

第17回直技研港資

# 港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH  
INSTITUTE MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

第4巻 6号      Vol. 4 No. 6

(通巻第17号)

港湾工事におけるプレパッド

コンクリートの施工管理に関する基礎研究…………… 赤塚雄三



1965年7月

運輸省港湾技術研究所



# 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

赤 塚 雄 三 \*

## 目 次

独文要旨	1
1章 緒 論	3
2章 プレパックドコンクリートの強度試験方法の検討	4
3章 プレパックドコンクリートの圧縮強度とその他の諸強度との関係	7
4章 プレパックドコンクリートの標準供試体強度と構造物母材強度との関係	11
5章 プレパックドコンクリートにおける材料分離の影響	16
6章 プレパックドコンクリートの強度変動の要因と施工例より推定した割り増し係数	18
7章 配合比が注入モルタルおよびプレパックドコンクリートの品質におよぼす影響	24
8章 使用材料の管理要因の検討	29
9章 計量誤差による注入モルタルの配合比の変化	38
10章 練りませ条件が注入モルタルの品質におよぼす影響	39
11章 注入条件がプレパックドコンクリートの品質におよぼす影響	44
12章 粗骨材の管理限界の一例	47
13章 プレパックドコンクリートの品質管理のための注入モルタルの事前管理	50
14章 結 論	58
摘 要	62
引用文献	63
付 表	65

---

\* 構造部，材料施工研究室長

# Die Untersuchung über der Ausführungs-und Qualitätskontrolle des Unterwasserbetons im Auspreßverfahren für den Hafenaufbau

Von Dipl.-Ing. Yuzo Akatsuka\*

Die vorliegende Arbeit behandelt die Probleme der Ausführungs-und Qualitätskontrolle des Unterwasserbetons im Auspreßverfahren für den Hafenaufbau, d. h. das Abschätzungskriterium der Betongüte, die Bedingung in der Zusammensetzung der Mörtelmischung, die Faktoren der Verwandlung der Betongüte und ihre Kontrollslimite, die Methode für die vorhergehende Kontrolle der Betongüte usw. Über dieser Probleme sind grundlegende Versuche und Untersuchung durchgeführt worden, dadurch sind die folgende Ergebnisse erhalten worden.

1. Das Vermörtelungsverfahren für den Einpreßbeton ist von der übliche Methode für die Betonierung in mancher Hinsicht unterschieden, aber zwischen der Druckfestigkeit und andere Eigenschaften, wie Zugfestigkeit, Biegezugfestigkeit und Elastizitätsmodul, zwischen der Druckfestigkeit von dem Normalmaßprüfkörper und der von Bohrkerne aus Einpreßbetonaufbau, bestehen beim Einpreßbeton derselbe Zusammenhänge wie beim gewöhnlichen Beton, so dass die Abschätzung der Qualität des Einpreßbetons im Bauteil durch die Druckfestigkeit des Normalmaßprüfkörpers, die auf die wirkliche Ausführung ähnliche Weise hergestellte ist, geltend scheint.
2. Die Verwandlung der Druckfestigkeit des Einpreßbetons meistens stammt aus der Verwandlung in der Qualität des Einpreßmörtels. Um die gleichbedeutende Erlaubnisgrenze für die Einpreßbetongüte wie dieselbe für die Betongüte von üblichen Verfahren anzuwenden, ist es notwendig, daß gemäß der Verwandlung der Einpreßbetongüte und der Wichtigkeit des Bau der gewissermaßen größere Koeffizient, damit bei der Zusammensetzung der Einpreßmörtelmischung die normative Druckfestigkeit des Einpreßbeton vervielfältigt wird, angestellt werden soll.
3. Bei der Zusammensetzung des Einpreßbetons, ist die grundlegende Bedingung das Fliegeraschegehalt und der Sandzementwert zu bestimmen, damit der Wasserzementwert und die Anmachwassermenge der Mörtelmischung minimal werden unter der Bedingung, daß verlangte Betongüte und die für die Einpressung geeignete Fließ- und Eindringfähigkeit des Einpreßmörtels sowie seine gute Zusammenhalt geprüft werden.
4. Die Effekte des mit dem Einpreßmörtel gebrauchte Zusatzmittels, damit die Anmachwassermenge herabgesetzt wird, die ausreichende Zeit für das Einbringen des Mörtels durch den Verzögern des Erstarrungsbeginn verbleibt und das Schrumpfen und die Schwindneigung des Mörtels durch leichte Quellen vermieden werden, sich durch ihre Güte und Dosis unterscheiden, so muß man über diesen Verhalten im voraus untersuchen, um die verlangte Wirkung hervorzubringen.
5. Die Qualität der Materialien, der Messungsfehler, die Mischungsmethode usw. beeinflussen der Einpreßmörtelgüte auf jede Art. Um den Mörtel der uniforme Qualität wirtschaftlich zu bekommen, muß man die Qualitäts- und Arbeitsnormalmaße für diese Faktoren vorbereiten und diese Faktoren kontrollieren.

6. Die Steiggeschwindigkeit des Einpreßmörtels im Steingerüst muß gemäß der Ausführungsbedingungen vorsichtig bestimmt werden, da die Steiggeschwindigkeit des Mörtels die Einpreßbetongüte und die Ausführungsfähigkeit beeinflusst.
7. Um die Einpressung des Mörtels vollkommen auszuführen, muß man die kleinste Limite für die Korngröße des Grobzuschlages bestimmen und den Anteil des Unterkorn kontrollieren. Ein normaler Anteil von etwa 5 % an Unterkorn bis 15mm  $\phi$  belassen wird.
8. Die vor der Einpressung geleistete Qualitätskontrolle des Mörtels reduziert der Verwandlung der Einpreßbetogüte. So vor der Injektion die Mörtelgüte zu kontrollieren ist effektiv für die Qualitätskontrolle des Unterwasserbetons. Die Benutzung der Ausflußzeit des Mörtels als den Charakteristikwert für das Kontrollieren ist effektiv. Die Verwandlung der Druckfestigkeit des Einpreßbeton mag von weniger als etwa 15% sein, wenn die Ausflußzeit des Einpreßmörtels unter sorgfältiges Aufsicht innerhalb  $19 \pm 3$  Sekunde behauptet.

---

\* Oberingenieur, Materialslaboratorium.

## 1 章 結 論

我が国にプレバクドコンクリートの施工方法が導入された1954年以来すでに10余年経過し、この間の施工実績と研究成果には著しいものがあり、特に港湾構造物の水中施工には最も信頼できる施工方法となっている。<sup>1)</sup>

また、プレバクドコンクリート施工の需要条件もかなり変化している。導入当初の数年間には主として低応力部材、たとえば、マッシュな無筋コンクリートを主とする単塊構造コンクリート、ケーソンやセルラーブロックの中詰めコンクリート、他の構造物の基礎や根固めコンクリート、等に適用したものが大部分であったが、重要度の高い鉄筋コンクリート構造物の水中施工や高応力プレキャスト部材の水中結合、等の施工例も次第に増加し、最近ではケーソンやウエル、L型ブロック、等のように特に重要な港湾構造物の水中施工に適用した例も少なくなく、プレバクドコンクリートの設計および施工の合理化を必要とする段階にまで発展している。<sup>2)</sup> このような需要条件の質的変化は、プレバクドコンクリートの品質が管理され、十分に保証されることを前提とし、さもなくば所期の経済効果を挙げることは困難である。また、先に述べた低応力部材に対する施工の場合でも、適当な施工管理の方法が見出され、品質変動の予測や品質不良コンクリートの予防が可能となれば相当の経済効果を挙げるものと思われる。

所要の品質をもつコンクリートを経済的に得るためにはその施工管理を必要とすることは論ずるまでもなく、普通コンクリートに関しては土木学会コンクリート標準示方書にも品質管理の必要性和管理の方法が規定され、また、品質に影響をおよぼす各種の要因について材料の品質標準や規格限界および工程の作業標準が明示されている。しかし、プレバクドコンクリートの施工方法は普通コンクリートのそれとは著しく異なり、その施工管理に普通コンクリートの管理方法をそのまま適用できるとは限らない。すなわち、プレバクドコンクリートは型わくに予め粗骨材をつめ、その間隙に特殊な性状のモルタルを注入してコンクリート体とするもので、材料の適用方法と工程作業は普通コンクリートのそれとかなり異なる。従って、材料の選択よりコンクリートの打込みに至る各工程に含まれる多くの要因とプレバクドコンクリートの品質との関係は普通コンクリートについて認められている諸関係と必ずしも同等ではなく、更に品質の試験方法や供試体強度と構造物母材強度との関係等の点でプレバクドコンクリートの品質評価の根拠が明らかにされているからである。従って、前段で述べたプレ

バクドコンクリートの施工管理の必要性に応えるためには、プレバクドコンクリートの品質試験方法の標準化、品質評価基準の解明、管理すべき要因の選択、材料の品質や工程作業の標準化、適切な規格限界や管理限界の設定、等を計る必要があると思われる。

プレバクドコンクリートに関する研究成果や施工実績の報告は決して少ないものではなく、著者の調査によると内外で発表された関連文献や資料は既に150編余りに達しているが、3~5) これらの中で特に有益と考えられる論文6~10) も主として注入モルタルないしプレバクドコンクリートの諸性質について材料や配合との関係等について究明したものである。これらの研究の成果は高く評価されるべきものと思われるが、先に述べた基本的な問題について施工管理の観点から組織的に研究した例は極めて少なく、特にプレバクドコンクリートの施工管理の重要性を指摘し、あるいは、その方法について論じた例は皆無であり、従ってこの問題について研究することは十分に意義のあることと思われた。

本論文は上述の必要性に基いて1957年から1965年にわたって行なったプレバクドコンクリートの施工管理に関する基礎研究の結果を取りまとめたものである。すなわち、プレバクドコンクリートの品質を評価する場合の最も基本的な問題と考えられるプレバクドコンクリートの試験方法、供試体強度と構造物母材強度との関係、プレバクドコンクリート諸強度相互の関係、等の諸点について試験および調査を行なって、プレバクドコンクリートの品質をその供試体圧縮強度より推定することは十分に根拠のあることを確かめ、その結果に基づいて割り増し係数等について検討した。次いで、使用材料の品質およびモルタルの配合よりその注入に至る工程に含まれる各種の変動要因と注入モルタルないしプレバクドコンクリートの品質との関係について試験を行なうと共に、これらの施工現場における変動状態を調査して、配合設計の方法、管理要因、材料および工程の標準化、規格限界および管理限界、等の基礎資料を提示した。更に以上の結果を応用して、プレバクドコンクリートの品質管理の一方法として注入モルタルの品質を事前に管理する方法を考え、これを2、3の施工例に適用してその管理効果を確かめ、一応の成果を得ることができた。

本研究を行なうに当たっては、東京大学教授、国分正胤博士より終始御懇篤な御指導を賜わった。試験および施工例調査の実施に際しては、運輸省港湾技術研究所、港湾局、第一〜第五港湾建設局および北海道開発局港湾部の関係各位の御協力を頂いた。試験ならびに調査は長

期にわたり、その間、有吉保憲技官、小宮山正文技官、善一章技官、佐藤善一技官、森口拓技官、津端雅史技官、等の材料施工研究室の各位にそれぞれ試験ないし調査の一部を担当して頂いた。本研究は上述の各位に負う所が極めて大きく、ここに謹んで御礼申し上げる。

## 2章 プレパックドコンクリートの強度試験方法の検討

構造材料の強度がその試験方法によって異なることは周知で、このため一般の工業材料については標準とする材料試験方法が定められている。コンクリートについても供試体の製作や養生方法等の強度に影響する諸要素の標準を規定した強度試験方法が定められている。しかし特殊な施工方法によるコンクリートにこれを用いることが適当でない場合もあり、このような場合には施工方法

の特殊性を考慮した修正を行なって普通コンクリートの強度試験方法を準用するのが普通である。プレパックドコンクリートが普通コンクリートと特に相違するのは、(i)粗骨材とモルタルを分離して用いること、(ii)モルタルが膨張性を有すること、の2点に要約され、従って、プレパックドコンクリートの強度試験に普通コンクリートの強度試験方法を用いる場合に不適当な点はその供試体の製作方法のみに限定することができるが、(4)問題は施工現場等で行なわれている供試体の製作方法が極めて多様で統一性を欠く点にあり、その標準化が必要と思われる。

著者等の調査<sup>1)</sup>によると、施工現場等で用いられている製作方法は型わくの種類、粗骨材の状態とてん充方法、モルタルの注入方法、等の諸点で分類すると相当数に達するが、基本的には表-2.1に示したような6通りの方法にまとめることができる。一方、ある特定の供試体製作

表-2.1 施工現場等で用いられているプレパックドコンクリートの供試体製作方法

方法	説明図	製作方法概要
A		<p>型わく：注入口を有する底板、溢流口および通水気孔を有する上蓋付きの特殊型わく。</p> <p>粗骨材：3層につめ、各層を25回づつ突き固めたのち、水を満たす。</p> <p>注 入：ポンプを用いて注入し、注入速度および事後注入圧力を規制する。</p> <p>膨張抑制：上蓋による。</p>
B		<p>型わく：注入口および通水気孔を有する上蓋付き特殊型わく、もしくは普通コンクリート型わくに上述の上蓋を取りつけたもの。</p> <p>粗骨材：3層につめ、各層を25回づつ突き固めたのち、水を満たす。</p> <p>注 入：モルタルに高さ水頭を与えて、自然に流下させる。注入後管を抜きとる。</p> <p>膨張抑制：上蓋による。</p>
C		<p>型わく：普通コンクリート用型わく。</p> <p>粗骨材：3層につめ、各層を25回づつ突き固めたのち、水を満たす。</p> <p>注 入：モルタルに高さ水頭を与えて、自然に流下させる。注入後、管を抜きとる。</p> <p>膨張抑制：押板を置き、その上に12kg相当の重りをのせる。</p>
D		<p>型わく：普通コンクリート用型わく。</p> <p>粗骨材：表面乾燥飽水状態のものを2～3層につめ、各層を25回づつ突き固める。</p> <p>注 入：各層ごとにモルタルを粗骨材面上に流し込み、型わく側面を叩打してモルタルの行きわたりを計る。</p> <p>膨張抑制：押板を置き、その上に12kg相当の重りをのせる。</p>

方法	説 明 図	製 作 方 法 概 要
E		<p>型 わ く：普通コンクリート型わく。</p> <p>粗 骨 材：表面乾燥飽水状態のものを、3層につめ、各層を25回づつ突き固める。</p> <p>注 入：粗骨材を型わく上面までつめたのち、モルタルを流し込み、型わく側面を叩打してモルタルの行きわたりを計る。</p> <p>膨張抑制：押板を置き、その上に12kg相当の重りをのせる。</p>
F		<p>型 わ く：普通コンクリート用型わく。</p> <p>粗 骨 材：表面乾燥飽水状態のものをモルタルの中に突き棒で25回突いて押込む。</p> <p>注 入：型わくの1/4高さまでモルタルを満したのち、粗骨材を型わくの1/4高さまでつめ、突き棒で押込み、これを2層にわたって繰り返す。</p> <p>膨張抑制：押板を置き、その上に12kg相当の重りをのせる。</p>

表—2.2 プレパクドコンクリート供試体の製作方法がその圧縮強度におよぼす影響(1)

※※ 製作方法	粗 骨 材 の 状 態	注入速度 (l/min)	注入圧力 kg/cm <sup>2</sup>	材 令 (日)	圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※			単位容積重 量 (kg/m <sup>3</sup> )
					平 均	標準偏差	変動係数(%)	
A	水 中 に 浸 漬	1	0	7	70	0.8	1.2	2,452
		2			70	3.3	4.8	2,454
		4			70	4.4	6.3	2,450
		8			66	1.2	1.8	2,457
A	水 中 に 浸 漬	1	0	28	120	0.7	0.6	2,446
		2			121	1.0	0.8	2,452
		4			117	5.0	4.2	2,456
		8			122	3.9	3.2	2,462
A	表面乾燥 飽水状態	1	0	7	71	2.4	3.3	2,461
		2			69	1.8	2.6	2,459
		4			73	3.2	4.4	2,459
		8			76	2.2	2.9	2,453
A	表面乾燥 飽水状態	1	0	28	119	4.2	3.5	2,461
		2			122	3.6	2.9	2,464
		4			121	8.0	6.6	2,451
		8			118	3.7	3.1	2,452
A	水 中 に 浸 漬	4	0	7	71	3.5	4.9	2,457
			0.5		68	5.6	8.3	2,472
			1.0		65	6.2	9.5	2,464
			2.0		66	5.7	8.7	2,464
A	水 中 に 浸 漬	4	0	28	124	5.7	4.6	2,456
			0.5		124	5.8	4.7	2,483
			1.0		115	6.3	5.5	2,467
			2.0		121	7.9	6.6	2,461

※※ 製作方法	粗骨材 の 状 態	注入速度 (l/min)	注入圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	材 令 (日)	圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )※			単位容積重 量(kg/m <sup>3</sup> )
					平 均	標準偏差	変動係数(%)	
C	表面乾燥 飽水状態	—	—	7	75	4.3	5.8	2,455
D-1					71	2.4	3.3	2,457
D-2					73	1.3	1.8	2,453
D-3					83	10.5	7.6	2,449
C	表面乾燥 飽水状態	—	—	28	130	4.7	3.6	2,463
D-1					129	3.6	2.8	2,464
D-2					129	4.9	3.8	2,461
D-3					139	5.4	6.5	2,437

材料：O社普通セメント，IU社フライアッシュ，鶴沼海岸砂，ポゾリスNo. 5，F社Al粉末AA12，酒匂川砂利（比重=2.78，空隙率=36.5%）

配合：F/(C+F)=30%，S/(C+F)=1.50，W/(C+F)=59%，Poz. 5/(C+F)=0.5%，Al/(C+F)=0.01%

※：φ15×30cm供試体4個についての試験値

※※：製作方法記号は表-2.1参照

D-1 = 粗骨材の突き固めとモルタル注入を3層に分けて行ない，各層注入後型わく側面を木づちで20回づつ叩打する。

D-2 = モルタル注入までD-1と同じ。各層注入後10回ジッキングする。

D-3 = 粗骨材の突き固めとモルタル注入を6層に分けて行なう。各層の操作はD-1と同じ。

方法が標準的な試験方法であるためには，これが次の諸条件，すなわち，

- i) 製作方法及び施工方法との相似性が高いこと，
- ii) 供試体強度の試験値のばらつきが少なく，再現性の高いこと，
- iii) 供試体強度に対する個人差の影響の少ないこと，
- iv) 方法が単純で，過誤の生ずる余地の少ないこと，
- v) 製作設備が簡単で，施工現場における作業性の良好なこと
- vi) 供試体強度と構造物母材強度の相関性の大きいこと，

等を満足することが必要と思われる。このような観点から先に述べた6通りの製作方法の標準方法としての適性を以下で検討する。なお，vi)の条件，すなわち，供試体強度と構造物母材強度の相関性については，3章で検討する。また，i)の供試体製作方法及び構造物の施工方法との相似性については，粗骨材空げき内のモルタルの流動状態について比較することが適当と思われるが，これは型わくの寸法，注入管の配置，一注入管よりの注入量，等の施工条件によって変化するもので，これを定量的に表示することは困難であり，かつ，断面の著しく小さい供試体型わく内で構造物型わく内のモルタルの流動を

表-2.3 プレバックドコンクリート供試体の製作方法がその圧縮強度におよぼす影響(2)

配 合 比 (C : F : S)	W/(C+F) (%)	流出時間 (sec)	製 作 方 法-B ※			製 作 方 法-C ※		
			28 日 圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※※					
			平 均	標準偏差	変動係数(%)	平 均	標準偏差	変動係数(%)
4 : 1 : 4.05	47.1	17.5	163	20.8	12.8	174	2.3	1.3
4 : 1 : 2.85	44.5	19.0	199	5.2	2.6	209	13.1	6.3
4 : 1 : 1.80	40.9	16.5	234	29.8	12.7	223	16.9	7.6
4 : 1 : 2.76	37.9	16.6	201	15.8	7.9	207	15.4	7.4
5 : 1 : 5.22	45.4	22.5	227	12.7	5.6	209	6.7	3.2
5 : 1 : 4.41	47.9	20.0	206	5.3	2.6	208	11.6	5.6
5 : 1 : 2.50	45.0	16.0	245	6.9	2.8	238	19.3	8.1

配合；Poz. 8/(C+F)=0.25%，Al/(C+F)=0.01%，粗骨材空隙率=38%

※；製作方法記号は表-2.1参照，粗骨材の状態=水中に浸漬

※※；φ15×30cm供試体3個についての試験値



再現することは不可能に近い。従って、両者の相似性に関してある程度直視的判断によることは避け難いと思われる。

方法一Aはプレバクトコンクリート一般仕様書<sup>20)</sup>に規定された方法で、特殊な注人用型わくを用い、一定速度でモルタルをポンプ注入した直後に、一定時間加圧注入することを原則としている。しかし、注入速度や圧力が圧縮強度に影響しないことは表一2.2 に示した試験結果より明らかである。同表は落差によってモルタルを注入する方法一Cあるいは施工方法との相似性の乏しい方法一Dによってもポンプ注入による方法一Aと同等の結果

を得ることができ、従ってポンプ注入は供試体の製作に必ずしも不可欠の条件ではないことを示している。方法一B、Cは方法一Aと共に施工方法との相似性が高いが、製作設備が単純で現場における作業性が良く、また製作作業が単純で過誤の生ずる余地が少い点は方法一Aより優れていると判断される。表一2.3 はこれらの方法を比較試験した結果であるが、試験値のばらつきや再現性の点では優劣をつけ難いことを示している。方法一D E、Fはいずれも施工方法との相似性が乏しく、表面乾燥飽水状態の粗骨材を使用する点は施工現場における製作作業に適しているとは云い難い。従って、いずれも標

表一2.4 プレバクトコンクリート供試体の製作方法がその圧縮強度におよぼす影響(3)

※ 製作方法	養生条件	14日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )※※			28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※※		
		平均	標準偏差	変動係数(%)	平均	標準偏差	変動係数(%)
D	20±2°C 水中	157	5.9	3.8	177	36.5	20.6
E		143	5.9	4.1	167	5.5	3.3
F		169	8.2	4.9	182	7.4	4.1
D	20±2°C, 80±5% R・H.	117	15.9	13.6	136	23.4	17.2
E		115	11.9	10.3	147	4.2	2.9
F		133	14.7	11.1	147	32.2	21.9

配合; F/(C+F)=25%, S/(C+F)=1.00, W/(C+F)=49%, Poz. 8/(C+F)=0.25%, Al/(C+F)=0.015%

※ ; 製作方法記号は表一2.1 参照

※※; φ15×30cm供試体3個についての試験値

準の製作方法としては不適當であるが、表一2.2, 2.4の試験結果の示すように、試験値のばらつきや再現性の点では他の方法との相違が認められず、同等の強度が得られる。樋口氏等<sup>21)</sup>も供試体の製作方法と強度との関係について付表一1, 2 に示したように、上述とはほぼ同等の結果が得られることを報告している。従って、プレバクトコンクリート供試体の標準的な製作方法としては方法一BないしCが適當であり、特に方法一Bはその単純性等の点で施工現場に最も適した方法と思われる。また、各種の製作方法による供試体の強度に関する既往の試験研究の成果は、製作方法に関する限りでは、これを同等の水準において評価して差し支えないと判断される。

### 3章 プレバクトコンクリートの圧縮強度と他の諸強度との関係

普通コンクリートの品質表示には一般にその圧縮強度を用い、品質管理も圧縮強度によって行なうのが普通であるが、これは構造材料としてコンクリートを用いる場合に主としてその圧縮強度を利用することにもよるが、圧縮強度と曲げ強度、引張強度、弾性係数等の諸強

度との間に密接な相関性が認められ、圧縮強度によってこれらの諸強度をもかなりの確に表示し得ることに根拠があるものと思われる。

図一3.1~3.5はプレバクトコンクリートの圧縮強度、曲げ強度、引張強度および動弾性係数の相互の関係を試験した結果を図示したもので、試験の詳細は付表一3~9に示した通りである。これらの図より容易に観察できるように、プレバクトコンクリートの曲げ強度、引張強度、弾性係数、等の諸強度は圧縮強度と密接な関係を有し、特に実用的な範囲の強度に対してはいずれも一次的な近似式で表わし得ることが明らかであろう。これらの関係は同時に試験した普通コンクリートについての結果が示すように、いずれも普通コンクリートの圧縮強度と諸強度相互間に認められている関係<sup>22)</sup>に相当するものであり、同一条件で作られたプレバクトコンクリートについて一般に成立するものと考えてよい。

付表一4, 5, 8および9に示した試験結果について、材令による強度の変化率を検討すると、フライアッシュ混和率 F/(C+F)=20~30%に対しては

圧縮強度;  $\sigma_7 : \sigma_{28} : \sigma_{91} : \sigma_{182} = 65 : 100 : 130 : 140$

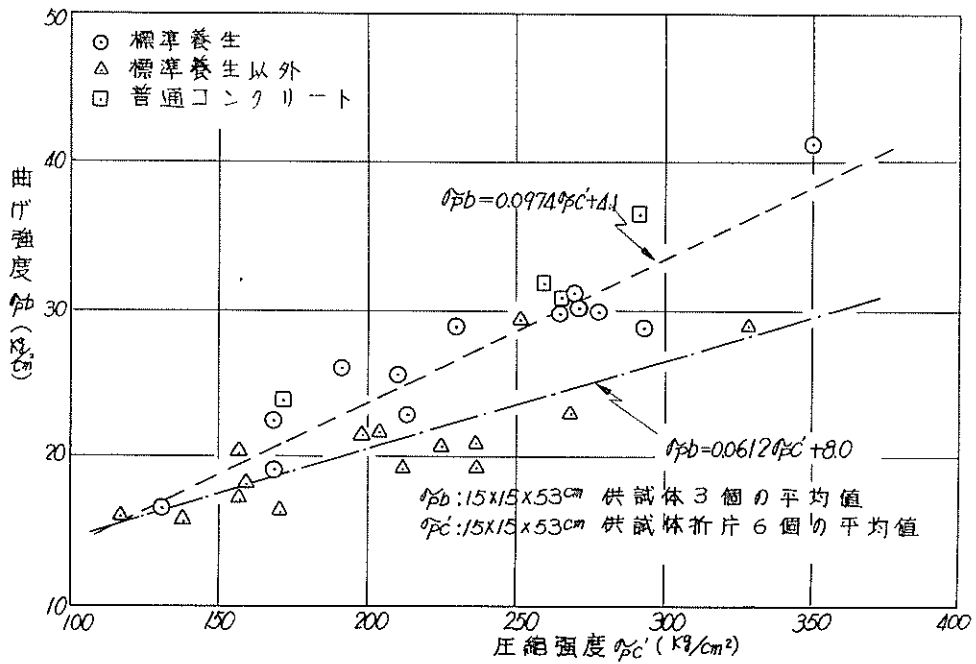


図-3.1 プレバックコンクリートの圧縮強度と曲げ強度との関係

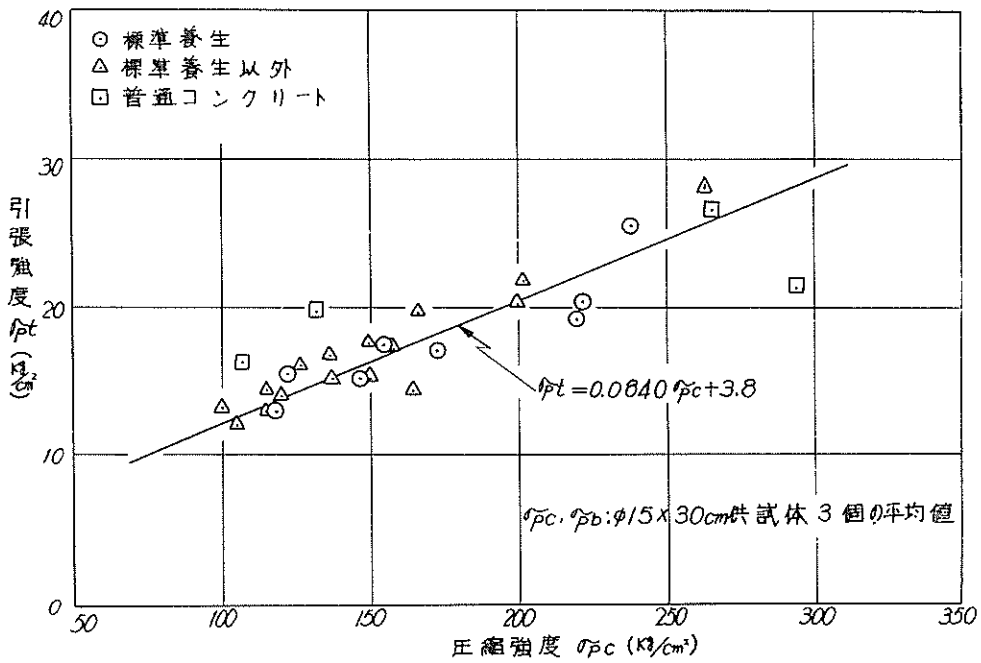
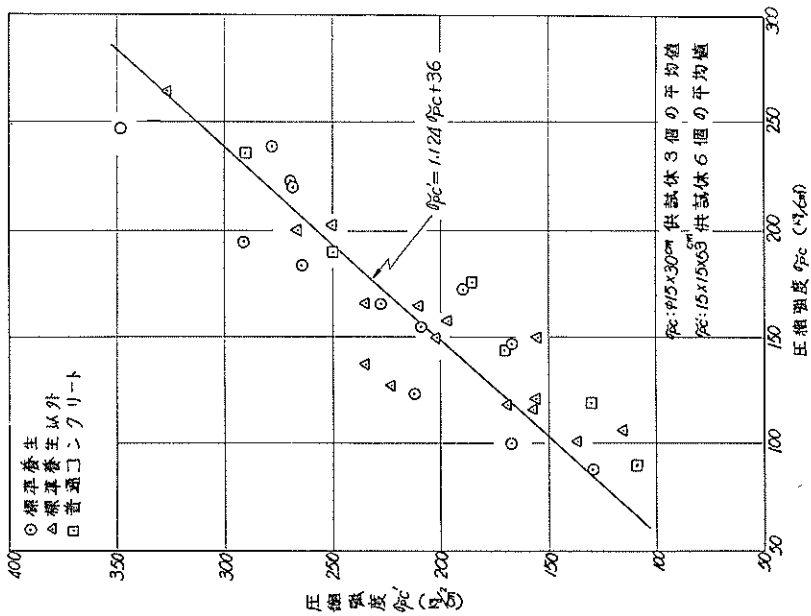
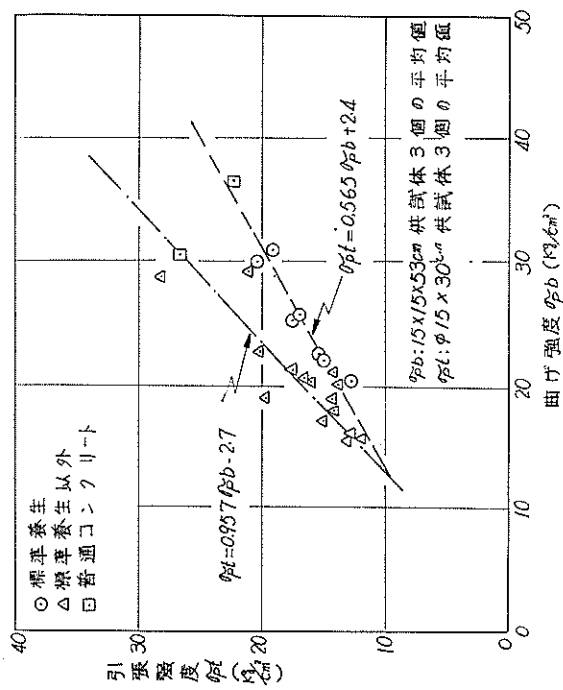


図-3.2 プレバックドコンクリートの圧縮強度と引張強度との関係



図—3.4 プレパックドコンクリートの圧縮強度 $\sigma_{pc}$ と $\sigma_{pt}$ との関係



図—3.3 プレパックドコンクリートの曲げ強度と引張強度との関係

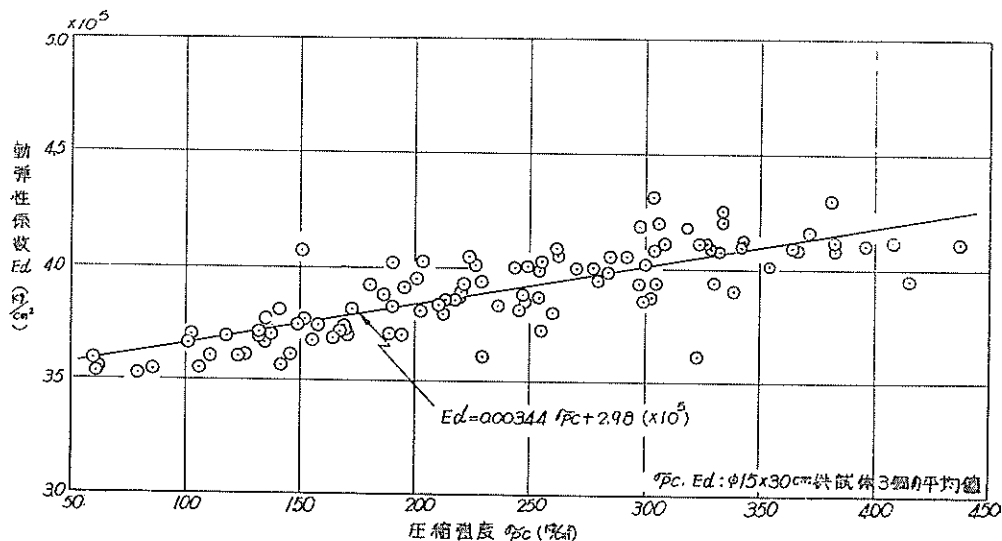


図-3.5 プレパックドコンクリートの圧縮強度と弾性係数との関係  
 $f_{pc}$ ,  $E_d$ ;  $\phi 15 \times 30 \text{cm}$  供試体 3 個の平均値

曲げ強度;  $\sigma_7 : \sigma_{28} : \sigma_{91} : \sigma_{182} = 80 : 100 : 110 : 120$   
 弾性係数;  $E_d : E_{d28} : E_{d91} : E_{d182} = 90 : 100 : 110 : 115$   
 程度となって、ほぼ一定の値となり、また強度の伸び率は圧縮強度、曲げ強度、弾性係数の順に小さくなる傾向を示している。これを普通コンクリートの場合と比較すると、プレパックドコンクリートの強度は初期材令では小さいが、伸び率がかなり大きいことが分る。たとえば、米国内務省開拓局の実験結果<sup>23)</sup>によれば、普通ポルトランドセメントを用いて標準養生した普通コンクリートの圧縮強度については  $F/(C+F) = 0\%$ ;  $\sigma_7 : \sigma_{28} : \sigma_{91} : \sigma_{365} = 72 : 100 : 115 : 131$  である。これと先に述べたプレパックドコンクリートの圧縮強度変化率との間にはかなりの差が認められるが、これは主としてフライアッシュの使用によるもので、 $F/(C+F) = 0\%$  の場合には  $\sigma_7 : \sigma_{28} : \sigma_{91} : \sigma_{182} = 79 : 100 : 128 : 131$  となって、普通コンクリートの変化率とほとんど一致する。従って、材令とプレパックドコンクリートの強度との関係は、配合の相違を考慮すれば、普通コンクリートの材令～強度の関係にはほぼ相当するものと考えてよいであろう。云うまでもなく、弾性係数などのように、材令とは直接関係のない要因である粗骨材のてん充状態によって著しい影響を受けるものについては上述の関係が成立しないことは当然である。

供試体の形状および方法は当然プレパックドコンクリートの強度に影響するが、その影響の仕方は普通コンクリートの場合と余り変らないものようである。付表4、5、6より形状と寸法の異なる供試体による圧縮強

度を  $\phi 15 \times 30 \text{cm}$  供試体の圧縮強度に対する百分率で表示すると、

プレパックドコンクリート	$\phi 15 \times 30 \text{cm} = 100$
"	$\phi 10 \times 20 \text{cm} = 100$ (信頼限界 = 92~108)
"	$15 \times 15 \times 53 \text{cm} = 137$ ( " = 129~145)
普通コンクリート	$\phi 15 \times 30 \text{cm} = 100$
"	$\phi 10 \times 20 \text{cm} = 91$ (信頼限界 = 88~94)
"	$15 \times 15 \times 53 \text{cm} = 116$ ( " = 102~130)

である。なお、上述の信頼限界は危険率 5% に対するものである。普通コンクリートについては標準供試体 ( $h : d = 2 : 1$ ) に対する立方供試体 ( $h : d = 1 : 1$ ) の圧縮強度比は 110% 程度とされているが、<sup>24)</sup> 本実験でもこれとほぼ類似した値を得たがプレパックドコンクリートについてはこれを多少上廻った値が得られている。一方、供試体の形状が同一 ( $h : d = 2 : 1$ ) で、その寸法のみが異なる場合には、プレパックドコンクリートと普通コンクリートの間に明瞭な相違は認め難い。普通コンクリートに関しては、寸法の減少に応じて強度比が増加するとされているが、<sup>25)</sup> たたとえば、 $\phi 15 \times 30 \text{cm}$  と  $\phi 10 \times 20 \text{cm}$  供試体の間では有意差が認められないとする報告<sup>26)</sup> もあり、寸法の差が著しくない場合には試験精度の点で有意差を認め難いものと思われる。本実験では使用した供試体の形状寸法の種類が少ないので断定的な結論

を導くことは困難であるが、これがプレパックドコンクリートの強度におよぼす影響は普通コンクリートの場合と余り変らないもののように思われる。

プレパックドコンクリートの強度に関する以上の実験結果は、その圧縮強度により他の諸強度を的確に表示し得ること、材令～強度の関係は普通コンクリートのそれにほぼ相当すること、供試体の形状および寸法が強度におよぼす影響に関しては普通コンクリートの場合と明瞭な相違を認め難いこと、等を示している。従って、普通コンクリートにおけると同様にプレパックドコンクリートの品質を圧縮強度で評価することは十分な根拠があり、適当と思われる。

#### 4 章 プレパックドコンクリートの標準供試体強度と構造物母材強度との関係

表—4.1 プレパックドコンクリートコアの強度試験結果（米国陸軍工兵隊による）<sup>27)</sup>

ボーリング No.	頂面からの深さ (m)	圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	材 合 (日)	ボーリング No.	頂面からの深さ (m)	圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	材 令 (日)
1	0 ~ 0.3	320	73	5	0.6 ~ 0.9	242	53
	0.6 ~ 0.9	336			1.4 ~ 1.7	144	
	1.8 ~ 2.1	221			2.0 ~ 2.3	198	
	2.3 ~ 2.6	326			2.6 ~ 2.9	262	
	平 均 標 準	300 268			平 均 標 準	212 222	
2	0.3 ~ 0.6	239	41	6	0 ~ 0.3	336	48
	1.3 ~ 1.6	312			0.6 ~ 0.9	280	
	2.0 ~ 2.3	188			1.1 ~ 1.4	280	
	2.9 ~ 3.2	190			1.8 ~ 2.1	256	
	平 均 標 準	232 184			平 均 標 準	288 222	
3	0.6 ~ 0.9	182	33	7	0.1 ~ 0.4	195	66
	1.2 ~ 1.5	201			0.4 ~ 0.7	272	
	1.8 ~ 2.1	201			1.1 ~ 1.4	288	
	2.7 ~ 3.0	191			1.9 ~ 2.2	177	
	平 均 標 準	194 184			平 均 標 準	233 222	
4	0 ~ 0.3	322	73	8	0.1 ~ 0.4	252	66
	0.5 ~ 0.8	329			0.8 ~ 1.1	336	
	1.3 ~ 1.6	322			1.1 ~ 1.4	440	
	1.8 ~ 2.6	226			1.6 ~ 1.9	305	
	2.3 ~ 2.6	213			2.0 ~ 2.3	348	
	平 均 標 準	300 268			平 均 標 準	336 222	

注) 標準は同時に製作した標準供試体 (φ15×30) による圧縮強度の平均値を示す。

一般にコンクリートの構造設計や品質評価には標準供試体 (φ15×30cm) による圧縮強度が用いられるが、その根拠の一つは構造物の直接荷試験および構造物より採取したコア等の強度試験結果より推定した構造物母材強度が標準供試体強度より一般に大きいと云う経験的事実に求められる。<sup>30)</sup> プレパックドコンクリートは普通コンクリートに比較して施工経験が少なく、構造物母材強度と供試体強度の関係を確認した例は必ずしも十分ではないが既往の施工例の調査結果や実験の結果は両者の関係が普通コンクリートの場合に相当することを示している。

表—4.1 は実際の施工例の調査結果で、マスコンクリートより採取したプレパックドコンクリートコアの圧縮強度を同時に製作した標準供試体の圧縮強度と比較したものである。コア強度は頂面(打ち上り面)からの深さによって多少変動している。これには注入したモルタル自

表-4.2 プレパックドコンクリートコアの強度試験結果(北川氏等による)<sup>28)</sup>

配合種別	A				B				C		D
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ボーリングNo.											
頂面からの深さ(m)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )										
0.1 ~ 0.4	—	270	—	—	—	208	280	—	158	—	—
0.4 ~ 0.7	251	—	—	—	225	—	—	—	114	—	193
0.7 ~ 1.0	—	259	—	262	261	—	—	299	158	—	189
1.0 ~ 1.3	—	266	261	—	—	—	308	—	190	209	190
平均	251	265	261	262	243	208	294	299	155	209	191
標準	262	262	262	262	231	231	231	231	183	183	121

注) 標準は同時に製作したφ15×30cm供試体3個の平均値を示す。材令はコアの場合94日、標準供試体の場合91日である。

体の品質変動の影響も含まれているものと思われるが、コア強度は概して標準供試体強度より大きい。表-4.2、4.3は試験的にブロック(150cm×150cm×130cmおよび80×80×100cm)を製作し、これより採取したコアの強度を同時に製作した標準供試体強度と比較したもので、注入したモルタルの品質はほぼ一定であると考えてよい。これらの例では事後注入等の表面処理を行なっていないので、ブロックの表層より採取したコアの強度は下層のそれより小さい傾向が認められるが、平均強度は一般に標準供試体強度より大きい。以上の3例について、各ボーリングのコア強度σの平均値σ<sub>AVG</sub>と標準供試体強度σ<sub>ST</sub>

表-4.3 プレパックドコンクリートコアの強度試験結果(永倉氏による)<sup>9)</sup>

配合種別	A			B			C		
	頂面からの深さ(m)								
	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )								
0 ~ 0.3	258	—	—	—	—	—	—	—	214
0.3 ~ 0.6	289	—	—	—	—	—	—	—	269
0.6 ~ 0.9	325	—	—	—	—	—	—	—	283
平均	291	—	—	—	—	—	—	—	255
標準	295	—	—	—	—	—	—	—	204

注) 表-4.2注参照、材令はコア、標準いずれも91日

表-4.4 鉄筋コンクリートばりの曲げ試験結果

コンクリート種別	コンクリートの配合(付表1参照)	はりの型式	はりの断面要素			鉄筋σ <sub>sy</sub> ※(kg/cm <sup>2</sup> )	コンクリート(φ15×30cm)		抵抗曲げモーメント(10 <sup>3</sup> kg-cm)			※※※はり破壊時の中立軸の位置(cm)	コンクリートの曲げ圧縮強度推定値σ <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )							
			d(cm)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	p(%)		σ <sub>28</sub> ※(kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> (×10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	計算値					※※実測値						
									式①	式②	式③									
プレパックド	I	A	25.7	7.96	2.06	2900	165	1.38	464	464	360	562	13.1	268						
		A	25.7	7.96	2.06				136	1.24	449				412	296	566	13.8	259	
		B	27.2	3.98	0.98				255	1.50	387				387	363	442	9.3	265	
		V	C	25.6	7.96	2.07	3886	255	1.50	635	635	552	726	12.2	371					
			B	27.2	3.98	0.98				126	1.20	345				345	250	427	12.0	206
			C	25.6	7.96	2.07				126	1.20	412				379	273	571	12.2	292
普通	I	A	25.7	7.96	2.06	2900	271	1.37	514	514	487	666	8.3	467						
		B	27.2	3.98	0.98				278	1.37	370				370	363	456	10.4	247	
		C	25.6	7.96	2.07				278	1.37	639				639	691	697	12.3	256	
		II	B	27.2	3.98	0.98	3886	168	0.91	333	371	365	422	11.0	219					
			C	25.6	7.96	2.07				168	0.91	363				591	550	576	12.1	220

注) ※: 3個の供試体についての平均値, ※※: A型はりについては3個の平均値, B, C型はりについては2個の平均値  
 ※※※: A型はりについてはコンクリートのひびわれ状態により推定した3個の平均値, B, C型はりについては抵抗線歪計を用いて測定した歪分布状態より推定した2個の平均値

式①  $M = \sigma_{28} b d^2 q (1 - 0.59q) (q \leq 0.40)$  または  $M = 0.333 \sigma_{28} b d^2 (q > 0.40)$  (ACI-ASCE327委員会の式)<sup>31)</sup>

式②  $M = \sigma_{28} b d^2 q (1 - 0.59q) (q \leq 0.40)$  または  $M = 0.306 \sigma_{28} b d^2 (q > 0.40)$  (C. S. Whitney の式)<sup>32)</sup>

式③  $M = 0.5 \sigma_{28} k j b d^2$  または  $M = \sigma_s A_s j d$  (弾性設計法の式)

式④  $\sigma_{cc} = 2 M' / (k j b d^2)$   $M'$  = 抵抗曲げモーメント実測値

の比,  $\sigma_{AVG}/\sigma_{ST}$ , を計算して信頼度95%で推定すると,  $\sigma_{AVG}/\sigma_{ST}=103.7\sim120.7\%$ であり, 従って構造物母材の平均圧縮強度は標準供試体の平均強度より一般に大きいと云い得るものと思われる。

構造物母材強度と標準供試体強度との関係を調べる一方法として鉄筋コンクリートばりの曲げ試験を行ない, その破壊強度からコンクリートの曲げ圧縮強度を推定し, これを同時に製作した標準供試体強度と比較することを試みた。表-4.4はその試験結果で, 用いたはりの形状ならびに配筋図は図-4.1に示した通りである。また, 用いたコンクリートの配合は付表-4に示したものである。表-4.4の抵抗曲げモーメントの計算値は鉄筋コンクリート曲げ部材の設計計算式として提案されている代表的な計算式によったもので, 式①および③は極限強度理論<sup>31,32)</sup>に基くものであり, 式②は弾性理論に基くものである。これらの式を用いる場合にはコンクリートの  $\sigma_{28}$  としては標準供試体強度を用い, また鉄筋コンクリートの静弾性係数比にはそれぞれの実測値より計算した値を用いた。抵抗曲げモーメントの実測値に対する比は, たとえば, ①式による場合, プレバックドコンクリートばりでは114~138% (平均123%), 普通コンクリートばりでは 109~130% (平均121%) であって, 両者はほとんど一致し, いずれも実測値は計算値より20%程度大きい。コンクリートの曲げ圧縮強度は, コンクリートの応力が中立軸からの距離に比例すると仮定して, 表-4.4の式④を用いて求めた最大曲げ圧縮応力度である。ただし, 式④を用いる場合には, kdの値(中立軸の位置)として, 図-4.2に示したようなコンクリートのひびわれ深さより推定した値, もしくは, 図-4.3に示したような抵抗線歪計を用いて実測した歪分布より推定した値を用いた。このようにして求めた曲げ圧縮強度  $\sigma_{cc}$  の標準供試体による圧縮強度  $\sigma_{ST}$  に対する比  $\sigma_{cc}/\sigma_{ST}$  は, プレバックドコンクリートでは104~232% (平均166%), 普通コンクリートでは89~172% (平均118%) である。鉄筋コンクリートばりの極限状態におけるコンクリートの応力分布が中立軸からの距離に必ずしも比例しないことは図-4.4のような歪分布の例からも明らかで, 求めた曲げ圧縮強度が正確な値とは限らない。しかし, ほぼ同一の条件で試験したプレバックドコンクリートと普通コンクリートを比較する限りでは前者の  $\sigma_{cc}/\sigma_{ST}$  が後者をかなり上廻った値を示して居り, このことはプレバックドコンクリートの場合にも標準供試体の圧縮強度を用いて構造物母材の曲げ圧縮強度を表示でき, これが一般に安全側にあることを示すものと解される。

以上述べたコア強度と標準供試体強度およびはりの曲

げ圧縮強度と標準供試体強度との関係についての調査ないし試験は, いずれも入念に施工された構造物や部材を用いて行なわれたものであり, この結果を一般の施工例に常に適用できるとは限らない。しかし, 入念に施工された構造物については, その平均圧縮強度ないし曲げ圧縮強度を同時に製作した標準供試体の圧縮強度で表示することはかなり安全側にあり, 適当であると思われる。

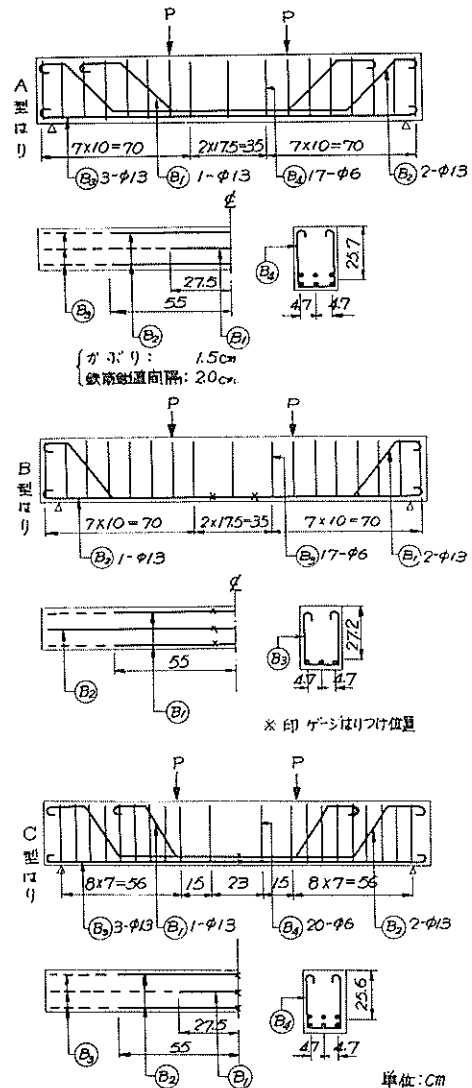


図-4.1 鉄筋コンクリートばりの形状および寸法と配筋図

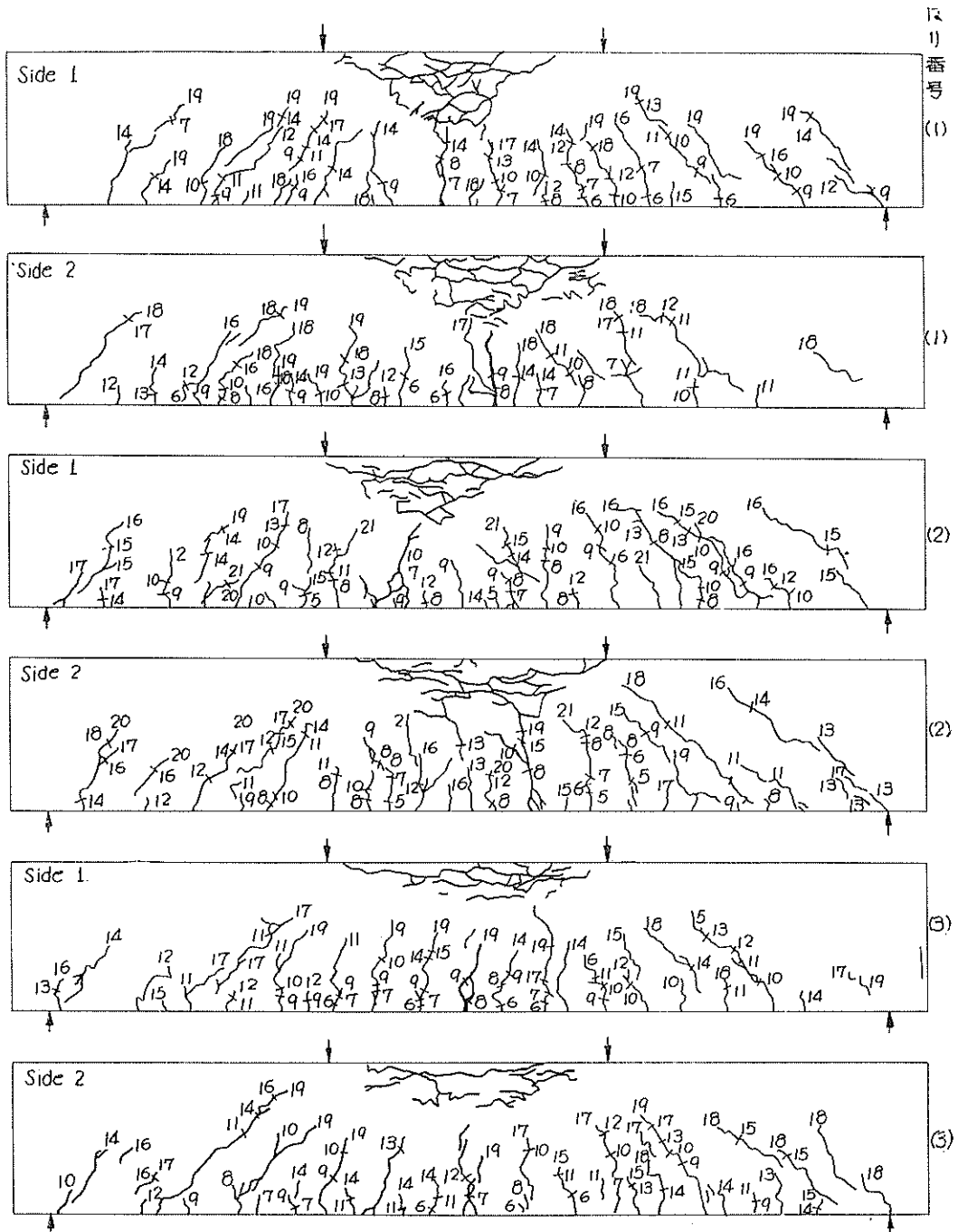


図-4.2 鉄筋プレキャストコンクリートばりのひびわれ状態

配合 I, A 型はりの場合 (荷重単位 ton)



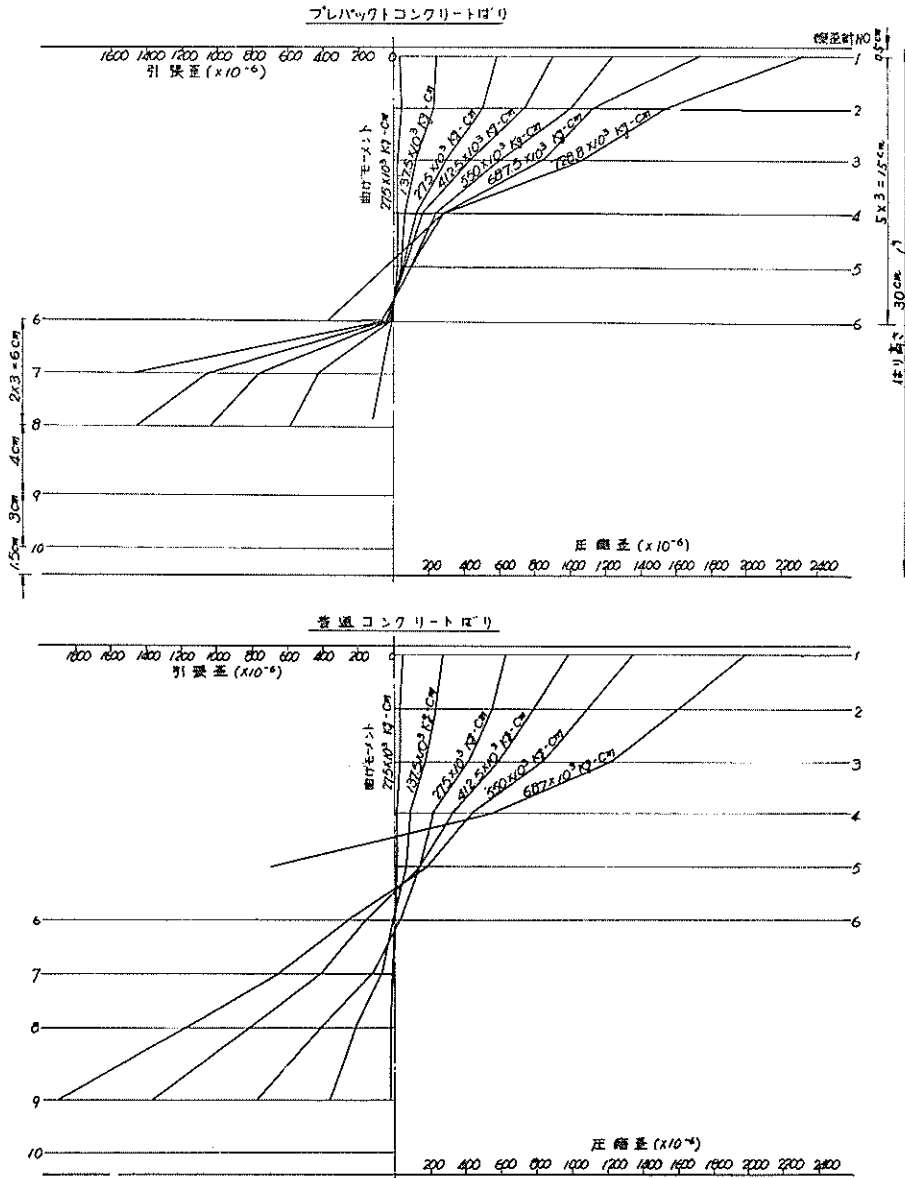


図-4.3 鉄筋コンクリートはりの歪分布測定結果  
 プレバットコンクリート：配合ⅢC型はり  
 普通コンクリート：配合ⅡC型はり

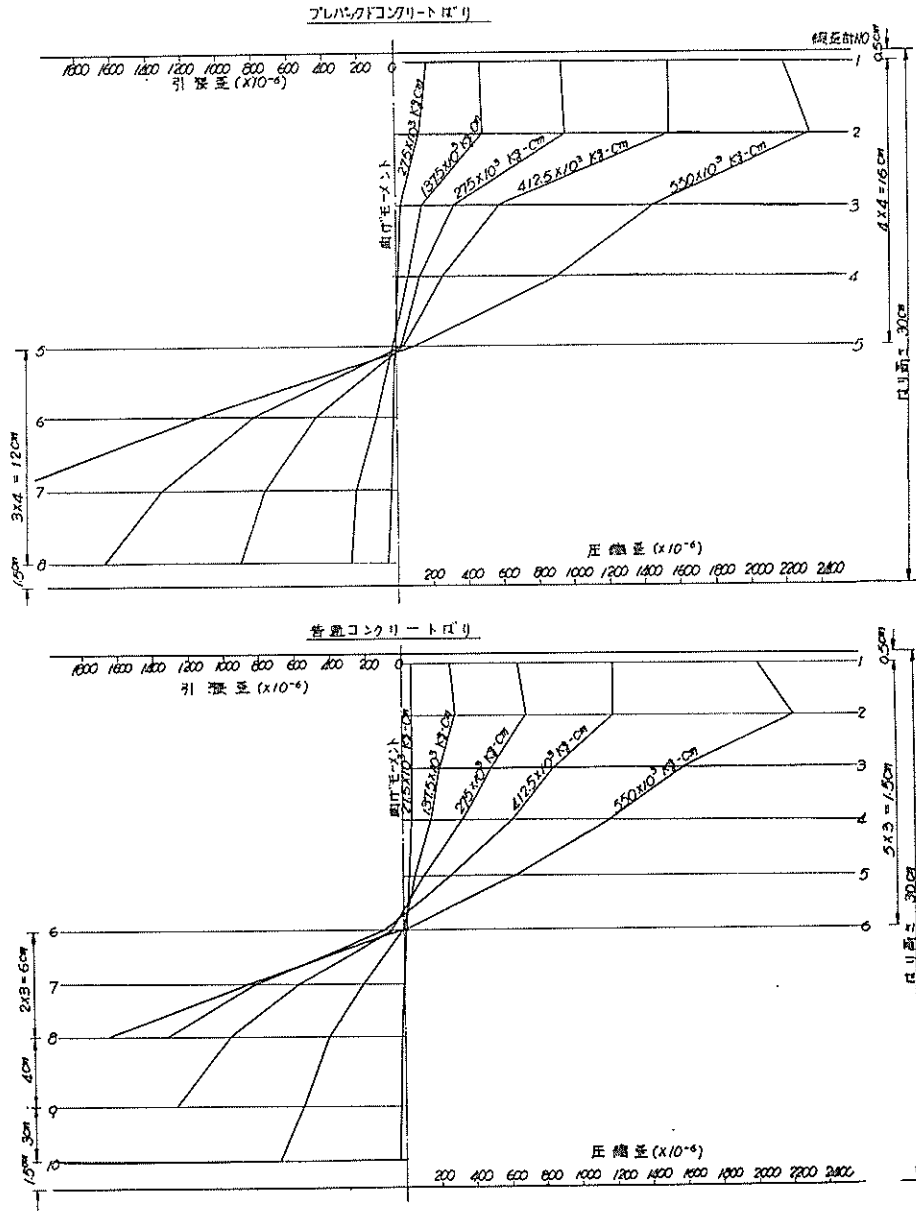


図-4.4 鉄筋コンクリートばりの歪分布測定結果  
 プレバッドコンクリート：配合ⅣC型はり  
 普通コンクリート：配合ⅢC型はり

## 5 章 プレバッドコンクリートにおける 材料分離の影響

4章の表-4.2, 4.3の試験結果より明らかなように、品質一定のモルタルを注入した場合でもコア強度はその採取位置によって変化し、一般に表層で小さく下層で大となる傾向を示している。このような注入後の強度変化

の原因にはブリージングによるモルタルの品質変化、上下における膨張拘束の程度の相違、粗骨材の浮き上り、等が考えられるが、主としてブリージングによるモルタルの品質変化に基くものとされている。14, 15) すなわち、注入後のブリージングによって表層モルタルの水セメント比は増加し、逆に下層モルタルのそれは減少し、これに応じて強度も減少ないし増加するもので、モルタル

ル注入終了後適当な時間に表層(頂面より0~40cm程度)に事後注入してブリージングによって稀釈されたモルタルを富配合のモルタルで置き換えるか、もしくは余分な水を絞り出すことにより、その影響をかなり減殺することができる。<sup>39)</sup>しかし、施工条件によっては表面処理が困難な場合もあり、また事後注入等の表面処理の効果が常に確実とは限らず、一般の施工条件の下ではモルタル自体の品質変動と共に、上述のような注入後の品質変化を予め考慮する必要がある。これは打ち込み後の品質変化を考慮する必要のない普通コンクリートと著しく異なる点であり、その変化の限界を明確にすることが必要と思われる。

表-4.2, 4.3における表層コア強度の標準供試体強度に対する比  $\sigma/\sigma_{ST}$  は前者では86~121%, 後者では87~105%である。表-5.1は長柱状に打ち込んだプレバッキングドコンクリートの強度分布を調べた結果であるが、表層部分の強度変化は上面型わくの有無によって相違し、一般の施工条件のように上面型わくの無い場合には  $\sigma/\sigma_{ST} = 89\sim 90\%$ (平均90%)である。北川、福田氏等<sup>28, 34)</sup>も  $\phi 15 \times 180\text{cm}$ の型わくを用いて長柱状のプレバッキングドコン

表-5.1 長柱状に打ち込んだプレバッキングドコンクリートの強度分布

型わくの 状態	注 入 速 度 (l/min)	28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※		圧縮強度比 (%)		
		上段 $\sigma_{\text{上}}$	下段 $\sigma_{\text{下}}$	標 準 $\sigma_{ST}$	$\sigma_{\text{上}}/\sigma_{ST}$	$\sigma_{\text{下}}/\sigma_{ST}$
上ぶた をつけ た場合	1	122	141	120	102	118
	2	138	148	121	114	122
	4	136	137	117	116	117
	8	121	142	122	99	116
上ぶた をつけ ぬ場合	1	108	143	120	90	119
	2	108	142	121	89	117
	4	105	140	117	90	120
	8	112	139	122	92	114

注) 材料および配合: 表-2.2 参照, 供試体の製作方法は表-2.1の方法Aに準じ、ポンプ注入による。  
※  $\phi 15 \times 60\text{cm}$ を中央で切断して $\phi 15 \times 30\text{cm}$ 供試体とし、注入時に上部にあったものを上段、下部にあったものを下段とした。標準は同時に製作した $\phi 15 \times 30\text{cm}$ 供試体を示す。圧縮強度はいずれも4個の平均値。

クリートを打ち、圧縮強度の分布状態を調べて付表-10, 11に示したような結果を報告している。これによると

表-5.2 ブロック表層(頂面より0~40cm)より採取したプレバッキングドコンクリートコアの圧縮強度試験結果

構 造 物 名	コア採取 ブロック No.	コア圧縮強度の (kg/cm <sup>2</sup> ) 材令 144~148日	標準供試体3個 の平均圧縮強度 $\sigma_{ST}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{\sigma}{\sigma_{ST}}$ (%)	備 考
北海道羽幌港, 防波堤 (打上り高さ 5.0m)	1	126 107 —	117	138	示方配合 C : F : S = 4 : 1 : 5 W/(C+F)=50% P <sub>oz</sub> . 8/(C+F)=0.25% Al/(C+F)=0.015% 空隙率=36.5% 流出時間=17~18sec 養生条件 施工現場で水中養生
	2	136 127 169	144	177	
	3	176 116 —	146	176	
	4	188 171 —	180	206	
北海道樺法華港, 東防 波堤 (打上り高さ 6.0~7.7 m)	1	— 145 173	159	222	示方配合 C : F : C = 4 : 1 : 5 W/(C+F)=43% RGA/(C+F)=0.81% 空隙率=42.0% 流出時間=16~22sec 養生条件 施工現場で水中養生
	2	157 189 —	173	170	
	3	135 — —	135	202	
	4	158 195 187	180	178	

縮強度の減少するのはほとんど表層(頂面より0~30cm)に限られ、その強度比 $\sigma/\sigma_{ST}$ は、前者で67~83%(平均75%)、後者で66~88%(平均75%)である。

以上に述べた試験はいずれも事後注入等の表面処理を施さない場合であるが、強度低下は打ち上り高さにはほとんど関わりなく表層コンクリート(頂面よりの深さ0~40cm程度)に限られることが共通して認められる。強度低下の程度は必ずしも一定ではないが、上に述べた北川、福田氏等の結果は他に比較してかなり大きい値を示しているが、これには型わく側面の影響も含まれているものと思われる。表-5.2は実際の施工例で表層コアを採取し、その圧縮強度を標準供試体強度と比較した結果である。本表には2施工例の結果を示したが、いずれも表面処理を施さない場合である。第1の例では打ち上り高さは5mであるが、 $\sigma/\sigma_{ST}$ は81~87%(平均84%)、第2の例では打ち上り高さは6~7.7mで、 $\sigma/\sigma_{ST}$ は67~102%(平均86%)である。これには注入モルタルの品質変動の影響も当然含まれており、品質一定のモルタルの注入後における品質変化による強度減少は以上の値よ

り更に少なく、 $\sigma/\sigma_{ST}$ は一般に85%以上と判断してよいであろう。換言すれば、モルタル注入後におけるプレパッドコンクリートの品質変化については表層の圧縮強度が標準供試体強度の85%程度まで減少するものとして配合設計等を行えば一般に安全側にあるものと思われる。

## 6章 プレパッドコンクリートの強度変動の要因と施工例より推定した割り増し係数

5章で述べたモルタルの注入後における材料分離の影響および養生条件の影響を除外するとプレパッドコンクリートの品質に直接的影響をおよぼし得る要因はモルタルの品質および粗骨材の品質、粒度分布および元充状態、等に限定される。粗骨材の粒度分布や元充状態とプレパッドコンクリートの品質との関係については12章で検討するものとし、本章では粗骨材およびモルタルの品質とプレパッドコンクリートの強度との関係について論ずる。

使用材料および配合が一定の場合、プレパッドコン

表-6.1 各種の粗骨材を用いたプレパッドコンクリートの圧縮強度試験結果

粗骨材	種別	モルタルのみ	川砂利	石灰岩	軟質砂岩	蛇紋岩	高炉滓	転炉滓
	産地	—	酒匂川	大船渡市	横須賀市 107 <sup>1)</sup>	横須賀市 578 <sup>2)</sup>	日本鋼管KK 418 <sup>3)</sup>	日本鋼管KK —
プレパッド コンクリート	28日圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )	415	278	315	84	287	349	369
	標準偏差(kg/cm <sup>2</sup> )	9.4	6.2	5.0	4.6	5.9	3.0	22.5

注) 1, 2, 3), 10×10×10cm供試体を用いASTMC170-50に準じて試験、それぞれ、5, 5, 8個の平均値、プレパッドコンクリートの圧縮強度は川砂利を除く岩石を砕き、15~25mmのものを表面乾燥飽水状態とし、表-2.1方法-Dによってφ10×20cm供試体を製作して試験した。供試体数3個  
モルタル材料; O社普通セメント, 豊浦標準砂, ポリゾスNo.8, F金属社AI粉末AA12  
モルタルの配合; S/C=1.0, W/C=44.5%, P<sub>ox</sub>.8/C=0.25%, Al/C=0.015%  
モルタルの性質; 流出時間=20.4sec, 保水性=73.0%,  $\sigma_{28}$ =435kg/cm<sup>2</sup> (φ5×10cm 3個の平均)

クリートの強度はモルタルの強度、粗骨材の強度あるいはモルタルと粗骨材の付着強度のいずれかによって決まると考えることができる。表-6.1はこれを確かめるために各種の粗骨材を用いて行なった試験結果である。軟質砂岩や高炉滓のように骨材強度(φ10×20cm供試体換算強度はそれぞれ86および334kg/cm<sup>2</sup>)がモルタル強度より小さく、かつ表面組織が非常に疎で十分な付着強度が期待される場合には、コンクリート強度は骨材強度とほとんど一致している。その反面、蛇紋岩やこれよりかなり堅硬と思われた川砂利や転炉滓を用いたコンクリートの強度はモルタルおよび骨材強度よりかなり小さく、付着強度によって決まったものと推定される。この結果の示すように、粗骨材の品質はプレパッドコンクリートの強度に影響しない訳ではないが、実際問題としてモ

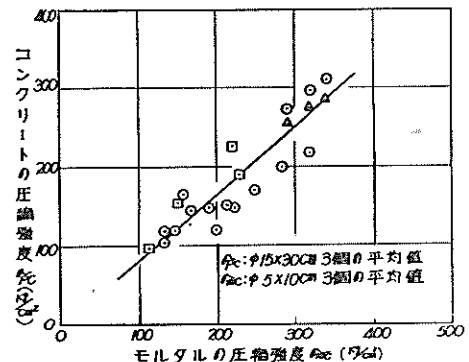


図-6.1 注入モルタルの圧縮強度とプレパッドコンクリートの圧縮強度との関係<sup>1)</sup>  
○: O社普通セメント, U社フライアッシュ  
●: 鶴沼海岸砂, 酒匂川砂利  
□: I社普通セメント, 夏井川砂, 鯉川砂利  
△: O社普通セメント, 鶴沼海岸砂, 鯉川砂利

ルタルより弱い材料が粗骨材として使用される可能性は極めて乏しく、また同一産地の粗骨材を使用する限りではその強度や表面組織の状態もほぼ一定としてよい。従って、一般の施工条件の下では、粗骨材の品質がプレバックドコンクリートの強度変動の要因となることはほとんどないと判断でき、図-6.1の試験結果はこれを裏付けるものと思われる。

そこで、使用材料を一定とした場合の注入モルタルの諸強度とプレバックドコンクリートの諸強度との関係を検討すると、両者の間には密接な相関関係が成立し、図-6.2~6.5に示したように、プレバックドコンクリートの圧縮、引張および曲げ強度はそれぞれ注入モルタルの圧縮、引張および曲げ強度にほぼ直線的に比例することが認められた。これらの関係は各種の配合や養生条件に

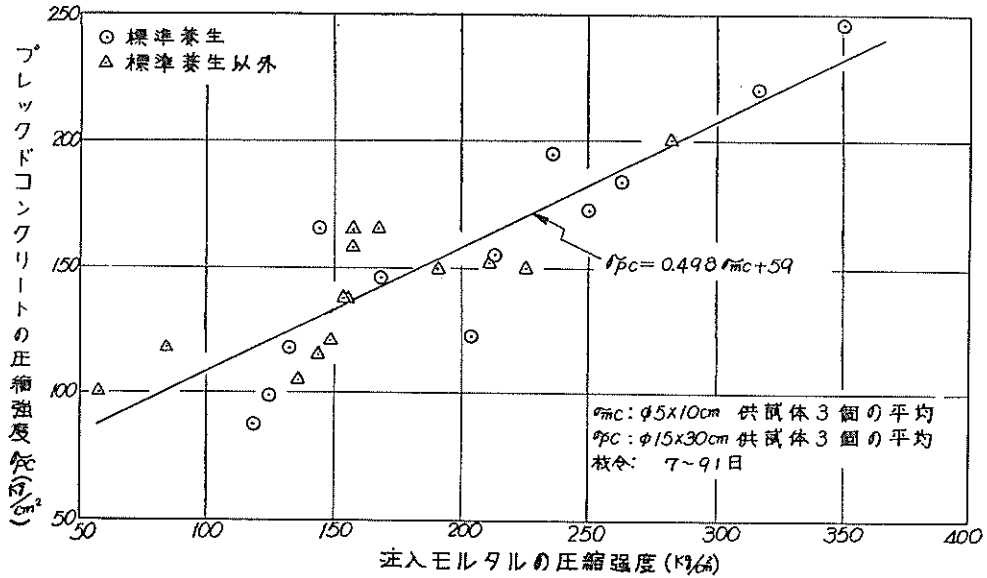


図-6.2 注入モルタルの圧縮強度とプレバックドコンクリートの圧縮強度との関係  
試験条件: 付表-3~5参照

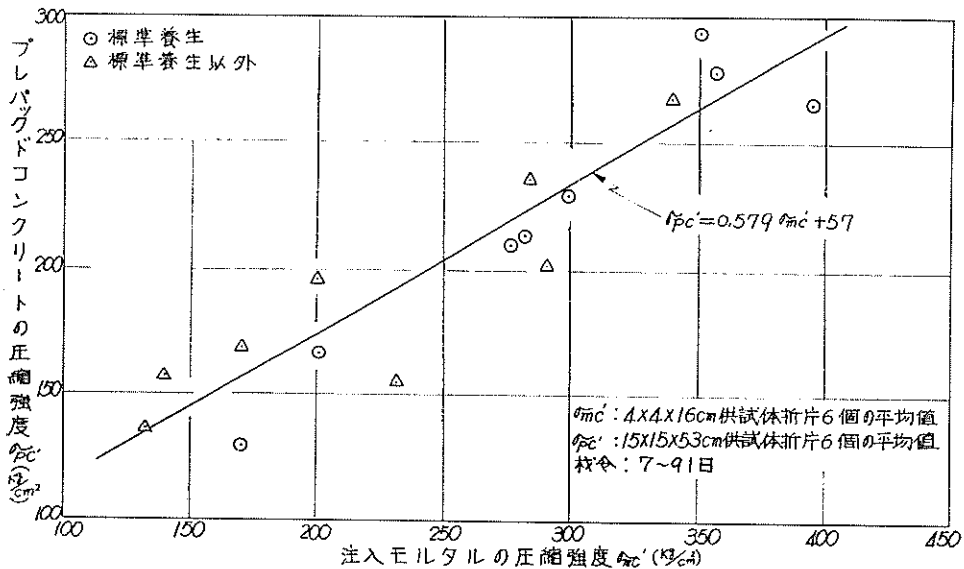


図-6.3 注入モルタルの圧縮強度とプレバックドコンクリートの圧縮強度との関係  
試験条件: 付表-3~5参照

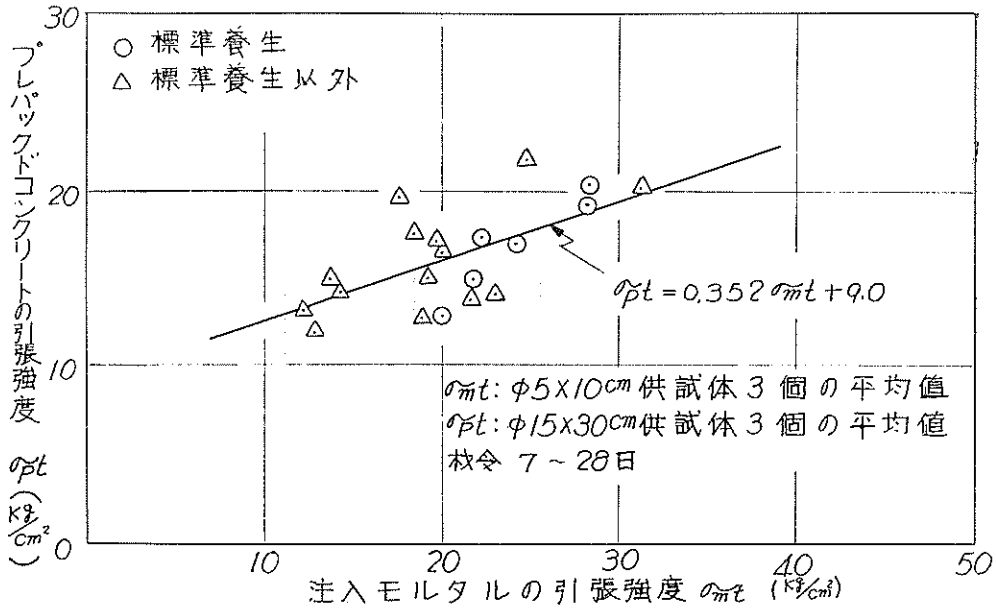


図-6.4 注入モルタルの引張強度とプレバッキングコンクリートの引張強度との関係  
試験条件：付表-3～5 参照

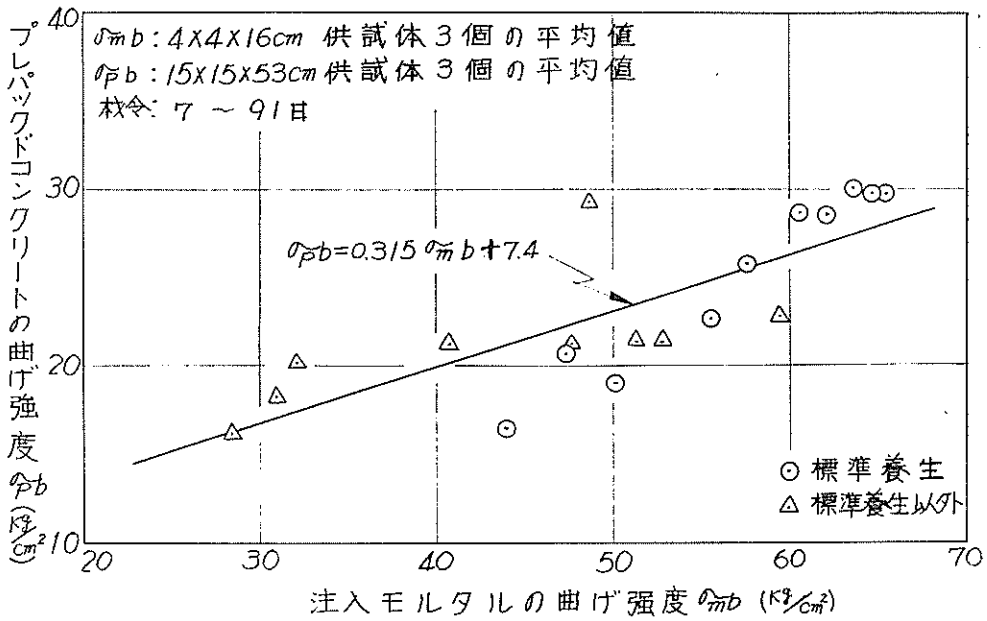


図-6.5 注入モルタルの曲げ強度とプレバッキングコンクリートの曲げ強度との関係  
試験条件：付表-3～5 参照

ついて得られたものであり、一般の施工条件の下でもこれに相当する関係が成立するものと思われる。一方、注入モルタルの引張および曲げ強度は図-6.6、6.7に示したようにその圧縮強度にほぼ直線的に比例することは明らかで、更に、材令による強度の変化率が3章で述べた

プレバッキングコンクリートのそれとほとんど一致することも付表-4、5、8および9の試験結果より確かめられた。以上に述べた諸関係は、仮に粗骨材の粒度分布やてん充状態の影響を無視し得るものとすれば、プレバッキングコンクリートの強度は注入モルタルの品質によって

ほぼ一義的に決まること、プレバッドコンクリートの施工管理では注入モルタルの品質管理が非常に重要であり、また、硬化後の注入モルタルの品質をその圧縮強度で表示するのは適当なこと、等を示すものと思われる。

一般の施工条件の下での注入モルタルの品質変動は、使用材料の品質変化、粗骨材の粒度変化、計量誤差や細

骨材の表面水による配合比の変化、練りませ条件の変化等に起因するもので、これがプレバッドコンクリートの強度におよぼす影響は当然それぞれの工程管理の程度によって相違する。このような注入モルタルの品質変動の要因とプレバッドコンクリートの強度との関係は、普通コンクリートの品質変動の要因とその強度との関係

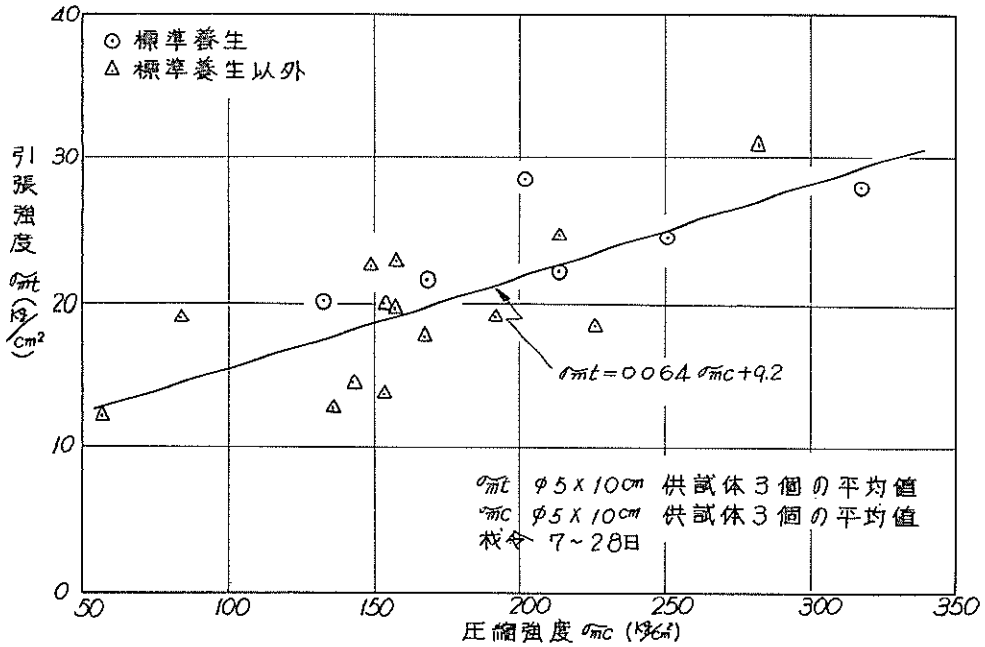


図-6.6 注入モルタルの圧縮強度と引張強度との関係  
試験条件：付表-3~5 参照

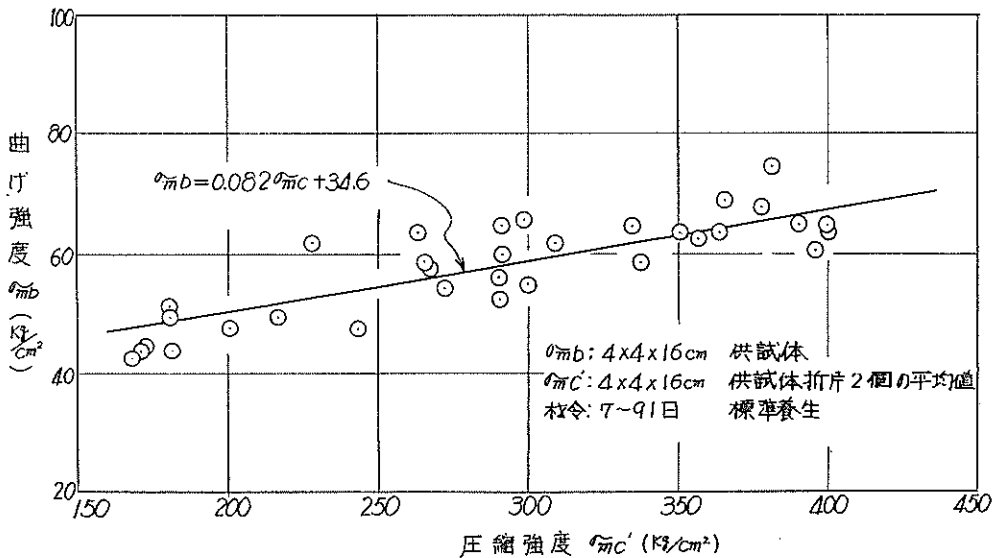


図-6.7 注入モルタルの圧縮強度と曲げ強度との関係  
試験条件：付表-3, 4 参照

に相当する。119件の施工例について調査した結果<sup>31)</sup>によると、工程管理を入念に行なった例は比較的少ないが、それらの例から判断する限りでは、上述の要因の施工現場における変化の状態は普通コンクリートの場合と同等であると考えて差し支えない。結果的にはプレバッキングドコンクリートの圧縮強度の変動状態も普通コンクリートの場合と余り変わらず、たとえば、28日圧縮強度を調査した16件の施工例では、その変動係数が15%以下のもの8件、15~20%のもの7件、20%以上のもの1件、のような結果が得られている。これらの例は、普通コンクリートの品質管理状態の判定規準<sup>32)</sup>によれば、それぞれ、良好、普通、不良の場合に相当する。このことは、上述の注入モルタルの品質変動要因を管理することによって、プレバッキングドコンクリートの品質を普通コンクリートと同程度に管理し得ることを実証するものと思われる。

普通コンクリートの品質管理では前段で述べたような要因に基く品質の変動に対しては圧縮強度の許容限界を定め、また、配合強度は設計基準強度  $\sigma_{28}$  にこの許容限界を満足するように定めた係数  $\alpha$  を乗じて割り増した値

を以て定めるのが原則とされている。<sup>30)</sup>たとえば、無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリート標準方書に規定された許容限界の条件は、これを式で表わすと、次の通りである。

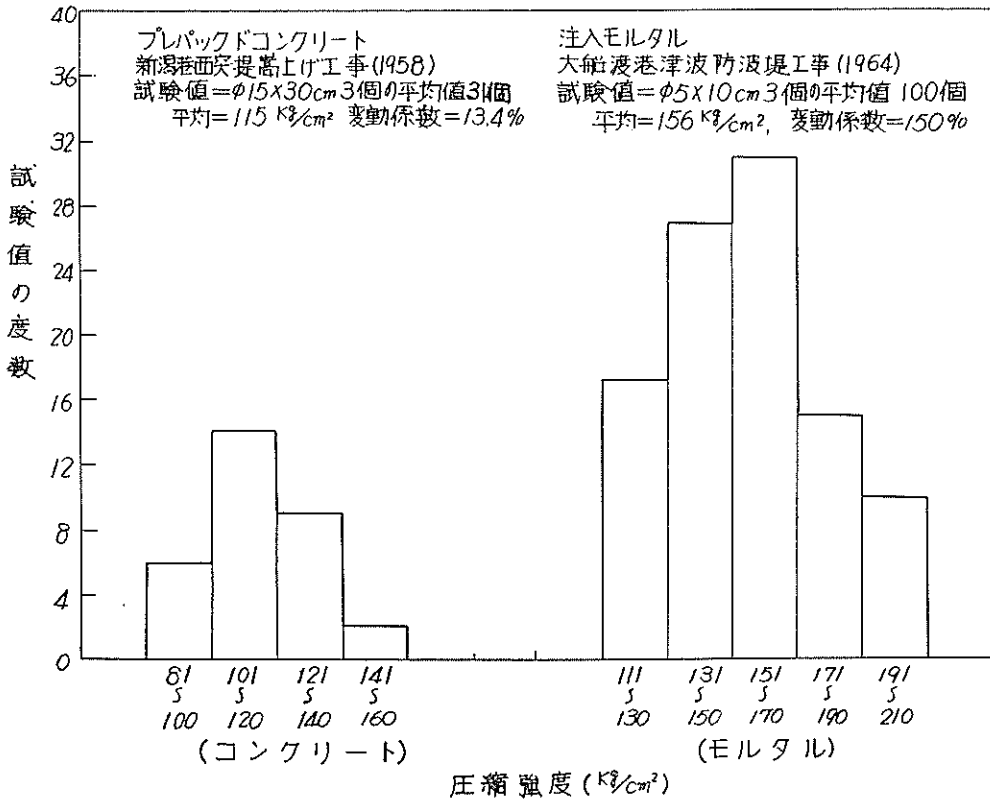
$$(i) \sigma_r > \frac{0.8\sigma_{28}}{1-1.645V} = \alpha_1\sigma_{28}$$

$$(ii) \sigma_r > \frac{\sigma_{28}}{1-1.645V/\sqrt{5}} = \alpha_2\sigma_{28}$$

これは、圧縮強度の試験値の平均値からの偏差が正規分布するものとした場合、危険率を  $k$ 、標準偏差を  $s$ 、標準単位を  $t$ 、とすると

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-ts}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 1 - k$$

となり、 $k=0.05$ 、のとき、 $t=1.645$ 、となることを用いて導いたものである。(i)、(ii)式における  $V$  は圧縮強度の変動係数で、係数  $\alpha$  は  $V \leq 18\%$  では  $\alpha_2$  により、 $V > 18\%$  では  $\alpha_1$  により定まる。圧縮強度の許容限界に関するこのような規定は、工程を標準化した施工現場におけるコンクリートの品質変動は統計法則に従うとする考え方に基くもので、<sup>30)</sup> この思想をプレバッキングドコンクリ



図一6.8 施工例における注入モルタルおよびプレバッキングドコンクリートの圧縮強度の度数分布の例



ートの場合にも適用できることは前段に述べた所から当然と思われる。図-6.8は施工例における注入モルタルおよびプレバッキングコンクリートの圧縮強度の度数分布の一例であるが、いずれも、正規分布に近く、上述の結論を支持するものであろう。

しかし、普通コンクリートの圧縮強度の許容限界あるいはこれを満足するように定めた割り増し係数をそのままプレバッキングコンクリートに用いることは必ずしも適当でない。5章の結論は、モルタルの品質に変動がない場合にも、注入後の材料分離によってプレバッキングコンクリートの強度も変化し、一般の施工条件の下ではこれによる強度減少を考慮した配合設計を行なう必要のあることを示しているからである。この種の強度変化は前述の統計法則を適用しうる強度変動の現象と異質のものであるが、実際には一連の現象として生じており、許容限界や割り増し係数の設定には両者を一連の現象として取り扱うことが必要と思われる。結論で述べたように、プレバッキングコンクリートの品質に対する需要条件は普通コンクリートの品質に対するそれと相違しないので、両者の圧縮強度に同等の許容限界を設けるものとすれば、プレバッキングコンクリートに対しては次式による割り増し係数を用いるのが適当と思われる。

$$(iii) \quad \alpha_r > \frac{0.8\sigma_{28}}{0.85(1-1.645V)} = \alpha_1' \sigma_{28}$$

$$(iv) \quad \sigma_r > \frac{\sigma_{28}}{0.85(1-1.645V/\sqrt{5})} = \alpha_2' \sigma_{28}$$

上式で用いた係数0.85は、5章で得られた値で、品質一定のモルタルを注入した場合の強度減少の限界を示す係数である。本式による割り増し係数の適用性を、表-5.2の施工例について検討すると以下の通りである。

(羽幌港防波堤の場合)

材令28日圧縮強度の平均値は151kg/cm<sup>2</sup>、不偏分散の平方根を用いて推定した母集団の標準偏差は12.2kg/cm<sup>2</sup>、変動係数は8.1%である。この変動係数に対する割り増し係数は(iv)式により1.250である。従って、

$$\sigma_r = 1.250\sigma_{28}$$

表-5.2より $\sigma/\sigma_{ST} = 0.81 \sim 0.87$ であるから、材令28日のコア強度の $\sigma$ は条件の悪い場合でも、 $\sigma > 0.8\sigma_{ST}$ 程度と推定できる。 $\sigma_{ST}$ を $\sigma_r$ で置きかえると、 $\sigma > 0.8 \times 1.25\sigma_{28} = 1.0\sigma_{28}$ となる。

(撤法華港東防波堤の場合)

材令28日圧縮強度の平均値は137kg/cm<sup>2</sup>、不偏分散の平方根を用いて推定した母集団の標準偏差は37.9kg/cm<sup>2</sup>、変動係数は27.7%である。これに対する割り増し係数は(iii)式により1.747である。従って、

$$\sigma_r = 1.747\sigma_{28}$$

表-5.2の表層コアの試験結果は $\sigma/\sigma_{ST} = 0.67 \sim 1.07$ であるから、材令28日のコア強度 $\sigma$ は最も小さい場合でも $\sigma > 0.6\sigma_{ST}$ と推定してよいであろう。 $\sigma_{ST}$ を $\sigma_r$ で置きかえると、 $\sigma > 0.6 \times 1.747\sigma_{28} = 1.05\sigma_{28}$ となる。

上例では工程管理の良好と不良の極端な場合であるが、コア強度 $\sigma$ と標準供試体強度 $\sigma_{ST}$ の比 $\sigma/\sigma_{ST}$ にはモルタルの品質変動の影響と共に注入後の材料分離による強度減少の影響も含まれている。従って(iii)および(iv)式による割り増し係数はプレバッキングコンクリートの圧縮強度に普通コンクリートと同等ないし同等以上の許容限界を与えるものと解され、必要でかつ十分な安全性をもつ係数と思われる。表-6.2は変動係数5~30%の場合について(iii)、(iv)式による割り増し係数を普通コンクリートの場合に一般に用いられている値と対比して示したものである。

表-6.2 プレバッキングコンクリートの圧縮強度の割り増し係数(案)

コンクリートの種別	$\alpha_1, \alpha_2$	変 動 係 数 V (%)					
		5	10	15	20	25	30
普通コンクリート	$\alpha_1$	0.872	0.958	1.062	1.192*	1.358*	1.579*
	$\alpha_2$	1.038*	1.079*	1.124*	1.172	1.225	1.283
プレバッキング コンクリート	$\alpha_1'$	—	—	—	1.402	1.597	1.858
	$\alpha_2'$	1.222	1.270	1.322	—	—	—

注) \*割り増し係数 $\alpha$ として用いられている値

$$\alpha_1 : \sigma_r > 0.8\sigma_{28}/(1-1.645V) = \alpha_1 \sigma_{28}$$

$$\alpha_2 : \sigma_r > \sigma_{28}/(1-1.645V/\sqrt{5}) = \alpha_2 \sigma_{28}$$

$$\alpha_1' : \sigma_r > 0.8\sigma_{28}/0.85(1-1.645V) = \alpha_1' \sigma_{28}$$

$$\alpha_2' : \sigma_r > \sigma_{28}/0.85(1-1.645V/\sqrt{5}) = \alpha_2' \sigma_{28}$$

## 7章 配合比が注入モルタルおよびプレパックドコンクリートの品質におよぼす影響

プレパックドコンクリートの配合は粗骨材の空隙率と注入モルタルの配合比、すなわち、水セメント比  $W/(C+F)$ 、フライアッシュ混和率  $F/(C+F)$ 、砂セメント比  $S/(C+F)$ 、減水剤率  $Ad/(C+F)$  および発泡剤率  $Al/(C+F)$  で表示できる。これらの配合要素のうち、粗骨材の空隙率は与えられた粗骨材とその充填方法によってほぼ一定となり、また、減水剤率と発泡剤率もそれぞれ減水効果と膨脹効果により一義的に決まるとしてよい。従って、注入モルタルの配合設計は、主として  $W/(C+F)$ 、

$F/(C+F)$  および  $S/(C+F)$  を定めることに他ならない。本章では、これらの配合比が注入モルタルおよびプレパックドコンクリートの諸性質におよぼす影響と配合設計の条件を検討し、減水剤率と発泡剤率については8章で論ずる。

### 1節 水セメント比の影響

水セメント比  $W/(C+F)$  は注入モルタルの配合比の中でも最も基本的な要素であり、注入モルタルおよびプレパックドコンクリートの諸性質に特に著しい影響をおよぼす。図-7.1~7.3はそれぞれ、水セメント比と注入モルタルの流動性注-1)、ブリージング率注-2) および保水性注-3) との関係を試験した結果で、水セメント比の

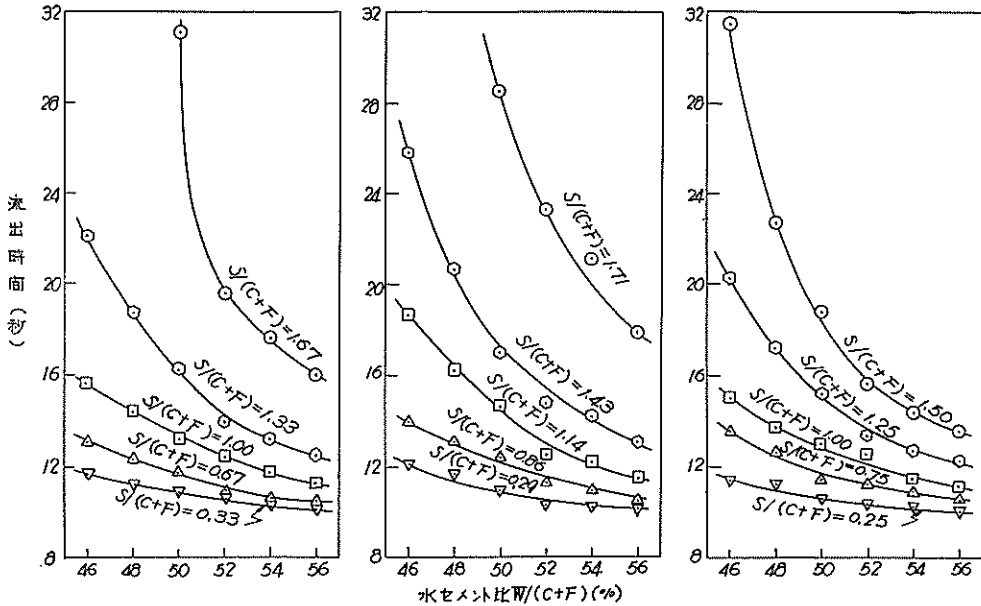


図-7.1 注入モルタルの水セメント比と流出時間の関係

材料：O社普通セメント，U社フライアッシュ，庄川産砂（FM=2.44，2.5mmふるい100%通過）  
ポリス No. 5 (C+F)×0.5%，試薬1級 Al 粉末 (C+F)×0.015%

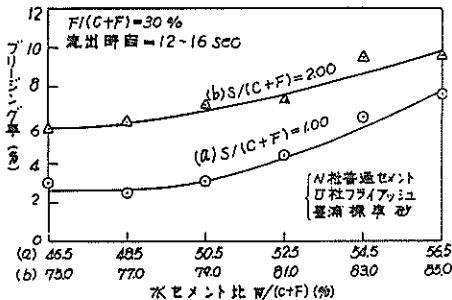


図-7.2 水セメント比と注入モルタルのブリージング率との関係  
50ccメスシリンダーを用いて測定

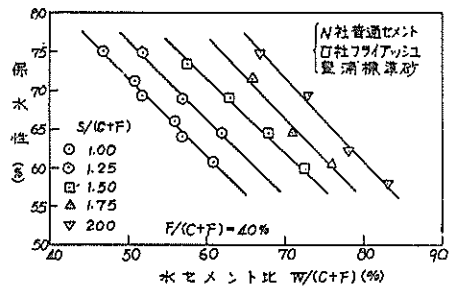


図-7.3 水セメント比と注入モルタルの保水性との関係

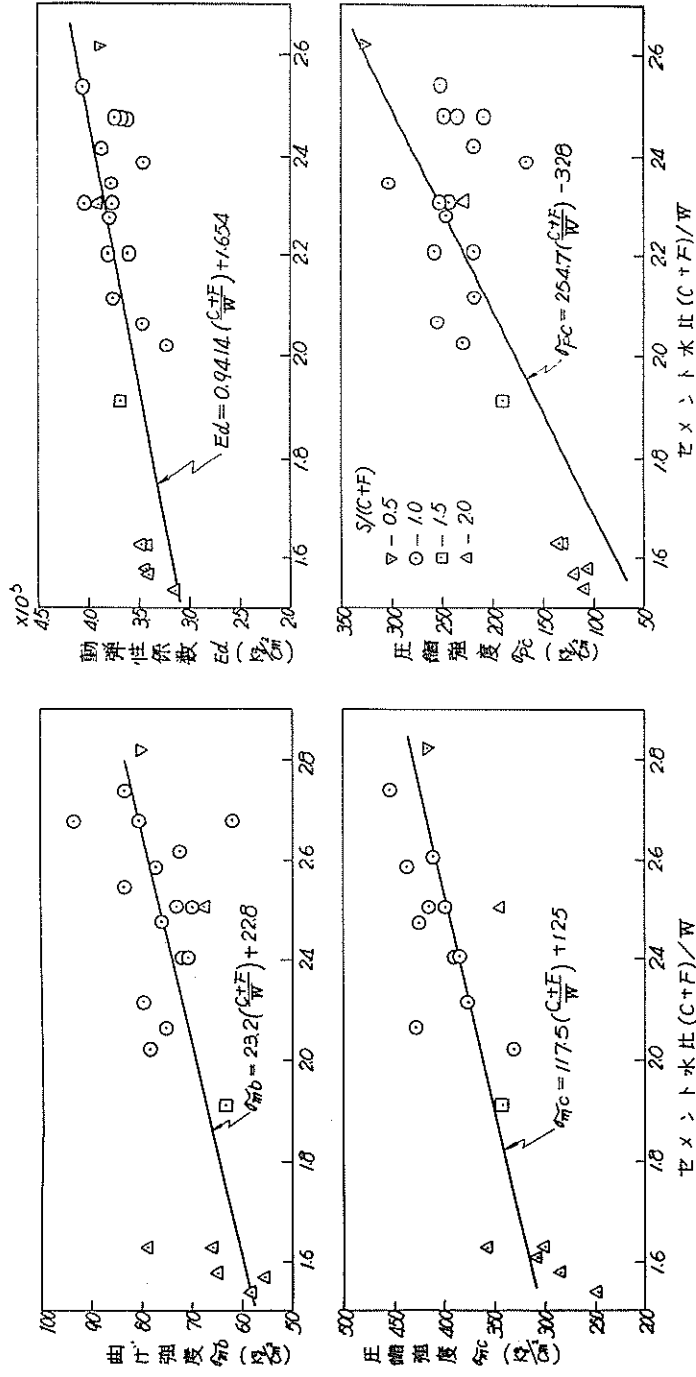


図-7.4 セメント水比と注入モルタルおよびプレバッキングコンクリートの強度との関係

材令28日,  $F/(C+F)=20\%$ ,  $P_{onza} = 8/(C+F)=0 \sim 0.375\%$ ,  $AI/(C+F)=0.03\%$

(付表-7~9参照)

増加は流動性を増大するが、材料分離の傾向もこれに応じてほぼ直線的に増加することを示している。図-7.4はセメント水比  $(C+F)/W$  とモルタルおよびコンクリートの強度との関係を試験した結果で、これらの強度が  $(C+F)/W$  にほぼ直線的に比例し、プレバッドコンクリートについても水セメント比法則が成立することを示している。これらの関係より、適当な流動性の得られる範囲内で、水セメント比を最小にしなければならないことは明らかである。従来の施工例によると  $18 \pm 2$  sec ないし  $20 \pm 2$  sec を標準の流出時間としている例が多く、流出時間が  $16 \sim 22$  sec 程度の範囲で適当な流動性が得られるものと判断してよい。図-7.1によれば、この範囲では、流出時間  $\sim W/(C+F)$  の関係はほぼ直線的で、流出時間  $\pm 1$  sec の変化は  $W/(C+F) = 1$  ㎎% の変化に相当する。これは注入モルタルの流動性を表示する値としての流出時間が水セメント比の変化に対し適当な鋭感性を備えており、従来の施工例で用いられている流出時間の許容範囲が管理限界として適当なことを示すものと思われる。

## 2 節 フライアッシュ混和率の影響

良質のフライアッシュの混入が一般に注入モルタルの流動性を増加することは既に認められているが、他の配合比を一定として用いる限りでは図-7.5, 7.6の試験結果からも明らかなように、ブリージング率の増加あるいは保水性の減少を伴う。従って、フライアッシュは水セメント比の減少を条件として用いるべきで、流動性を一定とする場合には  $F/(C+F)$  と  $W/(C+F)$  との間に図-7.7 に示したような関係が認められ、所要の水セメント比は  $F/(C+F) = 10\%$  について  $W/(C+F) = 1$  ㎎程度減少し、ブリージング率や保水性はほとんど一定となる。単位水量の減少もフライアッシュ混入の影響の一つであって、図-7.8 に示したように、流動性を一定とする場合にはその減少の程度が著しく、フライアッシュ混入の長所の一つと思われる。

フライアッシュの混入が強度におよぼす影響は材令によって変化する。たとえば図-7.9, 7.10 は付表-12に示した注入モルタルの強度に関する一連の試験結果より材令28日の場合を図示したものであるが、材令1~4週では強度は  $F/(C+F)$  の増加に応じてほぼ直線的に減少する。しかし、長期材令では  $F/(C+F) = 20 \sim 30\%$  の付近で最大強度が得られ、0%の場合の110%程度に達するようである。フライアッシュ混和率とプレバッドコンクリートの間にも、図-7.11に示したような試験結果が得られ、フライアッシュの混入がプレバッドコンクリートの強度に、注入モルタルにおけるほぼ同等の影

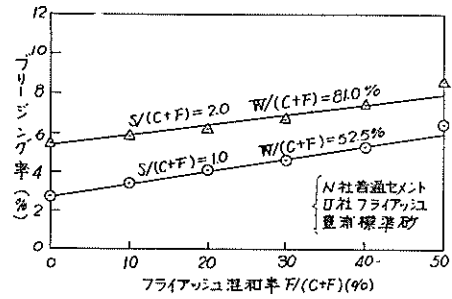


図-7.5 フライアッシュ混和率と注入モルタルのブリージング率との関係  
50ccメスシリンダーを用いて測定

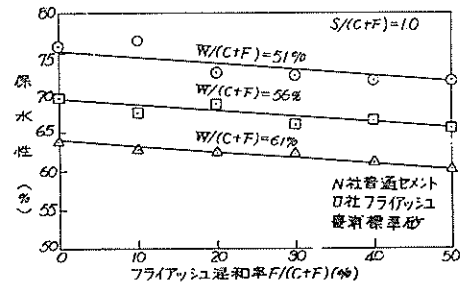


図-7.6 フライアッシュ混和率と注入モルタルの保水性との関係

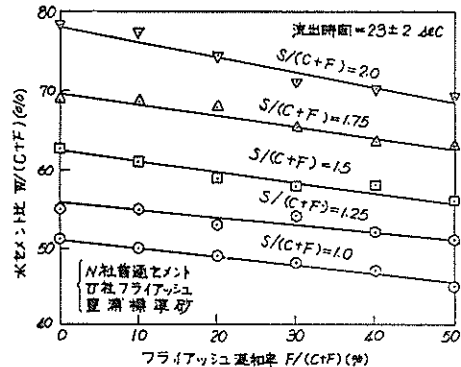


図-7.7 流動性を一定とした注入モルタルのフライアッシュ混和率と所要セメント比の関係

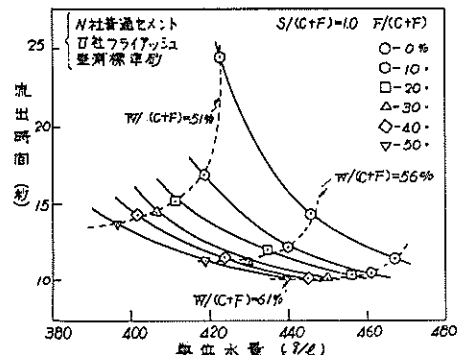


図-7.8 注入モルタルのフライアッシュ混和率と流動性および単位水量の関係

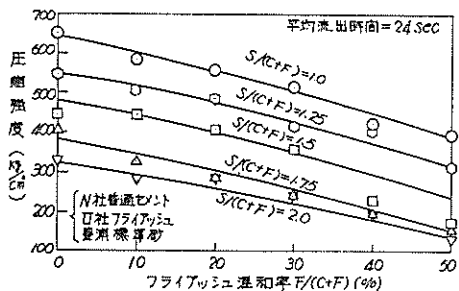


図-7.9 フライアッシュ混和率と注入モルタルの圧縮強度の関係

材令28日, 4×4×16cm折片6個の平均値

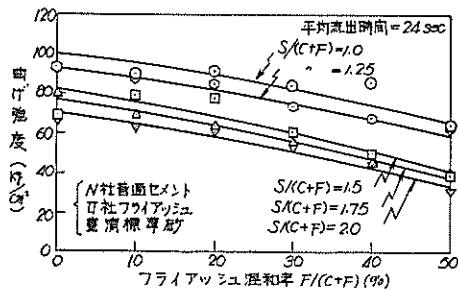


図-7.10 フライアッシュ混和率と注入モルタルの曲げ強度との関係

材令28日, 4×4×16cm供試体3個の平均値

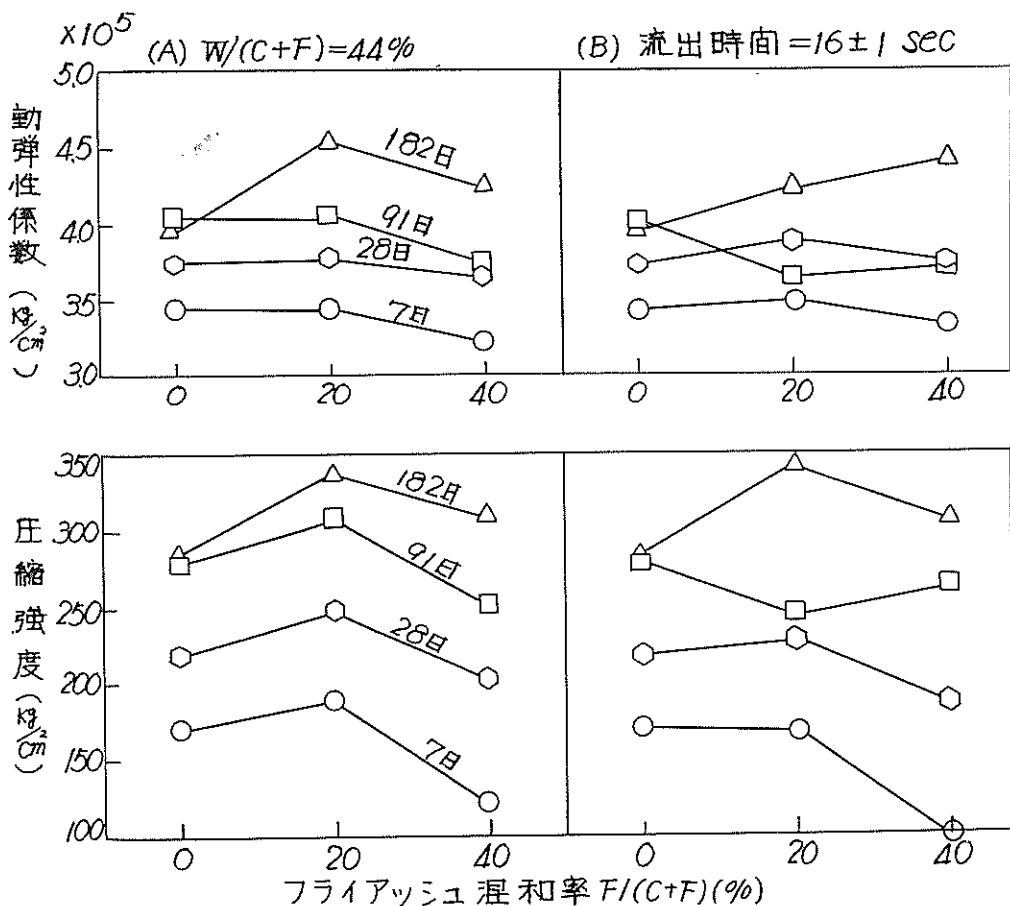


図-7.11 フライアッシュ混和率とプレパケットコンクリートの強度の関係

$S/(C+F)=1.0$ ,  $P_{0.8}/(C+F)=0.25\%$ ,  $AI/(C+F)=0.01\%$

$\phi 15 \times 30\text{cm}$ 供試体値の平均値, 付表-7~9 参照

響をおよぼすことを示している。

従って、配合設計において  $F/(C+F)$  を定める場合、養生条件の許容する限り長期強度の増進を考慮してこれを定めるのがよく、 $F/(C+F)=20\sim 30\%$  は適当な値と

思われる。また、高強度を必要としないマップな部材の場合には、所要の強度および耐久性が得られる範囲内で大きな値を選び、単位水量の減少を計ることは均一性の大きいコンクリートを得るのに効果的と思われる。

### 3 節 砂セメント比 $S/(C+F)$ の影響

注入モルタルの流動性を一定として砂セメントを変え  
る場合、所要の水セメント比は図-7.12に示したように  
ほぼ直線的に変化し、他の諸性質にも著しい影響をおよ  
ぼす。図-7.13は砂セメント比とブリージング率との関  
係を試験した結果であるが、ブリージング率が砂セメン  
トにほぼ直線的に比例して増加することが観察される。  
注入モルタルおよびプレバックドコンクリートの強度が  
いずれも砂セメント比の増加に応じて、ほぼ直線的に減  
少することも図-7.13および7.15の試験結果より明らか  
である。このような砂セメント比の変化に伴う注入モル  
タルおよびプレバックドコンクリートの諸性質の変化  
は主として水セメント比の変化に起因するものと思われ  
る。これは砂セメント比の変化による所要水セメント比  
の変化量を、たとえば、図-7.2や7.4の係数に挿入して  
推定したブリージング率や強度の変化量が、図-7.13や  
7.15で得られる値とほぼ一致することにより実証され  
る。しかし、この変化が注入モルタルの単位水量と直接  
には関係せぬことは図-7.14の試験結果より明らかで、  
単位水量は  $S/(C+F)=0\sim 1.0$  では、 $S/(C+F)$  の増  
加に応じてほぼ直線的に減少し、 $S/(C+F)=1.0\sim 2.0$   
ではほとんど一定である。

密実で耐久性の大きいプレバックドコンクリートを得

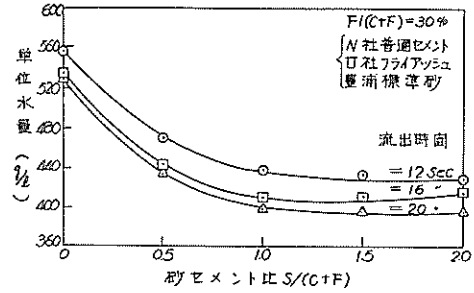


図-7.14 砂セメント比と注入モルタルの単位水量の関係

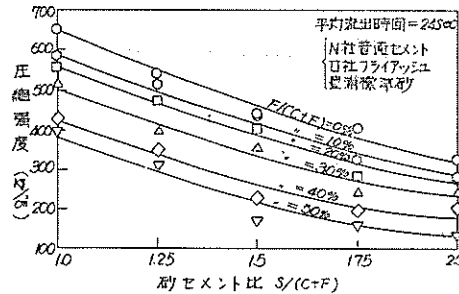


図-7.15 砂セメント比と注入モルタルの圧縮強度の関係  
材令28日、 $4\times 4\times 16\text{cm}$ 折片6個の平均値  
付表-12参照

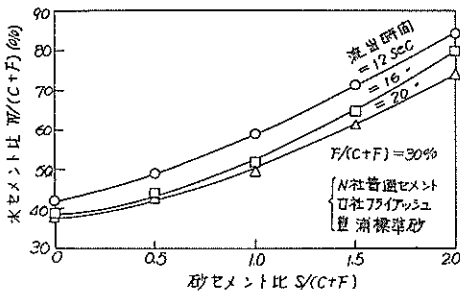


図-7.12 流動性を一定とした注入モルタルの砂セメント比と所要水セメント比の関係

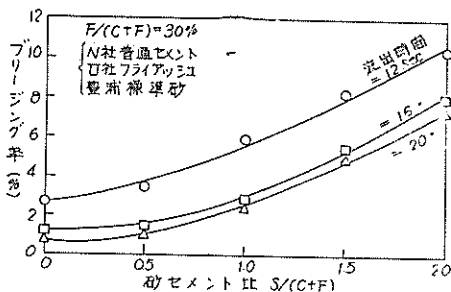


図-7.13 砂セメント比と注入モルタルのブリージング率の関係  
50ccメスシリンダーを用いて測定

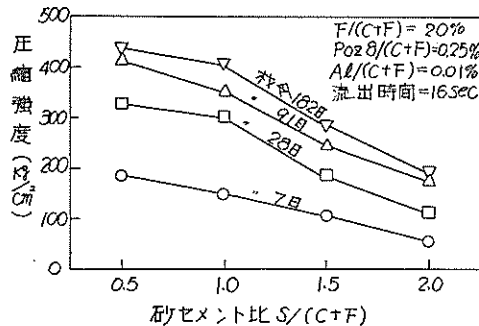
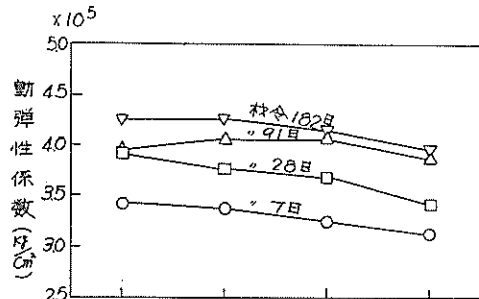


図-7.16 砂セメント比とプレバックドコンクリートの強度の関係  
 $\phi 15\times 30\text{cm}$  3個の平均値、付表-7~9参照

るためには、単位水量をできるだけ少なくしなければならぬことは普通コンクリートの配合設計と同様である。従って、注入モルタルの配合設計では所要の流動性およびプレバットドコンクリートの強度が得られる限り、 $S/(C+F)=1.0\sim 2.0$  程度の範囲でこれを定めるのが適当であり、更に材料の分離を最小に止めるためには上述の範囲で下限に近い値とすることが望ましい。このような条件は一般に配合の経済性と矛盾するものであり、経済的でかつ所要の品質の注入モルタルを得るためには更に混和剤の使用や練りませ方法の改善による減水効果について検討する必要があることは自ら明らかである。

注一 1) 直管の吐出管(内径13mm長さ39mm)を下端に備えた漏斗状の水槽(下端内径13mm, 上端内径176mm, 漏斗部高さ190mm)に1725ccのモルタルを満たした後、吐出管より自由に流出させてその所要時間を測定し、これを流出時間  $\times$  secとして表示した。<sup>13)</sup>

注一 2) ブリージングが最大となった時のブリージング水量を、試料に最初に含まれていた水量に対する百分率で表示した値。<sup>13)</sup>

注一 3) 500ccのモルタル試料を有孔板容器に満たし、真空装置を用いて71cmHgの圧力の下で試料より水分を吸出し、水分吸出を行なう前後における試料中の水量を求め、両者の比を百分率で表示したもので、材料分離の生じ難さの程度を表す指数の一つと思われる。<sup>13)</sup>

## 8 章 使用材料の管理要因の検討

使用材料が注入モルタルおよびプレバットドコンクリートの品質におよぼす影響は材料固有の品質の影響とこれを大量に用いる場合の品質の不均一性による影響とに分けて考えることができる。セメントを例にとると、規格種別や製造工場等による品質の相違の影響は前者の型に属し、製造時期や貯蔵条件の変化に伴う品質の変動の影響は後者の型に属する。セメントやフライアッシュについては前者の型による影響がかなり大きいことが確かめられているが、<sup>17)</sup>これは規格種別と製造工場を指定することによりほぼ完全に規制し得るものであり、品質管理上問題となることはない。細骨材や粗骨材については、これを経済的に入手し得る範囲が施工個所の立地条件によって限定されるための複数の産地の骨材が混用された例は稀であり<sup>1)</sup>、従ってこれらの材料の影響も品質の不均一性に基くものと考えてよい。一方、混和剤はその使用量が少なく、品質の不均一性による影響は余り考えられないが、品質自体が問題となる場合も少なくない。<sup>13)</sup>本章では上述の観点から品質管理上問題となる諸点のみに限定した使用材料の影響について検討する。

### 1 節 セメントおよびフライアッシュの品質変動

セメントやフライアッシュの品質変動の状態は工事規模によってもある程度変化するものと思われる。港湾工事における既往の施工例<sup>9)</sup>によると、単年度平均施工量および最大施工量はプレバットドコンクリート量で1000

表—8.1 施工例におけるセメントの品質変動状態

構造物		比重	粉末度 ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	曲げ強度( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )			圧縮強度( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )			備 考
				3日	7日	28日	3日	7日	28日	
北海道機法華 港東防波堤 施工量=3.765 $\text{m}^3$	平均値	2.96	3,136	24.6	42.8	67.3	93	192	375	標本数=5 試験頻度=1/月 (注1)
	標準偏差	0	15	0.3	0.3	0.2	1.8	1.6	1.6	
	変動係数(%)	0	0.5	1.2	0.7	0.3	1.9	0.8	0.4	
伏木富山港 新港防波堤 施工量=2.689 $\text{m}^3$	平均値	3.16	3,241	31.1	49.1	71.5	125	222	413	標本数=6 試験頻度=1/月 (注2)
	標準偏差	0.045	94	2.5	3.0	2.8	14.4	11.1	26.1	
	変動係数(%)	1.5	2.9	8.0	6.1	3.9	11.5	5.0	6.3	
新潟港西突堤 (嵩上げ工事) 施工量=3.390 $\text{m}^3$	平均値	3.16	2.06% <sup>注3)</sup>	—	—	74.7	—	—	392	標本数=7 試験頻度=1~2/月 (注3)
	標準偏差	0.005	0.34%	—	—	0.29	—	—	13.6	
	変動係数(%)	0.2	16.5	—	—	3.9	—	—	2.8	

注1) N社B種フライアッシュセメント, 同社K工場試験室で試験

注2) O社普通セメント, 施工現場試験室で試験

注3) O社普通セメント, 材料試験所試験室で試験, 粉末度=88 $\mu$ 網ふるい残分(%)

$\text{m}^3$  および 9,000 $\text{m}^3$  程度で、これに相当するセメントと

2,700ton程度である。管理条件の異なる一般の道路舗装やダムコンクリートと比較することは必ずしも適当でな

いが、これらに比較して使用量の少ないことはこれに応じて品質変動も少ないものと思われる。

表—8.1 は施工例についてセメントの品質変動状態を調査した結果である。セメント試験の技術水準と試験条件が異なり、また試験項目によっても変動係数が異なるので、断定的な結論を導くことは困難であるが、試験条件の相違を考慮すると、たとえば28日圧縮強度の変動係数はいずれも2〜3%以下と推定して差し支えないであろう。この調査結果はいずれも、平均規模をかなり上廻る施工例について行なったものであり、少なくともこの程度以下の工事では輸送や貯蔵の方法が適切であればセメントの品質変動は極めて少ないことを示すものと思わ

れる。

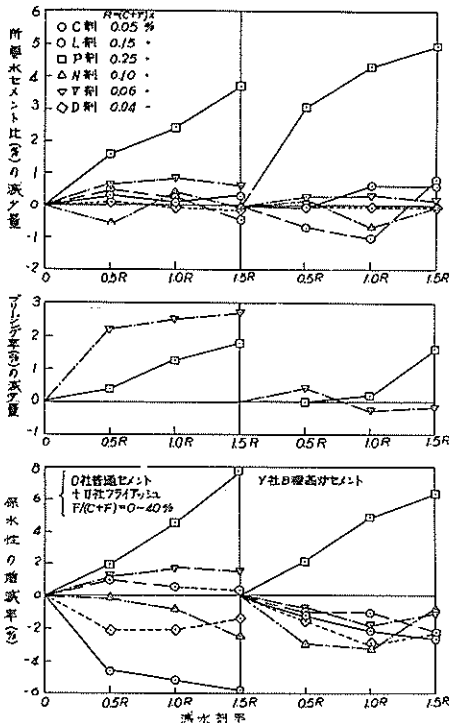
フライアッシュの品質変動に関しては、一般に製造過程に起因する季節的な変動が大きく、また20日間における変動係数が3.6〜5.2%に達した例もあると報告されている。37, 38) しかし、プレバッドコンクリート工事ではその使用量が少なく(セメントとフライアッシュの合計使用量の20〜30%)、また港湾工事における施工が気象および海象の静穏な特定の季節に限定されること、等の理由によりフライアッシュの品質変動はセメントのそれより一層少ないものと思われる。

## 2 節 減水剤が注入モルタルおよびプレバッドコンクリートの諸性質におよぼす影響

表—8.2 使用した減水剤

記号	主成分ないし主原料	種別	製造会社	標準使用量※ ×(C+F)(%)
C 剤	アルキル・アリル・ポリエチレン・グリコール・オキサライド	非イオン界面活性剤	国産T油脂KK	0.05
L 剤	(リグニン)+(可溶性珪酸塩)	陽イオン "	国産K材料KK	0.15
P 剤	リグニンスルホン酸カルシウム	陰イオン "	国産NM KK	0.25
N 剤	カルボン酸	両性イオン "	国産T製油KK	0.10
V 剤	松脂	A E 剤	輸入 H Powder Co.	0.06
D 剤	トリエタノール・アミン	A E 剤	輸入 D Chemical Co.	0.04

※ 製造者によって推奨されている値で、普通コンクリートの場合の使用量



図—8.1 減水剤の種類と使用量が注入モルタルの所要水セメント比、フリージング率および保水性におよぼす影響 (S/(C+F)=1.0~2.0, 流出時間=16±0.5sec)

減水剤に関する問題点は、その品質規格が未定で市販されている多数の製品の中には、効果の疑わしいものもあるいは使用方法によって効果の著しく変化するものが少なくないこと、および普通コンクリートには有効であっても注入モルタルには有効とは限らない場合もあること、等であろう。このような観点から、減水剤として市販され、かつその主成分ないし主原料の明らかなものより界面活性剤としての種別ごとに4種(非イオン系、陽イオン系、陰イオン系、両性イオン系)およびA E 剤を2種、計6種を選び、これが注入モルタルおよびプレバッドコンクリートの諸性質におよぼす影響を試験した。試験に用いた材料は、O社普通セメント、Y社B種高炉セメント、U社フライアッシュ、豊浦標準砂、表—8.2に示した減水剤などで、注入モルタルの配合および試験結果の詳細は付表—13~18に収録した通りで、図—8.1, 8.2はその主要な結果を要約して図示したものである。この試験結果によると、減水剤が注入モルタルの諸性質におよぼす影響は一般に、セメントの種類、フライアッシュ混和率や砂セメント比等の配合比、減水剤率、等によってかなり相違し、減水効果の疑わしいものや所要水セメント比を増加するものは他の諸性質に有害な影響をおよぼす傾向が認められる。従って、減水剤が使用条件によらずに安定した効果をもつためには明瞭な減水効果



を有することが必要と思われ、使用した6種の減水剤のうち、このような条件を満たすものは陰イオン系界面活性剤であるP剤のみである。表-8.3はP剤を用いて、その使用量がプレキャストコンクリートの圧縮強度および動弾性係数におよぼす影響を試験した結果で、当然で

はあるが注入モルタルの強度に対するのとはほぼ同様の傾向が認められる。使用した6種の減水剤はいずれも普通コンクリートには広く用いられているものであるが、注入モルタルには必ずしも効果的でないのはその減水効果がAE剤としての機能によるもので、進行空気量の微量

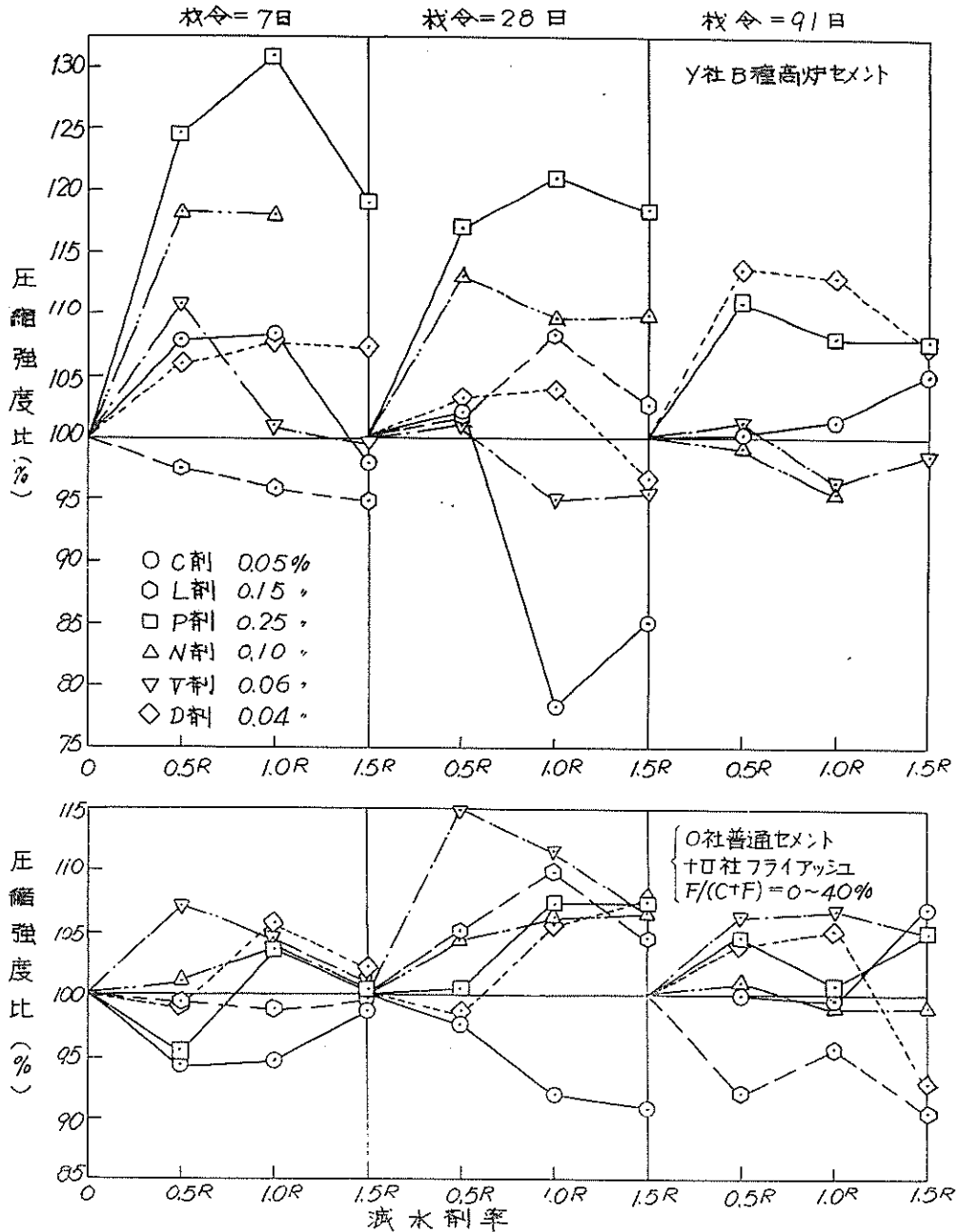


図-8.2 減水剤の種類と使用量が注入モルタルの圧縮強度におよぼす影響  
( $S/(C+F)=1.0\sim 2.0$ , 流出時間=16±0.5 sec)

表-8.3 P 剤の使用量がプレバッドコンクリートの強度におよぼす影響

材 令 (日)	S/(C+F)=1.0				S/(C+F)=2.0			
	P 剤 の 使 用 量 (C+F) × (%)							
	0	0.125	0.25	0.375	0	0.125	0.25	0.375
圧 縮 強 度 比 (%) (φ15×30cm 3 個の平均値)								
7	100	125	133	135	100	98	130	141
28	100	102	95	100	100	96	125	125
91	100	88	115	112	100	115	133	141
182	100	104	101	108	100	94	110	111
平 均	100	105	111	114	100	101	124	130
動 弾 性 係 数 比 (%) (φ15×30cm 3 個の平均値)								
7	100	108	106	106	100	103	98	100
28	100	104	116	115	100	109	109	110
91	100	99	102	102	100	88	94	87
182	100	100	104	101	100	99	101	99
平 均	100	103	107	106	100	100	101	99

注) 付表-7~9 参照

な注入モルタルでは減水効果を発現し得ないためと思われる。従って、注入モルタルに使用する減水剤は施工に用いる材料と配合のモルタルで試験して、その効果ならびに適正な使用量を確認することが重要である。

### 3 節 アルミニウム粉末の品質とその膨張効果

注入モルタルには膨張効果を与えるためにアルミニウム粉末を用いるのが原則であり、発泡剤としてのアルミニウム粉末の膨張効果について、鱗片状以外の粉末は膨張効果をもたないこと、アルミニウム粉末の貯蔵条件は

膨張効果にほとんど影響しないと、注入モルタルの膨張率は粉末使用量にほぼ比例すること、等が確かめられている。7, 12, 15) これらの研究成果によって、アルミニウム粉末の選択や使用量に関して有効な施工指針を樹てることが可能となったが、有効と考えられる鱗片状の粉末も、その粉末度、油脂分、化学成分、等によって膨張効果も変化するものようである。このような観点から各種の鱗片状粉末を10種類選び、これの混入が注入モルタルの諸性質におよぼす影響を試験した。試験に用いたア

表-8.4 使用した鱗片状アルミニウム粉末の品質

試料番号	仕 様	化 学 成 分 (%)					備 考
		Al	Si	Fe	Cμ	油 脂 分	
A <sub>1</sub>	AA10	99.2	0.110	0.010	0.210	2.75	F 金 属 社
A <sub>2</sub>	AA12					2.12	
A <sub>3</sub>	AA15					1.83	
A <sub>4</sub>	AA39					0.84	
A <sub>5</sub>	No. 300	—	—	—	—	2.50	Y 金 属 社
A <sub>6</sub>	YP580	99.4	0.259	0.322	0.018	2.23	
A <sub>7</sub>	YP2000					2.68	
A <sub>8</sub>	YP1000					2.62	
A <sub>9</sub>	P120	>99.5	>0.25	<0.20		0.75	"
A <sub>10</sub>	P250					1.95	

試料 番号	粒 度 分 布 (重量百分率, 粒子寸法=μ)											有効径 (μ)
	>30.3	30.3 ~21.5	21.5 ~17.6	17.6 ~15.2	15.2 ~13.5	13.5 ~12.4	12.4 ~11.5	11.5 ~10.7	10.7 ~9.5	9.5 ~9.2	<9.2	
A <sub>1</sub>	—	—	—	—	10.0	6.0	9.0	4.4	6.0	6.0	58.6	7.84
A <sub>2</sub>	—	27.2	8.6	5.0	10.0	4.0	4.0	13.0	28.2	—	—	13.97
A <sub>3</sub>	6.7	16.0	10.0	13.3	10.0	15.0	29.0	—	—	—	—	15.28
A <sub>4</sub>	45.6	25.2	6.2	23.2	—	—	—	—	—	—	—	25.28
A <sub>5</sub>	—	3.2	6.4	12.9	12.9	10.0	5.0	10.0	39.6	—	—	13.75
A <sub>6</sub>	—	3.0	9.3	11.3	9.3	11.0	9.3	11.0	36.1	—	—	13.85
A <sub>7</sub>	—	—	—	—	—	7.0	7.0	7.0	25.0	7.0	47.0	8.09
A <sub>8</sub>	—	—	7.0	13.3	7.0	11.7	10.0	7.0	3.3	40.7	—	11.47
A <sub>9</sub>	51.0	14.0	8.0	6.0	21.0	—	—	—	—	—	—	24.94
A <sub>10</sub>	—	17.6	14.5	12.0	9.0	12.0	34.9	—	—	—	—	15.03

※ 油脂分は J I S K 5906—1951により, 粒度分布は自動粒度測定器(島津製作所)により測定

ルミニウム粉末の品質は表—8.4 に示した通りで, 同表の有効径は次の定義<sup>39)</sup>によって求めたものである。

$$\frac{1}{d} = \sum \frac{d_{12}}{d_{12}}$$

$$\frac{1}{d_{12}} = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{2}{d_1 + d_2} + \frac{1}{d_3} \right)$$

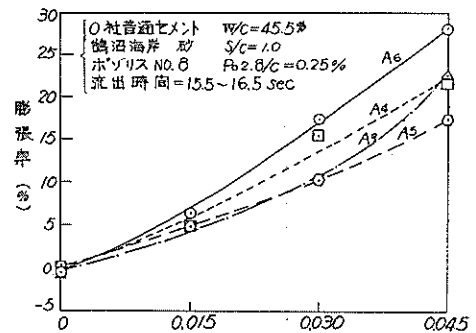
$d_{12}$  = ふるい目  $d_1$  と  $d_2$  の間に留まる試料の重量百分率

$d$  = 有効径

試験結果を表—8.5~8.7および図—8.3 に示す。表—8.5 の結果について分散分析を行なった所, ブリージング率および膨張率はアルミニウム粉末の種類により有意差があることが認められた。表—8.6 はこれを確認するために行なった試験結果で, 差の認められた粉末試料 A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>9</sub>を A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>8</sub>と比較したものである。この試験結果によると, アルミニウム粉末の品質は注入モルタルの膨張率およびブリージング率に明らかに影響をおよぼすが, 他の諸性質には影響しないとしてよいであろう。鱗片状アルミニウム粉末の品質はその純度と油脂分および粉末度によって表示し得る。上述の試験に用いた試料, A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>と A<sub>6</sub>~A<sub>10</sub> とでは純度は多少相違するが, この程度の差が膨張効果に影響せぬことは試験結果より明らかである。油脂分が著しく少なく粉末度の粗い A<sub>4</sub>と A<sub>9</sub> の膨張効果が劣る事実は, 油脂分ないし粉末度のいずれかが, 膨張効果を支配する主要な要素の一つであることを示し, また油脂分と粉末度が他と同等の A<sub>5</sub> の膨張効果が劣ることは化学成分もこれに関係のあることを示唆するものと思われる。

図—8.3はアルミニウム粉末試料 A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>9</sub> を用いて発泡剤率と膨張率との関係を試験した結果で, これによると膨張率は発泡剤率にほぼ直線的に比例し, 膨

張効果の劣るものでも, その使用量を増すことにより必要な膨張率が得られることが分る。表—8.7 は試料 A<sub>2</sub> を用いてプレバクドコンクリートの圧縮強度と動弾性



図—8.3 発泡剤率と膨張率との関係

係数を試験した結果から強度比を求めたもので, 最大の圧縮強度が  $A1/(C+F)=0.01\sim0.02\%$  付近にあることを示し, これより適正な膨張率は5~10%の範囲にあるものと推定される。

以上の試験結果より次のことが云い得るものと思われる。すなわち一般に膨張効果をもつと考えられている鱗片状アルミニウム粉末でも, その粉末度, 注脂分含有量ないし純度によって膨張効果は変化する。しかし, 膨張効果の劣るものでもその使用量を増加することにより, 他と同等の効果を挙げることができ, 従ってアルミニウム粉末の使用量は注入モルタルの膨張率が5~10%となるように試験して定めるのが適当である。また, 安定した膨張効果を期待するためのアルミニウム粉末の品質規準としては, 鱗片状粉末で, 純度99%以上, 油脂分含有量2%程度, 粉末度は有効径 15μ以下もしくは粒径 30μ以下のもの80%以上, とするのが適当と思われる。

表-8.5 各種のアルミニウム粉末を混入モルタルの試験結果(1)

試料番号	試験番号	モルタル温度 (°C)	流出時間 (sec)	単位容積重量 (kg/ℓ)	ブリージング率 (%)	膨張率 (%)
A <sub>1</sub>	1	22.3	16.6	2.04	0	3.4
	2	22.4	15.3	2.08	0	5.9
	3	21.1	14.7	2.08	0.1	4.3
A <sub>2</sub>	1	21.8	17.1	2.08	0	5.1
	2	22.1	15.1	2.07	0	4.8
	3	20.5	14.4	2.07	1.0	3.8
A <sub>3</sub>	1	22.1	17.7	2.07	0.1	5.0
	2	22.0	15.8	2.07	0	5.9
	3	21.2	15.2	2.09	0	8.8
A <sub>4</sub>	1	21.8	18.0	2.09	1.4	3.5
	2	21.9	15.5	2.07	1.7	3.9
	3	20.7	15.2	2.07	1.8	4.3
A <sub>5</sub>	1	22.7	16.1	2.07	0.1	2.5
	2	22.2	15.6	2.08	0	2.5
	3	21.5	15.6	2.08	0	4.4
A <sub>6</sub>	1	22.9	17.8	2.08	0	5.1
	2	22.7	15.2	2.06	0	5.7
	3	22.2	15.7	2.08	0	7.2
A <sub>7</sub>	1	22.6	16.8	2.07	0.1	4.5
	2	22.3	15.4	2.07	0	5.9
	3	21.1	14.7	2.08	0	4.9
A <sub>8</sub>	1	21.8	18.4	2.08	0	5.1
	2	21.8	15.4	2.07	0	5.7
	3	20.5	15.7	2.08	0	8.0
A <sub>9</sub>	1	23.1	17.0	2.08	1.2	3.4
	2	22.3	15.5	2.08	1.3	3.9
	3	21.1	14.8	2.08	2.2	3.9
A <sub>10</sub>	1	22.5	17.5	2.08	1.8	4.6
	2	22.3	15.7	2.08	0	6.1
	3	21.0	15.2	2.07	0	6.5

材料; O社普通セメント, 豊浦標準砂ボゾリス, No. 8, 表-8.4のアルミニウム粉末  
配合; S/C=1.50, W/C=59%, Poz. 8/C=0.25%, Al/C=0.015%

膨張率およびブリージング率; 直径約4cmのポリエチレン袋を用いて測定した24Hr後の値で, 膨張量およびブリージング水量を試料モルタルの元容積に対する百分率で表示したもの。

表-8.6 各種のアルミニウム粉末を混入した注入モルタルの試験結果(2)

注入モルタルの 材料と配合	試料番号	試験番号	モルタル 温 (°C)	流出時間 (sec)	単位容積 重 (kg/cm <sup>3</sup> )	ブリージ ング率 (%)	膨張率 (%)	28日強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
								曲げ	圧縮	
○社普通セメント 鶴沼海岸砂 ポゾリス No. 8 S/C=1.50 W/C=50% Poz. 8/C=0.25% Al/C=0.015%	A <sub>3</sub>	1	23.4	16.3	2.14	0	8.3	43.6	237	
		2	22.1	16.8	2.17	0	8.4	47.9	369	
		3	20.7	16.6	2.17	0	8.4	36.3	333	
	A <sub>4</sub>	1	22.8	17.3	2.17	0	7.7	39.5	398	
		2	22.2	16.1	2.16	0	6.8	35.6	344	
		3	21.7	16.7	2.17	0	7.1	61.1	343	
	A <sub>5</sub>	1	22.7	17.3	2.16	0	5.3	53.6	409	
		2	21.7	16.6	2.17	0	4.8	56.7	297	
		3	21.5	16.6	2.17	0	3.3	48.7	346	
	A <sub>6</sub>	1	21.8	17.8	2.16	0	7.9	49.8	434	
		2	21.6	17.4	2.15	0	8.1	53.6	391	
		3	21.0	16.8	2.17	0	8.1	55.8	343	
	A <sub>8</sub>	1	22.6	16.7	2.16	0	7.6	51.7	437	
		2	22.7	16.7	2.17	0	8.3	20.9	297	
		3	20.7	17.7	2.17	0	7.7	45.9	338	
	A <sub>9</sub>	1	21.9	17.7	2.17	0.1	6.8	44.8	420	
		2	22.3	16.5	2.16	0.4	5.9	47.4	413	
		3	21.4	17.3	2.16	0.5	4.9	48.9	369	
	○社普通セメント 鶴沼海岸砂 ポゾリス No. 8 S/C=1.50 W/C=53% Poz. 8/C=0.25% Al/C=0.015%	A <sub>3</sub>	1	19.9	13.2	2.15	0.7	5.7	51.7	350
			2	19.9	13.2	2.15	0.1	6.0	53.7	414
		A <sub>4</sub>	1	19.6	12.8	2.16	1.1	3.9	63.6	323
			2	20.3	13.2	2.16	0.2	4.8	48.4	343
		A <sub>5</sub>	1	19.5	13.3	2.14	0.6	2.4	58.4	299
			2	19.6	13.0	2.15	0.5	3.7	—	383
A <sub>6</sub>		1	19.2	13.1	2.16	1.1	6.1	50.0	371	
		2	19.2	13.4	2.15	1.0	5.5	58.1	375	
A <sub>8</sub>		1	19.9	13.3	2.17	1.3	6.8	57.1	252	
		2	19.9	12.9	2.13	0.2	5.3	57.6	275	
A <sub>9</sub>		1	19.2	13.7	2.15	0.8	2.3	45.8	347	
		2	19.8	13.3	2.16	0	4.1	60.9	260	

圧縮強度：φ5×10cm 鋼製型わくを用いて膨張を拘束して製作した供試体による。

曲げ強度：ポリエチレン袋を用いてブリージング率と膨張率を測定した試料（φ約4cm，長さ20cm）をそのまま養生したものを供試体とし，支点距離ℓ=10cmで2等分点載荷を行ない， $\sigma_b = \frac{25.45}{d^3} P$ （d=直径cm，P=破壊荷重kg）で求めた値。

表—8.7 発泡剤率とプレバッキングコンクリートの強度との関係

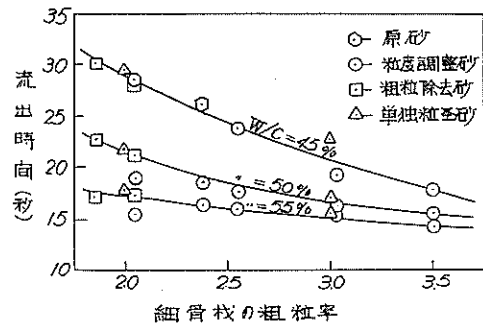
材 令 (日)	発 泡 剤 率 Al/(C+F) (%)					
	0	0.01	0.02	0	0.01	0.02
	圧 縮 強 度 比 (%)			動 弾 性 係 数 比 (%)		
7	100	110	104	100	99	103
28	100	105	89	100	101	100
91	100	103	94	100	103	101
182	100	103	94	100	99	99
平 均	100	108	95	100	101	101

材料：O社普通セメント，U社フライアッシュ，鶴沼海岸砂，ポゾリス No. 8，Al粉末=A<sub>2</sub>，酒匂川砂利  
 配合：F/(C+F)=20%，S/(C+F)=1.0，W/(C+F)=40.5%，Poz. 8/(C+F)=0.25%  
 付表—7～9 参照

4 節 細骨材の粒度が注入モルタルの流動性におよぼす影響

細骨材の粒度以外の性質，たとえば比重や吸水量等は一定の産地および産出状態のものを使用する限りではほぼ一定と考えられ，施工管理上問題となるのは粒度が注入モルタルの流動性におよぼす影響に限定される。この点を検討するために，表—8.8 のように粒度を調整した砂を用いて，これと注入モルタルの流動性との関係を試験すると共に，施工現場における細骨材の粒度の変動状態を調査した。図—8.4，8.5はその結果である。

図—8.4 の試験結果によれば，注入モルタルの流動性は粗粒率の増加に応じてほぼ直線的に増加し，粗粒率が同等であれば粒度分布の相違は流動性にほとんど影響しない。細骨材の粗粒率をその平均粒径の指数と考えれば，粗粒率の増加が比表面積の減少をもたらすことは明らかで，水セメント比を一定としてペーストの粘性を一定に保っても，ペーストと細骨材との接触面積が減少し



図—8.4 細骨材の粗粒率と注入モルタルの流出時間との関係

材料：O社普通セメント，鶴沼海岸砂，ポゾリス No. 8，F 金属社 Al 粉末 AA12  
 配合：S/C=1.50，Poz. 8/C=0.25%，Al/C=0.015%

モルタルの流動性増加に帰着するものと思われる。しかし，以上の関係が成立する粒度範囲には限界があり，粒径 2.5mm 以上の粗粒子を多量に含む場合にはその沈殿

表—8.8 試験に用いた砂の粒度分布

ふるい寸法 (mm)	試 料 番 号								
	S-1 (原砂)	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9
ふるいに留まる									
5	1	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	10	—	—	33	18	10	2	—	—
1.2	20	11	—	55	38	21	8	—	—
0.6	34	27	18	72	63	49	30	100	—
0.3	76	74	71	90	87	80	71	100	100
0.15	98	98	98	100	100	100	100	100	100
粗 粒 率	2.39	2.10	1.87	3.50	3.06	2.60	2.11	3.00	2.00

原砂：神奈川県鶴沼海岸産，比重=2.64，吸水量=2.45%

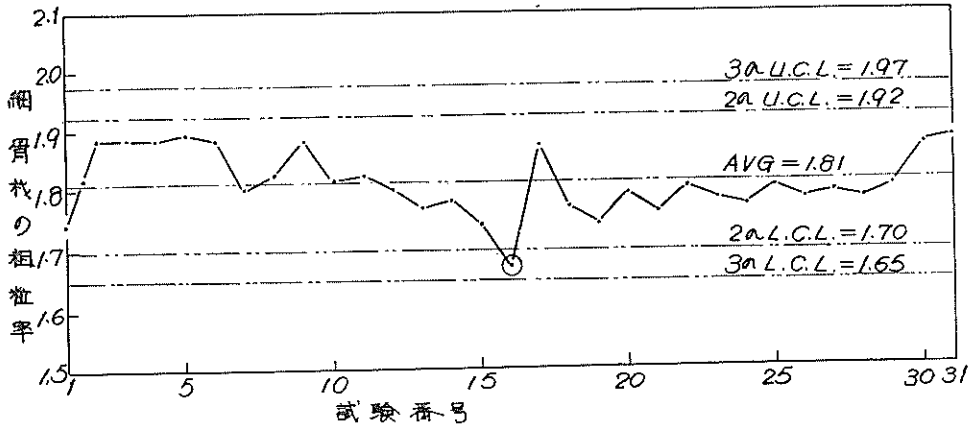


図-8.5 新潟港西突堤嵩上げ工事(1958年度)における細骨材の粒度変化の状態  
 信濃川産砂; 比重=2.58, 吸水量=1.85%, 単位容積重量=1,540kg/m<sup>3</sup>  
 原砂粗粒率=1.87, 1.2mmふるいでふるい分けて施工に使用

分離が著しく、また0.15mm以下を多量に含む場合には粘稠性が極端に大きくなって所要の水セメント比が増大し、いずれも注入モルタルには不適當である。従って、既往の施工例で採用されている粒度範囲、すなわち 2.5mmふるいを 100%通過し、0.15mmふるいに70%以上留まるもので、粗粒率は1.4~2.2程度のものは実用上適當と思われる。このような範囲の粒度変動による流動性の変化を水セメント比で調整する場合、粗粒率の変化±0.1に対する所要水セメント比の変化は  $W/(C+F) = \pm 1\%$  程度である。

施工現場における細骨材粒度の変動は比較的少なく、たとえば図-8.5 に示したような調査結果が得られており、これは 1.2mmふるいでふるい分けていることによ

るものと思われる。図-8.5 の例では粗粒率の変動範囲は1.67~1.89=0.22で、平均値は1.81である。試料の不偏分散の平方根に等しいものとして母集団の標準偏差を求めると  $\sigma=0.054$  で、変動係数は  $0.054 \div 1.81 \times 100 = 3.0\%$  である。この例で、細骨材の粒度の管理にこの管理限界を用いるものとするれば

$$2\sigma C.L. = 1.81 \pm 2 \times 0.054 = 1.92 \text{ および } 1.70$$

となって、上下の管理限界の巾は±0.11である。この値と前段の粗粒率~所要水セメント比の関係との間には直接的関係はないが、粗粒率の変動が流動性ないし所要水セメント比におよぼす影響の程度を考慮すると、粗粒率の規格限界としては一般に(平均値 ±0.1)程度とするのが適當と思われる。

## 9章 計量誤差による注入モルタルの配合比の変化

一般のコンクリート工事における材料の計量誤差は、セメントおよび骨材に関しては1回計量分の3%以内、水および混和剤に関しては1回計量分の1%以内でなければならないとされている<sup>86)</sup>。施工現場における計量誤差の実態は施工条件によってかなり変化し、これを正確に把握するのは困難であるが、代表的な港湾工事現場の一例としてN港工事事務所を選び、そのバッチャープラントの計量誤差を調査した所、表—9.1のような結果が得られた。このプラントは普通コンクリート用のものであるが、注入モルタル用のプラントにもほぼ同等の精度が期待されるものと思われる。

表9.1 N港工事事務所バッチャープラントの計量誤差<sup>注)</sup>

材 料	バッチ重量 (kg)	試験番号	測定回数	誤差の平均 (%)	誤差の標準偏差
水	109	I	118	+0.65	0.79
		II	—	—	—
		III	—	—	—
			118	+0.65	0.79
セメント	182	I	53	+0.17	1.74
		II	15	+0.56	1.73
		III	214	-0.18	1.03
			282	+0.18	1.22
砂	448	I	53	-1.35	0.55
		II	15	-1.12	0.75
		III	214	-0.51	0.80
			282	-0.99	0.88
砂 利	851	I	53	+0.72	0.74
		II	15	+0.89	0.55
		III	214	+0.99	0.77
			282	+0.87	0.76

注) 1959年度調査、給与誤差を指針の読みから測定し、バッチ重量に対する百分率で表示したもの。スケール誤差の検定結果は+0.4%以内。

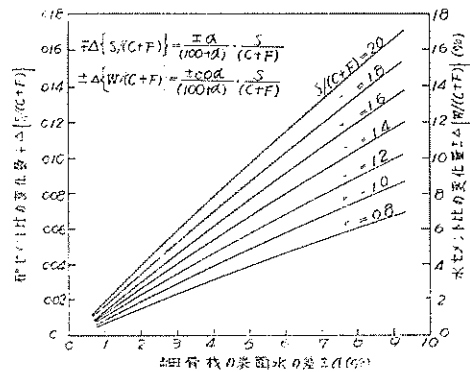
給与誤差が正規分布するものとして、95%の確率で給与誤差の起り得る範囲を表—9.1の結果より計算すると、水、セメントおよび砂のそれぞれに対して+2.20~-0.90%、+2.38~-2.02%および-0.11~-1.97%である。すなわち、この例とほぼ同等の精度をもつプラン

トの場合には±2%程度の給与誤差が起り得る。スケール誤差は計量重量によって相違し、常に最大値が表われる訳ではないが、一般に±0.5%以内と考えてよいであろう。従って、計量誤差は(給与誤差+スケール誤差)=±2.5%以内と推定され、これに基く注入モルタルの配合比の変動は原配合比の±5%以内である。たとえば、原配合比が  $F/(C+F)=25\%$ 、 $S/(C+F)=1.50$ 、 $W/(C+F)=50\%$  の場合には、計量誤差に基く配合比の変化は  $\Delta\{F/(C+F)\}=\pm 1.25\%$ 、 $\Delta\{S/(C+F)\}=\pm 0.075$ 、 $\Delta\{W/(C+F)\}=\pm 2.5\%$  以内となり、その影響はかなり大きい。

以上では細骨材の表面水が完全に補正されているものとして計量誤差を推定したが、実際には表面水の補正が完全でない場合も多く、実際に使用した砂と標本試料の砂とはその表面水が数%相違することも珍らしくない。仮に両者の差が $\alpha\%$ で、計量自体は正確の場合、表面水による配合比の変化は水セメント比および砂セメント比のみに表われ、

$$\begin{aligned} \mp \Delta\{S/(C+F)\} &= \frac{\pm \alpha}{(100+\alpha)} \cdot \frac{S}{(C+F)} \\ \pm \Delta\{W/(C+F)\} &= \frac{\pm 100\alpha}{(100+\alpha)} \cdot \frac{S}{(C+F)} \end{aligned}$$

となって、図—9.1に示したように $\alpha$ と  $S/(C+F)$  の関数として表わすことができる。上式を用いて、 $S/(C+F)=1.50$ 、 $\alpha=+5\%$  の場合の配合比の変化量を計算すると、 $\Delta\{S/(C+F)\}=-0.07$ 、 $\Delta\{W/(C+F)\}=+7\%$  となって、水セメント比の変化は前段で述べた値の約3倍に達する。



図—9.1 細骨材の表面水が砂セメント比および水セメント比におよぼす影響 (計量誤差=0とした場合)

港湾工事では海上作業等の施工条件から、セメントおよびフライアッシュは袋単位の重量計量により、砂およ



び水は容積計量による場合が少なくない。この場合、セメントおよびフライアッシュの計量誤差は包装所の計量誤差に等しいと考えてよく、一般に僅少である。また、水の計量誤差は容器の傾斜等によるもので2%程度と推定され、水セメント比もこれに応じて2%程度変化する。細骨材の計量誤差は計量容器の定め方による。一般に行なわれているように、予め数%の表面水を予測し、これによる膨らみを考慮して計量容器を定める場合には表面水の予測値と実際の値が一致する限りではん充方法の差に基くもののみであるが、異なる場合には相当の計量誤差を伴うことは明らかである。図-9.2に示したように細骨材の表面水と膨みの関係は粗粒率によって変化するが、細砂に対しては表面水  $x\%$  と膨み  $y\%$  との間に

$$y = \frac{6}{100} (x \leq 5) \quad y = \frac{30}{100} (x \geq 5)$$

が成立し、また表面水の予測値と実際とで3%程度の差があるものとして計量誤差を推定すると、 $S/(C+F) = 1.50$  の場合には  $4\{W/(C+F)\} = 4.5\%$  程度が最大値で、これと水の計量誤差を合計すると、 $4\{W/(C+F)\} = 6 \sim 7\%$  に達し、前段で述べた値とはほぼ等しい。

換言すれば、計量誤差には計量機器の精度によるものと細骨材の表面水の影響によるものがあり、前者は自動計量装置を備えた現場では2.5%程度以内と推定され、また後者は表面水補正の正確さと原配合比によって支配されるが、一般の施工現場では水セメント比の変化がその絶対値で6~7%程度に達する可能性が大きく、注入

モルタルの品質変動の最大の要因を形成するものと思われる。従って、計量装置の整備、細骨材の表面水の分布の均一化、表面水の正確な補正、等を計ると共に、配合比の変化に基く注入モルタルの品質変動を検査し、これを事前に補正することがプレバックドコンクリートの施工管理上極めて重要と思われる。

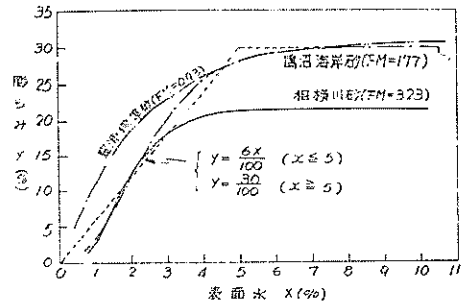


図-9.2 細骨材の表面水と膨らみとの関係  
(容量2lの容器を用い棒突き方法により試験した場合)

### 10章 練りませ条件が注入モルタルの品質におよぼす影響

普通コンクリートの場合と同様に、練りませ条件も注入モルタルの品質変動の一要因を形成すると考えられるので、温度、練りませ速度、練りませ時間、等の条件が注入モルタルの諸性質におよぼす影響について検討した。

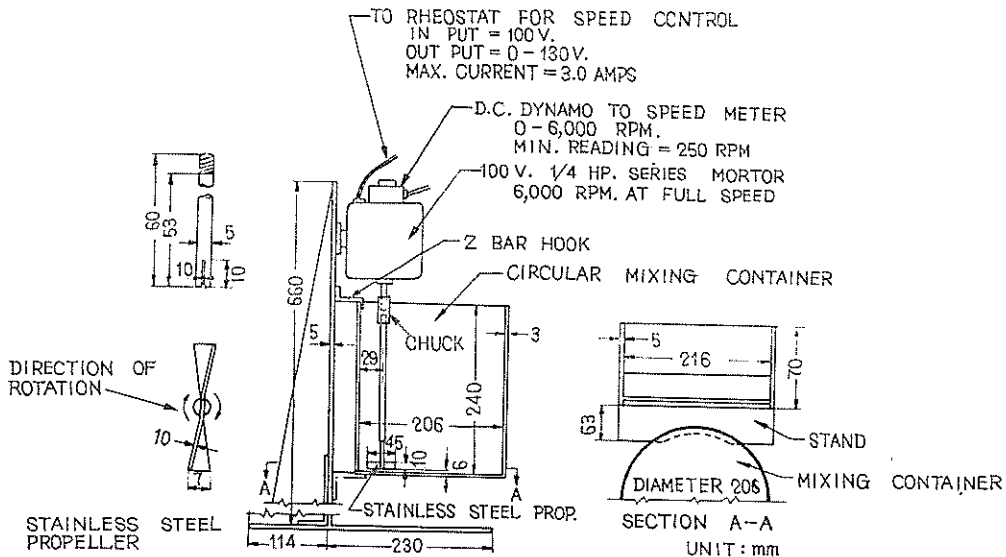
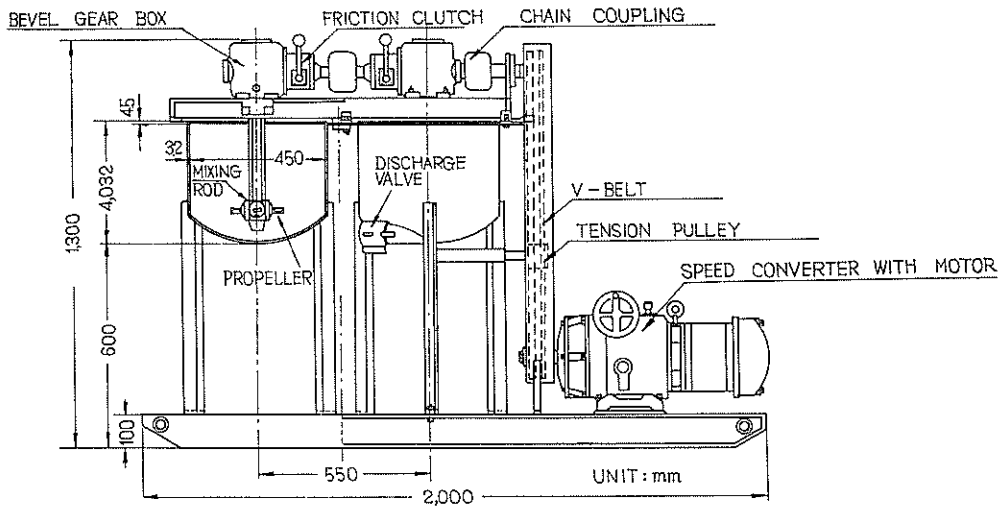


図-10.1 使用した試験用注入モルタルミキサの構造  
練りませ容量：5l 練りませ速度：0~6,000rpm可変



図一10.2 使用した偏心軸型高速モルタルミキサの構造  
 練りませ容量;  $2 \times 50 = 100\text{l}$ , 練りませ速度;  $300 \sim 1,200\text{rpm}$  可変  
 攪拌軸偏心量;  $0 \sim 80\text{mm}$  可変  
 攪拌羽根付取位置 (上下方向) および傾斜角度; 可変

材料の投入順序も当然注入モルタルの諸性質に影響すると思われるが、どの施工例でも例外なく、水一減水剤一アルミニウム粉末一フライアッシュ一セメント一砂の順序を採用し<sup>1)</sup>、均一なモルタルを得るのに最も合理的な順序であり、これを変更すべき理由は認められない。試験に用いたミキサは練りませ容量が  $5\text{l}$  と  $100\text{l}$  のもの各1基で、構造および主要諸元は図一10.1, 10.2に示した通りである。

表一10.1は練りませ温度および保存温度を変えて、注入モルタルの流動性、保水性、ブリージング率および膨張率を試験した結果である。これによると、流動性は練りませ温度上昇に応じて減少し、また保水性は多少増加するが、これはセメントの水和反応が進行してセメントペーストの粘性が増加することによるものと思われる<sup>1)</sup>。膨張率とブリージング率は練りませ温度、保存温度および練りませ後の経過時間によってかなり相違する。経過時間3時間の膨張率は保存温度にほぼ直線的に比例し、温度差の影響が著しいが、24時間の膨張率はかなり平均化する。低温ではアルミニウム粉末の反応が長時間持続する反面、高温では反応が過早に終了した後にモルタルの沈下収縮が生ずることによるものであろう。経過時間3時間のブリージング率は練りませ温度の上昇に応じて減少するが、保存温度はこれが著しく低温の場合を除いて余り影響しない。24時間のブリージング率は練りませ温度および保存温度が高温な程少ない。膨張率

とブリージング率との差がアルミニウム粉末の膨張効果に有効な膨張率とすると、有効膨張率が温度の影響を受けることは明らかで、特に保存温度が低温の場合にはその減少が著しい。従って、所期の流動性および膨張効果をもつ注入モルタルを得るためには、施工個所の温度条件および練りませによる温度上昇の程度を予め調査し、これに応じた配合設計を行なうことが必要である。

図一10.3は図一10.1, 10.2に示したモルタルミキサを用いて、練りませ速度とグラウトの流動性および温度との関係を試験した結果である。これより、使用したミキサの相違に関わりなく、練りませ速度が大きい程流動性が大となり、所要の流動性を得るに必要な練りませ時間の短縮と水セメント比の減少が可能なのが観察される。その反面、練りませ速度の増大に応じて温度も上昇し、ある程度増加した流動性は練りませの継続時間と共に減少することも明らかで、高速練りませの効果を実効に生かすためにはアジテーターの併設ないし練りませ速度可変の構造とすることが必要と思われる。高速練りませによる流動性増加はセメント等の微粒子粉末の機械的分散によるものと推定され、従ってその効果はミキサの構造による所も大きい。図一10.2のミキサを用いた試験では攪拌軸が混合槽中心にある場合、練りませ速度の増加はモルタルの同心運動を助長し、また容積効率が減少して、効果的な練りませを期待できないが、攪拌軸を混合槽内で30%程度偏心させることにより、モルタルの回

表—10.1 練りませおよび保存温度が注入モルタルの諸性質におよぼす影響

Al 粉 末 使 用 量 Al/C (%)	練りませ直後			練りませ 後の経過 時 間 (hr)	ブリージング率(%)				膨 張 率 (%)			
	モルタル 温 (°C)	流出時間 (sec)	保水性 (%)		保 存 温 度 (±0.5°C)							
					3	16	26	32	3	16	26	32
0	17.6	20.9	72.3	3	4.8	4.4	3.2	2.5	-0.2	-0.2	-0.1	0.5
				24	6.7	4.0	2.5	0.7	-1.0	-1.8	-1.5	-2.5
	22.2	24.4	77.0	3	2.9	2.4	2.7	2.3	-1.1	-0.2	0.2	0.5
				24	5.2	2.4	1.3	0.0	0.4	-1.4	-1.3	-1.8
25.8	23.6	77.7	3	2.5	2.4	1.7	2.5	-0.7	-0.3	0.3	-0.8	
			24	5.5	1.8	0.4	0.3	-0.7	-1.3	-2.0	-3.2	
0.01	17.9	21.8	70.8	3	6.0	2.3	2.4	2.3	3.9	5.8	5.7	7.3
				24	6.2	2.3	1.2	0.0	8.6	5.1	4.6	4.5
	22.8	22.6	75.4	3	2.0	2.0	2.4	2.3	3.1	4.1	6.3	5.7
				24	4.8	1.6	0.2	0.1	4.9	4.0	3.8	4.1
25.8	25.1	74.6	3	3.7	1.9	2.1	2.1	3.1	3.9	5.0	5.7	
			24	6.3	1.1	0.0	0.0	3.2	3.6	2.7	3.5	
0.02	18.5	21.5	70.8	3	1.5	2.1	2.4	2.5	7.6	11.1	13.6	15.5
				24	3.8	1.3	0.0	0.0	11.8	10.9	11.4	12.1
	21.5	22.2	71.0	3	2.4	0.8	2.5	2.0	7.8	9.9	12.9	13.3
				24	5.7	1.2	0.0	0.0	10.5	10.2	10.4	10.9
26.2	24.4	69.2	3	1.8	1.5	2.3	1.9	6.1	7.9	10.5	11.0	
			24	4.6	0.2	0.0	0.0	7.3	7.6	8.2	8.8	
0.03	18.0	21.6	69.8	3	2.0	1.2	1.3	1.5	10.2	15.1	20.6	20.3
				24	4.8	0.3	0.0	0.0	15.1	15.5	18.4	13.4
	22.0	22.8	70.8	3	1.8	1.2	1.1	1.3	11.5	15.7	20.3	21.5
				24	4.8	0.7	0.0	0.0	14.8	16.8	17.8	20.2
26.0	24.7	70.2	3	1.2	1.2	1.4	1.5	10.1	14.9	17.5	17.4	
			24	3.4	0.0	0.0	0.0	13.9	14.6	16.2	15.8	

材料；○社普通セメント，利根川砂，ポゾリスNo. 8，F金属社Al粉末AA12，配合；C：S：W=1：1：0.44  
 Poz. 8/0.25%，ブリージング率および膨張率試験方法；PCグラウト試験方法のポリエチレン袋を用いる方法  
 を準用，練りませ方法；注入モルタルミキサ（図—10.1）使用。1,500rpm—2min，3,000rpm—8min。

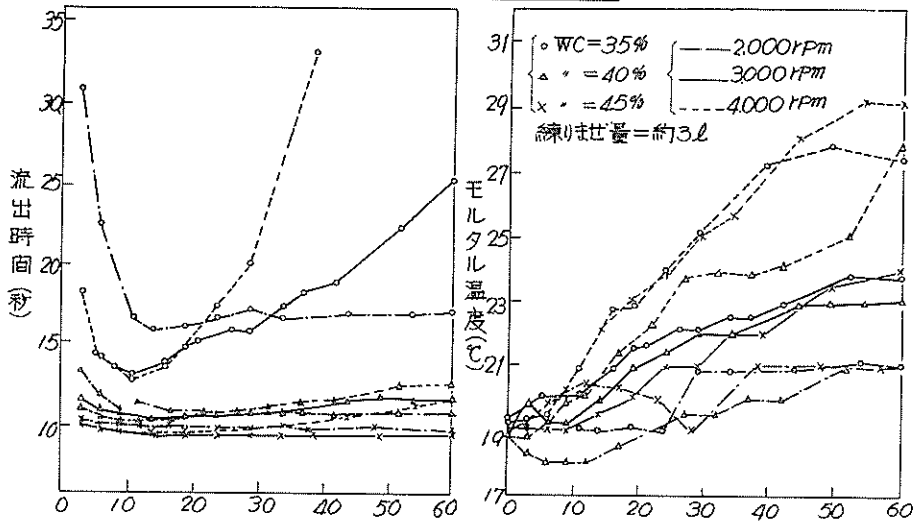
転運動に上下運動が加わり，高速練りませが効果的になることが確かめられた。

図—10.4，10.5は比較的低速（276 rpm）で長時間練りませた場合，これが注入モルタルの流動性，温度，膨張率およびブリージング率におよぼす影響を調査した結果で，用いた配合，材料，練りませ方法および28日圧縮強度は表—10.2に示した通りである。この結果によると，練りませ時間と流動性および温度との関係は，図—10.3で観察したグラウトを用いた高速練りませの場合と本質的に同等である。また，膨張率とブリージング率はいずれも練りませ時間の延長に応じて減少しているが，これは先に述べた温度の影響に関する試験結果とほぼ一致する。圧縮強度は練りませ時間の延長にほぼ直線的に比例して増加するが，セメントの機械的分散と共に温度上昇によるセメントの水和反応の促進によるものと思われる。

このように長時間練りませによる諸性質の変化は主として温度上昇によるもので，ブリージング率の減少や強度増加の効果もあり，所要の流動性と膨張率が得られる限りでは，低速の長期間練りませは必ずしも有害とは限らない。

比較した配合—A，Bの相違はポゾリス使用の有無のみであるが，試験結果よりポゾリスの使用が単に流動性の増加に有効なだけでなく，練りませ時間の延長に伴う流動性と膨張率の変動の減少にも相当効果的なことが観察できる。施工現場では注入作業の中断などで，止むを得ず練りませを継続しなければならない場合も多い。従って，減水効果と共に流動性や膨張率の減少をも抑制する効果のあるこの種の混和剤を用いることは，均質なプレバッドコンクリートを得るために，必要で有効な処置と思われる。

(A) 試験用注入モルタルミキサ (図-10.1)



(B) 高速偏心軸型モルタルミキサ (図-10.2)

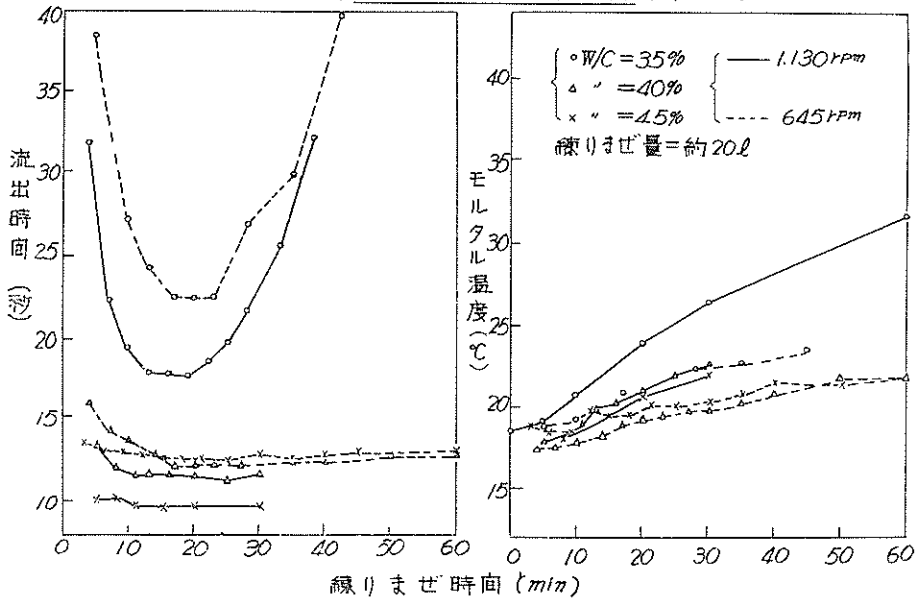


図-10.3 練りませ速度と練りませ時間がグラウトの流動性と温度におよぼす影響  
 O社普通セメント, ポゾリス No. 8=C×0.25%, F金属社AI粉末AA12=C×0.03%

表—10.2 長時間練りませ試験（図—10.4, 10.5）に用いた注入モルタルの配合，使用材料，練りませ条件および28日圧縮強度試験結果

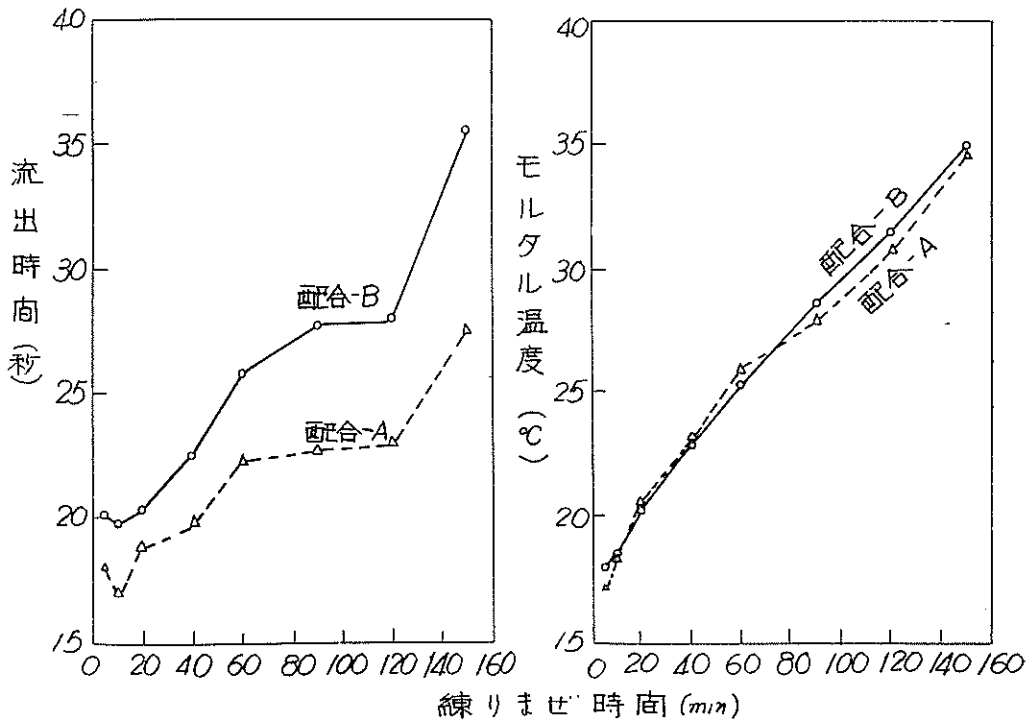
(I)

注入モルタルの配合			使用材料	練りませ条件
配合比	A	B		
F/(C+F) (%)	30	30	N社普通セメント	高速偏心軸型モルタルミキサ(図—10.2) 練りませ量=50ℓ 練りませ速度=276rpm 練りませ時気温=11~16.5°C 試験室温度=19~21°C
S/(C+F)	1.0	1.0	U社フライアッシュ	
W/(C+F) (%)	47	47	豊浦標準砂	
Poz. 5/(C+F) (%)	0.5	—	ボゾリスNo.5	
Al/(C+F) (%)	0.01	0.01	F金属社Al粉末AA10	

(II) 材令28日圧縮強度 (kg/cm<sup>2</sup>)※

配合	練りませ時間 (min)						
	5	20	40	60	90	120	150
A	306	308	342	354	367	437	426
B	317	309	274	314	322	333	351

※ 鋼製型わくを用い，膨張を抑制して作った φ5×10cm供試体個の平均値



図—10.4 長時間練りませが注入モルタルの流出時間および温度におよぼす影響

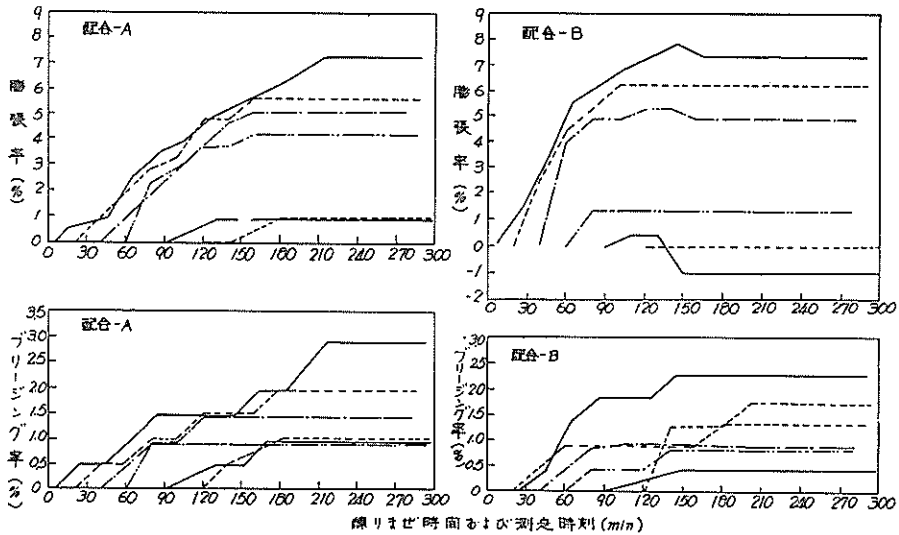


図-10.5 長時間練りませが注入モルタルの膨張率およびフリージング率におよぼす影響 (250ccメスシリンダーを用いて測定した値)

### 11章 注入条件がプレパックドコンクリートの品質におよぼす影響

モルタル注入に際して注入速度が過大であれば粗骨材の浮き上り、モルタルの稀釈や浸透不完全、等の欠点が生じて施工の良否に影響することから、注入速度は経験的に 1 m/hr (打ち上り速度) 以内がよいとされている<sup>38)</sup>。しかし、注入条件がプレパックドコンクリートの品質に影響する機構に関しては十分な説明が与えられていない。このような観点から、本章ではモルタル注入の速度と圧力がプレパックドコンクリートの品質におよぼ

す影響について検討した。

最初に行なった実験はガラス張りの観測窓 (55×185 cm) をもつ試験水槽(巾×高×奥行=200×80×20cm) に粗骨材をつめて水を満たし、これに水槽底面中央の一点よりモルタルを注入し、モルタルの自由界面(モルタルと水の境界面)の形状と流動状況が注入速度や粗骨材の粒度分布によって変化する状態を観測したものである。用いた粗骨材は酒匂川産砂利を入念にふるい分けした後、表-11.1のように再び組み合わせた38種で、使用したモルタルの配合は表-11.2に示した通りである。

表-11.1 注入モルタルの自由界面の測定に用いた粗骨材の諸性質

有効径 (mm)	比重	粒度分布 (重量百分率)						空隙率 (%)	
		ふるい呼び寸法 (mm)						棒突き 試験	ショベル 試験
		50 ~ 40	40 ~ 30	30 ~ 20	20 ~ 15	15 ~ 10	10 ~ 15		
6.6	2.61	0	0	0	0	0	100	38.7	40.5
8.6	2.66	0	0	0	0	0	50	38.4	41.7
8.8	2.68	0	0	0	40	0	60	37.7	39.5
9.3	2.66	20	0	0	20	0	60	33.8	37.2
10.0	2.67	40	0	0	0	0	60	32.5	35.2
10.3	2.70	0	0	0	33.3	33.3	33.4	36.5	41.1
11.3	2.70	20	0	0	40	0	40	34.4	37.8
12.0	2.71	0	0	25	25	25	25	35.0	39.8
12.2	2.71	0	0	0	0	100	0	37.7	41.5
12.3	2.70	40	0	0	20	0	40	31.3	37.0

有効径 (mm)	比重	粒度分布 (重量百分率)						空隙率 (%)	
		ふるい呼び寸法 (mm)						棒突き 試験	ショベル 試験
		50 ~ 40	40 ~ 30	30 ~ 20	20 ~ 10	15 ~ 10	10 ~ 15		
13.1	2.74	0	0	0	80	0	20	36.1	41.2
13.8	2.73	0	20	20	20	20	20	33.9	37.0
14.3	2.73	0	0	0	50	50	0	37.6	41.3
14.4	2.71	20	0	0	60	0	20	34.1	39.5
15.6	2.75	16.7	16.7	16.7	16.7	16.6	16.6	34.3	40.3
16.0	2.71	40	0	0	40	0	20	32.4	37.5
16.1	2.76	0	0	0	95	0	5	37.7	42.3
16.6	2.74	0	0	33.3	33.3	33.4	0	36.5	40.1
17.4	2.75	0	0	0	100	0	0	38.1	42.2
18.0	2.68	60	0	0	20	0	20	30.8	36.0
19.1	2.77	0	25	25	25	25	0	36.2	43.0
20.3	2.78	0	0	50	50	0	0	38.4	41.7
20.6	2.67	80	0	0	0	0	20	32.7	35.9
21.5	2.77	20	20	20	20	20	0	36.1	41.9
22.9	2.74	40	0	0	60	0	0	36.6	40.6
23.5	2.78	0	33.3	33.3	33.4	0	0	38.1	42.1
24.3	2.78	0	0	100	0	0	0	39.2	43.2
26.6	2.78	25	25	25	25	0	0	37.8	42.4
28.0	2.67	90	0	0	0	0	10	34.9	41.0
28.5	2.80	0	50	50	0	0	0	37.9	44.0
32.3	2.73	33.4	33.3	33.3	0	0	0	36.6	42.1
33.6	2.69	80	0	0	20	0	0	36.1	41.6
34.2	2.68	95	0	0	0	0	5	37.8	43.3
34.6	2.81	0	100	0	0	0	0	40.2	45.2
38.5	2.68	90	0	0	10	0	0	38.8	40.6
38.9	2.74	50	50	0	0	0	0	37.6	41.1
41.3	2.70	95	0	0	5	0	0	37.3	42.6
44.6	2.70	100	0	0	0	0	0	40.4	40.7

注) 神奈川県酒匂川産砂利, 空隙率は φ24×22cmの金属製容器 (J I S A1104) を用いて試験した。粗骨材の有効径の定義は次の定義による<sup>39)</sup>。

有効径  $d = 1/\Sigma \frac{d_{12}}{d_{12}}$  (mm), ただし,

$$\frac{1}{d_{12}} = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{2}{d_1 + d_2} + \frac{1}{d_2} \right),$$

$$d_{12} = \frac{\text{ふるい目 } d_1 \text{ と } d_2 \text{ の間にある粗骨材の重量}}{\text{粗骨材の全重量}}$$

表-11.2 使用した注入モルタル

F/(C+F) (%)	S/(C+F)	W/(C+F) (%)	Poz. 5/ (C+F) (%)	Al/(C+F) (%)
50	1.00	46	0.5	0.015

N社普通セメント, U社フライアッシュ, 鶴沼海岸砂 (FM=1.61), ポゾリスNo.5, F金属社 Al粉末 A.A.10, 流出時間=20.0sec.

図-11.1~11.4は実験結果の一部で, 図-11.1~11.3は定速度(12.8l/min)で注入したときのモルタル自由界面の時間的成長過程を示したものである。これより, 注入速度(ポンプ吐出量)を一定とすると, 自由界面の形状は粗骨材の有効径と空隙率によって定まり, 注入時間の経過と共にこの形状が上方に平行移動することが分る。図-11.4は有効径と空隙率を一定として注入速度を

変えたときの自由界面の形状を示したもので、注入速度の増加に応じて界面勾配も増加する関係が観察される。

実際の施工では注入管をほぼ等間隔に配置し、一注入管よりの注入量をほぼ一定として、注入箇所を順次切り替えて注入するのが普通である。従って、ある特定の注入管より注入されたモルタルの自由界面は粗骨材の粒度分布と注入速度に応じて図-11.4の(イ)ないし(ロ)のような形状となり、注入を中断した後は重力の作用で界面勾配の平均化が生ずる。このような界面勾配の平均化について観測した所、注入時の自由界面が図-11.4の(イ)のよう

な形状の場合には、(イ)~(ロ)~(イ)~(ロ)のような形状変化を通して平均化するが、平均化の程度はモルタルの流動性と粗骨材の有効径によってかなり相違し、流出時間が25 sec 程度以上の場合および粗骨材の有効径が15mm程度以下ないし寸法が15mm以下のものを多量に含む場合には、平均化の進行が緩慢となることが認められた。また、界面勾配の平均化が進行する場合、モルタルの流下に伴なって乱れが生じ、界面付近のモルタルが稀釈されることも認められた。

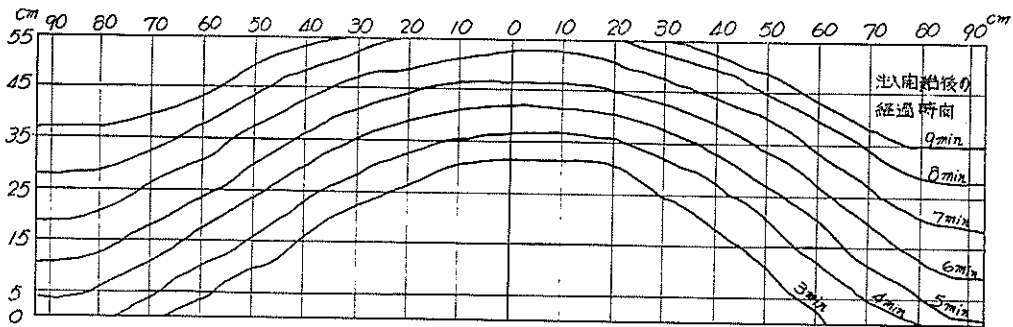


図-11.1 注入モルタル自由界面の時間的成長過程 (1) (粗骨材：有効径=12.2mm, 空隙率=41.5%)

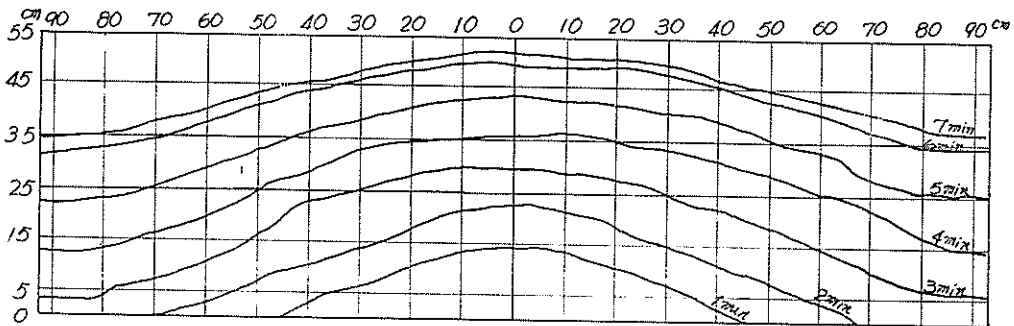


図-11.2 注入モルタル自由界面の時間的成長過程 (2) (粗骨材：有効径=24.3mm, 空隙率=43.2%)

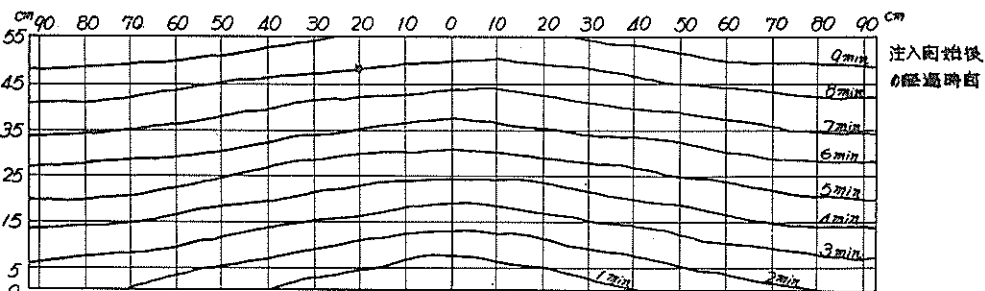
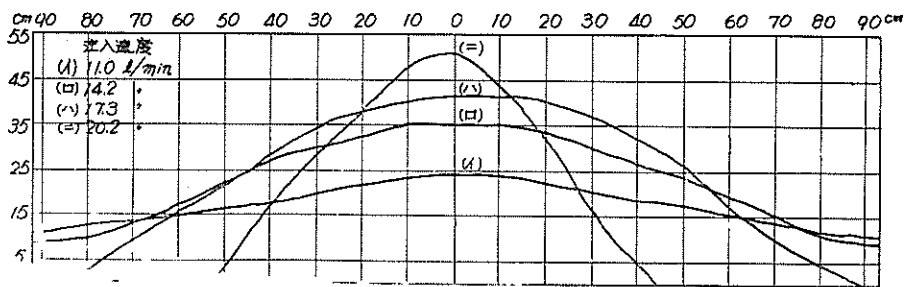


図-11.3 注入モルタル自由界面の時間的成長過程 (3) (粗骨材：有効径=34.6mm, 空隙率=45.2%)





図一11.4 注入速度とモルタル自由界面の形状との関係（粗骨材：有効径=24.3mm，空隙率=43.2%）

注入条件がモルタルの自由界面下のプレバクドコンクリートの品質におよぼす影響を調査するため、次のような実験を行なった。すなわち、標準寸法の型わく（モルタル溢流口および通水気孔を有する上蓋のあるもの）に粗骨材をつめ、水を満たした後、底板の注入口よりモルタルを注入し、注入速度および圧力とプレバクドコンクリートの圧縮強度との関係を調査した。この場合、モルタルは十分に溢流させて、最初の実験の自由界面下に相当する部分の再現を計った。注入速度は 1~8l/min で、4段に変えたが、これはφ15×30cm 供試体の注入所要時間に換算すると、2min~15secに相当する。また圧力は 0~2 kg/cm<sup>2</sup> で4段に変えて試験した。試験結果は表一2.2 に示した通りである。この試験結果はプレバクドコンクリートの圧縮強度が注入速度および圧力によって影響されないことを示して居り、これより自由界面下のプレバクドコンクリートの品質は注入条件によって影響されないと判断してよいと思われる。

従って、モルタルの注入条件がプレバクドコンクリートの品質に影響する範囲は自由界面以上の部分に限定され、その程度は自由界面の形状によって相違するといえる。たとえば、モルタルの流動性が適正で、粗骨材の有効径と空隙率が大きい場合、あるいは注入管を密に配置してモルタルを十分に溢流させる場合、等には注入速度が多少過大となってもこれがプレバクドコンクリートにおよぼす影響はかなり少ないものと思われる。一般の場合には、注入速度の適否は自由界面がほぼ水平な形を保って上昇する範囲内で最大となる条件によって決まるが、自由界面の形状はモルタルの流動性、粗骨材の有効径、注入面積、注入後の経過時間、等によっても変化し、これを定量的に表示することは困難である。たとえば、図一11.1に示した例では 注入速度=12.8l/min=0.768m<sup>3</sup>/hr は既に過大であり、一方では、注入速度が 10m<sup>3</sup>/hr 程度で満足すべき結果の得られた施工例もある<sup>2)</sup>。本実験結果によれば、たとえば、注入管 1本当り

の注入面積が 4 m<sup>2</sup> 程度、モルタルの流出時間が 20sec 程度、粗骨材の有効径が24mm付近で空隙率が 43% 程度（20~30mmの粗骨材をシャベルで投入した場合に相当する）の場合には、注入速度は17l/min≒1m<sup>3</sup>/hr 以下が適当と思われる。従って、欠点の少ないプレバクドコンクリートを能率的に確保するにはモルタルの流動性を適正な範囲に保つことおよび施工に支障のない範囲で最大寸法と最小寸法のできるだけ大きい粗骨材を用いることが非常に重要である。

## 12章 粗骨材の管理限界の一例

11章で論じたように、注入条件が一定の場合でもモルタルの自由界面の形状は粗骨材の有効径と空隙率によって著しく変化し、これがプレバクドコンクリートの品質に影響する場合も少なくない。もちろん、粗骨材の有効径や空隙率が実用的な範囲にあって、モルタルが粗骨材の空隙を完全に満たす場合には、これがプレバクドコンクリートの強度に直接的な影響をおよぼすことは考えられず、このことは表一12.1に示した試験結果によっても実証される。従って、粗骨材の管理はこれをモルタルのてん充性との関係より検討することが必要と思われる。

木庭、有吉両氏の研究<sup>10)</sup>によれば、粗骨材空隙中を流動するモルタルの滲透係数は有効径ならびに間隙比に比例し、次式が成立するとされている。

$$k'' = c_1 \cdot dc_2 \cdot eca \quad (\text{cm/sec}) \quad (C_1 = 9.4 \times 10^{-2}, C_2 = 1.6, C_3 = 3.2) \dots\dots\dots(12.1)$$

ここで、dは有効径を表わし、Kozeny氏<sup>30)</sup>によって次のように定義された値であり、粗骨材の平均粒径と考えることができる。

$$d = \frac{1}{\sum \frac{d_{12}}{d_{12}^2}} (\text{mm}) \dots\dots\dots(12.2)$$

ただし、 $\frac{1}{d_{12}} = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{2}{d_1 + d_2} + \frac{1}{d_2} \right)$ ,

表—12.1 空隙率の異なる粗骨材を用いたプレバック  
クトコンクリートの圧縮強度

空隙率(%) (粒径範囲mm)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
	3 日	7 日	14 日	28 日
38.2 (15~60)	36 34 } 35 36	63 53 } 60 65	93 103 } 93 83	119 112 } 117 121
40.0 (25~40)	24 27 } 26 27	62 66 } 64 65	95 87 } 84 71	120 114 } 119 123
42.2 (25~60)	27 41 } 33 32	64 59 } 85 79	92 81 } 85 83	130 121 } 126 126
44.1 (40~60)	29 30 } 30 31	65 53 } 65 77	100 104 } 92 71	126 143 } 139 147
注入モルタル (4×4×16cm) 供試体	82 82 } 81 78	93 85 } 96 110	144 140 } 145 151	220 244 } 237 248

材料：秩父高炉セメント，信濃川砂，阿賀野川砂利，  
ポゾリスNo. 8，試薬1級Al粉末  
配合：S/C=1.57，W/C=68%，Poz. 8/C=0.25，  
Al/C=0.01%  
モルタル流出時間=16.0sec，コンクリート圧縮強度  
=φ15×30cm供試体による

$$d_{1e} = \frac{\text{ふるい目 } d_1 \text{ と } d_2 \text{ の間の粗骨材の重量}}{\text{粗骨材の全重量}}$$

である。また、間隙比 e と空隙率との間には次式が成立し、実用的な範囲の値に対しては両者はほぼ直線的に比例する。

$$v = \frac{e}{1+e} \times 100 (\%) \quad (v = \text{空隙率}) \quad \dots\dots\dots(12.3)$$

式(12.1)は特定の流動性をもつモルタルについて得られたものであるが、ほぼ同等の関係が一般に成立することは明らかであり、粗骨材の平均粒径と空隙率の増大に応じてモルタルのてん充性も増加することを意味し、前章で述べた実験結果とほぼ一致する。

表—12.2は新潟港西突堤嵩上げ工事に際して行なった粗骨材の粒度分布と空隙率の変動状態の調査結果で、(I)表は1958年度工事の際に型わくに投入後の粗骨材より採取した試料の試験結果であり、(II)表は1961年度工事の際にコンクリート施工量とモルタル注入実績から施工区間(平均12m)ごとの空隙率を推定した結果である。式(12.2)で定義される粗骨材の有効径は平均粒径を表示する量として適当であるとしても、現場における粗骨材の管理のための統計量としては必ずしも適当でない。また粒度表示の一指数として一般に用いられている粗粒

率は、表—12.2の(I)表の例からも明らかなように、その変動は施工の良否に関わりなく極めて少ないのが普通

表—12.2 新潟港西突堤嵩上げ工事における粗骨材  
の粒度と空隙率の変動

(I) 1958年度

試験番号	粗粒率	15mmふるい 経過 %	空隙率 (%)
1	8.28	0.8	36.7
2	8.30	3.2	36.4
3	8.21	1.1	37.8
4	8.29	4.0	36.1
5	8.28	3.1	39.1
6	8.34	5.4	38.8
7	8.11	6.3	38.6
8	8.11	4.5	37.4
9	8.08	6.5	38.3
10	8.47	1.0	38.2
11	8.16	6.2	37.6
12	8.50	2.8	36.6
13	8.29	2.0	37.0
14	8.89	0.3	37.4
15	8.29	3.0	37.8
16	8.43	3.4	38.6
17	8.56	1.7	39.6
18	8.57	2.9	37.7
19	8.83	4.5	37.4
20	8.58	0.4	37.2
21	8.95	3.0	37.7
22	8.67	0.7	38.9
23	8.80	1.0	40.0
24	8.61	0.7	40.5
25	8.90	1.3	42.0
26	8.49	0.5	37.8
27	8.36	1.0	41.4
28	8.36	2.5	41.6
29	8.40	3.8	42.0
30	8.52	3.0	37.2
31	8.53	2.5	37.5
平均	8.46	2.7	38.4
標準偏差	0.237	1.82	1.62
変動係数(%)	2.80	67.4	4.22

注) 阿賀野川産砂利，粗骨材投入箇所より2回/日の頻度で1回に2試料採取，試験値は2個の平均値，空隙率は10ℓの鋼製容器を用い，ショベル方法でてん充した場合の値，最大寸法=60mm

(II) 1961年度 (388m区間)

区間番号	コンクリート量 (A) (m <sup>3</sup> )	モルタル 注入量(B) (m <sup>3</sup> )	空隙率 B ÷ A (%)
1	132.6	55.68	42.0
2	132.6	51.84	39.1
3	132.5	54.72	41.3
4	132.5	55.36	41.8
5	132.5	53.44	40.3
6	159.0	63.68	40.1
7	159.0	64.00	40.3
8	159.0	67.20	42.3
9	155.2	62.08	40.1
10	159.0	61.12	38.4
11	159.0	64.64	40.7
12	159.0	63.04	39.6
13	159.0	64.00	40.3
14	157.8	64.96	41.2
15	159.0	63.36	39.8
16	159.0	63.36	39.8
17	160.4	64.64	40.3
18	159.0	63.68	40.1
19	159.0	64.00	41.5
20	159.0	65.92	41.5
21	157.8	63.04	39.9
22	160.4	62.40	38.9
23	157.8	63.04	39.9
24	157.8	62.40	39.6
25	159.0	63.04	40.9
26	160.4	65.60	40.9
27	160.4	65.60	39.3
28	156.4	61.44	39.4
29	157.8	63.68	40.4
30	159.0	63.68	40.1
31	160.4	64.32	40.1
32	162.4	65.28	40.2
33	190.3	76.80	2.21
平均			40.3
標準偏差			0.89
変動係数(%)			2.21

注) 阿賀野川産砂利 (比重=2.61, 吸水量=0.84),  
コンクリート量=型わく寸法より算出, モルタル  
注入量=材料使用量より算出

(I), (II)の標準偏差は次式による。

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

で管理のための統計量として必要な鋭感性を欠くと判断してよい。一方、従来の施工例では粗骨材の最小寸法を15mmとし、これ以下の細粒を除去することが一般に行なわれているが、このような粒度構成が有効径および空隙率と密接な関係があることは式(12.2)および表-11.1の試験結果より明らかである。そこで、15mmふるいを通過する粗骨材の重量百分率を統計量とした場合について検討する。表-12.2(II)の例ではこの値の変動はかなり大きく、変動係数は67.4%に達している。この施工例でも最小寸法を15mmとしたが、ふるい分け効果は必ずしも十分ではなく、試験番号6~11に相当する時点で注入不完全の個所が生じ、以降はふるい分けを入念に行ない満足すべき結果が得られた。この施工経験によれば、現場の粗骨材ふるい分け作業では細粒の混入は避け難く、また細粒が特定の個所に集中しない限りその混入をある程度許容しても差し支えないと思われる。細粒の管理に2σの管理限界を用いるものとして、上例で良好な結果の得られた区間に相当する試験番号12~31の20試料よりこれを求めると、

$$\text{平均値} = 2.1\%$$

$$\text{標準偏差} = 1.25\% \text{ (不偏分散の平方根)}$$

$$2\sigma \text{ C. L.} = 2.1 + 2 \times 1.25 = 4.6\%$$

となり、更に特定の個所に細粒が集中するのを防ぐために、たとえば5個の移動平均に対して2σ限界を定めて管理するものとすれば、これは

$$2\sigma \text{ C. L.} = 2.1 + \frac{2 \times 1.25}{\sqrt{5}} = 3.2\%$$

である。また、実際の変動の程度と上述の管理限界を考慮すると、細粒の上限規格値(許容範囲)としては5%程度が適当と思われる。

以上で求めた値は最大寸法60mmの特定の粗骨材について、最小寸法を15mmとした場合の管理限界であるが、一般の場合にもこれに相当する管理限界を設けて最小寸法以下の細粒を規制することが必要と思われる。しかし、最小寸法を15mmと限定する必要はなく、むしろ実用的な範囲でこれをできるだけ大きな値とすることはモルタルのてん充性を増加するのに極めて効果的と思われる。

表-11.1の試験結果によれば、粗骨材の空隙率は粒度分布とてん充方法によってかなり相違する。すなわち、前者については単独粒径ないしこれに近い粒度分布のもの、空隙率は粒径の大小によらず一般に大きく、これに反して、大小粒径のものが適度に混合した粒度分布のもの空隙率はかなり小さく、その最大と最小の差は空隙率の絶対値で7~8%に達する。しかし、最小寸法をたとえば15mmとする場合には両者の差は著しく減少して3

～4%程度である。てん充方法による空隙率の差は粒度分布によっても多少異なるが、最小寸法が15mmの場合には棒突き試験とショベル試験による空隙率の差はその絶対値で3～5%であり、表—12.3に示したように空隙率

表—12.3 棒突き試験による突き回数と粗骨材空隙率の関係

粒径範囲	突き棒による各層の突き回数			
	0	10	20	25
15～25	40.3	37.2	36.8	36.9
15～40	38.9	36.5	35.6	35.5
15～60	41.2	35.9	36.1	36.0

注) 阿賀野川産砂利を試料とし、容量10ℓの金属製円筒容器を用い、J I S A 1104の棒突き試験に準じて測定。突き数0はショベル試験に相当する。

は突き固めの程度の増加に応じて減少するが、標準の棒突き試験による空隙率はほぼ最小の限界に相当するものと思われる。空隙率に影響する要素としては、更に粒形が考えられ、たとえば、F. A. Sheargold 氏<sup>40)</sup>は空隙率はangularity によって変化し、川砂利と碎石とでは6～7%程度相違すると報告しているが、この種の要因に起因する空隙率の変化は一定の産地ないし産出状態の粗骨材を使用することによって無視し得る程度まで減少するものと思われる。表—12.2の調査結果に基づいて95%の確率で空隙率の変動範囲を推定すると、1958年度工事では35.2～41.6%、1961年度工事では38.5～42.1%である。これと上述の試験結果を合わせて考えると、正常な状態における空隙率変動の限界は(平均値±3.5%)以内と推定される。

上例の1958年度工事の調査結果のように、粗骨材の標本試料による空隙率の試験値は実際に型わく内に投入した粗骨材の空隙率とは異なり、その変動をモルタルのてん充性と直接関連づけることは困難である。一方、モルタルの注入実績より推定した空隙率の変動状態より、モルタル注入不完全、漏出あるいは水中における材料分離、等のてん充状態の異常を検出することは可能であるが、これのみによる場合は異常性の判定が不正確となることは避け難い。モルタルの注入実績より推定した空隙率は標本試料による試験値より1～2%程度大きい値を示すが、その変動の中は両者ほぼ同等である。従って、標本試料による試験値および注入実績による推定値の両者を用いて粗骨材の空隙率を管理することはモルタルてん充状態の有効な管理手段を提供するものと思われる。

## 13章 プレパックドコンクリートの品質管理のための注入モルタルの事前管理

### 1節 注入モルタルの事前管理のための特性値の選択

5～7章で施工が入念な場合のプレパックドコンクリートの品質は注入モルタルの品質によってはほぼ一義的に決まることを明らかにした。しかし、使用材料の品質やプレパックドコンクリート施工の作業工程を標準化し、これを適当な管理限界内に収める場合でも注入モルタルの品質変動は避け難く、これがプレパックドコンクリートの品質変動に帰結することは5～10章で論じた所より自明である。従って注入モルタルの品質管理はすなわちプレパックドコンクリートの品質管理であり、これをモルタル注入以前の段階で行なうならば、プレパックドコンクリートの品質変動に対して最も的確で有効な事前管理の方法となるものと思われる。

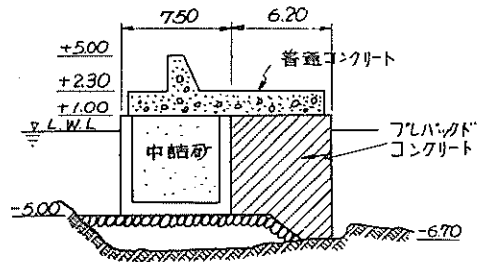
使用材料の品質や施工の作業工程の標準化を前提とすると、注入モルタルの品質変動の最大の要因は計量誤差および細骨材の表面水による配合比の変化である。従って、注入モルタルの事前管理のための特性値は配合比の変化に対して適当な識別性を有し、容易にかつ短時間に測定可能で、更に再現性に富む統計量でなければならぬ。まだ固まらない注入モルタルの品質を表示する量としては、流動性、ブリージング率、保水性、膨張率、等が挙げられるが、上述の条件には流動性が最適と判断される。注入モルタルの流動性は、7～10章で明らかにしたように、標準とする流出時間の範囲を適当に選定する場合には、単に配合比の変化に対してだけでなく使用材料の品質変動や練りませ条件の変化等に対しても相当の識別性を有し、その他の所要条件も満足するからである。

### 2節 モルタルの事前管理の効果 (1)

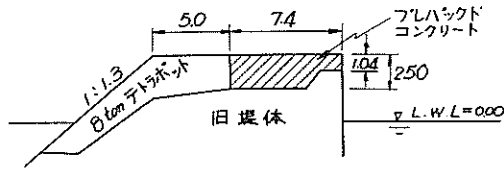
注入モルタルの流出時間を特性値とする事前管理の効果はプレパックドコンクリートの圧縮強度の変動係数の管理前後における増減を検討することによって評価し得るものと思われる。このような観点から既往の施工例として北海道根法華港東防波堤補修工事および新潟港西突堤嵩上げ工事を取上げ、プレパックドコンクリートの変動係数の変化を検討した。図—13.1の(I)と(II)はこれらの構造物の標準断面図で、注入モルタルの流出時間およびプレパックドコンクリートの圧縮強度試験結果は表—13.1および13.2に示した通りである。

表13.1の例は8～12章に述べた各種の要因に関する管理が必ずしも十分ではなかった一例で、圧縮強度の変動係数は $\sigma_7$ について27.4%、 $\sigma_{28}$ について27.7%であった。

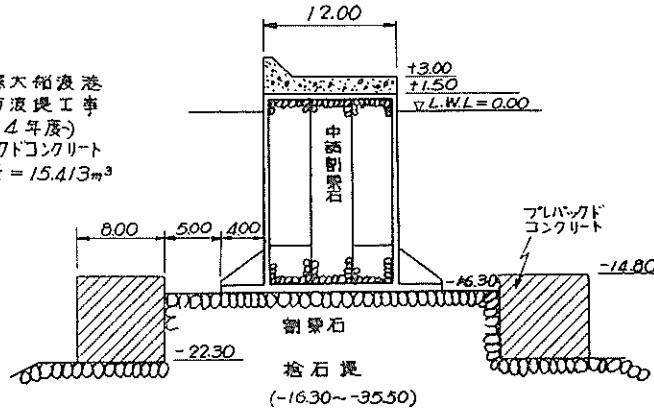
(二) 北海道根法華港  
東防波堤補修工事  
(1962年度)  
プレバクドコンクリート  
施工量 = 2,917m<sup>3</sup>



(三) 新泻港面突堤  
嵩上げ工事(中央部)  
(1958年度)  
プレバクドコンクリート  
施工量 = 3,390m<sup>3</sup>



(四) 岩手縣大畑浪港  
津波防波堤工事  
(1964年度)  
プレバクドコンクリート  
施工量 = 15,413m<sup>3</sup>



単位: m

図-13.1 調査した施工例における構造物の標準断面図

表-13.1 [北海道根法華港東防波堤補修工事における  
プレバクドコンクリートの品質の変動

試験番号	注入モルタル 流出時間 (sec)	プレバクドコンクリート	
		7日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
1	17	113	172
2	17	103	157
3	14	77	107
4	17	93	141
5	19	152	231
6	16	95	145
2	16	92	140
8	16	74	112
9	13	73	111
10	18	108	164
11	16	66	147
12	17	116	175
13	16	86	131
14	16	74	112
15	18	89	135

16	16	71	107
17	16	75	114
18	17	69	105
19	16	69	105
20	17	78	118
21	17	71	107
22	22	157	239
23	16	76	115
24	18	77	116
25	17	72	109
平均値	16.7	89	137
標準偏差	1.63	24.4	37.9
変動係数(%)	9.8	27.4	27.7

注) 示方配合 C : F : S = 1 : 0.25 : 1.25, W/(C+F)  
= 43%, RGA/(C+F) = 0.81%, 目標  
流出時間 = 17sec.

圧縮強度 φ15×30cm供試体3個の平均値

この工事では流出時間の管理限界が与えられていないの  
で、試験結果より標準偏差(不偏分散の平方根)のを求

表—13.2 新潟港西突堤嵩上げ工事におけるプレバッドコンクリートの品質変動

試験番号	流出時間	28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ15×30cm)			
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$\bar{x}$
1	17	180	121	149	150
2	16	129	124	125	126
3	17	106	109	122	112
4	17	142	151	160	151
5	17	107	92	106	102
6	16	97	102	125	108
7	15	87	121	116	108
8	14	86	92	102	93
9	16	135	124	138	132
10	14	134	120	118	124
11	18	123	90	120	111
12	19	125	124	106	118
13	17	130	91	129	117
14	16	120	98	117	112
15	20	109	127	129	122
16	16	125	127	134	129
17	17	144	149	95	129
18	15	113	126	143	127
19	13	120	104	113	112
20	15	126	124	118	123
21	20	104	100	111	105
22	14	78	107	78	88
23	15	83	106	92	94
24	14	119	86	96	100
25	15	94	85	98	92
26	16	130	111	94	112
27	15	115	121	111	116
28	17	107	130	112	116
29	17	80	106	109	98
30	17	143	104	133	127
31	18	99	103	103	102
平均値	16.2				115
標準偏差	1.93				15.4
変動係数(%)	11.9				13.4

注) 示方配合 C:F:S=1:0.1:1.63, W/(C+F)=63%, Poz. 8/(C+F)=0.25%, Al/(C+F)=0.01%,  
 目標流出時間=17±3 sec.

め、これより 3 $\sigma$ , 2 $\sigma$  限界を計算すると、次の通りである。

$$3\sigma C. L. = 16.7 \pm 3 \times 1.63 = 21.6 \sim 11.8 \text{ sec.}$$

$$2\sigma C. L. = 16.7 \pm 2 \times 1.63 = 20.0 \sim 13.4 \text{ sec.}$$

以上の値を算理限界として用いる限りでは管理効果を挙げ得ないことは上述の試験結果および配合比と流出時間の関係より明らかである。そこで、管理限界を  $|x-m| \leq \sigma$  ( $x$ =試験値,  $m$ =平均値), すなわち,  $16.7 \pm 1.63 =$

18.3~15.1sec と定め、この限界を越える場合には直ちに計量水量の減少（水セメント比の減少）ないし計量砂量の減量（水セメント比一定、単位水量の増加）を計って調節したものとすると、試験番号、3, 5, 9, 22のような結果は除去されると考えてよい。これを管理後の状態として、流出時間、7日圧縮強度および28日圧縮強度の変動係数を求めると、それぞれ、4.4, 18.5および17.6%となって、管理以前の状態と比較して品質の変動は著しく減少し、かなり安定した状態になる。

新潟港西突堤嵩上げ工事では、セメントおよびフライアッシュの品質、細骨材および粗骨材の粒度について管

理試験を行なった外、注入モルタルの流出時間およびプレバクドコンクリートの圧縮強度を特性値として管理した結果、表-13.2に示したように変動係数は13.4%とかなり小さい値を示している。この例では流出時間の管理限界を  $17 \pm 3 = 20 \sim 14 \text{sec}$  として管理したもので、試験結果はいずれも限界内にある。試験結果より流出時間の  $3\sigma$  および  $2\sigma$  限界を求めると、

$$3\sigma \text{ C. L.} = 16.2 \pm 3 \times 1.93 = 22.0 \sim 10.4 \text{sec.}$$

$$2\sigma \text{ C. L.} = 16.2 \pm 2 \times 1.93 = 20.1 \sim 12.3 \text{sec.}$$

となって、前段で述べた例と同様にこれらの値が流出時間の管理に不適當なことは明らかである。また、流出時

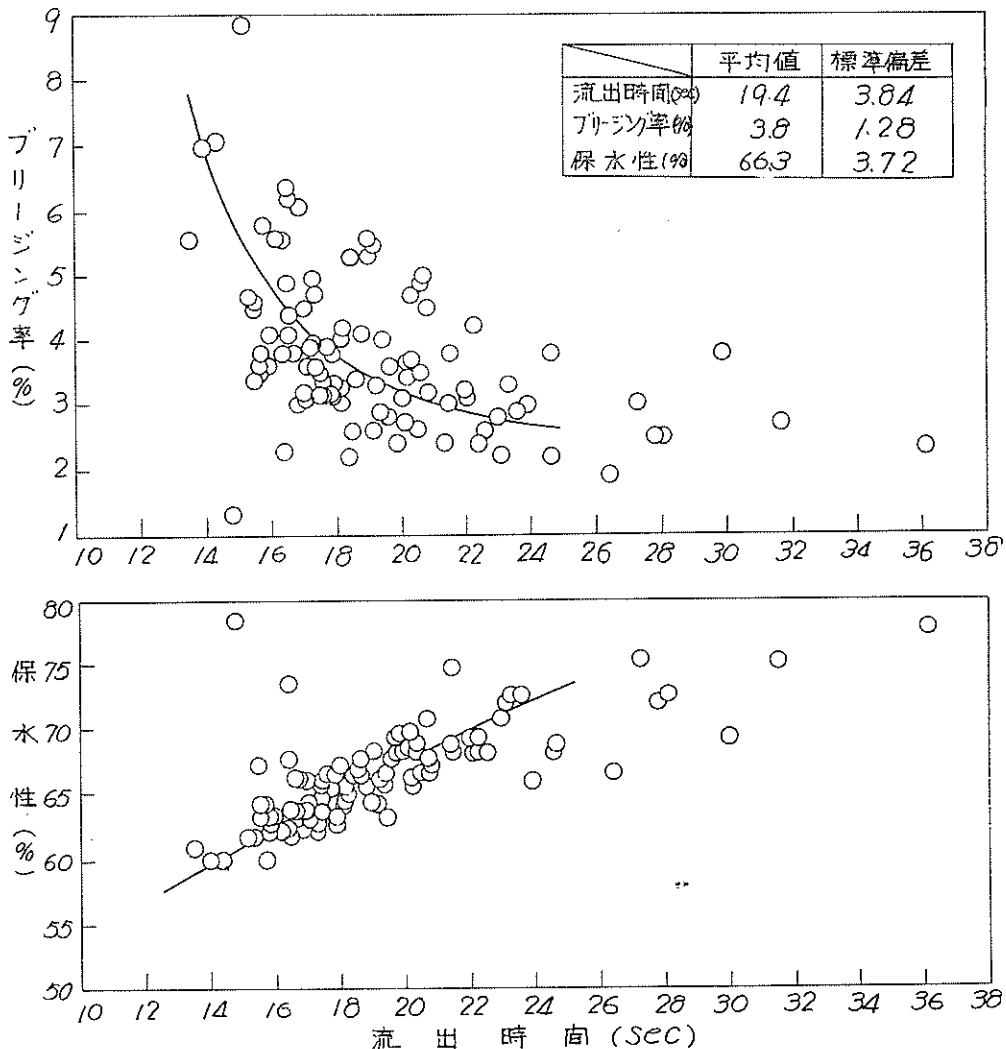


図-13.2 大船渡港津波防波堤工事における注入モルタルの品質の変動 (I)  
流出時間および保水性; 試料1個についての値  
フリージング率; ポリエチレン袋を用いて測定した試料3個の平均値

間の管理限界を更に狭めて、これを  $|x-m| \leq \sigma$ ,  $16.2 \pm 1.9 = 18.1 \sim 14.3 \text{sec}$ , として管理したものと仮定すると試験番号 8, 10, 12, 15, 19, 21, 22, 24に相当する結果は除かれるものと予想される。これについて、流出時間および圧縮強度の変動係数を求めると、それぞれ 6.0

%, 13.3% となって、流出時間の変動係数は減少するが、圧縮強度のそれはほとんど変化せず、管理限界を厳しくしたことの効果はほとんど認められない。

### 3節 注入モルタルの事前管理の効果 (2)

前節の検討結果から、注入モルタルの事前管理によっ

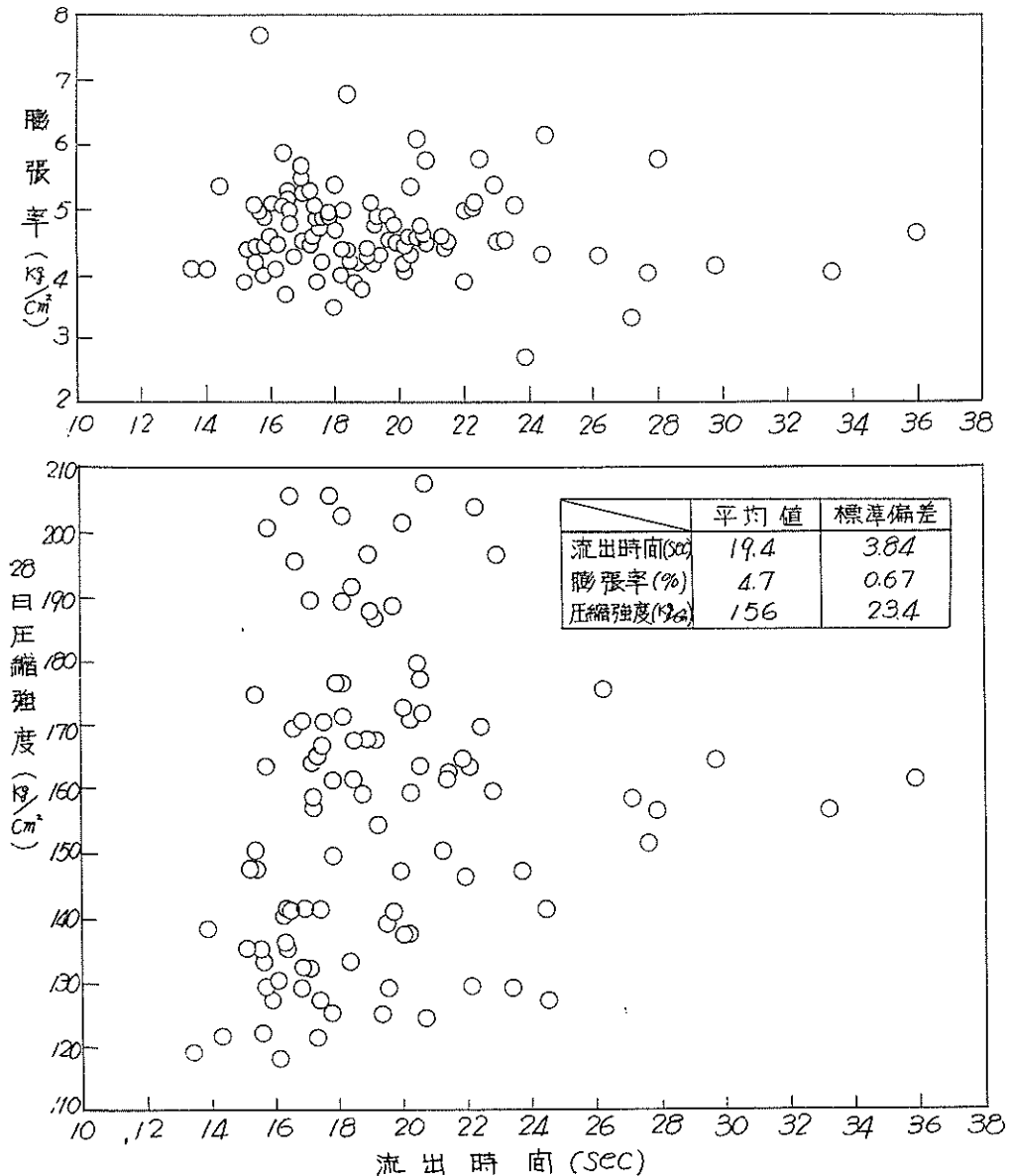


図-13.3 大船渡港津波防波堤工事における注入モルタルの品質の変動 (II)

膨張率; ポリエチレン袋を用いて測定した試料3個の平均値

圧縮強度; 膨張率を測定したモルタル試料 ( $\phi 5 \times 20 \text{cm}$ ) を水中養生した後、上下端各 5cm を切断して  $\phi 5 \times 10 \text{cm}$  供試体としたもの3個の平均値



表—13.3 大船渡港津波防波堤工事におけるプレバックドコンクリートの品質の変動

試験番号	※ 流出 時間 (sec)	注入モルタルの28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ5×10cm)					プレバックドコンクリート圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )(φ15×30cm)								
		※ 自由膨張 供試体 平均	膨張拘束供試体				材令7日			材令28日			材令91日		
			x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	$\bar{x}$	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	$\bar{x}$	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	$\bar{x}$	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	$\bar{x}$
2	36.0	161	237	261	192	230	—	—	—	205	228	217	292	301	297
4	21.4	161	138	195	156	163	117	109	113	143	150	147	239	202	221
7	19.8	188	181	155	207	181	98	89	94	152	140	146	216	208	212
9	29.8	164	205	183	175	188	100	82	91	166	172	169	254	228	241
23	19.3	154	162	155	138	152	88	92	90	147	177	162	204	211	208
24	20.8	124	149	170	162	160	113	94	104	164	174	169	233	223	228
26	16.9	129	—	186	160	173	96	98	97	175	183	179	234	233	234
29	20.0	147	204	159	188	184	100	107	104	161	157	159	215	227	221
32	20.3	159	208	103	125	145	65	98	82	136	120	128	198	181	190
36	24.6	127	198	165	207	190	135	113	124	167	192	180	210	210	210
42	21.3	150	186	134	167	162	92	89	91	162	169	166	184	211	198
56	20.3	170	164	169	190	174	112	101	107	150	175	163	200	221	211
64	18.6	167	151	138	137	142	114	119	117	177	188	183	198	234	216
73	18.6	189	167	156	154	159	98	96	97	165	179	172	236	240	238
78	16.2	130	164	166	146	159	90	100	95	167	177	172	202	188	195
86	18.2	202	186	188	148	174	138	114	126	195	173	184	224	241	233
95	20.5	179	167	198	186	184	144	116	130	177	150	164	230	222	226
平均値	21.2	159				172			104			168			222
標準偏差	4.93	23.0				20.9			14.3			19.2			24.3
変動係数(%)	23.3	14.5				12.2			13.8			11.4			10.9

注) ※：注入モルタルに関する試験番号1~100のうち、無作為に抽出した上表の番号についてコンクリートの試験を行なった。番号1~100に対応する注入モルタルの試験結果は付表—19参照。

自由膨張供試体：ポリエチレン袋につめてブリージング率および膨張率を測定したモルタル試料(φ5×20cm)を水中養生し、材令28日で上下端各5cmを切断して、φ5×10cmの供試体として、圧縮強度を試験したもの。3個の平均値

膨張拘束供試体：φ5×10cmの鋼製型わくにモルタルをつめ、上面に押板と重錘をのせて膨張を拘束して製作した供試体

示方配合：C:F:S=1:0.40:1.36, W/(C+F)=48%, Aid/(C+F)=0.86%, Aid=Intrusion Aid

て相当の管理効果を挙げ得るが、その効果は流出時間の管理限界の設定の仕方によっても著しく相違することが認められた。この点を更に確かめるために、岩手県大船渡港津波防波堤のプレバックドコンクリート工事に際して、注入モルタルの流出時間、ブリージング率、保水性、膨張率、28日圧縮強度およびプレバックドコンクリートの7、28、91日圧縮強度を調査した。図—13.1(Ⅲ)は

本防波堤中央部の標準断面で、プレバックドコンクリートの型わくは直径8m、高さ7.5mの鋼板セルを組み合わせたもので、モルタル注入は鋼板セル1基ごとに行ない、その所要時間は15時間程度である。

注入モルタルの試料採取は1回/30分(平均1回/10バッチ)の割合で行ない、鋼板セル1基について12~13試料、合計100試料を採取し、上述の諸試験を行なった。

表-13.4 流出時間を特性値として管理した場合の注入モルタルの品質の変動  
(大船渡港津波防波堤工事)

試験番号	流出時間(sec)	保水性(%)	ブリージング率(%)	膨張率(%)	28日強度(kg/cm <sup>2</sup> )	試験番号	流出時間(sec)	保水性(%)	ブリージング率(%)	膨張率(%)	28日強度(kg/cm <sup>2</sup> )
1	23	71.7	2.2	4.5	196	54	18	66.3	3.1	3.5	161
4	21	74.5	3.0	4.8	161	56	20	67.9	3.7	4.3	170
6	20	68.5	3.6	4.2	138	57	20	65.2	3.4	4.6	137
7	20	69.0	2.4	4.1	188	58	19	66.8	5.3	4.2	161
8	22	67.9	2.4	5.3	203	59	19	67.9	5.3	4.3	196
13	23	72.3	3.3	4.6	129	60	18	65.2	3.4	4.2	170
16	18	62.5	3.1	4.9	149	61	18	65.8	3.5	4.9	141
17	23	70.1	2.8	5.4	159	63	17	65.2	3.8	4.3	175
18	20	69.6	3.6	4.5	172	64	19	67.4	3.4	3.9	167
19	21	70.1	4.9	6.1	176	65	20	67.9	3.5	4.8	141
22	18	63.0	3.8	5.4	125	66	18	66.8	3.3	4.7	176
23	19	65.2	2.9	4.9	154	67	18	65.2	3.9	5.0	205
24	21	65.8	3.2	5.8	124	69	19	66.3	2.6	4.2	191
26	17	62.0	3.0	5.7	129	73	17	64.7	3.6	4.5	189
28	17	63.2	4.4	5.3	169	74	19	64.1	2.6	5.1	186
29	20	67.9	3.1	4.5	147	75	21	66.3	2.2	4.5	207
30	21	67.4	3.5	4.8	163	76	17	62.5	5.0	4.6	158
31	22	67.9	3.8	4.5	162	79	17	63.6	6.4	3.7	141
32	20	68.5	4.7	5.4	159	81	18	65.2	4.0	4.4	171
33	17	65.2	6.2	4.8	141	83	17	63.0	3.6	5.1	164
34	21	67.4	5.0	4.6	171	84	17	62.5	3.9	5.3	157
35	22	69.0	4.2	5.0	163	85	19	66.3	4.0	4.3	125
37	19	63.0	5.5	4.8	186	86	18	64.7	4.2	5.0	202
38	17	64.7	6.1	5.3	170	87	19	65.2	4.1	3.8	159
41	17	64.1	3.1	4.5	132	89	18	64.7	3.3	4.4	189
42	21	68.5	2.4	4.6	150	90	23	67.9	2.6	5.8	169
43	22	69.0	3.2	3.9	164	91	18	63.6	3.0	4.0	176
44	20	69.0	3.6	4.9	139	92	17	63.0	4.5	4.8	141
45	22	68.0	3.1	5.0	146	93	17	63.0	4.1	5.0	205
47	17	65.7	3.1	5.5	132	94	19	64.1	5.6	4.4	167
48	18	64.7	3.1	4.9	127	95	21	66.3	2.6	4.6	179
49	18	66.3	3.1	4.8	166	96	17	61.4	4.9	5.2	135
51	17	65.2	3.9	3.9	121	97	20	65.8	2.7	4.2	201
52	18	66.3	2.2	6.8	133	98	19	65.8	3.3	4.9	167
53	20	67.4	2.8	4.6	129	99	17	63.0	4.7	4.7	165
平均値	19	66.2	3.7	4.7	162						
標準偏差	1.8	2.52	0.99	0.52	23.3						
変動係数(%)	9.5	3.8	26.7	11.1	14.4						

注) ブリージング率および膨張率は直径5cmのポリエチレン袋を用いて測定した、練りませ後3時間の値、3個の試料の平均値、28日強度はこのモルタル試料(φ5×20cm)を水中養生し、材令28日に上下端各5cmを切断してφ5×10cmの供試体とし圧縮強度を試験した3個の平均値。

プレバックドコンクリートの試料はモルタルの試験番号1~100のうち、無作為に抽出した17の試験番号に相当する場合のみ採取して材令7日、28日および91日にその圧縮強度を試験した。これらの試験結果は図—13. 2, 13. 3および表—13. 3に示した通りで、注入モルタルに関する試験結果の詳細は付表—19に収録した。本工事ではモルタルの練りまぜや注入はすべて海上作業のため、セメント、フライアッシュ、混和剤は袋を単位とした重量計量により、細骨材および水は容積によって計量し、また細骨材の表面水は5~6%程度あるものとして現場配合を定め、その変動に対する補正は行なっていない。注入モルタルの管理としては、その流出時間が極端に変化した場合に水量を加減してこれを調整した程度であって、管理状態は必ずしも良好とはいえない。

表—13. 3の試験結果に基づいて各特性値の変動係数を比較すると、注入モルタルの流出時間が最も大きく、自由膨張供試体の28日圧縮強度、膨張拘束供試体の28日圧縮強度がこれに次ぎ、プレバックドコンクリートの圧縮強度の変動係数が最も小さい。また、注入モルタルの圧縮強度とプレバックドコンクリートのそれとを比較すると、両者の比はほぼ一定となって、6章で確かめた関係とほとんど一致する。この場合、自由膨張供試体の強度比のばらつきの程度は膨張拘束供試体のその2倍に近く、前者の圧縮強度のみからプレバックドコンクリートの圧縮強度を推定することは相当の誤差を伴なう。しかし、これを品質管理のための特性値の一つとして用いる限りでは、強度が一般に小さく、かつその変動係数が大きく、管理目標としては安全側にあり、これを用いてプレバックドコンクリートの品質変動の程度を推定することは正当化されるものと思われる。

先に述べたように、本工事では注入モルタルの実質的な事前管理は行なわれていないに等しいが、流出時間の管理限界として $20 \pm 3 \text{ sec}$  (16.5~23.4sec)を与えて管理したもとして、管理後の注入モルタルの品質は表—13. 4に示したようになるものと期待される。これを図—13. 2, 13. 3に示した管理以前の状態と比較すると、表—13. 5に示したように事前管理によって注入モルタルの品質の変動状態がかなり改善されることは明らかで、これに伴ってプレバックドコンクリートの品質の均一性も増加するものと考えてよい。これは図—13. 2, 13. 3の流出時間と他の諸特性値との関係から観察し得るように、流出時間が上述の管理限界内にある場合には他の特性値の分散の程度はほぼ一様であるが、限界外では一方に偏向する傾向があり、事前管理はこの偏向した値を除去する機能を有するためと思われる。一方、特性値の分散の

表—13. 5 事前管理の前後における注入モルタルの品質の変動係数の変化

	管理以前	管理以後
流出時間	19.8%	9.5%
保水性	5.6	3.8
ブリージング率(3H <sub>R</sub> )	33.7	26.7
膨張率(3H <sub>R</sub> )	14.2	11.1
28日圧縮強度(自由膨張)	15.0	14.4

程度が一様となる範囲内では管理限界を厳しくすることが管理効果の向上をもたらさないことも明らかで、前節で述べた新潟港の施工例はこのような理由に基づくものと推定される。

#### 4節 注入モルタルの事前管理の効果の限界

2~3節で管理状態の異なる3施工例について検討した結果、流出時間を特性値とする注入モルタルの事前管理はプレバックドコンクリートの品質変動に対して相当の管理効果を有することが確認された。これは同時に流出時間が注入モルタルの品質変動に関してすぐれた識別性を有すると共に、管理試験のための特性値として適性を備えていることを実証するものである。従って、これを用いた注入モルタルの事前管理は前述の3施工例に限らず一般のプレバックドコンクリート工事に適用する場合も相当の管理効果を有するものと思われる。

しかし、流出時間が注入モルタルの品質変動に関して識別性を有する範囲には限界がある。たとえば、図—13. 2, 13. 3において、流出時間が16sec程度以下では流出時間の減少は強度および保水性の減少、ブリージング率の増加を伴ない、これが主として水セメント比の増加によることを示している。また、流出時間が23sec程度以上ではこれらの値はほぼ一定となり、流出時間の増加は必ずしも水セメント比の減少によるものではなく、むしろ砂セメント比の増加によることを示唆している。このように、流出時間がある限界を越える場合にはその変動要因に関してかなりの確かな識別性が認められ、相応の処置、すなわち、計量水量ないし砂量の減少を計ることができる。しかし、流出時間がこの管理限界内にある場合には品質変動の要因を流出時間の変化のみから識別することは不可能に近く、従って、品質変動を更に減少するための処置を決定することは困難である。換言すれば流出時間を特性値とする注入モルタルの事前管理は、この点で管理効果の限界が認められ使用材料や作業工程等についても適切な管理を行なっている場合には、この限界はプレバックドコンクリートの圧縮強度の変動係数で、13~15%程度に相当するものと思われる。

以上ではモルタル試料採取の群分けの仕方および群の大きさが適切であることを前提として論じたが、管理効果がこれによって著しい影響を受けることは明白である。一般には、バッチ、時間的区切り、作業区間、構造部材の単位、等で群分けするものが普通である。前述の新潟港西突堤嵩上げ工事ではバッチごとに行ない、総バッチ数 1,638、に対して流出時間試験回数は 1,520、試験率 92.8% である。また、大船渡港津波防波堤工事では時間的区切りで行ない、試験頻度は 1 回/30 分であり、これは平均して 1 回/10 バッチに相当する。1 節で述べたように注入モルタルの品質変動の主たる要因は計量誤差および細骨材の表面水による配合比の変化にある点を考慮すると、バッチ間ないし時間的変動が最も大きいことは、たとえば表-13.4 の試験結果からも明白である。既往の施工例では、練りませばバッチミキサによるが、ミキサとアジテーターと併設したものないし複槽式ミキサとしたものが大分であって<sup>2)</sup>、注入は連続注入を原則とし、複数バッチ分のモルタルが混合するのが普通であって、このような場合には、群分けは時間的区切りによるのが適当であり、その大きさは練りませ時間の長短によるが、練りませ時間が 3～5 分程度では 30 分程度が適当と思われる。

流出時間の管理限界の設定の仕方が管理効果に著しい影響をおよぼすことは 2～3 節の検討結果より明らかであるが、これは注入モルタルの配合設計において標準とする流出時間とも関係があり必ずしも一定ではない。たとえば、新潟港西突堤嵩上げ工事では  $17 \pm 3$  sec、大船渡港津波防波堤工事では  $20 \pm 3$  sec が適当と考えられたが、従来の施工例<sup>1)</sup>によると、配合設計では  $18 \pm 2 \sim 20 \pm 2$  sec を標準とした例が大部分である。事前管理では (標準  $\pm 3$ ) sec が限度であることは先に述べた通りであり、従って、一般の工事では  $19 \pm 3$  sec 程度が最も適当な管理限界と思われる。

## 14 章 結 論

普通コンクリートの施工管理には既往の研究成果に基づいた実際的な方法が行なわれているが、プレバッキングドコンクリートの材料の適用方法および施工の作業工程は普通コンクリートのそれと著しく異なり、普通コンクリートの管理方法をプレバッキングドコンクリートの管理に用いることには多くの問題があった。すなわち、プレバッキングドコンクリートに適した管理方法を見出すためには、試験方法を標準化すると共に構造物母材強度と供試体強度の関係を解明して、品質の評価ならびに管理基準を明確にすることが前提条件であり、使用材料の品質や配合比

の変化等の要因とプレバッキングドコンクリートの品質との関係を明らかにすると共に施工現場におけるこれらの要因の変動状態を把握して、管理要因の選択、材料の品質と作業工程の標準化および管理限界の設定、等を計る必要があると思われる。本研究は上述の諸点を明らかにするために行なったもので、実験の結果および既往の施工例の調査結果より次のことが云い得るものと思われる。

(1) 普通コンクリートと施工方法の異なるプレバッキングドコンクリートの強度試験方法を定める場合に特に考慮しなければならない点は供試体の製作方法が強度におよぼす影響に限定することができるが、施工現場等で実際に用いられている製作方法はかなり多様でこれを標準的な方法に統一する必要がある。これらの方法は基本的には次の 5 種の方法に分類することができる。すなわち、(A) 特殊な型わくに粗骨材をつめ、水を満たした後、モルタルをポンプ注入する方法、(B) 鋼製型わくの中央に内径 12 mm 程度の注入管を建て、その周囲に粗骨材をつめ水を満たし、通水気孔を設けた上蓋を取り付け、適当な金具でこれを型わく側板と緊結した後、注入管の先端からモルタルを自重により流下注入し、上蓋の通水気孔より注入以前と同程度のモルタルが溢流するのを確かめ、注入管を除々に引上げ注入を終える方法：(C) 基本的には (B) と同じであるが上蓋を用いず、注入管を引抜いた後に押板で覆い、これに適当な重りを載せてモルタルの膨張を抑制する方法：(D) 型わくに表面乾燥飽水状態の粗骨材を 1～3 層に分けてつめ、各層ごとにモルタルを上方より流し込み、(C) と同様に重りを用いてモルタルの膨張を抑制する方法：(E) 型わくに粗骨材の空隙容積相当のモルタルを満たした後、これに表面乾燥飽水状態の粗骨材を突き棒で押込み、(C) と同様に重りを用いてモルタルの膨張を抑制する方法、等である。

これらの製作方法は同一の材料および配合に対してほぼ同等の強度を与えるが、(A) は供試体の製作のために特殊な型わくと注入設備を要して現場の作業性を欠き、(D) と (E) は施工方法との相似性が乏しく、いずれも標準方法としては不適當である。(B) と (C) は試験値の分散の程度、再現性、個人差、等の点でも同等な結果を与えるが、製作作業の単純性の点では (B) が優れていると判断され、従って標準方法としては (B) が適当と思われる。

(2) 普通コンクリートの品質表示にはその圧縮強度を用いるのが普通であるが、これは圧縮強度以外の諸性質が圧縮強度と密接な関係にあることによって正当化される。プレバッキングドコンクリートの圧縮強度  $\sigma_{pc}$ 、引張強度  $\sigma_{pt}$ 、曲げ強度  $\sigma_{pb}$ 、動弾性係数  $E_d$ 、等の諸強度の間にも普通コンクリートの場合とほぼ同等の相関関係が成立

し、実用的な範囲の強度ではこれを、たとえば、 $\sigma_{pc} = 0.0840\sigma_{pc} + 3.8(\text{kg/cm}^2)$  のような直線的な関係で表わし得ることが確かめられた。また、材令による強度変化率は配合によって多少変動するが、ほぼ一定の関係が認められ、たとえば、フライアッシュ混和率  $F/(C+F) = 20 \sim 30\%$  の場合の圧縮強度については、 $\sigma_7 : \sigma_{28} : \sigma_{91} : \sigma_{182} = 65 : 100 : 130 : 140$  程度である。これは混和材料を用いない普通コンクリートの圧縮強度変化率と比較して初期材令で小さく、長期材令で多少大きい、その差はフライアッシュ混和の影響を考慮することによって説明できる範囲内にある。従って、プレバッキングドコンクリートの品質を圧縮強度で評価することは適当であると思われる。

(3) 入念に施工された構造物より採取したプレバッキングドコンクリートコア ( $\phi 15 \times 30\text{cm}$ ) の圧縮強度の平均値  $\sigma_{AVG}$  とこれと同時に製作した標準供試体 ( $\phi 15 \times 30\text{cm}$ ) の圧縮強度の平均値  $\sigma_{ST}$  の比  $\sigma_{AVG}/\sigma_{ST}$  を 2, 3 の施工例について求めると、信頼度 95% の平均値は  $\sigma_{AVG}/\sigma_{ST} = 104 \sim 121\%$  であった。また、各種の配合と鉄筋比をもつ鉄筋プレバッキングドコンクリートばりの曲げ試験結果から曲げ圧縮強度  $\sigma_{cc}$  を推定しこれを  $\sigma_{ST}$  と比較した所、 $\sigma_{cc}/\sigma_{ST} = 104 \sim 232\%$  (平均 = 166%) であり、同じ条件で普通コンクリートについて試験した結果は  $89 \sim 172\%$  (平均 = 118%) であった。これらの結果はいずれも普通コンクリートの場合と同様に、標準供試体強度で構造物母材強度を評価することが安全側にあることを示している。従って入念に施工された部材におけるプレバッキングドコンクリートの平均圧縮強度ないし曲げ圧縮強度をこれと同時に製作した標準供試体の圧縮強度で評価してよいと思われる。

(4) 品質一定のモルタルを注入した場合でもプレバッキングドコンクリートの圧縮強度は打ち込み位置によって変化し、一般に表層では減少し、下層では増加する。これは主としてブリージングによるモルタルの注入後の品質変化に基くもので、効果的な事後注入等の表面処理によって相殺できる。しかし、施工条件によっては表面処理の困難な場合も多く、一般の場合にはモルタル自体の品質変動と共に上述のような注入後の品質変化を予め考慮する必要があり、これは打ち込み後の品質変化を考慮する必要のない普通コンクリートと著しく異なる点である。

試験的に品質一定のモルタルを注入したブロックより採取したコア強度および長柱状に打込んだプレバッキングドコンクリートの強度分布を調査した結果、表面処理を施さない場合の強度低下は打ち込み高さに関わりなく表層コンクリート (頂面より  $0 \sim 40\text{cm}$  程度) に限られることが

共通して認められ、表層コンクリートの強度  $\sigma$  と標準供試体強度  $\sigma_{ST}$  の比  $\sigma/\sigma_{ST}$  は平均して  $90 \sim 95\%$  程度であった。また、表面処理を施さない施工例の表層コア強度  $\sigma$  と  $\sigma_{ST}$  とを比較した結果は  $\sigma/\sigma_{ST} = 81 \sim 87$ , 平均  $84\%$  および  $67 \sim 102$ , 平均  $84\%$  であった。これらの調査結果によれば、モルタル注入後のプレバッキングドコンクリートの品質変化については、表層の圧縮強度が標準供試体強度の  $85\%$  程度まで減少するものとして配合設計等を行えば一般に安全側にあるものと思われる。

(5) 施工現場におけるプレバッキングドコンクリートの強度変動の直接的な要因は注入モルタルの品質変動であって、これは粗骨材が一定の場合はプレバッキングドコンクリートの強度が注入モルタルのそれにほぼ直線的に比例すること、(2) で述べたプレバッキングドコンクリートの材令による強度変化率が注入モルタルのそれに一致すること、粗骨材の粒度分布や空隙率が実用的な範囲では粒度分布や空隙率がプレバッキングドコンクリートの強度に影響しないこと、等によって実証される。注入モルタルの品質変動は使用材料の品質変化、計量誤差および細骨材の表面水による配合比の変化、練りませ条件の変化、等に起因するもので、品質とその変動要因の関係は普通コンクリートの場合と同様である。注入モルタルの品質変動がプレバッキングドコンクリートの強度におよぼす影響は当然工程管理の程度によって変化し、たとえば 16 件の施工例の調査結果によれば、28 日圧縮強度の変動係数は  $15\%$  以下 8 件、 $15 \sim 20\%$  の例 7 件、 $20\%$  以上 1 件であった。これらの例は普通コンクリートの品質管理状態の判定基準に従えば、それぞれ、良好、普通、不良の場合に相当し、注入モルタルの品質変動要因を管理することによってプレバッキングドコンクリートの品質を普通コンクリートと同程度に管理し得ることを示すものであり、従って、この種の品質変動に対する設計基準強度の割り増しは普通コンクリートの品質管理における同様の考え方によるのが適当と思われる。

一般の施工条件の下では、上述のような注入モルタルの品質変動に対してだけでなく、モルタル注入後の品質変化に対して設計基準強度の割り増しが必要なことは (4) で述べた所より明らかであり、この種の割り増しには品質変動の大小に関わりなく、 $1 \div 0.85 \div 1.18$  程度が必要で十分な値と思われる。従って、プレバッキングドコンクリートの圧縮強度について、普通コンクリートの場合と同等の許容限界を設けるものとするれば、その割り増し係数は上段で述べた考え方によって得られる値を更に  $1.18$  倍程度増大した値とすることが必要と思われる。

(6) プレバッキングドコンクリートの配合は粗骨材の空隙

率と注入モルタルの配合比、すなわち、水セメント比  $W/(C+F)$ 、フライアッシュ混和率  $F/(C+F)$ 、砂セメント比  $S/(C+F)$ 、減水剤率  $Ad/(C+F)$  および発泡剤率  $Al/(C+F)$  で表示できる。しかし、空隙率は与えられた粗骨材とその充填方法によってほぼ一定となり、減水剤率と発泡剤率もそれぞれの減水効果と膨張効果によってほぼ一義的に決まり、配合設計は主として  $W/(C+F)$ 、 $F/(C+F)$  および  $S/(C+F)$  の決定に帰着する。これらの配合比と注入モルタルの諸性質およびプレバッキングドコンクリートの強度との間には次のような関係が成立することが確かめられた。

i) 注入モルタルの流動性とブリージング率は  $W/(C+F)$  にはほぼ比例し、プレバッキングドコンクリートの圧縮強度は  $(C+F)/W$  に比例する。従来施工経験によると、注入モルタルの流動性はプレバッキングドコンクリート用斗による流出時間が 16~22sec となるような範囲で良好な結果が得られ、この範囲内では流出時間  $\pm 1$  sec の変化は  $W/(C+F) = \mp 0.5\%$  の変化に相当する。

ii) 注入モルタルの流動性を一定とする場合、良質のフライアッシュの混入は所要の水セメント比および単位水量を  $F/(C+F) = 10\%$  の増加について、それぞれ 1% および 10g/l 程度の割合で減少するが、ブリージング率および保水性はほぼ一定である。プレバッキングドコンクリートの圧縮強度は材令 1~4 週では  $F/(C+F) = 10\%$  の増加について 10% 程度減少するが、材令 13 週では  $F/(C+F) = 20\sim 30\%$  で最大となり、フライアッシュを混入しない配合の 110% 程度に達する。

iii) 注入モルタルの流動性を一定とする場合、所要の水セメント比は砂セメント比にはほぼ比例し、その割合は  $S/(C+F) = 0.1$  について  $W/(C+F) = 2\sim 3\%$  である。また、単位水量は  $S/(C+F) = 0$  のときに最大で  $S/(C+F) = 0\sim 1.0$  の範囲ではその増加に応じて減少し、 $S/(C+F) = 1.0\sim 2.0$  の範囲ではほぼ一定となり、 $S/(C+F) > 2.0$  では増加する傾向を示す。

従って、プレバッキングドコンクリートの配合設計では所要の強度と適当な流動性が得られる範囲内で、水セメント比を最小にすることが最も重要であり、フライアッシュ混和率は養生条件の十分な場合には長期強度の増進を考慮して定めるのが適当と思われる。水セメント比と単位水量を最小にするためには砂セメント比は  $S/(C+F) = 1.0\sim 2.0$  の範囲でできるだけ小さい値とし、フライアッシュ混和率を増加することも効果的な方法と思われる。

(7) 注入モルタルの流動性、ブリージング率、保水性

膨張率、強度等の諸性質は、使用材料の品質によってかなり変化する。しかし、一定の材料を用いる限りではその品質の変動は極めて少なく、たとえば、平均規模をかなり上廻る 2, 3 の施工例におけるセメントの品質の変動は最大の場合でも 2~3% に過ぎず、化学的性質の安定した他の材料の品質変動は更に少ないものと推定され、従ってこれが注入モルタルの品質におよぼす影響は一般に無視し得る程度と思われる。

減水剤として界面活性作用を主とするセメント分散剤 4 種 (非イオン系、陽イオン系、陰イオン系、両性イオン系界面活性剤各 1 種) と AE 剤 2 種を選びこれが注入モルタルの諸性質におよぼす影響を試験した。この結果減水剤の影響の仕方と程度は一般にセメントやフライアッシュの種類、モルタルの配合と材令、減水剤の種類と使用量 (減水剤率)、等によってかなり変化し、安定した効果を有するものは陰イオン系の P 剤のみで、また安定した効果をもつためには明瞭な減水効果が必要と認められた。供試減水剤はいずれも普通コンクリートには広く用いられている代表的な市販品である。従って、注入モルタルに使用する減水剤は施工に用いる材料と配合で試験してその効果を確認することが重要である。

一般に膨張効果をもつと考えられている鱗片状アルミニウム粉末の膨張効果はその品質によって変化し、粉末度が粗く油脂分の少ないものは効果が劣り、また、成分の不明のものには効果の劣るものが含まれている場合もあるが、その使用量の増加により他と同等の効果を挙げることができる。従ってアルミニウム粉末の使用量はモルタルの膨張率が 5~10% となるように試験して定めるのが重要で、安定した膨張効果を期待するためのアルミニウム粉末の品質規準としては、純度は 99% 以上、油脂分含有量は 2% 程度、粉末度は有効径が  $15\mu$  以下もしくは粒径  $30\mu$  以下のものが 80% 以上とするのが適当である。

注入モルタルの流動性は細骨材の粗粒率にはほぼ比例し、粗粒率が同等であれば粒度分布は流動性にほとんど影響しないが、この関係の成立する粒度範囲には限界がある。すなわち、2.5mm 以上の粗粒を含む砂はその沈殿分離が著しく、一方、0.15mm 以下の細粒を多量に含む砂は所要の水セメント比が増加し、いずれも注入モルタルには不適当である。従って、従来一般に用いられている砂の粒度範囲、すなわち、2.5mm ふるいを 100% 通過し、0.15mm ふるいに 70% 以上留まり、粗粒率は 1.4~2.2 程度とする範囲、は適当と思われる。粗粒率の変化による流動性の変化を水セメント比の増減によって調整するには粗粒率  $\pm 0.1$  の変化に対し  $W/(C+F) = \mp 1\%$  程度の要

化が必要である。入念にふるい分けした砂を用いた現場の粒度変化は比較的少なく、たとえば新潟港西突堤嵩上げ工事では、粗粒率の平均=1.81%, 標準偏差=0.054, 変動係数=3.0% であって、この砂の管理に $2\sigma$  限界を用いるものとする、 $2\sigma C.L.=1.81\pm 0.11$  である。粗粒率の変化が注入モルタルの品質におよぼす影響と現場における変動状態を考慮すると、その規格限界としては(平均 $\pm 0.1$ ) 程度が適当と思われる。

(8) 港湾工事現場に一般的な自動計量装置を備えたプラントの調査結果より推定すると、重量計量の場合の誤差は1回計量分量の2.5%以内で、これに基づく配合比の変化は表面水の補正が正確であると原配合比の5%以内である。計量が正確であっても表面水の補正が不正確であれば水セメント比および砂セメント比は不正確の程度に応じて変化し、たとえば原配合比が $W/(C+F)=50\%$ ,  $S/(C+F)=1.50$  の場合には、 $\Delta\{W/(C+F)\}=7\%$  程度以内の変化が起り得るものと推定される。海上作業などで、砂と水を容積計量する場合の誤差は砂の表面水の子測と計量容器の定め方等でも変化するが、その影響は主として水セメント比の変化として表われ、 $\Delta\{W/(C+F)\}=7\%$  程度以内の変化が起り得ると思われる。従って、計量装置の整備や細骨材の表面水の分布の均一化およびその正確な補正等を計ると共に注入モルタルを事前管理する必要がある。

(9) 練りませ温度および時間は注入モルタルの品質にかなり影響し、その程度はミキサの構造、練りませ容量モルタルの配合、等によって変化する。従って均一な品質のモルタルを効果的に得るには、ミキサの構造や練りませ方法等の検討が必要である。

練りませ温度の上昇に伴って注入モルタルの流動性は減少し、アルミニウム粉末は過早に反応して膨張効果を失う。減水剤としてのポゾリスは流動性や膨張率の変動の減少に効果的である。また、アルミニウム粉末の適正な膨張効果を期待するためには練りませ温度と施工個所の水温の差を考慮してその使用量を定める必要がある。

過大とならない範囲の高速練りませは所要水セメント比の減少と練りませ時間の短縮に効果的であるが、長時間練りませは温度上昇を伴って有害であり、ゆるやかな攪拌に移れる構造とするか、適当なアジテータを併設することが必要である。また、攪拌翼が混合槽中心で回転する構造のミキサではモルタルが同心運動して高速練りませの効果を期待し難く、容積効率も減少するが、攪拌翼を偏心させることにより上下の対流運動が導入され、ミキサの練りませ性能も向上する。本実験では偏心

量30%程度で十分な効果が認められた。

(10) 注入速度が過大の場合にはモルタルの自由界面(粗骨材中に注入したモルタルが水と接触する境界面)が著しく凸状となり、粗骨材を局部的に押し上げて打ち上り面を不整にするだけでなく、自由界面付近でモルタルが稀釈し、また隣り合った凸状部の間に注入不完全部分を形成する原因となる。適正な注入速度は自由界面がほぼ水平な形を保って上昇する範囲内で最大となる条件によって決まるが、自由界面の形状はモルタルの流動性、粗骨材の有効径と空隙率、注入面積、注入後の経過時間等によって変化し、一般的な条件に対してこれを定めることは困難である。実験結果によれば、たとえば、注入管一本当りの注入面積が $4m^2$  以下で、モルタルの流出時間が20sec 程度、粗骨材の有効径が24.3mmで空隙率が43%程度(20~30mmの粗骨材をショベルで投入した場合に相当) の場合には $17/min=1m^3/hr$  以下が適当と思われる。

自由界面より上の部分ではプレバックドコンクリートの品質は上述のように注入速度により著しく変化するが、自由界面下の部分では注入速度や圧力はほとんど影響をおよぼさず、打ち上り面付近における強度の減少は(4)で述べたように主としてブリージングの影響によるものと思われる。

(11) モルタルの完全注入を期待するためには、粗骨材の最小寸法を定め、この寸法以下の粒子について適当な管理限界を設けてこれを管理する必要がある、また、てん充粗骨材の空隙率をモルタルの注入実績などから管理することはモルタル注入状態の間接的管理方法として有効である。

従来より粗骨材の最小寸法を、たとえば15mmと定めてこれ以下の細粒を除去することは一般に行なわれているが、実際には細粒がある程度混入するのは避け難く、これがある限界を越えると注入不完全が生ずるものようである。新潟港西突堤嵩上げ工事の際の調査によると、15mm以下の細粒が断続的に表われる場合にはこれが5~6%程度であっても異常は認められないが、4~5%の値が連続して表われた時点で注入不完全が生じ、これが特定の個所に集中せぬように管理する必要が認められた。この結果より最小寸法を15mmとしたときの最小寸法以下の許容量および5個の移動平均の $2\sigma$  限界を推定すると、それぞれ5%および3%程度の適当と思われる。

一定の容器を用いて試験した粗骨材の空隙率は粒径、粒度およびてん充方法の要因のそれぞれについて、絶対値で6~7%、3~4%および3~5%程度変化するが、産地および産出状態の一定な粗骨材を用いる限りでは空

隙率の変動範囲はその絶対値で3～6%程度と推定される。また変動範囲がこの程度の場合には空隙率はプレバッキングドコンクリートの強度にほとんど影響しない。モルタルの注入実績より推定した空隙率は一定の容器を用いて試験した値より1～3%程度大きいのが普通であるが、その変動範囲は両者ほぼ同等である。従って、両者の変動状態を管理することにより、モルタルの漏出や注入不完全等の異常の検出が可能となる。

(2) 施工が入念な場合でも(7)～(9)で述べたような要因によって注入モルタルの品質が変動するのは避け難く、これは必然的にプレバッキングドコンクリートの品質変動をもたらす。従って、注入モルタルの品質をその注入以前に管理することはプレバッキングドコンクリートの品質を事前に管理する機能をもつ。この管理試験のための特性値はモルタルの品質変動の要因に対して適度の識別性を持ち、容易にかつ短時間で測定でき、更に再現性に富む統計量でなければならない。このような観点から特性値として流出時間を選び、その管理効果を2, 3の施工例について調査した結果、材料の品質や工程作業等についても入念に管理する場合にはプレバッキングドコンクリートの圧縮強度の変動係数は15%以内に留まり、流出時間のみを管理する場合でもこれが20%以下に減少し、十分な管理効果をもつことが実証された。これは流出時間の管理によって、保水性、ブリージング率、膨張率、等の変動が著しく減少し、品質の均一性が向上するためと思われる。

注入モルタルの事前管理を行ない、その管理効果を十分に挙げるためには、モルタル試料採取は定時間々隔、たとえば30minごとによるのがよく、管理限界としては、 $19 \pm 3 \text{ sec}$ 程度が適当であって、これを更に厳しくすることは必ずしも管理効果の増加を伴わない。また、管理限界を越えて変動する場合に備えて、材料の計量重量の増加ないし減少等の処置を予め定め、変動に対して迅速に應ずることも必要と思われる。

以上のごとく、本研究は港湾工事におけるプレバッキングドコンクリートの施工管理上問題となる諸点について検討し、その効果的な管理の一方法として注入モルタルの品質を流出時間を特性値として事前管理することを提案したものであるが、今後に残された問題も多く、たとえば、水中における打継目の施工とその管理方法は最も重要な問題の一つであり、プレバッキングドコンクリート構造物の施工と関連して更に研究を続けるべきものと思われる。

## 摘 要

本文は港湾工事にプレバッキングドコンクリートを用いる

場合その施工管理上問題となる諸点、すなわち、品質評価の基準、配合設計の条件、品質変動の要因とその管理限界、事前管理の方法、等について基礎的な試験および調査を行なって研究し、

(1) プレバッキングドコンクリートの施工方法は普通コンクリートのそれとは著しく相違するが、圧縮強度と他の諸性質との間および標準供試体強度と構造物母材強度との間には普通コンクリートについて認められているとはほぼ同等の関係が成立し、従って、実際の施工方法と類似した方法で製作した標準供試体の圧縮強度で構造物母材の品質を評価するのは適当と思われること。

(2) プレバッキングドコンクリートの強度の変動は主として注入モルタルの品質変化によるものであって、これに対して普通コンクリートと同等の許容限界を適用するためには、その変動の程度と構造物の重要性に応じて普通コンクリートに対するものよりも多少大きな値の係数を用いて設計基準強度を割り増すのが適当と思われること。

(3) プレバッキングドコンクリートの配合設計では、所要の強度および注入に適した流動性が得られる範囲内で、水セメント比および単位水量が最小になるようにフライアッシュに混和率および砂セメント比を定めることが最も基本的条件であること。

(4) 注入モルタルに用いる混和剤の減水効果と膨張効果はその品質と使用方法によってかなり相違し、所期の効果を挙げるためにはこれらの点について予め検討する必要が認められること。

(5) 材料の品質、計量誤差、練りませ方法等はそれぞれの条件で注入モルタルの品質にかなりの影響をおよぼし、均一な品質のモルタルを経済的に得るためにはこれらの要因について適当な品質ないし工程標準を設けて管理する必要があること。

(6) モルタルの注入速度はプレバッキングドコンクリートの品質および施工条件にかなりの影響をおよぼすので、施工条件に応じてこれを慎重に定める必要があると思われること。

(7) モルタルの注入を完全にするためには、粗骨材の最小寸法を定め、これ以下の細粒について適当な限界を設けて管理する必要があるが、また、てん充粗骨材の空隙率をモルタルの注入実績などから管理することはモルタルの注入状態の管理方法として有効と思われること。

(8) 流出時間を特性値として注入モルタルの品質をその注入以前に管理することはプレバッキングドコンクリートの品質の事前管理として効果的であること。等、を述べたものである。



## 引用文献

- 1) 赤塚雄三, 佐藤善一, “プレバックドコンクリート施工例集”, 土木学会コンクリートライブラリー, No. 13, 1965年3月
- 2) 赤塚雄三 “プレバックドコンクリートの適用が港湾構造物の設計ならびに施工におよぼす影響”, 土木技術, Vol. 20, No. 2, p. 35~44, 1965年2月
- 3) 赤塚雄三 “プレバックドコンクリート工法に関する資料調査報告(第一報)”, 港湾技研資料, No. 3, p. 33~53, 1963年6月
- 4) 赤塚雄三, 佐藤善一 “プレバックドコンクリート工法に関する資料調査報告(第二報)”, 港湾技研資料, No. 6, p. 1~75, 1964年3月
- 5) 樋口芳朗 “プレバックドコンクリートについての調査と考察”, 鉄道技術研究所速報, No. 63~331, p. 1~36, 1963年12月
- 6) 板倉忠三, 菅原忠雄, 館谷清, 和田輝義 “イントルージョンプレバクト工法に関する基礎研究”, セメント技術年報, 7巻, P. 316~320, 1953年
- 7) 永倉 正 “プレバックドコンクリート予備実験, アルミニウム粉末のセメント, モルタル, コンクリートに与える影響について”, 電力技術研究所々報, 4巻1号, P. 1~18, 1954年3月
- 8) 樋口芳朗 “セメント注入用混和材料としての各種アルミニウム粉末の比較試験”, 鉄道技術研究所速報, No. 58~242, P. 1~30, 1958年10月
- 9) 岡部 保, 赤塚雄三 “注入モルタルの配合の変化が流動性におよぼす影響に関する研究”, 運輸技研究所報告, 9巻7号, P. 9~25, 1959年8月
- 10) 木庭宏美, 有吉保憲 “プレバックドコンクリート工法における粗骨材空隙中のモルタルの流動と粗骨材の粒径について”, 運輸技術研究所報告, 11巻5号, P. 15~26, 1961年5月
- 11) 木庭宏美, 善 一章, 赤塚雄三 “プレバックドコンクリート用注入モルタルの性質に関する港湾建設局共同研究”, 運輸省港湾局調査設計室, P. 1~67, 1961年12月
- 12) 樋口芳朗 “微細な空隙を充填のためのセメント注入における混和材料の研究”, 土木学会論文集, No. 81 P. 27~50, 1962年5月
- 13) 赤塚雄三 “注入モルタルの試験方法に関する研究”, 港湾技術研究所報告, 2巻1号, P. 21~65, 1963年6月
- 14) 赤塚雄三, 有吉保憲 “プレバックドコンクリートの圧縮強度試験供試体製作方法に関する研究”, 港湾技術研究所報告, 2巻1号, P. 1~19, 1963年6月
- 15) 岩崎訓明 “プレバックドコンクリートの施工方法に関する基礎的研究”, 土木学会論文集, No. 98, P. 26~40, 1963年10月
- 16) 赤塚雄三, 森口 拓 “鉄筋プレバックドコンクリートはりの強度について(第一報)”, 土木学会第19回年次学術講演会, 1964年5月
- 17) 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, 3巻6号, P. 1~186, 1964年11月
- 18) 赤塚雄三, 森口 拓 “鉄筋プレバックドコンクリートはりの強度について(第二報)”, 港湾技術研究所第2回研究発表会, 1964年12月
- 19) 赤塚雄三, 森口 拓 “鉄筋プレバックドコンクリートはりの強度について(第三報)”, 土木学会第20回年次学術講演会, 1965年5月
- 20) “General Specification for Prepacked Concrete”, Intrusion Prepacked, INC., 1955
- 21) 樋口芳朗, 杉山道行 “プレバックドコンクリートについての実験”, 鉄道技術研究所速報, No. 65~13, P. 1~19, 1965年1月
- 22) Price, W. H., “Factors Influencing Concrete Strength”, Proc. ACI, Vol. 47, pp. 417~432, Feb. 1951
- 23) “Boulder Canyon Project, Final Report Part III, Cement and Concrete Investigation, Bull. 4, Mass Concrete Investigation, Bureau of Reclamation, U. S. Dept. of Interior, 1949
- 24) ASTM Standard C42-64, “Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete”
- 25) Concrete Manual, 6th Ed., U. S. Bureau of Reclamation, Denver, Colo., pp. 460~463, 1955
- 26) 日本セメント技術協会コンクリート委員会 “コンクリート強度におよぼす成形養生条件の影響”, セメントコンクリート, No. 216, p. 2~9, 1965年2月
- 27) Investigation of the Suitability of Prepacked Concrete for Mass Concrete Structure”, Corps of Engineers, U. S. Army, Technical Memorandum No. 6-330, Aug. 1954
- 28) 北川義男, 他5名 “圧入コンクリートについて”, 鹿島建設技術研究所年報, 12号, p. 129~144, 1963年
- 29) 永倉 正 “プレバックドコンクリートに関する実験報告(第2報)”, 電力技術研究所報告, 土木 56062, p. 1~63, 1956年12月
- 30) Troxell, H., Harmer E. Davis, J. W. Kelly, “Composition and Properties of Concrete”, McGraw

Hill Book Co., 1956 Ed., p. 187~188.

- 31) ACI-ASCE Committee 327, "Ultimate Strength Design", Proc. ACI, Vol. 52, pp. 504~524, Jan, 1956
- 32) Whitney, C. S., "Plastic Theory of Reinforced Concrete Design", Proc. ASCE, Vol. 66, No. 10, Dec. 1940
- 33) 赤塚雄三 "プレバックドコンクリート", 日本セメント技術協会コンクリートパンフレット, No. 75, p. 60~61, 1964年8月
- 34) 福田乙二, 北川義男, 木村敬三 "放射線遮へい用高密度プレバックドコンクリートの研究", 日本ACI第2回研究発表会論文集, p. 51~56, 1965年2月
- 35) 丸安隆和 "コンクリートの品質管理", 土木学会改訂コンクリート標準示方書講習会テキスト, p. 1~31

1956年11月

- 36) 土木学会 "コンクリート標準示方書", 1958年制定
- 37) 国分正胤, 河原友純, 太斎宗一 "各種フライアッシュの共通試験報告", 土木学会論文集, No. 68, 別冊1-1, p. 1~31, 1960年5月
- 38) 国分正胤, 三村通精, 上野 勇, 細谷浩正 "ペーストによるフライアッシュの使用に関する研究", 土木学会論文集, No. 71, 別冊4~3, p. 45~55, 1960年12月
- 39) Kozeny, J., "Die Wasserbewegung", Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Heft, 22, 1927
- 40) Sheargold, F. A., "The Percentage Voids in Compacted Gravel as a Measure of its Angularity" Magazine of Concrete Research, No.13, pp. 3-10, Aug. 1953

# 付 表

付表一 プレバックドコンクリート供試体の製作方法がその圧縮強度におよぼす影響(4)

(鹿島建設技術研究所業務資料 No. C201, 1965年2月)

C : F : S	W/(C+F) (%)	Al(C+F) (%)	流出時間 (sec)	※ 製 作 方 法	7日圧縮強度 ※※		28日圧縮強度 ※※	
					平均 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動係数(%)	平均 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動係数(%)
1 : 0.4 : 1.4	48	0.015	18.9	A	138	3.3	248	4.8
				B	147	6.9	251	4.8
				D	147	4.8	238	9.5
				F	145	6.3	242	6.5
1 : 0.4 : 2.1	57	0.020	19.1	A	98	7.3	170	8.5
				B	102	3.2	170	8.2
				D	101	4.6	177	5.4
				F	103	7.8	193	5.4
1 : 0.4 : 2.8	66	0.040	18.9	A	60	5.3	112	4.7
				B	67	11.6	121	4.7
				D	65	5.5	125	3.0
				F	66	3.6	127	7.3

材料：A社普通セメント，A社フライアッシュ，利根川産砂（比重=2.61，FM=1.57）N金属社Al粉末No.300，ポゾリス No.5 (C+F×0.5%)，桂川産砂利（比重=7.00，空隙率=41.1%）

※：製作方法の記号は本文表-2.1 参照

※※：φ15×30cm供試体3個について試験値

付表-3 付表-4~6の試験に用いたプレバック

(A) プレバックドコンクリート

配合番号	注 入 モ ル タ ル の 配 合 (%)				
	F/(C+F)	S/(C+F)	W/(C+F)	Poz. 8/(C+F)	Al/(C+F)
I	25	100	44	0.015	0.25
II	25	100	49	0.015	0.25
III	0	100	46	0.015	0.25
IV	30	100	45	0.015	0.25

(B)

配合番号	粗骨材の最大寸 法 (mm)	ス ラ ン プ (cm)	空 気 量 (kg)	単 位 水 量 W (kg)	単 位 セ メ ン ト 量 ※ C (kg)
I	25	11.2	3.0	140	320
II	25	14.1	—	161	278
III	25	14.6	—	177	227

※：フライアッシュを含んだ値：F/(C+F)=25%

材料：O社普通セメント，U社フライアッシュ，ポゾリス No.8，F金属社，Al粉末，AA12

神奈川県鶴沼海岸砂（普通コンクリートには5mmふるい100%通過のもの，注入モルタルには2.5mmふる

\* 酒川砂利（普通コンクリートには5~25mmのもの，プレバックドコンクリートには15~25mm

付表—2 プレバクドコンクリート供試体の製作方法がその圧縮強度におよぼす影響（5）  
（樋口、杉山両氏の試験結果、参考文献—21）

W/(C+F) (%)	材 令 (口)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ15×36cm供試体3個の平均値)						備 考	
		※ 製作方法 C	製作方法—D			製作方法—F			
			2 ※※ 層	3 層	1 層	2 層	3 層		
53	7	—	—	95	—	113	—	C社フライアッシュ	
	28	160	—	192	—	178	—		
44	7	109	—	101	112	156	148		
	28	218	—	196	185	251	279		
50	7	77	71	—	81	91	—	T 電 力 社 フライアッシュ	
	28	181	170	—	180	195	—		
47	7	93	94	—	96	98	—		
	28	194	190	—	196	204	—		
44	7	116	118	—	119	118	—		
	28	206	200	—	238	233	—		

材料：N社普通セメント、ポゾリス No.8、Y金属社 Al粉末、P—250、混合砂（相模川産：荒川産=1：1、FM=1.87）

※：製作方法の記号は本文表—2.1 参照

※※：1～3層は粗骨材およびモルタル注入を1～3層に分けて行なったことを示す。

ドコンクリートおよび普通コンクリートの配合

流出時間 (sec)	保水性 (%)	膨張率 (%)	粗骨材		
			最小寸法(mm)	粗粒率	空隙率
21.5	70.4	7.7	15	7.5	37.7
14.0	61.1	4.7	15	7.5	37.7
19.9	—	—	15	7.5	37.7
20.1	—	—	15	7.5	37.7

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/(S+G) (%)	単位細骨材量 S (kg)	単位粗骨材量G (kg)		単位AE剂量 (g)
			25~15(mm)	15~5(mm)	
43.8	34.6	686	615	615	800
58.0	39.0	725	610	610	700
78.0	42.0	782	579	579	568

い100%通過のものを使用)  
のものを使用)

付表-4 注入モルタルおよびプレパッドコンクリート

配合番号	材令(日)	圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )									
		モ ル タ ル			コ ン ク リ ー						
		φ 5×10cm	φ 10×20cm	4×4×16cm	φ 10×20cm	φ 15×30cm					
I	7	137 180 191	149	—	—	—	143 143 151	146			
	14	263 232 258	251	—	—	—	167 183 165	172			
	28	317 318 320	318	—	—	—	204 234 —	219			
II	7	148 138 112	133	—	213 220 182 181 201 201	200	—	110 121 122	118		
	14	218 207 217	214	—	282 302 268 277 266 266	277	—	144 162 157	154		
	28	202 188 216	202	—	234 224 255 272 293 305	264	—	223 227 214	221		
III	7	151 144 140	145	—	279 320 289 295 315 303	300	161 164 152	159	169 159 168	165	
	14	277 244 190	237	—	368 346 346 330 344 378	352	189 208 182	193	175 204 202	194	
	28	327 217 295	280	392 400 369	387	399 357 377 293 364 —	358	246 240 250	245	241 222 228	237
	91	415 315 325	352	379 420 372	390	389 375 463 330 366 366	382	292 255 263	270	251 238 —	245
IV	7	106 133 117	119	—	164 181 191 153 173 164	171	71 72 64	69	88 86 87	87	
	14	123 133 120	125	—	229 132 256 232 152 206	202	96 84 84	88	97 102 97	99	
	28	210 194 211	205	129 110 125	121	301 280 318 264 279 256	283	133 126 122 132	128	120 116 129 123	122
	91	227 260 305	264	187 219 182	196	420 363 373 408 383 417	397	185 187 184	185	174 183 193	183

注) 配合及び使用材料は付表-3 参照

の強度試験結果 (21±1°C, 水中養生の場合)

ト	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		動弾性係数 ×10 <sup>6</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )						
	モルタル	コンクリート	モルタル	コンクリート	コンクリート						
15×15×53cm	4×4×16cm	15×15×53cm	φ5×10cm	φ15×30cm	φ15×30cm						
157 175 175 157 174 167	168	—	22.2 20.7 23.1	22.2	21.4 25.3 18.6	21.8	13.3 17.2 14.6	15.0	—		
169 201 215 199 215 149	191	—	26.7 24.7 26.1	25.8	20.2 26.3 26.2	24.2	17.3 17.1 16.6	17.0	—		
258 273 265 265 291 266	270	—	29.9 32.0 31.5	31.1	27.3 27.7 29.4	28.1	20.8 19.1 18.1	19.3	—		
—	—	50.1 44.0 48.4	47.5	21.7 20.1 19.9	20.6	20.8 19.5 20.3	20.2	12.6 12.1 13.7	12.8	—	
— 209 207 215 216 205	210	59.7 54.5 59.0	57.7	27.8 24.4 24.0	25.4	22.2 23.5 21.2	22.3	16.3 18.2 17.6	174	—	
283 269 251 271 265 286	271	61.8 64.1 65.5	63.8	30.3 29.3 30.5	30.0	35.3 24.9 24.9	28.4	20.2 19.9 21.0	204	—	
208 240 232 239 209 247	229	55.2 64.8 61.8	60.6	27.6 30.8 27.6	28.7	—	—	—	—	—	
293 297 284 296 296 290	293	63.2 59.4 64.1	62.2	29.3 29.5 27.1	28.6	—	—	—	—	—	
272 301 218 300 299 —	278	67.9 65.1 63.6	65.5	29.5 29.6 30.0	29.7	—	—	25.5 — —	25.5	3.76 3.74 3.81	3.77
305 353 371 — 371 —	350	74.6 60.8 69.3	68.2	47.4 34.4 —	40.9	—	—	—	—	3.95 3.95 —	3.95
132 131 128 128 134 128	130	44.9 44.5 42.6	44.0	16.4 16.4 16.4	16.4	—	—	—	—	—	—
164 172 159 169 171 170	168	52.2 48.0 50.3	50.2	20.6 16.6 19.9	19.0	—	—	—	—	—	—
211 210 221 202 220 213	213	52.7 56.4 57.6	55.6	24.1 23.1 22.0 21.2	22.6	—	—	14.8 16.2 15.2	15.4	3.20 3.20 —	3.20
233 226 278 290 257 306	265	65.3 64.4 64.4	64.7	27.4 29.3 32.3	29.7	—	—	—	—	3.61 3.58 3.69	3.63

付表一5 注入モルタルおよびプレバクドコンクリート

配合番号	養生条件	材令(日)	圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )							
			モ ル タ ル			コ ン ク リ ー				
			φ 5×10cm	φ 10×20cm	4×4×16cm	φ 10×20cm	φ 15×30cm			
I	20±1°C	14	164 138 160	154	—	278 254 276 272 230 215	254	—	135 134 142	137
	80±5% R. H.	28	166 151 186	168	—	273 303 293 276 285 277	285	—	166 165 165	165
I	実験室に放置	7	102 150 156	136	—	—	—	—	99 110 107	116
		14	192 183 200	192	—	—	—	—	148 148 151	149
		28	177 158 139	158	—	—	—	—	170 168 154	164
II	23±1°C	7	133 160 155	149	—	232 237 231 235 243 218	233	—	121 120 118	120
	100% R. H.	14	236 207 234	226	—	325 264 308 311 260 286	292	—	148 148 150	149
	噴霧養生	28	314 261 273	283	—	— 366 304 324 353 357	341	—	200 188 208	199
II	20±1°C	7	142 147 142	144	—	144 128 156 147 138 129	140	—	118 112 115	115
	80±5% R. H.	14	155 171 147	158	—	201 205 199 204 201 193	201	—	161 162 149	157
		28	214 213 210	212	—	225 195 183 188 145 146	180	—	216 — 186	201
II	実験室に放置	7	55 — 58	57	—	155 139 116 140 117 128	133	—	90 106 103	100
		14	86 96 71	84	—	174 — 257 169 179 176	171	—	117 98 137	117
		28	169 138 —	154	—	214 204 197 211 224 196	208	—	114 124 169	136
III	20±1°C	28	—	—	—	—	298	265 305 294 325	266 282 241 259	262
IV	80±5% R. H.	28	—	—	—	—	130	137 145 108	137 128 113	126

注) 配合及び使用材料は付表一3 参照



の強度試験結果（養生条件を変えた場合）

ト	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		動弾性係数 ×10 <sup>6</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )					
	モルタル	コンクリート	モルタル	コンクリート	コンクリート					
15×15×53cm	4×4×16cm	15×15×53cm	φ5×10cm	φ15×30cm	φ15×30cm					
—	51.7 52.7 48.0	50.8	—	13.6 11.9 16.0	13.8	14.7 15.6 14.9	15.1	—		
255 245 218 235 227 238	236	71.1 62.7 70.2	68.0	17.6 20.7 19.1	19.1	17.2 15.4 20.5	17.7	17.5 19.3 22.3	19.7	—
142 123 108 117 120 88	116	—	17.3 14.4 15.7	15.8	12.5 11.4 14.5	12.8	12.3 12.3 11.0	11.9	—	
153 169 138 153 168 153	156	—	16.9 17.6 16.9	17.1	20.0 19.0 18.5	19.2	14.4 14.4 16.5	15.1	—	
180 226 213 — 230 208	211	—	19.1 18.4 19.7	19.1	25.8 22.6 20.6	23.0	13.2 13.2 16.2	14.2	—	
154 160 156 159 155 154	156	36.3 30.0 30.7	32.3	17.9 22.4 20.1	20.1	23.4 19.6 21.8	21.6	13.3 14.7 13.3	13.8	—
206 199 195 — 202 212	203	53.6 52.7 52.4	52.9	19.7 20.2 24.4	21.4	19.3 17.5 —	18.4	16.4 18.0 18.5	17.6	—
267 252 264 272 285 270	268	59.7 64.8 54.3	59.6	25.2 21.0 22.2	22.8	27.5 35.1 31.2	31.3	18.4 19.7 22.5	20.2	—
169 147 158 156 166 151	158	31.1 34.4 77.6	31.0	17.6 18.7 18.0	18.1	15.8 14.8 12.2	14.3	14.2 14.4 14.1	14.2	—
200 199 204 189 191 198	197	41.0 40.0 41.4	40.8	22.2 22.3 19.3	21.3	20.6 19.6 19.0	19.7	15.7 19.8 16.0	17.2	—
230 264 252 249 244 264	251	49.6 49.1 47.3	48.7	28.8 28.7 30.1	29.2	24.8 25.2 24.2	24.7	24.4 24.1 17.3	21.9	—
131 140 140 141 130 140	137	8.4 8.4 11.0	9.3	15.1 15.8 15.8	15.6	11.2 12.7 12.7	12.2	12.5 13.1 13.6	13.1	—
187 186 162 139 179 169	170	30.0 33.2 22.2	28.5	16.2 16.2 16.2	16.2	17.7 18.9 20.0	18.9	14.8 11.8 11.8	12.8	—
248 250 264 229 228 194	236	51.5 49.1 42.6	47.7	17.5 23.4 21.4	20.8	21.0 21.2 17.7	20.0	18.0 15.1 —	16.6	—
315 315 331 347 321 337	328	—	—	26.1 29.3 31.3 28.5	28.8	—	—	29.3 27.5 30.1 25.6	28.1	3.47 3.55 3.50 3.70
224 221 232 222 222 223	224	—	—	20.1 22.9 18.9	20.6	—	—	14.2 17.9 15.8	16.0	3.03 3.04 3.05

付表—6 普通コンクリートの強度試験結果

配合番号	養生条件	材令(日)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			曲げ強度(kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	動弾性係数 ×10 <sup>4</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )			
			φ 10×20cm	φ 15×30cm	15×15×53cm						
II	20±1°C 水中養生	7	124 137 145	133 158 139	143	175 177 171 165 171 169 170	24.1 24.7 22.9	23.9	—		
		14	173 172 176	189 186 193	189	283 252 286 245 259 262 238	33.3 30.5 31.7	31.8	—		
		28	245 224 186	226 229 246	234	297 298 305 296 292 281 273	37.0 37.3 34.9	36.4	23.8 21.2 22.2	3.25 3.22 3.24	
	III	20±1°C 水中養生	7	88 77 85	92 84 91	89	103 102 101 117 107 106 111	—	—	—	
			14	110 107 105	120 109 125	118	128 134 131 129 131 135 128	—	—	20.2 19.6 20.0	—
			28	247 274 219 225	276 298 262 307	285	270 216 206 328 265 243 327	30.8 26.8 34.3	30.6	24.0 26.6 29.2	3.14 3.21 3.16 3.15
III	R. H.	28	169 183 —	182 172 —	177	188 183 188 183	—	—	19.6 22.9 —	2.42 2.46 —	

注) 配合および使用材料は付表—3 参照

付表-7 付表-8, 9の試験に用いたモルタルの配合と使用材料

配合番号	注 入 モ ル タ ル の 配 合 比 (%)					流 出 時 間 (sec)
	F/(C+F)	S/(C+F)	W/(C+F)	Poz. 8(C+F)	Al/(C+F)	
F - 1	0	100	44.0	0.25	0.01	16.0
F - 2	20	100	44.0	0.25	0.01	15.9
F - 3	40	100	44.0	0.25	0.01	14.0
F - 4	20	100	43.5	0.25	0.01	16.3
F - 5	40	100	42.5	0.25	0.01	16.6
DA-1	20	100	48.5	0	0.01	15.6
DA-2	20	100	45.5	0.125	0.01	16.7
DA-3	20	100	43.5	0.250	0.01	15.8
DA-4	20	100	42.0	0.375	0.01	16.5
DA-5	20	200	65.0	0	0.01	16.4
DA-6	20	200	63.5	0.125	0.01	16.6
DA-7	20	200	61.5	0.250	0.01	16.6
DA-8	20	200	61.5	0.375	0.01	15.6
W - 1	20	100	49.5	0.25	0.01	11.0
W - 2	20	100	47.5	0.25	0.01	11.7
W - 3	20	100	45.5	0.25	0.01	14.2
W - 4	20	100	43.5	0.25	0.01	16.2
W - 5	20	100	41.5	0.25	0.01	20.9
W - 6	20	100	39.5	0.25	0.01	22.5
S - 1	20	50	38.3	0.25	0.01	16.4
S - 2	20	100	42.8	0.25	0.01	16.4
S - 3	20	150	52.6	0.25	0.01	16.0
S - 4	20	200	63.8	0.25	0.01	16.4
Al - 1	20	100	40.5	0.25	0	16.5
Al - 2	20	100	40.5	0.25	0.01	18.9
Al - 3	20	100	40.5	0.25	0.02	17.8

材料：O社普通セメント，N社フライアッシュ，ポゾリス No. 8，F金属社，Al粉末，AA12

神奈川県沼海岸砂（比重=2.64，FM=1.73），神奈川県酒匂川砂利（比重=2.78，FM=7.67，空隙率=37.4%，40~15mm）

付表-8 注入モルタルおよびプレパックス

配合番号	注 入 モ ル タ ル (4×4×16cm)						
	曲 げ 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
	28 日	91 日	182 日	28 日	91 日	182 日	
F - 1	88.0 88.9 82.4	86.5 79.6 88.9 83.1	83.9 74.9 77.9 78.4	77.1 478 499 481 496 508 519	497 564 579 609 580 588 521	574 — 562 526 557 552 571	554
F - 2	73.9 78.4 73.3	75.2 72.5 80.7 71.6	74.9 81.0 86.1 83.8	83.6 402 429 407 411 415 468	422 535 554 534 575 536 542	554 497 504 540 535 502 515	516
F - 3	56.2 60.4 60.6	59.1 67.6 64.1 64.6	65.4 67.9 69.0 62.0	66.3 325 344 343 284 208 176	280 466 444 439 421 445 429	441 504 503 500 525 523 529	514
F - 4	70.2 63.2 67.9	67.1 67.4 81.7 90.1	79.7 77.2 86.6 81.9	81.9 300 310 408 398 304 —	344 469 515 553 488 481 519	504 558 550 510 526 551 548	541
F - 5	67.4 67.4 57.3	64.0 73.4 78.4 67.6	73.2 71.8 79.1 78.2	76.4 400 350 386 403 361 391	382 589 598 568 601 606 612	596 510 542 531 558 538 555	539
DA - 1	73.5 73.5 77.0	74.7 81.9 85.4 89.9	85.7 93.6 90.1 92.4	92.0 438 435 414 415 418 431	425 491 486 530 525 538 503	512 — 585 487 449 580 558	532
DA - 2	73.5 70.2 68.1	70.6 90.6 88.2 78.6	85.8 100.9 97.3 81.9	93.4 380 389 392 389 364 387	384 580 589 520 532 543 560	554 466 543 556 610 529 594	550
DA - 3	72.8 73.9 70.2	72.3 88.9 84.9 87.5	87.0 73.2 80.5 84.9	76.2 413 410 383 419 407 445	413 500 515 600 403 577 556	525 495 462 463 543 601 518	514
DA - 4	76.1 76.1 76.8	76.3 67.4 67.4 73.2	69.3 84.9 87.0 81.9	84.6 433 453 433 438 431 413	434 541 475 477 505 568 545	519 565 575 530 537 563 570	557
DA - 5	57.8 57.3 59.2	58.1 62.0 62.2 61.1	61.8 68.8 64.8 68.6	67.4 254 221 258 258 236 253	247 344 345 372 370 353 348	355 405 388 404 400 380 394	395
DA - 6	59.4 65.3 69.5	64.7 81.9 73.7 77.2	77.6 88.2 83.3 84.2	85.2 282 267 275 266 302 306	283 288 294 322 268 237 350	293 437 446 475 455 417 430	443
DA - 7	76.1 78.6 81.9	78.9 70.2 72.1 73.7	72.0 82.4 80.7 90.8	84.6 371 343 358 324 366 371	356 394 409 411 425 452 433	421 531 522 519 509 500 549	522
DA - 8	66.2 65.5 64.6	65.4 69.0 69.0 72.3	70.1 83.4 77.7 74.9	78.8 303 307 283 295 295 308	299 476 434 429 423 432 429	437 468 423 465 444 487 451	456

コンクリートの強度試験結果

プレバッド・コンクリート (φ15×30cm)							
圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )				動弾性係数 (×10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )			
7 日	28 日	91 日	182 日	7 日	28 日	91 日	182 日
152 160 201	171 198 214 241	218 274 279 283	279 298 279 278	3.29 3.39 3.61	3.43 3.70 3.57	3.91 3.98 4.15	3.95 3.97 4.03
200 190 177	198 259 229 255	248 263 355 —	309 333 342 337	3.41 3.54 3.38	3.44 3.78 3.89	4.02 4.08 —	4.74 4.38 4.43
127 121 120	123 209 214 187	203 305 287 310	301 291 306 332	3.17 3.24 3.25	3.22 3.64 3.55	3.70 3.46 4.09	4.26 4.27 4.20
160 174 174	169 249 231 210	230 248 251 239	246 369 300 359	3.52 3.44 3.53	3.50 3.89 3.94	3.51 3.56 3.85	4.18 4.32 4.17
96 110 96	101 215 176 171	187 249 300 242	264 304 315 302	3.34 3.29 3.41	3.35 3.77 3.80	3.72 3.60 4.03	4.39 4.45 4.38
121 125 133	126 254 246 267	256 329 345 327	334 359 352 394	3.25 3.28 3.23	3.25 3.47 3.58	4.22 4.09 4.20	4.18 4.18 4.22
160 149 165	158 259 288 236	261 265 293 322	293 408 372 373	3.55 3.57 3.42	3.51 3.61 3.84	4.14 4.19 4.03	4.17 4.17 4.17
155 178 172	168 259 263 211	244 380 374 399	384 363 381 375	3.46 3.47 3.46	3.46 4.02 4.05	4.43 4.06 4.26	4.35 4.25 4.43
145 183 181	170 235 240 290	255 315 360 310	328 394 412 387	3.43 3.46 3.47	3.45 4.00 3.93	4.03 4.07 4.37	4.32 4.20 4.18
59 60 64	61 114 104 99	106 141 164 148	151 206 201 204	3.30 2.99 3.03	3.11 3.13 3.20	3.09 4.03 4.47	4.05 4.12 4.05
55 65 —	60 105 95 107	102 178 172 168	173 192 187 195	3.17 3.17 3.25	3.20 3.42 3.36	3.48 3.64 3.65	4.01 4.03 4.09
75 81 80	79 133 128 134	132 196 213 193	201 208 239 224	3.01 3.09 3.08	3.06 3.40 3.44	3.68 4.09 3.99	4.06 4.13 4.13
93 83 83	86 136 131 130	132 201 218 220	213 232 224 224	2.94 3.19 3.19	3.11 3.44 3.40	3.70 3.91 3.22	4.04 4.05 4.04

付表-9 注入モルタルおよびプレバックスド

配合番号	注 入 モ ル タ ル (4×4×16cm)											
	曲 げ 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )								
	28 日	91 日	182 日	28 日	91 日	182 日						
W - 1	82.6 76.8 73.7	77.7	76.8 92.4 85.4	84.9	63.2 79.6 79.6	74.1	363 290 282 330 354 350	329	476 507 506 492 500 451	489	514 560 524 558 548 475	530
W - 2	88.9 72.5 74.9	78.8	90.3 79.8 73.4	81.3	— 88.7 65.3	77.0	368 400 358 351 393 384	376	561 514 560 530 551 548	544	556 576 440 580 542 552	574
W - 3	65.8 — 74.6	70.2	67.9 73.2 79.1	73.4	88.9 91.3 84.2	88.1	378 399 385 370 378 384	382	456 536 468 485 502 510	493	567 594 520 584 571 500	556
W - 4	63.2 69.3 75.3	69.3	77.0 93.1 84.5	84.9	88.5 84.2 92.4	88.4	410 355 425 372 344 419	376	593 544 581 514 585 545	560	575 589 574 578 605 619	593
W - 5	67.9 70.0 77.2	71.7	65.8 85.6 91.0	80.8	96.2 80.7 97.3	91.4	412 408 370 414 435 420	410	571 571 561 580 558 592	573	594 575 — 684 547 684	617
W - 6	80.3 81.2 85.4	82.3	91.3 91.3 95.3	92.8	95.9 108.8 102.0	102.2	469 412 470 493 414 447	451	602 625 613 623 595 625	614	625 697 684 644 731 628	677
S - 1	81.2 79.1 77.5	79.3	86.1 86.6 86.8	86.5	80.3 94.5 98.3	91.0	390 380 432 440 420 430	415	498 509 546 538 510 576	520	600 558 581 608 577 520	574
S - 2	79.1 92.2 77.2	82.8	92.4 90.6 88.9	90.6	93.1 93.8 01.3	92.7	230 244 243 241 214 226	238	512 544 525 564 468 531	524	611 521 624 612 593 617	596
S - 3	60.4 66.9 62.0	63.1	66.5 69.7 74.2	70.1	85.2 83.5 94.5	87.7	299 310 342 361 355 381	341	423 467 461 480 468 474	462	510 524 485 499 540 538	516
S - 4	54.3 52.7 59.0	55.3	67.9 69.3 73.5	70.2	— 76.1 66.7	71.4	440 425 398 400 415 435	419	393 382 401 364 385 386	385	399 421 435 422 402 420	417
AL - 1	95.9 98.0 84.9	92.9	120.5 122.9 131.5	125.0	116.0 105.7 93.1	104.9	550 600 551 545 510 620	573	625 620 630 630 630 600	623	797 824 872 822 840 840	833
AL - 2	89.9 92.9 56.6	79.8	115.4 118.6 114.2	116.1	116.9 114.6 91.2	107.6	600 620 604 587 597 616	604	645 640 632 635 640 630	637	846 938 625 763 968 778	820
AL - 3	62.2 64.4 59.0	61.9	79.6 78.4 78.6	78.9	83.1 80.7 73.7	79.2	318 314 296 306 319 301	309	411 413 445 442 435 440	431	484 459 502 439 466 450	467

コンクリートの強度試験結果

プレバッド・コンクリート (φ15×30cm)							
圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )				動弾性係数 (×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )			
7 日	28 日	91 日	182 日	7 日	28 日	91 日	182 日
139 150 138	142 235 225 230	230 331 328 314	324 338 336 352	340 2.91 3.36 3.19	3.15 3.37 3.25 3.07	3.23 3.19 3.34 3.16	3.23 3.79 3.84 3.83
129 136 141	135 211 228 221	220 277 252 260	263 303 312 296	305 3.44 3.36 3.23	3.34 3.77 3.76 3.72	3.75 4.11 4.27 4.16	4.18 3.83 4.96 5.14
133 139 167	146 220 207 236	221 286 258 270	271 275 300 301	299 3.12 3.27 3.35	3.25 3.77 3.78 3.85	3.80 4.01 4.08 3.96	4.02 4.35 4.38 4.45
161 173 162	165 236 255 273	255 326 331 332	330 313 359 333	335 3.49 3.29 3.40	3.39 3.70 3.74 3.83	3.76 4.13 4.20 4.25	4.19 4.32 4.66 4.28
139 138 136	138 235 208 223	222 224 312 252	243 306 329 323	319 3.44 3.37 3.46	3.42 3.89 3.91 3.80	3.87 4.23 4.13 4.00	4.12 4.48 4.31 4.34
140 164 151	152 264 238 265	256 388 306 339	344 — 372 393	383 3.51 3.57 3.58	3.55 4.13 3.90 4.15	4.06 4.38 4.40 3.97	4.25 4.80 4.67 4.39
184 193 208	195 316 336 341	331 393 452 406	417 422 446 450	437 3.45 3.44 3.34	3.41 3.86 3.84 3.99	3.96 3.86 3.96 —	3.91 4.30 4.19 4.19
162 158 148	156 324 284 304	304 353 374 338	356 409 393 428	410 3.33 3.50 3.28	3.37 3.81 3.79 3.68	3.76 4.15 4.07 3.90	4.04 4.33 4.09 4.34
109 112 111	111 193 187 192	191 266 234 —	250 287 278 298	286 3.27 3.26 3.19	3.24 3.77 3.77 3.46	3.67 3.07 3.06 3.98	4.04 4.13 4.12 4.10
63 59 65	62 110 119 125	118 163 183 197	181 209 190 188	196 3.21 3.13 3.04	3.13 3.36 3.39 3.44	3.40 3.87 3.85 3.85	3.86 4.07 3.77 3.95
124 131 148	135 248 242 222	237 321 284 288	325 334 326 314	325 3.62 3.44 3.60	3.55 3.80 3.63 3.62	3.68 3.91 3.89 3.80	3.87 4.27 4.20 4.21
152 138 156	149 240 263 245	249 302 307 310	306 366 379 354	366 3.53 3.45 3.51	3.50 3.70 3.56 3.90	3.72 3.96 3.87 3.83	3.89 — 4.14 4.23
143 144 137	141 210 220 204	211 288 274 282	281 312 300 308	305 3.80 3.44 3.68	3.64 3.68 3.67 3.69	3.68 3.89 3.88 3.94	3.90 4.19 4.20 4.16

付表-10 長柱状 ( $\phi 15 \times 180 \text{cm}$ ) に打込んだプレバッキングコンクリートの強度分布  
(北川氏等の試験結果)<sup>28)</sup>

頂面よりの深さ (m)	28日圧縮強度 ( $\text{kg/cm}^2$ ) ( $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ )							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0 ~ 0.3	182	204	181	157	182	172	165	128
0.3 ~ 0.6	200	244	227	186	232	222	207	181
0.6 ~ 0.9	187	252	203	214	240	258	263	163
0.9 ~ 1.2	273	278	236	195	254	280	216	144
1.2 ~ 1.5	215	247	233	206	244	262	199	192
1.5 ~ 1.8	233	264	195	190	246	276	234	195
標準供試体	241	246	235	189	257	257	220	183

注入モルタルの配合および諸性質

C : F : S	1 : 0.2 : 0.5	1 : 0.4 : 0.5	1 : 0.6 : 0.5	1 : 0.8 : 0.5	1 : 0.2 : 1.5	1 : 0.4 : 1.5	1 : 0.6 : 1.5	1 : 0.8 : 1.5
W/(C+F)(%)	42.0	42.0	42.2	39.4	47.4	44.0	44.3	42.8
流出時間 (sec)	16.0	16.0	16.0	17.6	22.0	22.0	18.0	19.0
膨張率5HR(%)	17.1	17.5	17.7	16.0	—	10.4	8.5	11.2
ブリージング率 5 HR (%)	1.1	1.3	1.4	2.1	—	1.6	1.2	2.0

材料：A社普通セメント，A社フライアッシュ，N金属社，Al粉末300，(C+F)×0.015%，ポゾリスNo.8  
(C+F)×0.25%，利根川砂（比重=2.56，FM=1.56），相模川砂利（15~40mm）

付表-11 長柱状 ( $\phi 15 \times 180 \text{cm}$ ) に打込んだプレバッキングコンクリートの強度分布  
(福田氏等の試験結果)<sup>24)</sup>

注入モルタルの配合頂							
C : S (F=0)	1 : 1.3	1 : 1.3	1 : 1.5	1 : 1.5	1 : 1.7	1 : 1.7	1 : 1.9
W/C (%)	45.5	45.5	46.8	46.8	49.2	49.2	52.0
頂面よりの深さ (m)	91日 圧 縮 強 度 ( $\text{kg/cm}^2$ )						
	1	2	3	4	5	6	7
0 ~ 0.3	224	190	196	192	195	—	167
0.3 ~ 0.6	278	243	224	245	220	—	174
0.6 ~ 0.9	295	302	—	254	238	246	190
0.9 ~ 1.2	302	320	249	268	224	246	210
1.2 ~ 1.5	294	311	240	241	218	220	198
1.5 ~ 1.8	268	249	255	268	224	210	187
標準供試体	254		290		262		—

材料：中鼎熱ポルトランドセメント，コンクリート用Al粉末，北海道松倉産重晶石



付表—12 注入モルタルの強度試験結果※

S/ (C+F)	F/(C+F) (%)	W/ (C+F) (%)	(C+F) /W	流出時間 (sec)	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
					7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日
1.00	0	51	1.96	24.4	79.1	92.6	85.5	384	649	683
	10	50	2.00	25.8	59.8	89.6	100.4	347	583	725
	20	49	2.04	27.7	57.7	90.9	102.1	315	558	758
	30	48	2.08	28.6	50.5	83.9	100.5	265	516	757
	40	46	2.17	22.8	44.9	85.9	105.3	207	423	684
	50	45	2.22	28.5	36.3	64.4	76.8	163	396	637
	0	56	1.79	14.3	63.2	89.3	84.4	328	549	615
	10	55	1.82	14.3	32.9	58.2	93.4	277	510	615
	20	54	1.85	14.2	53.1	80.1	94.7	248	486	640
	30	53	1.89	15.4	46.8	78.7	92.9	205	418	654
	40	51	1.96	14.3	44.9	75.6	98.3	186	402	678
	50	50	2.00	14.3	28.1	57.5	68.4	132	316	542
	0	61	1.64	11.5	63.3	78.9	95.0	297	513	597
	10	60	1.67	12.1	52.3	70.2	74.2	272	467	577
	20	59	1.69	11.6	46.2	68.4	91.1	216	448	609
30	58	1.72	12.0	43.3	68.7	68.8	171	376	570	
40	56	1.79	11.5	36.3	68.2	78.2	135	325	541	
50	55	1.81	11.7	30.3	61.6	73.6	115	319	510	
1.25	0	55	1.82	22.0	62.6	93.2	91.4	308	543	630
	10	55	1.82	27.8	57.0	88.5	88.1	291	517	600
	20	53	1.89	23.0	53.2	84.9	102.4	244	473	655
	30	54	1.85	23.4	42.4	73.6	100.0	190	399	626
	40	52	1.92	27.8	36.6	67.7	84.5	160	352	590
	50	51	1.96	21.8	31.5	63.5	61.8	131	318	567
	0	60	1.67	14.6	57.9	89.3	84.6	254	492	576
	10	60	1.67	14.4	47.9	68.4	80.9	213	429	540
	20	58	1.72	14.6	60.1	79.1	82.0	216	423	602
	30	59	1.69	14.2	36.0	67.8	81.0	161	356	549
	40	57	1.75	15.8	35.9	64.7	84.2	145	314	552
	50	56	1.79	14.2	29.2	55.5	65.4	111	271	500
	0	65	1.54	11.3	45.7	69.7	62.2	226	435	501
	10	65	1.54	12.2	49.9	77.4	90.2	214	406	514
	20	63	1.59	11.7	38.6	76.0	85.7	182	362	519
30	64	1.56	12.0	31.1	63.6	88.0	154	309	498	
40	62	1.61	12.3	31.3	60.1	81.7	121	273	478	
50	61	1.64	11.6	26.3	50.0	73.6	96	236	446	
1.50	0	65	1.54	25.5	52.3	68.5	78.9	242	444	498
	10	61	1.64	23.8	50.8	78.5	87.8	225	444	580
	20	59	1.69	22.6	48.2	78.2	91.9	206	405	618
	30	58	1.72	22.7	41.9	71.3	93.8	168	360	590
	40	58	1.72	21.3	33.7	60.2	86.3	137	230	541
	50	63	1.59	22.7	20.6	39.2	81.7	86	173	364
	0	70	1.43	15.8	46.6	72.5	81.0	191	402	470
	10	66	1.52	14.5	46.0	79.3	75.7	196	385	527
	20	64	1.56	14.8	44.6	71.0	80.8	177	356	527

※材 料：O社普通セメント，U社フライアッシュ，豊浦標準砂

供試体：曲げ強度=4×4×16cm，3個の平均値，圧縮強度=4×4×16cm，折片6個の平均値

付表-12 (続き)

S/(C+F)	F/(C+F) (%)	W/ (C+F) (%)	(C+F) /W	流出時間 (sec)	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
					7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日
1.50	30	63	1.59	14.7	37.4	68.1	84.2	148	306	541
	40	63	1.59	14.3	31.1	60.4	79.6	110	251	481
	50	68	1.47	14.8	19.3	36.3	75.4	73	149	327
	0	75	1.33	12.4	45.8	68.4	71.8	224	364	411
	10	71	1.41	11.7	41.7	71.1	80.7	172	344	474
	20	69	1.45	11.9	39.5	70.0	78.3	153	326	507
	30	68	1.47	12.1	32.6	62.5	67.1	125	264	464
	40	68	1.47	11.5	28.6	55.7	82.5	104	235	445
	50	73	1.37	12.2	17.9	80.8	69.5	63	127	287
	1.75	0	69	1.45	25.1	45.0	80.2	82.5	208	409
10		72	1.39	24.3	36.1	69.1	78.6	157	328	448
20		71	1.41	22.4	34.1	63.5	76.4	133	286	432
30		70	1.43	25.0	28.9	55.9	76.8	114	247	419
40		69	1.45	23.6	23.2	45.7	74.0	84	199	378
50		69	1.45	24.7	16.8	39.1	71.1	64	161	329
0		74	1.35	15.0	47.1	78.5	81.7	180	363	511
10		77	1.30	15.6	37.2	64.7	70.4	142	285	396
20		76	1.32	14.7	30.5	56.2	73.0	114	247	386
30		75	1.33	15.5	25.7	50.8	75.4	94	213	372
40		74	1.35	15.6	21.1	42.7	66.4	74	170	333
50		74	1.35	16.1	14.0	33.6	66.3	51	135	289
0		79	1.26	12.3	41.3	72.1	76.5	160	319	456
10		82	1.22	12.1	32.8	61.9	67.2	121	260	356
20		81	1.23	12.0	28.8	57.3	68.8	103	218	331
30		80	1.25	11.9	24.7	48.0	65.8	87	191	340
40		79	1.27	12.5	20.4	38.9	69.9	69	159	315
50		79	1.27	12.5	13.4	31.6	67.9	47	122	263
2.00	0	78	1.28	22.7	38.2	69.0	74.8	167	328	404
	10	78	1.28	23.2	39.3	62.3	75.4	140	282	391
	20	74	1.35	23.1	36.4	62.3	77.0	131	285	462
	30	71	1.41	23.3	23.9	53.8	70.7	88	244	428
	40	70	1.43	21.1	26.1	45.1	72.6	94	204	402
	50	68	1.47	21.8	19.9	31.3	71.0	30	133	376
	0	83	1.20	15.0	39.0	71.7	78.8	144	301	385
	10	83	1.20	14.9	29.6	57.2	69.2	122	247	357
	20	79	1.26	14.5	29.5	58.3	67.9	110	252	403
	30	76	1.32	15.3	24.4	52.6	75.7	98	221	401
	40	75	1.33	14.7	26.3	44.6	69.8	84	187	380
	50	73	1.37	14.6	17.6	35.3	66.1	64	161	352
	0	88	1.11	12.1	33.7	62.9	71.7	128	273	351
	10	88	1.14	12.4	28.2	55.7	71.2	106	221	321
	20	84	1.19	11.6	23.3	56.4	65.8	104	220	375
	30	81	1.23	12.2	29.4	46.5	73.2	114	188	354
	40	80	1.25	12.0	20.5	39.9	71.9	73	169	358
	50	78	1.28	12.3	16.5	37.1	63.7	53	192	307

付表—13 減水剤が注入モルタルの諸性質におよぼす影響 (1)

配合番号	セメントの種類	配 合 比			所要水セメント比 $W/(C+F)$ (%) ※						ブリージ※※ ング率 (%)	
		F/(C+F) (%)	S/(C+F)	※※※ DA/(C+F)	セメント分散剤				A E 剤		分散剤 P 剤	A E 剤 V 剤
					C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤		
a-0-10-0	普通セメント	0	1.0	0	52.0	—	53.0	51.0	—	52.0	3.9	—
a-0-15-0	"	"	1.5	"	65.0	—	66.5	63.5	—	65.0	5.7	—
a-0-20-0	"	"	2.0	"	81.0	—	80.0	79.0	—	80.0	7.5	—
a-2-10-0	"	20	1.0	"	50.0	—	51.0	50.0	—	50.0	4.5	—
a-2-15-0	"	"	1.5	"	63.0	—	64.0	62.0	—	63.0	5.8	—
a-2-20-0	"	"	2.0	"	78.0	—	78.5	75.5	—	78.0	9.3	—
a-4-10-0	"	40	1.0	"	50.0	—	50.5	49.0	—	50.0	5.0	—
a-4-15-0	"	"	1.5	"	61.0	—	63.0	59.5	—	61.0	6.7	—
a-4-20-0	"	"	2.0	"	75.0	—	76.0	74.0	—	75.0	9.6	—
a-0-10-5	普通セメント	0	1.0	0.5R	51.0	50.5	50.7	51.5	52.3	52.0	3.9	1.7
a-0-15-5	"	"	1.5	"	65.0	62.5	64.5	64.0	65.8	65.0	5.4	2.2
a-0-20-5	"	"	2.0	"	81.0	79.0	80.0	79.0	80.3	81.0	6.6	6.4
a-2-10-5	"	20	1.0	"	50.0	49.5	49.8	51.8	51.3	50.0	4.1	2.4
a-2-15-5	"	"	1.5	"	63.0	61.5	61.7	62.5	62.8	63.0	6.0	4.1
a-2-20-5	"	"	2.0	"	77.0	75.0	77.8	76.0	77.2	77.0	9.1	7.5
a-4-10-5	"	40	1.0	"	49.0	49.5	49.3	51.5	50.3	49.0	7.2	2.7
a-4-15-5	"	"	1.5	"	61.0	60.5	59.7	62.0	61.8	61.0	9.1	3.8
a-4-20-5	"	"	2.0	"	75.0	73.0	74.1	75.0	74.3	75.0	8.4	7.8
a-0-10-10	普通セメント	0	1.0	1.0R	51.0	50.5	50.3	51.5	52.1	52.0	2.1	1.5
a-0-15-10	"	"	1.5	"	65.0	63.0	63.8	63.5	65.1	65.0	4.6	3.2
a-0-20-10	"	"	2.0	"	81.0	79.0	80.0	77.5	81.1	81.0	5.8	4.1
a-2-10-10	"	20	1.0	"	50.0	49.5	49.0	50.5	51.5	50.0	3.3	3.0
a-2-15-10	"	"	1.5	"	63.0	61.0	61.3	61.5	61.6	63.0	5.1	4.0
a-2-20-10	"	"	2.0	"	77.0	76.0	76.0	74.0	77.1	77.0	7.0	6.7
a-4-10-10	"	40	1.0	"	50.0	49.0	47.3	49.5	50.4	50.0	4.9	2.3
a-4-15-10	"	"	1.5	"	61.0	60.0	50.9	59.5	61.6	61.0	6.6	4.3
a-4-20-10	"	"	2.0	"	76.0	73.5	73.2	72.5	73.6	75.0	12.7	6.2
a-0-10-15	普通セメント	0	1.0	1.5R	51.0	51.5	49.7	51.0	32.4	52.0	2.0	1.6
a-0-15-15	"	"	1.5	"	65.0	64.5	62.5	63.5	64.9	65.0	5.0	3.4
a-0-20-15	"	"	2.0	"	81.0	79.5	77.5	78.5	79.4	81.0	6.5	6.3
a-2-10-15	"	20	1.0	"	50.0	50.5	47.3	50.5	50.9	51.0	2.9	1.5
a-2-15-15	"	"	1.5	"	63.0	62.0	59.8	61.5	62.9	63.0	5.2	2.8
a-2-20-15	"	"	2.0	"	77.0	77.0	74.7	75.5	76.7	77.0	6.7	5.1
a-4-10-15	"	40	1.0	"	50.0	49.5	46.3	49.5	50.7	50.0	3.7	2.5
a-4-15-15	"	"	1.5	"	61.0	60.0	58.0	60.0	61.4	61.0	4.7	3.7
a-4-20-15	"	"	2.0	"	74.0	73.0	72.0	73.0	76.9	75.0	5.6	7.0

※ バッチの異なる資料を用いて流動性試験を3回行ない、流出時間の平均値が $16 \pm 0.5$ secとなるように定めた水セメント比、 ※※ 異なるバッチより採取した試料3個についての平均値、 ※※※  $R=(C+F) \times 0.05\%$ (C剤),  $\times 0.15\%$ (L剤),  $\times 0.25\%$ (P剤),  $\times 0.10\%$ (N剤),  $\times 0.06\%$ (V剤),  $\times 0.04\%$ (D剤)

付表-14 混和剤が注入モルタル

配合番号	流出時間 (sec) ※						保	
	セメント分散剤				A E 剤		セメン	
	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤
a-0-10-0	16.1	—	15.9	15.9	—	16.0	75.3	—
a-0-15-0	15.9	—	16.1	16.1	—	15.7	73.3	—
a-0-20-0	16.1	—	16.2	15.9	—	16.1	61.8	—
a-2-10-0	16.5	—	16.3	16.5	—	16.6	73.3	—
a-2-15-0	15.9	—	15.7	15.8	—	15.5	73.2	—
a-2-20-0	16.1	—	15.6	15.9	—	15.6	61.1	—
a-4-10-0	16.0	—	16.0	16.6	—	16.2	73.1	—
a-4-15-0	16.1	—	15.4	16.5	—	15.7	73.1	—
a-4-20-0	16.2	—	15.8	15.7	—	15.6	68.7	—
a-0-10-5	15.9	15.8	16.3	16.1	16.2	16.2	72.5	75.9
a-0-15-5	15.9	16.1	16.2	15.9	16.1	16.0	69.4	75.2
a-0-20-5	15.6	15.6	15.9	15.9	15.6	15.8	58.5	63.2
a-2-10-5	16.5	16.3	15.8	16.4	15.9	16.4	72.9	75.9
a-2-15-5	15.7	15.9	16.0	15.7	15.5	16.2	71.5	75.4
a-2-20-5	15.8	16.3	15.5	16.4	16.1	15.7	57.2	68.0
a-4-10-5	16.2	16.5	15.9	15.9	15.8	16.1	73.0	74.7
a-4-15-5	15.9	16.1	15.9	15.8	15.5	16.4	71.7	75.6
a-4-20-5	15.7	16.5	16.0	15.6	16.1	16.3	57.9	71.0
a-0-10-10	16.3	16.3	16.4	15.6	15.9	16.1	73.7	75.9
a-0-15-10	16.2	16.1	15.7	15.6	15.5	15.7	68.4	76.2
a-0-20-10	16.1	16.2	16.2	16.2	15.6	15.7	57.7	63.1
a-2-10-10	16.4	16.4	15.9	15.9	15.5	15.6	72.3	57.9
a-2-15-10	16.0	16.4	16.0	16.0	15.8	15.7	69.2	75.6
a-2-20-10	16.2	15.8	15.7	16.0	15.9	16.0	57.7	64.5
a-4-10-10	16.0	16.5	15.9	15.6	16.0	15.9	73.0	75.7
a-4-15-10	16.1	16.3	16.1	16.2	15.5	16.0	71.7	75.1
a-4-20-10	15.8	15.9	15.6	15.8	16.4	16.1	76.4	70.4
a-0-10-15	15.4	16.3	16.2	15.7	15.6	16.3	69.3	76.5
a-0-15-15	16.5	16.1	15.7	16.1	15.8	15.8	67.6	75.0
a-0-20-15	15.8	16.0	16.0	16.2	16.0	15.6	58.4	64.5
a-2-10-15	16.1	16.3	16.0	16.3	15.6	16.0	72.3	75.6
a-2-15-15	16.2	16.6	15.8	15.8	15.7	16.5	70.5	72.5
a-2-20-15	16.1	16.3	15.7	15.7	16.1	15.8	58.0	64.8
a-4-10-15	16.4	16.3	16.1	15.6	16.0	16.0	72.1	75.2
a-4-15-15	15.8	15.8	15.9	16.4	16.1	15.8	70.6	74.7
a-4-20-15	15.8	15.7	15.9	16.3	16.1	16.2	58.0	72.0

※ 異なるバッチより採択した試料3個の平均値

の諸性質におよぼす影響(2)

水 性 (%) ※				空 気 量 (%) ※					
ト分散剤		A E 剤		セメント分散剤				A E 剤	
P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤
72.8	75.1	—	75.3	0.22	—	0.15	0.10	—	0.13
72.8	76.0	—	75.4	0.12	—	0.19	0.08	—	0.15
61.5	61.7	—	68.5	0.10	—	0.17	0.10	—	0.16
72.2	74.8	—	74.8	0.10	—	0.23	0.08	—	0.15
72.1	75.5	—	74.4	0.15	—	0.17	0.12	—	0.08
66.2	65.6	—	69.5	0.07	—	0.18	0.12	—	0.18
77.3	75.7	—	74.6	0.08	—	0.26	0.08	—	0.22
71.1	75.0	—	73.1	0.13	—	0.20	0.12	—	0.13
68.2	69.8	—	70.5	0.20	—	0.12	0.10	—	0.12
75.7	74.9	75.1	74.1	0.18	0.14	0.14	0.11	0.31	0.18
75.2	74.8	75.6	75.1	0.36	0.11	0.13	0.16	0.22	0.19
65.7	64.0	63.2	64.1	0.70	0.12	0.16	0.15	0.72	0.20
75.6	74.4	73.4	73.3	0.18	0.08	0.15	0.25	0.35	0.16
74.0	74.9	73.3	74.4	0.28	0.10	0.11	0.23	0.64	0.21
65.8	65.4	65.2	68.8	0.40	0.08	0.20	0.25	0.45	0.30
74.3	74.2	72.6	72.9	0.12	0.13	0.16	0.23	0.27	0.23
73.5	74.9	72.6	73.5	0.30	0.08	0.16	0.23	0.17	0.30
66.1	70.5	70.0	73.2	0.47	0.12	0.17	0.18	0.28	0.23
78.5	74.9	75.3	74.5	0.33	0.11	0.29	0.24	0.45	0.24
76.6	75.3	73.0	74.5	0.37	0.13	0.14	0.40	0.34	0.29
66.4	63.9	66.5	64.3	0.97	0.26	0.13	0.52	0.38	0.49
76.4	75.0	72.3	73.9	0.22	0.13	0.15	0.23	0.38	0.29
76.0	75.3	73.7	70.8	0.33	0.13	0.15	0.28	0.38	0.38
76.8	64.4	65.8	67.5	0.67	0.12	0.16	0.70	0.59	0.28
75.0	73.8	72.9	73.2	0.42	0.13	0.18	0.35	0.32	0.23
74.7	74.6	72.8	72.8	0.23	0.12	0.14	0.43	0.37	0.22
71.7	66.6	71.4	71.6	0.54	0.20	0.14	0.13	0.53	0.32
79.5	75.6	74.2	74.4	0.42	0.11	0.24	0.30	0.45	0.35
76.5	75.5	74.1	73.8	0.65	0.10	0.15	0.43	0.64	0.39
69.7	62.1	62.4	61.5	0.97	0.10	0.17	0.62	1.34	0.71
78.8	75.0	74.0	73.8	0.20	0.12	0.23	0.43	0.52	0.23
76.1	75.2	73.6	73.7	0.25	0.07	0.16	0.49	0.91	0.26
72.6	60.3	69.3	67.5	0.72	0.08	0.16	0.66	0.75	0.45
78.5	73.5	73.8	73.5	0.32	0.12	0.24	0.48	0.68	0.28
76.3	74.2	72.5	73.1	0.38	0.13	0.19	0.85	1.14	0.32
76.0	63.3	69.8	68.6	1.14	0.12	0.28	0.97	0.54	0.45

付表-15 混和剤が注入モルタル

配合番号	7日曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※						28日	
	セメント分散剤				A E 剤		セメン	
	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤
a-0-10-0	72.0	—	70.4	74.9	—	82.3	103.3	—
a-0-15-0	59.3	—	57.6	61.0	—	56.9	97.3	—
a-0-20-0	45.4	—	46.6	45.6	—	44.5	71.4	—
a-2-10-0	62.9	—	58.9	61.3	—	62.9	90.7	—
a-2-15-0	50.9	—	50.6	51.1	—	51.7	74.2	—
a-2-20-0	39.3	—	36.0	40.4	—	40.5	60.4	—
a-4-10-0	43.6	—	45.2	37.4	—	49.3	68.1	—
a-4-15-0	36.8	—	33.7	30.2	—	37.5	56.4	—
a-4-20-0	26.9	—	22.6	33.5	—	29.0	41.9	—
a-0-10-5	71.0	78.6	82.1	74.4	66.1	70.4	104.2	86.4
a-0-15-5	56.2	57.5	63.1	59.3	60.4	60.2	84.8	79.9
a-0-20-5	44.6	46.8	46.6	46.2	44.3	47.2	72.6	71.4
a-2-10-5	55.6	61.6	59.5	61.2	54.7	59.1	82.7	82.7
a-2-15-5	48.4	49.8	58.0	52.6	51.2	46.6	72.1	71.6
a-2-20-5	32.3	40.0	33.4	38.0	41.2	34.6	53.1	58.8
a-4-10-5	43.7	48.7	45.0	40.0	48.8	45.1	65.7	69.7
a-4-15-5	35.4	37.8	34.6	36.2	39.4	33.8	53.2	60.7
a-4-20-5	22.7	30.8	22.0	26.8	28.5	27.7	37.0	47.4
a-0-10-10	65.0	77.4	64.2	—	68.4	72.3	96.3	100.8
a-0-15-10	54.3	65.2	58.5	60.8	62.6	57.3	79.2	80.4
a-0-20-10	43.5	48.4	49.4	51.7	51.0	44.1	66.8	69.0
a-2-10-10	54.0	62.2	59.5	61.3	55.7	62.0	82.9	88.5
a-2-15-10	49.4	58.5	49.7	51.5	49.1	54.2	68.9	85.4
a-2-20-10	36.5	44.2	37.0	37.6	40.3	39.8	51.6	66.9
a-4-10-10	44.3	43.5	43.9	44.5	45.3	48.4	67.3	71.9
a-4-15-10	35.7	36.7	34.6	35.4	37.4	38.6	54.2	50.6
a-4-20-10	25.2	27.1	30.3	28.3	27.1	27.7	39.5	45.5
a-0-10-20	68.3	76.5	56.5	73.1	68.7	75.7	106.2	63.6
a-0-15-20	53.4	55.2	54.7	61.5	61.8	60.4	83.8	83.7
a-0-20-20	40.8	48.6	46.5	47.3	41.8	49.5	59.8	71.1
a-2-10-20	60.0	63.7	52.7	60.4	60.8	66.2	82.7	81.0
a-2-15-20	46.2	47.9	48.7	53.5	45.4	54.0	69.4	74.6
a-2-20-20	34.2	36.5	41.1	37.3	37.4	40.7	54.1	56.7
a-4-10-20	45.2	43.0	42.5	47.9	43.8	50.3	66.6	70.9
a-4-15-20	35.7	32.3	31.3	39.9	32.6	37.6	55.6	59.1
a-4-20-20	23.8	29.2	25.0	29.0	25.6	29.3	35.9	45.4

※ 異なるバッチより採取した4×4×16cm供試体3個の平均値

の諸性質におよぼす影響(3)

曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※				91日曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※					
ト分散剤		A E 剤		セメント分散剤				A E 剤	
P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤
92.0	97.9	—	103.0	102.1	—	87.7	109.1	—	110.9
68.9	92.1	—	84.6	91.6	—	68.8	89.5	—	90.4
72.5	72.4	—	68.0	79.7	—	75.7	79.0	—	71.4
82.8	86.9	—	87.8	106.4	—	88.5	108.0	—	104.7
69.6	71.8	—	73.5	93.3	—	86.2	94.1	—	94.7
55.6	62.8	—	58.4	74.5	—	77.5	76.8	—	74.3
62.9	67.4	—	72.2	91.2	—	94.8	88.5	—	99.1
53.2	58.8	—	63.5	75.6	—	83.1	81.6	—	85.4
37.7	47.6	—	42.7	61.0	—	62.5	69.7	—	62.4
85.3	96.5	85.7	103.5	114.2	121.8	96.6	112.6	104.7	100.6
59.2	84.1	78.7	87.1	96.1	90.3	81.1	94.3	89.2	81.9
71.8	67.5	69.4	64.7	80.1	71.4	81.9	73.9	73.8	68.6
80.2	83.3	82.7	82.8	103.7	99.7	94.6	104.7	99.4	96.1
67.8	75.0	76.6	72.2	92.4	89.2	80.9	90.6	87.0	83.8
55.4	57.7	67.8	51.9	70.9	67.5	72.8	76.2	72.5	71.0
66.0	56.8	72.7	75.4	97.9	70.0	95.0	89.0	92.0	90.7
54.1	55.4	61.9	63.7	86.4	—	81.9	79.2	83.0	79.9
42.6	44.1	49.8	48.8	66.1	—	63.7	65.1	71.4	72.3
69.5	92.2	75.6	106.0	114.4	59.9	67.9	110.5	104.5	94.3
67.9	80.3	82.6	88.3	98.0	89.1	76.0	87.7	91.7	89.3
67.3	69.2	75.1	65.7	79.9	88.0	70.1	73.6	83.4	73.3
67.6	69.1	88.6	79.1	98.2	111.3	91.9	—	114.6	103.5
65.1	69.1	73.3	65.5	99.0	—	76.7	83.5	84.9	79.1
55.6	60.6	61.6	54.6	76.0	77.7	70.0	69.7	75.0	75.4
59.8	72.7	64.6	66.0	88.6	94.1	80.0	85.6	83.1	90.5
54.9	57.4	55.7	56.7	76.8	76.4	57.9	80.7	81.7	80.3
50.5	43.8	47.7	44.6	61.1	63.1	58.3	64.6	71.1	72.5
77.3	88.5	87.0	91.6	109.2	74.7	59.0	102.2	111.0	100.6
54.7	76.7	83.3	80.5	94.7	76.3	44.0	89.5	93.1	88.5
68.2	64.2	66.5	62.7	78.4	68.5	55.3	73.8	71.1	64.9
77.5	82.8	82.6	72.3	114.7	102.2	92.7	98.7	104.7	93.2
68.2	70.5	67.9	65.7	89.2	83.6	72.6	84.8	82.5	86.5
59.4	57.8	59.1	52.0	76.2	60.4	74.9	65.9	72.0	73.3
54.7	67.7	70.4	63.7	94.3	90.1	92.3	92.8	79.2	84.6
59.1	54.6	58.1	55.7	76.0	79.1	72.7	75.5	65.8	79.5
46.5	42.2	48.4	43.5	64.0	59.2	68.8	63.6	58.4	67.8

付表-16 混和剤が注入モルタル

配合番号	7日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※						28日	
	セメント分散剤				A E 剤		セメン	
	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤
a-0-10-0	281	—	378	343	—	242	547	—
a-0-15-0	206	—	278	251	—	237	413	—
a-0-20-0	155	—	208	182	—	161	289	—
a-2-10-0	236	—	278	259	—	226	423	—
a-2-15-0	173	—	215	188	—	178	319	—
a-2-20-0	124	—	147	127	—	126	244	—
a-4-10-0	148	—	200	183	—	165	320	—
a-4-15-0	126	—	149	131	—	131	211	—
a-4-20-0	80	—	98	102	—	85	139	—
a-0-10-5	288	381	404	369	349	330	520	583
a-0-15-5	217	241	284	268	301	249	422	485
a-0-20-5	120	175	185	179	193	155	296	345
a-2-10-5	213	258	268	275	294	228	429	397
a-2-15-5	155	185	247	206	235	172	320	370
a-2-20-5	113	141	117	135	170	117	220	266
a-4-10-5	160	180	186	163	221	177	307	355
a-4-15-5	120	136	130	133	162	126	211	265
a-4-40-5	72	101	88	86	116	85	127	179
a-0-10-10	298	336	380	—	355	309	450	615
a-0-15-10	222	242	295	271	298	271	380	458
a-0-20-10	147	163	201	187	230	196	258	342
a-2-10-10	229	210	299	261	285	251	361	483
a-2-15-10	179	211	207	211	225	196	329	383
a-2-20-10	117	146	158	145	164	134	213	296
a-4-10-10	116	193	201	191	194	167	324	376
a-4-15-10	93	136	140	133	154	114	207	256
a-4-20-10	78	89	118	89	108	91	127	186
a-0-10-15	296	341	374	331	360	329	469	553
a-0-15-15	226	253	282	260	291	250	392	443
a-0-20-15	154	174	202	175	188	176	253	339
a-2-10-15	243	276	283	270	301	245	365	452
a-2-15-15	172	202	214	206	204	185	284	355
a-2-20-15	107	131	174	137	160	127	187	242
a-4-10-15	162	186	192	186	197	168	270	355
a-4-15-15	117	138	135	134	148	119	231	262
a-4-20-15	65	80	97	84	104	86	147	184

※ 異なるバッチより採取した4×4×16cm供試体による曲げ試験折片6個の平均値



の諸性質におよぼす影響(4)

圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※				91日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※					
ト分散剤		A E 剤		セメント分散剤				A E 剤	
P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤
619	524	—	530	668	—	744	717	—	739
484	389	—	408	558	—	564	575	—	536
391	299	—	314	337	—	454	432	—	367
515	400	—	455	607	—	698	661	—	751
364	355	—	337	492	—	541	550	—	575
252	249	—	250	370	—	380	396	—	449
351	364	—	327	461	—	577	626	—	724
236	264	—	249	397	—	424	509	—	554
156	206	—	177	272	—	300	363	—	391
605	562	536	522	626	704	744	739	588	798
426	438	498	416	543	561	550	540	589	569
324	313	362	282	393	406	419	419	428	432
478	469	581	388	644	689	707	721	586	765
374	372	423	341	457	572	590	591	579	564
239	265	317	249	324	380	387	437	463	476
380	357	410	320	498	321	636	601	564	662
280	270	309	271	409	—	474	485	514	532
182	181	233	182	258	—	334	345	390	421
561	589	564	566	634	627	643	715	692	594
480	469	480	456	492	535	523	582	542	610
341	354	403	320	355	403	377	433	456	455
492	516	496	481	639	716	622	—	673	819
387	415	415	353	473	—	533	597	587	644
290	276	306	249	323	460	407	417	434	466
373	384	388	366	499	569	569	612	606	645
270	262	308	271	409	450	467	439	522	539
236	182	213	177	293	320	419	341	369	409
566	535	605	536	674	694	636	699	724	699
458	457	482	450	514	499	518	559	578	531
370	345	353	326	367	374	431	431	418	407
504	497	484	486	664	593	647	731	691	694
415	386	379	382	534	533	605	570	550	607
316	265	285	290	353	356	464	402	422	397
322	365	366	341	558	573	609	574	574	611
296	259	286	248	435	456	490	491	479	511
200	179	211	199	300	315	315	346	378	378

付表-17 減水剤が注入モルタル

配合番号	セメントの 種類	配 合 比			所 要 水	
		F/(C+F) (%)	S/(C+F)	DA/(C+F)	セ メ ン	
					C 剤	L 剤
b-10-0	高炉セメント	0	1.0	0	54.0	53.0
b-15-0	"	"	1.5	"	67.0	64.5
b-20-0	"	"	2.0	"	82.0	77.0
b-10-5	"	"	1.0	0.5R	54.0	53.0
b-15-5	"	"	1.5	"	67.0	64.0
b-20-5	"	"	2.0	"	82.0	79.0
b-10-10	高炉セメント	0	1.0	1.0R	54.0	53.0
b-15-10	"	"	1.5	"	66.0	65.0
b-20-10	"	"	2.0	"	81.0	79.5
b-10-15	"	"	1.0	1.5R	54.0	53.0
b-15-15	"	"	1.5	"	66.0	64.0
b-20-20	"	"	2.0	"	81.0	79.5

配合番号	流 出 時 間 (sec) ※※						保	
	セ メ ン ト 分 散 剤				A E 剤		セ メ ン ト	
	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤
b-10-0	15.6	15.8	16.1	15.8	16.0	15.5	73.2	74.9
b-15-0	15.8	16.4	15.7	16.1	16.0	15.8	74.0	76.1
b-20-0	16.3	16.3	16.4	16.1	16.0	15.9	62.3	67.8
b-10-5	15.7	16.4	16.3	15.9	15.9	16.3	73.4	75.5
b-15-5	15.6	16.0	15.9	16.3	15.9	16.2	72.5	76.4
b-20-5	15.7	15.7	15.7	15.7	16.4	15.7	61.0	65.0
b-10-10	16.0	16.5	16.1	16.1	15.7	15.9	73.0	75.2
b-15-10	16.0	16.2	16.1	15.6	15.5	16.4	72.4	75.7
b-20-10	16.2	15.6	15.7	15.3	16.3	15.8	59.7	65.6
b-10-15	16.0	16.2	15.6	16.9	15.5	16.0	72.2	73.7
b-15-15	16.1	16.0	15.6	16.6	15.7	16.4	72.7	75.2
b-20-15	15.8	15.7	16.1	15.9	16.2	15.9	59.3	65.0

※ バッチの異なる試料を用いて流動性試験を3回行ない、流出時間の平均値が16±0.5secとなるように定めた  
 ※※異なるバッチより採取した試料3個についての平均値

の諸性質におよぼす影響(5)

セメント比 W/(C+F) (%) ※				ブリージング率 (%) ※※	
ト分散剤		A E 剤		分散剤	A E 剤
P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	P 剤	V 剤
54.0	53.5	54.0	54.0	3.6	3.4
66.0	65.0	65.8	66.0	4.3	5.4
79.5	80.0	80.5	81.0	8.2	6.5
50.8	54.5	53.8	54.0	4.0	3.4
62.4	65.5	66.1	66.0	5.4	4.1
77.0	80.0	79.8	81.0	6.8	6.7
49.5	54.0	54.1	54.0	2.8	2.9
61.0	65.5	65.6	66.0	5.5	6.5
76.0	81.0	79.6	81.0	7.7	6.6
49.0	53.5	54.4	54.0	2.3	5.0
60.5	65.0	65.4	66.0	3.6	3.9
75.0	75.5	79.9	81.0	5.4	7.0

水性 (%) ※※				空気量 (%) ※※					
分散剤		A E 剤		セメント分散剤				A E 剤	
P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤
71.4	74.8	74.4	73.2	0.13	0.10	0.12	0.10	0.18	0.20
73.4	74.8	75.6	74.4	0.15	0.08	0.10	0.15	0.13	0.17
67.1	67.9	68.2	69.8	0.12	0.15	0.09	0.17	0.13	0.21
74.0	74.4	73.4	73.7	0.07	0.12	0.10	0.10	0.21	0.21
73.3	74.3	75.0	73.8	0.12	0.10	0.15	0.12	0.17	0.23
69.5	62.6	67.8	66.8	0.22	0.10	0.13	0.12	0.15	0.20
76.1	73.6	74.1	73.2	0.11	0.12	0.17	0.17	0.28	0.21
75.4	74.9	74.0	74.1	0.13	0.10	0.13	0.12	0.15	0.21
70.6	62.1	66.0	63.5	0.18	0.08	0.11	0.15	0.77	0.25
76.6	75.1	73.9	73.8	0.11	0.07	0.18	0.15	0.39	0.25
74.4	75.4	74.9	72.8	0.13	0.08	0.15	0.17	0.36	0.30
74.1	65.5	67.0	65.8	0.25	0.08	0.16	0.23	0.77	0.56

水セメント比

付表-18 減水剤が注入モルタルの

配合番号	セメント分散剤				A E 剤		セメント	
	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤
	7 日 曲 げ 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※						28 日 曲 げ	
b-10-0	43.8	45.7	44.9	46.8	49.3	52.8	68.8	69.8
b-15-0	36.9	49.0	36.5	40.3	39.9	45.2	64.4	63.6
b-20-0	29.8	40.0	29.9	30.3	32.1	35.0	54.8	56.7
b-10-5	42.5	49.2	54.9	45.5	50.0	48.9	70.2	89.8
b-15-5	38.9	43.4	43.5	41.0	41.8	44.4	65.0	68.5
b-20-5	27.9	34.3	34.3	38.8	35.3	39.2	58.4	86.5
b-10-10	43.9	47.4	44.1	51.4	49.5	48.6	70.6	99.4
b-15-10	37.6	38.6	47.6	—	40.9	43.7	59.4	64.0
b-20-10	29.1	32.8	34.0	32.2	30.0	34.9	59.6	55.1
b-10-15	41.3	46.2	47.7	—	45.1	45.2	71.6	72.3
b-15-15	35.1	40.6	43.7	—	40.7	38.0	64.2	65.5
b-20-15	29.6	31.5	35.9	—	34.1	32.8	57.3	53.6
	7 日 圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※※						28 日 圧 縮	
b-10-0	162	208	202	206	229	201	396	428
b-15-0	145	162	155	164	166	169	316	399
b-20-b	99	123	108	108	126	104	258	344
b-10-5	187	210	232	242	254	216	426	483
b-15-5	146	161	183	169	185	156	336	381
b-20-5	101	114	146	150	139	123	239	336
b-10-10	195	211	265	285	237	216	329	512
b-15-10	157	150	207	—	171	162	238	442
b-20-15	91	116	138	105	122	125	200	325
b-10-15	178	214	223	—	216	222	236	507
b-15-15	130	155	193	—	170	166	231	386
b-20-15	89	106	132	—	129	118	235	320

※ 異なるバッチより採取した供試体 3 個の平均値

※※ 異なるバッチより採取した 4 × 4 × 16cm 供試体 3 個を用いて行なった曲げ試験折片 6 個の平均値

諸性質におよぼす影響(6)

分散剤		A E 剤		セメント分散剤				A E 剤	
P 剤	N 剤	V 剤	D 剤	C 剤	L 剤	P 剤	N 剤	V 剤	D 剤
強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※				91 日 曲 げ 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※					
65.3	47.6	71.6	64.1	78.7	—	81.6	92.7	73.3	74.8
59.1	99.5	67.8	62.8	63.7	—	76.5	80.6	71.2	71.3
60.3	78.3	65.1	53.8	62.0	—	68.9	90.3	64.6	63.1
86.8	103.0	61.5	63.9	68.4	—	80.2	79.1	83.7	73.9
69.6	97.7	61.7	63.3	73.9	—	75.4	72.6	80.6	66.2
54.1	90.5	62.8	56.9	67.8	—	73.4	69.5	70.4	62.7
83.0	100.4	71.4	63.3	68.2	—	97.6	85.4	100.2	76.4
67.6	66.3	70.5	59.9	74.0	—	90.7	—	87.8	68.6
64.6	56.8	63.6	54.3	61.8	—	78.5	66.7	64.0	66.5
78.1	67.9	80.1	61.2	74.1	—	82.7	—	73.1	69.2
72.3	63.1	60.2	56.3	74.3	—	73.5	—	70.6	72.9
61.3	57.9	56.9	52.6	68.8	—	71.3	—	58.7	57.7
強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※※				91 日 圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> ) ※※					
454	478	518	492	602	—	702	785	742	653
397	363	430	470	511	—	649	606	635	494
312	228	367	354	403	—	496	490	515	466
541	522	526	516	604	—	756	745	744	742
438	421	443	453	510	—	704	631	624	617
377	327	364	384	407	—	579	484	541	477
581	509	506	581	615	—	745	736	756	741
442	408	427	451	499	—	676	—	604	612
360	316	320	348	420	—	566	477	477	473
549	510	486	523	652	—	734	—	693	694
473	407	414	424	537	—	694	—	632	590
357	318	355	332	411	—	557	—	542	452

付表-19 大船渡港津波防波堤工事(1964年度)における注入モルタルの試験結果

No.	流出時間 (sec)	保水性 (%)	3 HR. ブリージング率(%)				3 HR. 膨張率(%)				28日 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
			B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	平均	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	平均	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	平均
1	23.0	71.7	1.9	2.4	2.2	2.2	4.3	4.3	4.9	4.5	184	183	223	196
2	36.0	77.7	1.6	2.6	2.4	2.3	4.1	5.0	5.1	4.7	—	161	161	161
3	27.2	75.0	3.1	2.9	3.0	3.0	3.9	3.9	2.0	3.6	214	128	133	158
4	21.4	74.5	3.1	2.9	3.0	3.0	4.7	4.6	5.0	4.8	173	195	114	161
5	16.4	67.4	3.1	4.3	3.9	3.8	5.1	5.3	5.1	5.2	133	144	129	136
6	20.1	68.5	4.4	2.2	4.2	3.6	4.9	4.0	3.7	4.2	128	141	146	138
7	19.8	69.0	2.2	2.4	2.6	2.4	3.7	4.3	4.2	4.1	195	158	211	188
8	22.3	67.9	1.6	3.0	2.7	2.4	4.8	5.5	5.7	5.3	181	209	219	203
9	29.8	69.0	3.7	4.6	3.0	3.8	4.4	4.4	4.0	4.3	145	167	180	164
10	33.4	75.0	3.0	2.7	2.4	2.7	4.2	4.2	4.1	4.2	199	130	138	156
11	15.8	78.3	1.2	1.4	1.2	1.3	3.6	4.3	4.1	4.0	121	106	161	129
12	16.4	73.4	2.8	2.2	2.0	2.3	5.8	5.7	6.2	5.9	137	157	126	140
13	23.2	72.3	2.5	4.5	2.9	3.3	4.4	4.5	4.9	4.6	125	132	—	129
14	28.0	72.3	2.6	2.0	3.0	2.5	5.6	4.9	6.0	5.8	160	161	146	156
15	27.7	71.7	3.5	1.7	2.3	2.5	4.2	4.1	4.0	4.1	177	138	138	151
16	17.9	62.5	3.0	4.1	2.2	3.1	4.8	5.1	4.8	4.9	125	163	161	149
17	22.9	70.1	3.1	2.7	2.7	2.8	5.5	5.9	4.8	5.4	191	148	137	159
18	20.1	69.6	5.8	2.2	2.9	3.6	4.6	4.2	4.8	4.5	143	191	183	172
19	20.6	70.1	5.2	5.4	4.2	4.9	6.4	5.9	5.9	6.1	225	148	154	174
20	23.5	72.3	3.9	2.5	2.3	2.9	5.1	5.2	4.9	5.1	134	123	130	129
21	23.8	65.6	3.5	2.8	2.8	3.0	3.1	3.7	4.2	3.7	134	146	162	147
22	17.9	63.0	3.1	4.0	4.2	3.8	5.7	5.4	5.2	5.4	150	111	114	125
23	19.3	65.2	3.1	2.9	2.6	2.9	5.5	4.5	4.6	4.9	154	156	153	154
24	20.8	65.8	3.2	3.6	2.7	3.2	5.6	6.5	5.2	5.8	126	129	117	124
25	24.5	67.9	3.2	2.1	2.3	2.2	6.3	6.5	5.7	6.2	122	168	136	142
26	16.9	62.0	2.6	2.9	3.4	3.0	5.3	5.9	5.8	5.7	127	112	148	129
27	15.7	59.8	3.1	2.7	5.5	3.8	6.5	7.2	9.5	7.7	139	130	135	135
28	16.6	63.2	4.6	4.9	3.6	4.4	5.1	5.4	5.3	5.3	145	183	178	169
29	20.0	67.9	3.1	2.7	3.4	3.1	4.9	4.6	4.1	4.5	184	124	139	147
30	20.6	67.4	3.8	3.6	3.1	3.5	5.7	4.5	4.1	4.8	189	139	162	163
31	21.5	67.9	4.2	3.8	3.4	3.8	4.5	4.5	4.4	4.5	168	161	157	162
32	20.3	68.5	4.9	4.2	4.9	4.7	5.1	5.1	5.9	5.4	113	187	178	159
33	16.6	65.2	6.4	5.8	6.5	6.2	5.4	4.7	4.4	4.8	155	178	90	141
34	20.7	67.4	5.4	5.0	4.5	5.0	4.9	4.3	4.7	4.6	196	163	155	171
35	22.2	49.0	4.6	3.8	4.3	4.2	4.6	5.5	5.0	5.0	197	143	149	163
36	24.6	68.5	3.5	3.5	4.5	3.8	4.0	4.5	4.3	4.3	124	117	141	127
37	19.2	63.0	5.7	5.2	5.5	5.5	4.7	5.0	4.8	4.8	205	193	162	186
38	16.9	64.7	7.3	6.0	5.0	6.1	5.7	5.0	5.3	5.3	97	212	202	170
39	15.5	64.1	3.4	5.8	4.4	4.5	4.1	4.6	3.9	4.2	119	146	177	147
40	16.0	43.0	3.9	3.3	3.5	3.6	5.3	5.2	4.9	5.1	153	105	122	127
41	17.0	64.1	3.1	2.8	3.5	3.1	4.0	4.5	4.9	4.5	115	129	152	132
42	21.3	68.5	2.6	2.1	2.4	2.4	4.9	4.7	4.2	4.6	187	147	115	150
43	21.9	69.0	2.7	3.7	3.1	3.2	3.4	3.9	4.5	3.9	185	142	165	164
44	19.6	69.0	3.7	3.0	4.1	3.6	3.7	5.6	5.5	4.9	163	151	104	139
45	22.0	68.0	2.4	3.7	3.3	3.1	4.6	5.1	5.3	5.0	167	139	133	146
46	15.5	66.9	3.0	3.1	4.1	3.4	4.9	5.5	5.8	5.1	143	164	143	150
47	17.0	65.7	3.2	3.5	2.6	3.1	5.7	5.7	5.0	5.5	108	118	170	134
48	17.5	64.7	3.2	2.9	3.1	3.1	4.7	5.4	4.6	4.9	136	111	133	127
49	17.6	66.3	3.2	2.9	3.1	3.1	4.9	5.0	4.6	4.8	143	205	149	166
50	15.7	64.1	3.2	3.8	3.9	3.6	4.6	4.5	5.8	5.0	119	94	154	122

No.	流出時間 (sec)	保水性 (%)	3 HR. プリージング率(%)				3 HR. 膨張率(%)				28日 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
			B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	平均	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	平均	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	平均
51	17.4	65.2	4.6	3.3	3.7	3.9	4.1	3.5	4.2	3.9	116	124	122	121
52	18.4	66.3	2.2	2.1	2.4	2.2	6.7	6.8	6.8	6.8	127	158	114	133
53	19.6	67.4	3.1	3.0	2.3	2.8	4.3	6.8	4.7	4.4	124	125	137	129
54	17.9	66.3	3.1	2.9	3.2	3.1	3.4	3.1	3.9	3.5	115	213	155	161
55	15.5	63.0	4.1	4.3	5.4	4.6	3.9	4.3	5.1	4.4	152	199	170	174
56	20.3	67.9	3.3	4.0	3.8	3.7	4.0	4.8	4.0	4.3	154	222	135	170
57	20.2	65.2	3.4	3.1	3.8	3.4	4.7	4.6	4.5	4.6	107	192	112	137
58	18.5	66.8	3.9	5.5	6.6	5.3	4.1	4.3	4.3	4.2	164	123	196	161
59	19.0	67.9	5.1	4.9	6.0	5.3	4.4	4.4	4.1	4.3	226	181	180	196
60	17.6	65.2	2.9	4.2	3.1	3.4	4.3	3.9	4.3	4.2	172	119	220	170
61	17.5	65.8	4.1	3.3	3.2	3.5	4.8	4.9	4.8	4.9	135	143	146	141
62	13.5	60.9	5.1	4.9	6.7	5.6	4.1	3.7	4.6	4.1	143	104	114	119
63	16.7	65.2	3.8	3.6	4.0	3.8	4.3	4.0	4.5	4.3	165	169	190	175
64	18.6	67.4	3.5	3.1	3.6	3.4	3.5	4.1	4.1	3.9	173	180	148	167
65	19.8	67.9	2.9	3.7	3.8	3.5	4.7	5.5	4.3	4.8	148	104	171	141
66	18.0	66.8	3.6	3.2	3.0	3.3	4.8	4.6	4.7	4.7	162	190	176	176
67	17.8	65.2	4.3	3.6	3.8	3.9	5.3	4.8	4.8	5.0	198	204	214	205
68	15.9	63.0	3.9	4.3	4.0	4.1	4.6	5.1	4.2	4.6	177	213	210	200
69	18.5	66.3	2.6	2.6	2.6	2.6	3.8	4.2	4.5	4.2	199	200	173	191
70	26.3	66.3	1.9	2.2	1.7	1.9	4.1	4.4	4.5	4.3	—	204	146	175
71	15.8	62.0	3.5	3.5	3.4	3.5	4.5	4.2	4.8	4.5	133	90	176	133
72	15.8	62.5	3.8	5.5	8.1	5.8	4.3	5.0	5.4	4.9	173	134	183	163
73	17.2	64.7	2.6	3.4	4.7	3.6	4.0	4.4	5.2	4.5	197	188	183	189
74	19.1	64.1	2.5	2.8	2.5	2.6	4.8	6.0	4.5	5.1	179	196	183	186
75	20.8	66.3	2.2	2.2	2.2	2.2	4.6	4.4	4.5	4.5	194	209	218	207
76	17.3	62.5	4.8	5.5	4.7	5.0	4.3	4.5	5.1	4.6	102	171	202	158
77	16.2	62.0	5.0	5.9	5.9	5.6	3.8	4.2	4.2	4.1	161	86	107	118
78	16.2	62.0	5.7	5.6	5.5	5.6	4.7	4.2	4.5	4.5	167	107	116	130
79	16.5	63.6	5.9	6.6	6.8	6.4	3.5	4.1	3.5	3.7	125	111	186	141
80	14.4	59.8	7.6	7.5	6.1	7.1	5.2	5.6	5.4	5.4	158	92	113	121
81	18.2	65.2	4.0	3.3	4.8	4.0	4.7	4.3	4.1	4.4	116	—	225	171
82	15.3	61.4	4.9	4.8	4.4	4.7	4.4	4.4	4.4	4.4	189	116	137	147
83	17.4	63.0	3.5	3.8	3.6	3.6	5.2	5.0	5.1	5.1	171	87	235	164
84	17.3	62.5	3.9	3.9	3.8	3.9	5.1	5.3	5.6	5.3	181	107	184	157
85	19.4	66.3	3.6	4.3	4.0	4.0	4.3	4.1	4.5	4.3	97	137	140	125
86	18.2	64.7	2.7	4.2	3.2	3.4	4.6	4.9	5.6	5.0	218	175	213	202
87	18.8	65.2	4.3	3.4	4.8	4.1	3.9	3.9	3.6	3.8	139	120	217	159
88	14.0	59.8	7.4	6.4	7.2	7.0	3.4	4.4	4.4	4.1	93	183	137	138
89	18.2	64.7	2.9	3.9	3.1	3.3	4.5	4.4	4.3	4.4	175	198	194	189
90	22.5	67.9	2.4	2.7	2.8	2.6	4.6	4.7	5.1	5.8	203	134	—	169
91	18.2	63.6	2.8	2.4	3.7	3.0	4.0	3.9	4.2	4.0	181	192	154	176
92	17.0	63.0	3.3	5.2	5.0	4.5	4.8	5.0	4.6	4.8	169	98	157	141
93	16.6	63.0	4.4	3.2	4.8	4.1	5.1	4.9	5.0	5.0	189	214	211	205
94	19.0	64.1	5.6	6.8	4.5	5.6	4.9	4.3	4.1	4.4	129	—	204	167
95	20.5	66.3	2.6	2.4	2.7	2.6	4.6	4.8	4.5	4.6	188	158	191	179
96	16.5	61.4	5.1	4.5	5.2	4.9	5.3	5.2	5.0	5.2	146	124	—	135
97	20.1	65.8	2.5	2.5	3.2	2.7	4.1	4.7	3.9	4.2	205	196	—	201
98	19.2	65.8	3.5	2.9	3.6	3.3	5.0	4.8	4.8	4.9	183	127	191	167
99	17.4	63.0	3.6	5.1	5.4	4.7	4.6	4.6	4.9	4.7	188	180	127	165
100	15.2	61.4	9.5	8.9	8.9	9.1	4.1	3.4	4.1	3.9	167	95	143	135
平均値	19.4	66.3				3.8				4.7				156
標準偏差	3.84	3.72				1.28				0.67				23.4
変動係数(%)	19.8	5.6				33.7				14.2				15.0

※ 不偏分散の平方根

(昭和40年4月24日受付)

港湾技術研究所報告 第4巻6号

1965年7月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市川間162

印刷所 中和印刷株式会社  
東京都中央区入船町2の3