の溶出濃度によって異なることは明らかである。

いまセメントペースト中のアルカリ分の濃度を水結合材比と考えれば、流下時間を一定にした場合、砂結合材比が増加すれば当然水結合材比も増加する。したがって砂結合材比が増加すればアルカリ分の濃度は薄くなり膨張率は小さくなるものと解釈される。

膨張率・ブリージング率試験では、4.4.3に示されるように、膨張率はブリージング水を含んだ体積変化率を示している。しかしながら実際はプレパクトモルタルのみの膨張率(以下は純膨張率と呼ぶことにする。)が問題となる。すなわち、プレパクトコンクリートでは粗骨

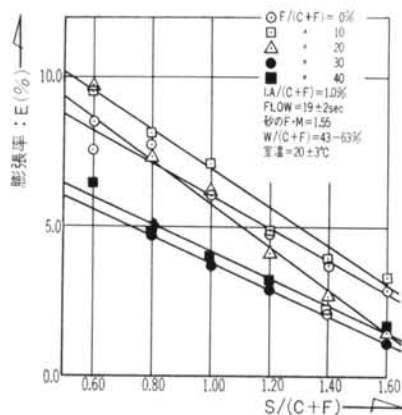


図-12 砂結合材比と膨張率との関係(3時間経過後)

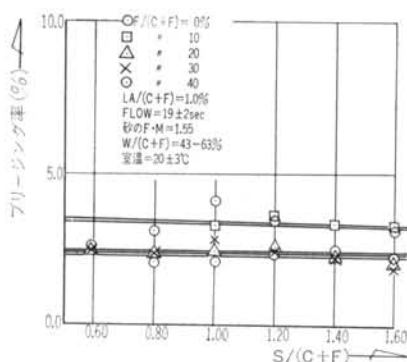


図-13 砂結合材比とフリージング率との関係(3時間経過後)

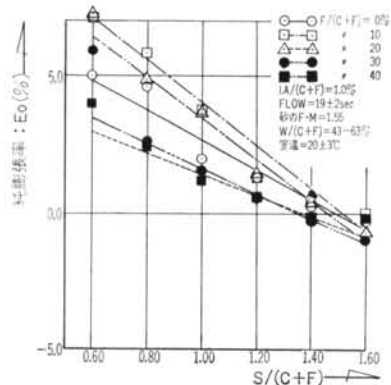


図-14 砂結合材比と純膨張率との関係(3時間経過後)

材の投入先詰めとモルタルの注入という2つの作業からなるために、粗骨材の間げきに注入されたモルタルは注入後に適度の純膨張率を確保することにより、モルタルと粗骨材との付着が改良され、強度上でも水密性のうえからも良好な結果が得られるものと思われる。

しかし、純膨張率が負になった場合、すなわちモルタルの体積が収縮した場合は粗骨材との付着が悪化され、

強度上あるいは水密性の上からも好ましい結果は得られないものと考えられる。

本実験結果から純膨張率を計算した結果を図-14に示す。図-14からも明らかなように純膨張率は砂結合材比の増加にともなってほぼ一次的に減少する。

前述したことから、プレパクトモルタルの純膨張率は常に正であるように砂結合材比を選定しなければならないと思われ、図-14からも明らかなように純膨張率が正の領域は、砂結合材比が $S/(C+F) = 1.4$ よりも小さい領域にある。このことは砂結合材比を選定する場合の1つの指標として考慮しなければならない条件と思われる。

5.3 実験-III

5.3.1 概要および結果

本項では、細骨材の品質がプレパクトモルタルのコンシステンシーにおよぼす影響について調べた。

実験は、プレパクトモルタルのコンシステンシーを一定(流下時間19±2秒)とした場合に砂結合材比と水結合材比、フライアッシュ混和率との関係、および砂の品質とプレパクトモルタルのコンシステンシーとの関係について行なった。

砂の品質を構成する要素として考えられるのは、

- 1) 比重
- 2) 粒度分布
- 3) 粒子形状
- 4) 粒子表面組織
- 5) 鉱物組成

等があるが、このうち一般にコンクリート用材料としてコンクリートあるいはモルタルの諸性質に特に影響があるのは、比重、粒度分布、粒子形状である。本実験では比重および粒子形状を一定なものとして粒度分布のみについて実験を行なった。

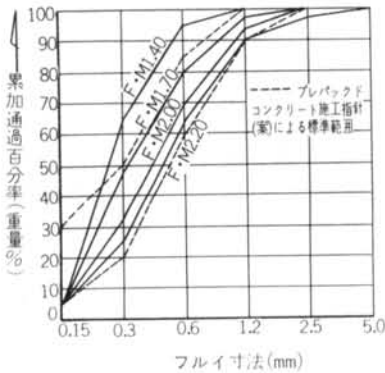
以下に実験の詳細を示す。

プレパクトモルタルのコンシステンシー、水結合材比、フライアッシュ混和率を一定とした場合の砂の粒度分布と砂結合材比との関係に関する実験では、砂の粒度分布を変えるために実験-IIで使用した砂を各粒大別(0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.5, 5.0mm)にふるい分け、さらにそれらを所定の粒度分布となるように再混合し、粒度分布を人為的に調整したものを使用した。

実験に使用した砂の粒度分布を表-5、図-15に示す。等値の粗粒率($F \cdot M$)で粒度分布が変わった場合の砂結合材比とコンシステンシーとの関係に関する実験では使用する砂の粒度分布を変えるために、実験-IIで使用した砂の粒度分布を変えるために前項で使用した砂を各

粗粒率 (F·M)		フライ目の開き (mm)						
		5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.15 以下
1.40	累加残留率(重量%)	0	0	0	5	35	95	100
	" 通過率(重量%)	100	100	100	95	65	5	
1.70	" 残留率(重量%)	0	0	3	20	52	95	100
	" 通過率(重量%)	100	100	97	80	48	5	
2.00	" 残留率(重量%)	0	0	7	30	68	95	100
	" 通過率(重量%)	100	100	93	70	32	5	
2.20	" 残留率(重量%)	0	3	10	37	75	95	100
	" 通過率(重量%)	100	97	90	63	25	5	

表一五 砂の粒度分布



図一五 砂の粒度曲線

粒大別(0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.5, 5.0mm)にふるい分け, さらにそれらを再混合して人為的に調整した砂を使用した。砂の粗粒率(F·M)は1.70とした。使用した砂の粒度分布を表一六、図一六に示す。

5.3.2 プレパクトモルタルのコンシステンシー、水結合材比、フライアッシュ混和率を一定とした場合の砂の粒度分布と砂結合材比との関係

砂の粒子の細粗を表わす数値として粗粒率がある。粗粒率は横軸にフライ目の開きの対数を取り、縦軸に累加通過百分率をとった場合のフライ分け曲線の上側にある面積の関数である。

任意の粒度の粗粒率は次式で与えられる。⁴⁾

$$\text{粗粒率 (F·M)} = 3.28 + 3.32 \log d$$

式中で d : 平均粒径(mm)

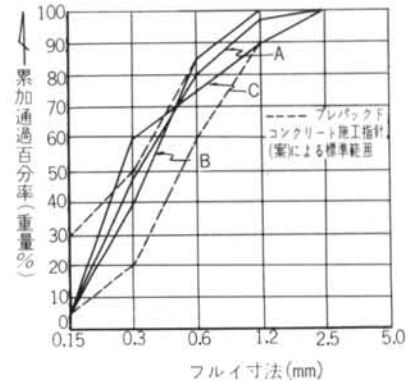
上式では平均粒径が大きくなれば、当然粗粒率は大きくなることは明らかである。

このように砂の粒子の細粗を粗粒率で表わすことが可能である。

プレパクトモルタルの水結合材比、フライアッシュ混

砂の種類		フライ目の開き (mm)						
		5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.15 以下
A	累加残留率(重量%)	0	0	3	20	52	95	100
	" 通過率(重量%)	100	100	97	80	48	5	
B	" 残留率(重量%)	0	0	0	15	60	95	100
	" 通過率(重量%)	100	100	100	85	40	5	
C	" 残留率(重量%)	0	0	10	25	40	95	100
	" 通過率(重量%)	100	100	90	75	60	5	

表一六 砂の粒度分布



図一六 砂の粒度曲線

和率を一定にした場合、流下時間 19 ± 2 秒を得るのに必要な砂結合材比は図一七、一八、一九で明らかのように砂の粗粒率によって直線的に変化する。すなわち、砂の粗粒率が増加すれば砂結合材比は一次的に増加する。その増加する割合は水結合材比、フライアッシュ混和率に関係なく砂の粗粒率 ± 0.1 の変化に対して砂結合材比の変化は大略 ± 0.03 である。

前述したように粗粒率が大になれば当然粗な粒子が多くなり、その砂の単位容積当りの総表面積は粗粒率の小いものに比べて小さくなることは明らかである。

したがって、表面積が小さくなれば砂の粒子を包むために必要なペーストの量は、少なくてすむことになると解釈される。

実験一IIで述べたように水結合材比 $W/(C+F) = \pm 1\%$ の変化に対して砂結合材比 $S/(C+F) > 0.8$ の領域では砂結合材比の変化は $S/(C+F) = \pm 0.05 \sim 0.07$ であるので砂の粗粒率が ± 0.1 に対して水結合材比の変化は $W/(C+F) = \pm 0.6 \sim 0.4\%$ となる。したがって水結合材比 $W/(C+F) = \pm 1\%$ の変化にみあう砂の粗粒率の変化は大略 ± 0.2 と考えると差しつかえない。

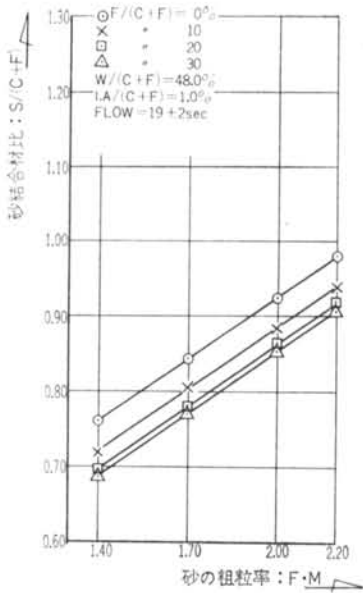


図-17 砂の粗粒率と砂結合材比との関係 (流下時間 19 ± 2 秒)

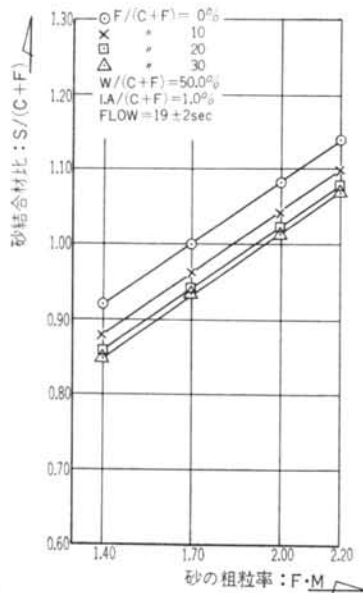


図-18 砂の粗粒率と砂結合材比との関係 (流下時間 19 ± 2 秒)

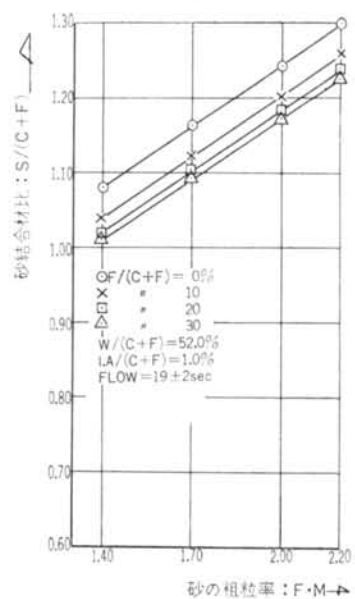


図-19 砂の粗粒率と砂結合材比との関係 (流下時間 19 ± 2 秒)

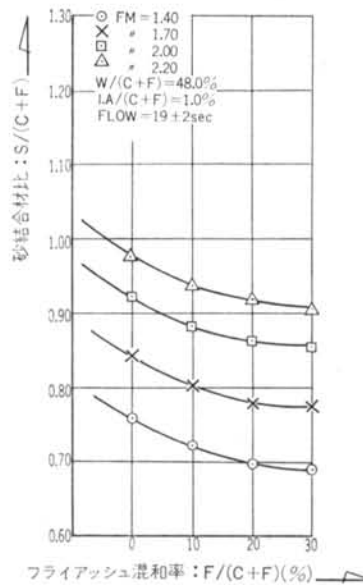


図-20 砂結合材比とフライアッシュ混和率との関係
($W/(C+F)=48.0\%$)

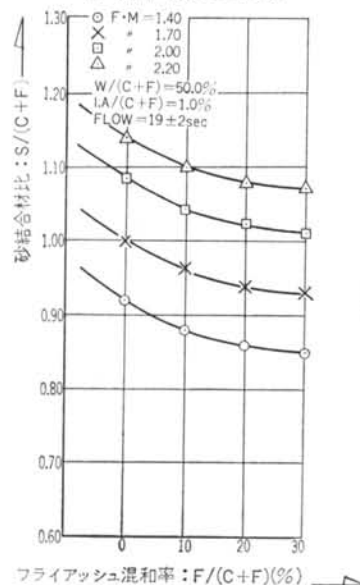


図-21 砂結合材比とフライアッシュ混和率との関係
($W/(C+F)=50.0\%$)

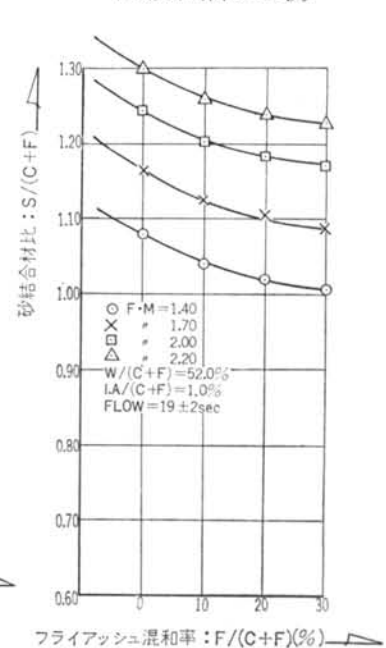


図-22 砂結合材比とフライアッシュ混和率との関係
($W/(C+F)=52.0\%$)

一般のコンクリート工事で現場練りの場合は現地において砂を採取し使用するわけであるが、その砂の粒度分布を調整して使用することはほとんど行われていない。プレパクトコンクリート工事あるいはプレパクト場

所打くい工事においても同様に現地で採取した砂の粒度分布を調整して工事に用いることはほとんど皆無の状態である。したがって現地で使用する砂の選択も重要となり、また、その使用する砂の品質も均一なものでなけれ

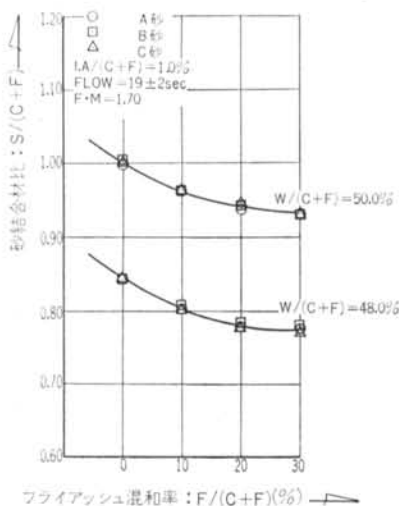


図-23 砂結合材比とフライアッシュ混和率との関係
(粗粒率=1.70)

ばならない。前述したことから、少なくとも砂の粗粒率は工事期間中に ± 0.2 変動するごとに水結合材比は 1% 変えなければ所定の品質のプレパクトモルタルは得られなくなり、その意味でも砂の品質管理限界として、砂の粗粒率 ± 0.2 として管理することは意味があるものと考えられる。本実験結果を砂結合材比を縦軸に、フライアッシュ混和率を横軸にとり砂の粗粒率別にその関係を示したのを図-20, 21, 22に示す。図からも明らかなようにフライアッシュ混和率が増加するにしたがって、砂結合材比は滑らかな曲線で減少する。その減少の割合は砂の粗粒率が変わってもほぼ一定の値を示している。

このことはいま仮にフライアッシュ混和率、水結合材比が一定であれば、砂の粗粒率の変化は砂結合材比のみによって調整できることを示すものと考えられる。

5.3.3 等値の粗粒率で粒度分布が異なった場合の砂結合材比とコンシステンシーとの関係

5.3.2で述べたように砂の粗粒率はその砂の細粗の程度を表わす目安となるが、しかし等しい粗粒率の砂でその粒度分布はそれぞれ異なるわけであり、粒度分布の異なった砂の場合に、砂結合材比とコンシステンシーはいかなる関係にあるか未だ説明されていない。

本実験は砂の粗粒率を一定 ($F \cdot M = 1.70$) にして、その粒度分布を変えた場合の実験で、実験結果を図-23に示す。図-23から明らかなように砂の粒度分布が変わっても、粗粒率が等値であればプレパクトモルタルのコンシステンシーにはほとんど影響しない。

したがって、砂結合材比は砂の粗粒率のみを考慮して

補正すれば良いことになる。また5.3.2では砂の粗粒率が大きくなれば砂結合材比も一次的に増加することを述べた。したがって、より経済的なプレパクトモルタルの配合を選定するとすれば水結合材比、フライアッシュ混和率が一定の場合、粗粒率の大きい砂、すなわち粗な粒子を多く含んでいる砂を使用すれば砂結合材比は大きくなり、より経済的になる。

しかし、プレパクトコンクリートではモルタルを注入するという工程があることから、モルタルポンプを使用してプレパクトモルタルの圧送をしなければならない。

モルタルポンプを使用する場合には、砂の粒子の粗いもの(例えば2.5mm以上)を除去することは、モルタルポンプを閉塞させないための不可欠の条件である。

したがって、経済的には粗い粒子の砂を用いれば良いが、施工上からある程度の規制を受ける。

“プレパクトドコンクリート施工指針(案)”(土木学会)にもその点を考慮して砂の粗粒率を1.4~2.2の範囲のものが望ましいと思われる。

5.4 実験-IV

5.4.1 概要および結果

本項では、プレパクトモルタルの材令と圧縮強度との関係について調べた。すなわち、プレパクトモルタルの配合比を一定にした場合に、標準養生 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) 下で材令と圧縮強度との関係について行なった実験である。実験は、表-7に示す各要因ごとの水準を組合せて行なった。

実験結果を図-24, 25, 26, 27, 28に示す。

5.4.2 プレパクトモルタルの圧縮強度と材令との関係

本実験結果をフライアッシュ混和率、水結合材比別に整理したものが図-24~28であり、図からも明らかなようにプレパクトモルタルの材令: T と圧縮強度 σ との関係は、

$$\sigma = a \log T + b \quad \dots (6)$$

なる一般式で表わされる。

No.	$W/(C+F)$ (%)	$F/(C+F)$ (%)	$S/(C+F)$	$I.A/(C+F)$ (%)
1	40	0	1.00	0.86
2	44	10	—	—
3	48	20	—	—
4	52	28.6	—	—
5	56	40	—	—

表-7 要因と水準

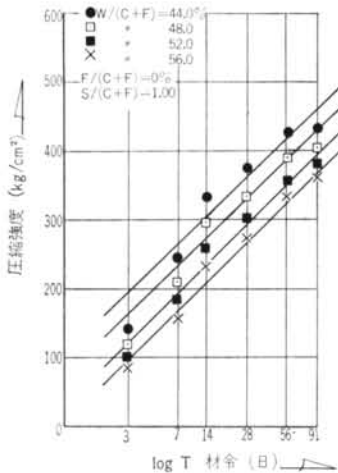


図-24 材令と圧縮強度との関係
($F/(C+F)=0\%$)

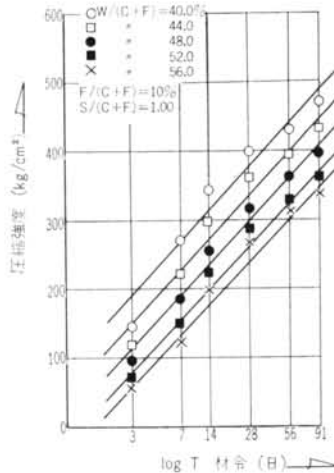


図-25 材令と圧縮強度との関係
($F/(C+F)=10\%$)

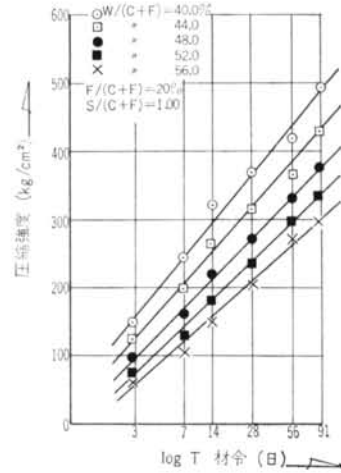


図-26 材令と圧縮強度との関係
($F/(C+F)=20\%$)

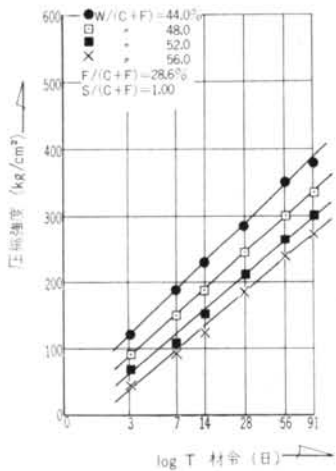


図-27 材令と圧縮強度との関係
($F/(C+F)=28.6\%$)

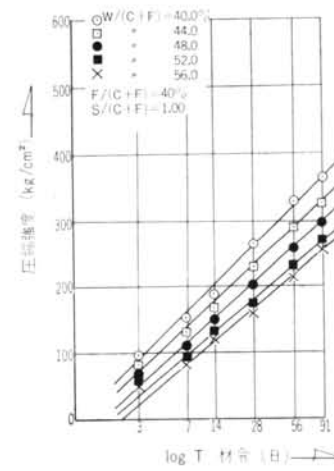


図-28 材令と圧縮強度との関係
($F/(C+F)=40\%$)

そこで、式(6)の a 、 b を $W/(C+F)$ 別に求めると、

$F/(C+F)=0\%$ で、

$$W/(C+F)=44\% \text{ のとき } \sigma = 198 \log T + 74 \quad \dots(7)$$

$$48\% \text{ のとき } \sigma = 194 \log T + 46 \quad \dots(8)$$

$$52\% \text{ のとき } \sigma = 191 \log T + 21 \quad \dots(9)$$

$$56\% \text{ のとき } \sigma = 188 \log T + 2 \quad \dots(10)$$

式(7)~(10)の係数 a 、定数 b と結合材水比との関係は直線関係が認められるので式(6)を、

$$\sigma = (Ax+B) \log T + (Cx+D) \quad \dots(11)$$

式中で $x: (C+F)/W$

σ : 圧縮強度(kg/cm²)

T : 材令(日)

として A 、 B 、 C 、 D を求めると、

$$\sigma = (20x+151) \log T$$

$$+ (150x-266) \dots(12)$$

が得られる。

同様に $F/(C+F)=10, 20, 28.6, 40\%$ について求めると、

$F/(C+F)=10\%$ のとき

$$\sigma = (19x+161) \log T$$

$$+ (156x-312) \dots(13)$$

20% のとき

$$\sigma = (41x+101) \log T$$

$$+ (119x-241) \dots(14)$$

28.6% のとき

$$\sigma = (17x+131) \log T$$

$$+ (154x-315) \dots(15)$$

40% のとき

$$\sigma = (68x+15) \log T$$

$$+ (36x-90) \dots(16)$$

が得られる。

式(12)~(16)によってプレバクトモルタルの配合がわかれば、任意の材令の圧縮強度を推定することができる。

5.5 実験-V

5.5.1 概要および結果

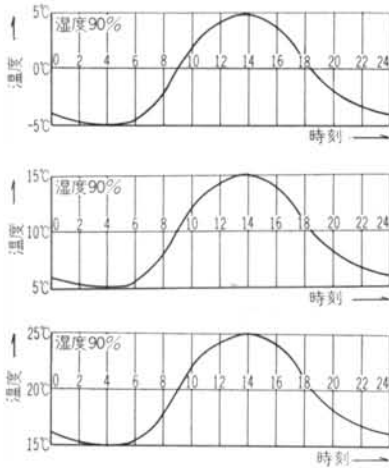
本項では、プレバクトモルタルの材令28日における圧縮強度と養生温度との関係を調べた。

実験 I~IV では、標準状態 (20°C) におけるプレバクトモルタルの諸物性について検討したものである。

しかし、実際の現場においては、日々気象条件が異なり、それに伴ってプレバクトモルタルの諸性質に変化

$W/(C+F)$ (%)	$F/(C+F)$ (%)	$L.A/(C+F)$ (%)	$S/(C+F)$
46	0	1.0	流下時間 19±2秒 になるよ う決にめ る
48	10	—	
50	20	—	
52	30	—	
54	—	—	

表—8 要因と水準



図—29 日内温度の制御パターン

がおきるものと思われる。

プレキャストモルタルの配合設計を行なう場合は、当然気象条件、特に温度条件を考慮しなければならない。

以上の背景から養生温度がプレキャストモルタルの圧縮強度におよぼす影響を調べ、プレキャストモルタルの配合設計の資料を得ることを目的とした実験である。

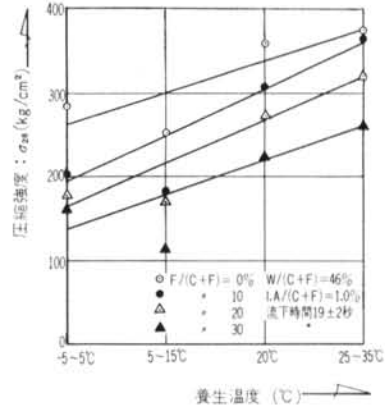
本実験では、プレキャストモルタルの配合比を表—8に示す組合せで行なった。

養生温度は東京都における過去5年間の日内温度変化から日内温度のモデルを設定して図—29に示すパターンで行なった。実験は温度および湿度が自動制御できる恒温恒湿槽に供試体(φ5×h10cm)をモールドごと入れ材令28日まで養生し試験した。

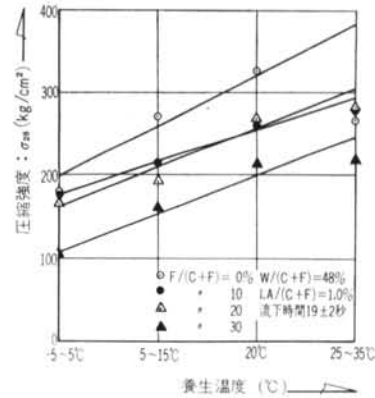
実験結果を図—30, 31, 32, 33, 34に示す。

5.5.2 養生温度がプレキャストモルタルの圧縮強度におよぼす影響

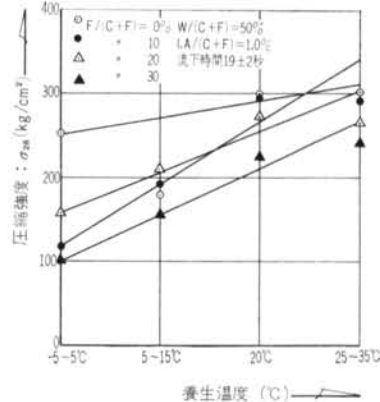
普通コンクリートにおいて低い温度で養生した場合の強度に関しては、A. G. A. SaulあるいはS. G. Bergströmらの研究を始め多くの研究がなされ報告されている。しかし、プレキャストモルタルについてはまったく皆無の状態であり、定量的に解明した文献は見あたらない。



図—30 圧縮強度と養生温度との関係
($W/(C+F) = 46.0\%$)



図—31 圧縮強度と養生温度との関係
($W/(C+F) = 48.0\%$)



図—32 圧縮強度と養生温度との関係
($W/(C+F) = 50.0\%$)

BergströmはSaulの論にもとづき積算温度関数として下式の形を採用し、このMをMaturityとして、強度値を整理することの有用性を発表した。

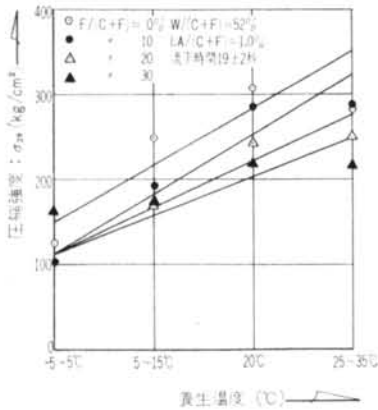


図-33 圧縮強度と養生温度との関係
($W/(C+F) = 52.0\%$)

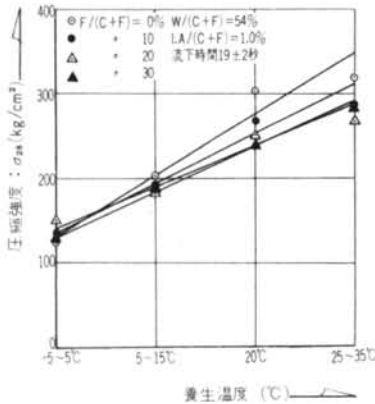


図-34 圧縮強度と養生温度との関係
($W/(C+F) = 54.0\%$)

$$M = \sum_{z=1}^z (\theta_z + 10)(^{\circ}\text{DD}) \quad \dots \text{07}$$

式中で M : 積算温度 ($^{\circ}\text{DD}$)

θ_z : コンクリートの日平均養生温度 ($^{\circ}\text{C}$)

z : 材令 (日)

Z : 所定の強度を得るための材令 (日)

この Saul-Bergström の Maturity の簡単であることに着目して、日本のセメントについて数多くの実験結果を整理して、水セメント比決定方法にまで拡張したのが洪氏の $^{\circ}\text{DD}$ 方式であり、積算温度方式と呼ばれているものである。

JASS 5, 11節によれば、洪氏の理論を用いて整理し、

$$M = \sum_{z=1}^z (\theta_z + 10)(^{\circ}\text{DD})$$

で積算温度を計算し、この M を用いてセメント比の補正係数: α を普通ポルトランドセメントに対して、

$$\alpha = \frac{\log(M-100)+0.13}{3}$$

として、水セメント比: x の算定に式08を用いている。

$$x = \alpha \cdot \frac{61}{\frac{F}{K} + 0.34} (^{\circ}\text{wt}) \quad \dots \text{08}$$

式08の観点を変えると α は、セメント水比と強度との関係 (直線関係) のこの配を補正していることになる。

先に 5.1 で述べたように、プレバクトモルタルも普通コンクリートと同様に Lyse のセメント水比説が適用されることを確認した。

この項においても普通コンクリートと同様に基本的には洪氏の積算温度方式が適用されるものと考え、水セメント比を求める算定式を式09のように考えた。

すなわち、

$$\sigma_{28} = \alpha (350 - 1.3P)x - (2.8P + 330) \quad \dots \text{09}$$

$$\therefore \alpha = \frac{\sigma_{28}}{(350 - 1.3P)x - (2.8P + 330)} \quad \dots \text{10}$$

式10を用いて本実験結果を α と積算温度 ($^{\circ}\text{DD}$) との関係について整理すると図-35のようになり、最小自乗法により関係式を透導すると式11が得られた。

$$\alpha = -\frac{1}{1.72} \log(M-100) - 0.67 \quad \dots \text{11}$$

$$\text{ただし、} M = \sum_{z=1}^z (\theta_z + 10)(^{\circ}\text{DD})$$

式11を用いれば標準温度養生 (20°C) の強度に対して任意の温度条件における強度の増減率が求められる。

したがって、プレバクトモルタルの目標強度を定める場合は、この α を用いて式11で算定することが可能となる。

すなわち、

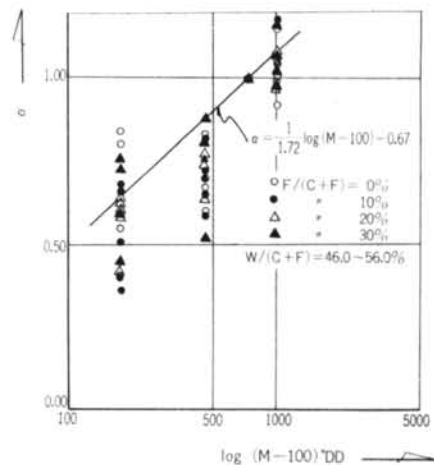


図-35 積算温度と補正係数との関係 (材令28日強度)

$$\sigma_r = \sigma_{ck}(2 - \alpha) \quad \dots \cdot 22$$

式中の σ_r : 材令28日におけるプレパクトモルタルの目標強度 (kg/cm²)

σ_{ck} : 強度の変動を考慮したプレパクトモルタルの配合強度 (kg/cm²)

α : 養生温度による補正係数

§ 6. 結 論

本研究は、プレパクトモルタルの配合比と諸性質との関係を調べその相関関係について検討したものである。本研究の結論を以下に述べる。

- 1) プレパクトモルタルの圧縮強度は結合材水比とフライアッシュ混和率の関数で表わされ、その関係式は式23, 24である。

$$\sigma_{28} = (350 - 1.3P)x - (2.8P + 330) \quad \dots \cdot 23$$

$$\sigma_{91} = (352 - 0.1P)x - (4.2P + 280) \quad \dots \cdot 24$$

式中で σ_{28} : プレパクトモルタルの材令28日における圧縮強度 (kg/cm²)

σ_{91} : プレパクトモルタルの材令91日における圧縮強度 (kg/cm²)

P : フライアッシュ混和率 (%)

x : $(C+F)/W$

- 2) プレパクトモルタルの圧縮強度は砂結合材比が実用的な範囲内であれば砂結合材比が変わっても影響ないものと考えてさしつかえない。
- 3) プレパクトモルタルの圧縮強度は養生温度によって影響される。その増減率は、材令28日で養生温度20℃を基準にして、積算温度方式を用いて式25により求めることができる。

$$\alpha = \frac{1}{1.72} \log(M - 100) - 0.67 \quad \dots \cdot 25$$

ただし、 $M = \sum_{z=1}^Z (\theta_z + 10) (\text{°DD})$

式中の M : 積算温度 (°DD)

θ_z : コンクリートの日平均養生温度 (°C)

z : 材令 (日)

Z : 所定の強度を得るための材令 (日)

- 4) プレパクトモルタルの圧縮強度と材令との関係は、プレパクトモルタルの配合比がわかれば式26~30から任意の材令での圧縮強度を推定することが可能である。

$F/(C+F) = 0\%$ のとき

$$\sigma = (20x + 151) \log T + (150x - 266) \quad \dots \cdot 26$$

$$10\% \text{ のとき } \sigma = (19x + 161) \log T + (156x - 312) \quad \dots \cdot 27$$

$$20\% \text{ のとき } \sigma = (41x + 101) \log T + (119x - 241) \quad \dots \cdot 28$$

$$28.6\% \text{ のとき } \sigma = (17x + 131) \log T + (154x - 315) \quad \dots \cdot 29$$

$$40\% \text{ のとき } \sigma = (68x + 15) \log T + (36x - 90) \quad \dots \cdot 30$$

式中で σ : プレパクトモルタルの材令 T (日) における圧縮強度 (kg/cm²)

x : $(C+F)/W$

T : 材令

- 5) プレパクトモルタルのコンシステンシーを一定 (流下時間 19 ± 2 秒) とした場合の水結合材比 ($W/(C+F)$) と砂結合材比 ($S/(C+F)$) との関係は、砂結合材比 $S/(C+F) = 0.8$ を境にその変化率は異なるが直線関係にある。またその変化率はフライアッシュ混和率 ($F/(C+F)$) によっても異なるが、大略の値は次のとおりである。

すなわち、 $S/(C+F) \geq 0.8$ では $W/(C+F) = \pm 1.0\%$ に対して $S/(C+F) = \pm 0.05 \sim 0.07$ であり、 $S/(C+F) < 0.8$ では $W/(C+F) = \pm 1.0\%$ に対して $S/(C+F) = \pm 0.09$ である。

- 6) プレパクトモルタルの単位水量と砂結合材比との関係は、 $S/(C+F) > 0.9$ の範囲で急激に小さくなる。
- 7) プレパクトモルタルの純膨張率と砂結合材比との関係は、 $S/(C+F) = 1.40$ を境界にそれよりも大きい範囲では負の値となり、モルタル実質体積の減少となる。
- 8) プレパクトモルタルのコンシステンシーを一定とした場合の砂の品質と砂結合材比との関係は、砂の粗粒率 ($F \cdot M$) が増加すると砂結合材比は一次的に増加する。その変化率は砂の粗粒率 ($F \cdot M$) = ± 0.1 の変化に対して $S/(C+F) = \pm 0.03$ である。
- 9) また、砂の粗粒率が一定であれば粒度分布が変わってもコンシステンシーには影響しない。

§ 7. プレパクトモルタルの配合設計方法 (案)

本研究の結果からプレパクトモルタルの配合比と圧縮強度、膨張率・ブリージング率、およびコンシステンシーとの関係を定量的に把握することができた。

本研究の結果を利用してプレパクトモルタルの配合設計をする方法を以下に提案する。

- 7.1 プレパクトモルタルの配合設計方法は図-36に示すフローチャートの順序にしたがって行なう。

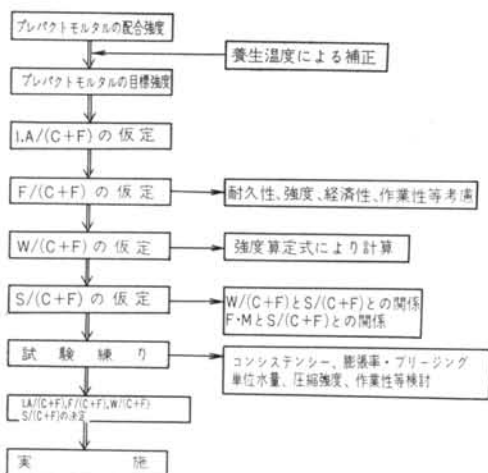


図-36 プレバクトモルタルの配合設計法のフローチャート

7.2 プレバクトモルタルの配合設計

前述の図-36に示すフローチャートの順序にしたがって、各々の項について詳細に述べる。

7.2.1 プレバクトモルタルの目標強度

プレバクトモルタルの目標強度を決定する場合は、プレバクトモルタルの圧縮強度が養生温度によって影響をうけることから、その影響する量を考慮して定めるべきである。実験結果では標準温度(20±2℃)よりも低い範囲では、強度は減少し、高い範囲では増加するということであるから、標準温度より低い範囲について考慮し、高い範囲は安全側にあるので考慮しない。

養生温度による圧縮強度の補正は式(3)を使って計算する。

$$\sigma_r = \sigma_{ck}(2 - \alpha) \quad \dots (3)$$

式中で σ_r : プレバクトモルタルの目標強度
(材令28における) (kg/cm²)

σ_{ck} : プレバクトモルタルの配合強度
(kg/cm²)

α : 補正係数

$$\text{ただし、} \alpha = \frac{1}{1.72} \log(M - 100) - 0.67$$

$$M = \sum_{z=1}^Z (\theta_z + 10) (\text{°DD})$$

式中で θ_z : コンクリートの日平均養生温度
(℃)

z : 材令(日)

Z : 所定の強度を得るための材令(日)

7.2.2 I.A/(C+F)の仮定

イントルージョンエイドは現在、一般に市販されているので、その使用量の標準が定められているのでその量を使

用する。ただし、深水中等高压力を受ける場所にプレバクトモルタルを注入する場合は、圧力の影響を受けるので別に考慮しなければならないものと思われる。

7.2.3 F/(C+F)の仮定

フライアッシュ混和率とプレバクトモルタルの圧縮強度との関係は、本研究結果からフライアッシュ混和率が増加すれば圧縮強度は一次的に減少するという関係がある。また、フライアッシュ混和率と耐久性との関係は良好な耐久性が得られるのは F/(C+F)=20%程度以下といわれている。フライアッシュ混和率を仮定する場合は以上に述べたほかに作業性をも考慮しなければならない。

すなわち、現場でプレバクトモルタルを混練する場合はその作業性からセメント、フライアッシュを袋単位で使用するのが通常であり、この点から一般には F/(C+F)=10~30%程度使用されているのが現状である。

7.2.4 W/(C+F)の仮定

プレバクトモルタルの圧縮強度は、水結合材比とフライアッシュ混和率によって異なるのでどちらか一方が決まれば他方も決まることになる。すなわち、本研究の結果からプレバクトモルタルの圧縮強度と水結合材比およびフライアッシュ混和率との関係は、

$$\sigma_{28} = (350 - 1.3P)x - (2.8P + 330)$$

$$\sigma_{91} = (352 - 0.1P)x - (4.2P + 280)$$

$$\text{式中で } P = F/(C+F)(\%)$$

$$x = (C+F)/W$$

で表わされるので、プレバクトモルタルの目標強度とフライアッシュ混和率が定まれば水結合材比を逆算することができる。

7.2.5 S/(C+F)の仮定

本研究の結果では、プレバクトモルタルの圧縮強度は

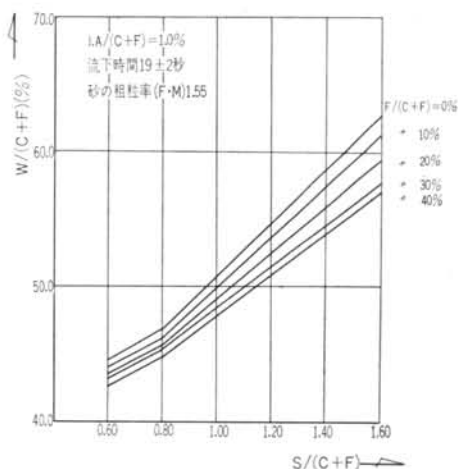


図-37 砂結合材比の推定図表

水結合材比およびフライアッシュ混和率によって影響され、砂結合材比はプレパクトモルタルのコンシステンシー、純膨張率、単位水量から決定される。すなわち、砂結合材比は、純膨張率、単位水量からは $0.90 < S/(C+F) < 1.40$ の範囲内で選定するのが望ましい。

水結合材比、フライアッシュ混和率が仮定されれば図—37からコンシステンシーが流下時間で 19 ± 2 秒の砂結合材比が得られる。

図—37は砂の粗粒率は1.55であるが実際に使用する砂の粗粒率がこれ以外の場合は砂結合材比を補正する。

補正量は砂の粗粒率が $F \cdot M = \pm 0.1$ の変化に対して $S/(C+F) = \pm 0.03$ 変化させる。

7.2.6 試験練り

7.2.5 まで仮定できたならば実際に現場で使用する材料を用いて試験練りを行ない、コンシステンシー試験、膨張率、ブリージング率試験、圧縮強度試験を行ない諸性質を確認する。

また、その他に単位水量、作業性、経済性等も同時に検討し最終的なプレパクトモルタルの配合を決定する。

§ 8. あとがき

本研究は、プレパクトモルタルの配合比と圧縮強度、膨張率、ブリージング率、コンシステンシー、単位水量との関係を実験によって調べた。その結果、それらの間にはある一定の相関関係があり、定量的に把握できることがわかった。

プレパクトモルタルの配合設計方法の提案は定量的に求めた相関関係を利用したものである。

本研究によってプレパクトモルタルの配合設計方法は一応、形ができあがったものの、なお今後に残された問題はきわめて多い。例えば、本研究の結果をプレパクトコンクリートの配合設計に利用するとすればプレパクトモルタルの強度とプレパクトコンクリートの強度との関係を知らなければならない。このような小規模な問題が種々あるのと、まだ未解決の大きな問題点が山積みされている。例えば、水中施工の場合にいかに材料分離を少なくして均一な品質のプレパクトコンクリートを得るかということなど今後の研究に負う所非常に大である。

<参考文献>

- 1) D. A. Abrams: "Design of Concrete Mixture" Structural Materials Research Lab.
- 2) I. Lyse: "Test on Consistency and Strength of Concrete Having Constant Water Content" Proc. A. S. T. M. Vol. 32, Part II (1925)
- 3) 坂静雄: "鉄筋コンクリート学教程" 理工図書
- 4) 狩野春一監修: "コンクリート技術事典" オーム社
- 5) "プレパックドコンクリート施工指針(案)" 土木学会
- 6) "建築工事標準仕様書" 日本建築学会
- 7) 新見芳男, 武川恵之助: "プレパクトコンクリート工法" 山海堂
- 8) 久保直志, 斉藤二郎: "プレパックドコンクリートの理論と施工" 近代図書
- 9) "General Specifications for Prepacked Concrete" Intrusion Prepack, Inc.
- 10) A. C. I. Committee 304: "Preplaced Aggregate Concrete for Structured and Mass Concrete" A. C. I. Journal 1969
- 11) 赤塚雄三: "注入モルタルに関する基礎研究" 港湾技術研究所報告第3巻6号, 1964年
- 12) 赤塚雄三: "港湾工事におけるプレパックドコンクリートの施工管理に関する基礎研究" 土木学会論文集第140号
- 13) 近藤泰夫, 坂静雄監修: "コンクリート工学ハンドブック" 朝倉書店
- 14) 赤塚雄三: "小名浜, 中之作両港建設工事に用いられる注入モルタルの配合設計について" 港湾技術研究所報告第2巻3号
- 15) 洪悦郎: "寒中に施工したコンクリートの強度推定について" 日本建築学会論文報告集第59号
- 16) 堀口寛: "プレパクトモルタルの強度推定に関する実験的研究" 清水建設研究所報告RP-69-910
- 17) 堀口寛: "プレパクトモルタルの配合設計方法に関する実験的研究(第1報)" 清水建設研究所報告RP-70-1134
- 18) 堀口寛: "プレパクトモルタルの配合設計方法に関する実験的研究(第2報)" 清水建設研究所報告RP-71-1252
- 19) 洪悦郎: "コンクリートの強度推定実用法とその応用"

