

# 港湾技術研究所報告

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

第2巻 2号

Vol. 2 No. 2

小名浜，中之作両港建設工事に用いられる

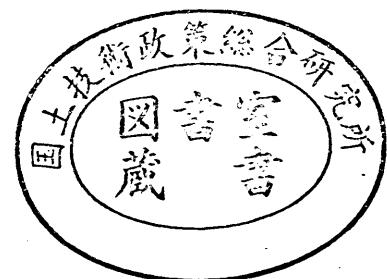
コンクリートおよび注入モルタルの配合設計について……………赤塚雄三

振動時の飽和砂の土圧と間隙水圧に関する研究……………石井靖丸 土田肇

古部哲兵

1963年9月

運輸省港湾技術研究所



## 目 次

小名浜，中之作両港建設工事に用いられるコンクリートおよび 注入モルタルの配合設計について	1頁
§1. 概 要	2
§2. 概造物ならびに施工条件	4
§3. 使用材料	6
3-1 セメントおよびフライアツシュ	6
3-2 細 骨 材	6
3-3 粗 骨 材	7
3-4 セメント分散剤	8
3-5 発 泡 剤 (アルミニウム粉末)	9
§4. コンクリートの配合	10
4-1 所要の性質	10
4-2 実験結果と考察	10
4-3 配合設計の方法	11
§5. 注入モルタルの配合	12
5-1 所要の性質とそれに影響をおよぼす要素	12
5-2 一般的な配合設計の方法	13
5-3 普通セメントと夏井川砂を用いた配合	16
5-4 フライアツシュ，セメントと浜街海岸砂を用いた配合	17
§6. 注入モルタルの性質に影響をおよぼす，2，3の因子ならびに プレバクド・コンクリート材料の単位使用量について	19
6-1 練り上り温度について	19
6-2 セメントの風化について	20
6-3 セメントの種類について	21
6-4 単位使用量の計算について	22
§7. 結 論	23
参 考 文 献	24
振動時の飽和砂の土圧と間隙動水圧に関する研究	25
§1. 研究目的	26
§2. 実験器材と実験方法	26
2-1 実験装置	26
2-2 測定器	29
2-3 使用試料	33
2-4 実験方法その他	33

2-5 実験条件の組合せ	35
§3. 間隙比の変化と流動化	37
3-1 概 説	37
3-2 間隙比の変化	37
3-3 砂層の流動化	39
3-4 結果の検討	40
§4. 土 圧	40
4-1 概 説	40
4-2 残留土圧	41
4-3 振動中の土圧の変化	45
4-4 土圧振巾	47
4-5 海側変位時の土圧	58
§5. 間隙動水圧	62
5-1 概 説	62
5-2 間隙動水圧の変化過程	62
5-3 間隙動水圧分布	63
5-4 間隙動水圧合力振巾	64
5-5 振動初期の間隙動水圧	67
5-6 海側変位時の合圧力	67
§6. ま と め	68

# 小名浜・中之作両港建設工事に用いられるコンクリート および注入モルタルの配合設計について

赤塚雄三\*

## LABORATORY STUDIES ON CONCRETE AND INTRUSION MORTAR FOR MARITIME CONSTRUCTION WORKS AT ONAHAMA AND NAKANOSAKU HARBORS

Yuzo Akatsuka, M. Sc.\*

Reported herein are the results of laboratory studies on the concretes and intrusion mortars to be employed for the maritime construction works at Onahama and Nakanosaku Harbors of Fukushima Prefecture in northern part of Japan. These studies were carried out under the contract between the Department of Public Works, Fukushima Prefecture, and the Port and Harbor Technical Research Institute, Ministry of Transportation, during the period March 1963 to June 1963.

One of the main purposes of these studies is to evaluate the Samekawa Gravel as a coarse aggregate and to find proper mix proportioning of concretes with the gravel which will fulfill the minimum requirements for the construction works. The others are to investigate the applicability of two types of sand, namely, Natsugawa and Hamamachi Sands, as fine aggregates for intrusion mortar and also to find appropriate mix proportionings of the mortar with the sands. Also reported herein are the results of studies on the effects of temperature rise, aeration of cement, and type or brand of cement upon the fresh and hardened properties of intrusion mortar.

The river system of Samekawa is considered practically the sole resource of natural gravel in the vicinity of Onahama and the neighbouring ports. The results of petrographical and physical investigations on Samekawa Gravel and other tests on concretes with it clearly demonstrate that the gravel has a potential to yield concretes of required properties for the construction works in spite of its extremely flat shape of particles, provided reasonable mix proportionings would be employed. Based on the test results, a graphical method of mix design is given for the particular gravel, a certain brand of cement, and Natsugawa Sand. This method is to give the concrete of nominal cement factor of 200 to 350kg/m<sup>3</sup>, the compressive strength at 28 days of which will range from 80 to 250 kg/cm<sup>2</sup>.

Both Natsugawa and Hamamachi Sands are considered a little coarser than those generally used for intrusion mortar, the fineness moduli of which are 2.46 and 2.70, respectively. The petrographical and physical investigations and tests on the intrusion mortar using the sands show that these sands may be used as fine aggregates for intrusion mortar if the mix proportioning is designed to give the mix of

---

\*構造部，材料施工研究室

\*Research Engineer, Materials Laboratory, Soil and Structure Division.

high water retentivity and of little bleeding. Suggested mix proportionings are shown in this report. In connection with this subject, a general method of mix design of intrusion mortar is presented. This method suggests that the factors such as pozzolan-cement ratio (P/C+P), sand-cement ratio (S/C+P), water-cement ratio (W/C+P), and dosages of cement dispersing agent and powdered aluminum should be selected considering properties of the mortar, i. e., flowability, water retentivity, bleeding, expansibility, and strength. The general tendency of effects of these factors mentioned above upon the properties of intrusion mortar are also described.

Temperature rise of intrusion mortar brings out the loss of its flowability. This effect becomes considerably prominent when the original mix is so called stiff-mix and is accelerated with the degree of temperature rise. One of the most effective remedy for this adverse effect is to decrease sand-cement ratio maintaining the other factors constant. To increase water-cement ratio should be avoided, since it will decrease water retentivity of the mortar, consequently resulting in an accelerated segregation of materials and low strength after hardened.

Aeration of cement presents serious problems, that is, considerable loss of flowability of the mortar and its strength. One of the test results shows that the mortar with aerated cement for 24 hours at 80 percent relative humidity and 20°C lost 30 percent in flowability and 20 percent in compressive strength at 28 days. Since the effects of the aeration of cement is quite unstable, there is no effective remedy for it. As commonly warned, therefore, no cement may be employed when it is aerated or in doubt of aeration until tests on the cement show that it can be used.

Type or brand of cement also has considerable effects on the properties of intrusion mortar. Test results are given to show that a certain brand of portland flyash cement of B Type is more preferable to an ordinary portland cement, a part of which is replaced by fly ash to the equivalent amount as in the fly ash cement, since the former yields much less bleeding, higher water retentivity and higher compressive strength than the latter. The intrusion mortar made of a high early strength portland cement seems to give a more cohesive and less flowable mix than an ordinary portland cement if the identical water-cement ratio is employed.

## §1 概 要

本報告は福島県土木部の依頼により同県小名浜港および中之作港の建設工事に用いられるコンクリートおよびプレバツクド・コンクリートの配合設計ならびに施工管理のための資料を得る事を目的として行われた実験結果を取纏めたものである。

福島県小名浜港附近に産出する粗骨材に関しては従来その品質が不良でこれを用いて高強度のコンクリートを得る事が困難とされていたが、その原因については十分に明らかにされていない。また同港附近には粒度その他の性質の異なる細骨材が数種産出するが、これをプレバツクド・コンクリートに用いた例は少く、注入モルタルの経済的な配合と粗骨材の所要の粒度などについての参考資料に乏しい。一方同港周辺においては良質な粗骨材資源に乏しく、強いて求めれば茨城県久慈川あるいは那珂川などに見出す事ができるが、搬路が遠く、短期間に大量輸送するには交通上の障害もあり経済的とは云い難い。従つて品質が不良と云われている鮫川産の粗骨材を用

いたコンクリートについて試験を行い、原因を究明すると共に、所定の強度を有するコンクリートの配合設計資料を求め得るならば、大量のコンクリート工事が予定されている小名浜港ならびに周辺諸港の建設工事に寄与する所極めて大である。また同港附近の夏井川産砂および浜街海岸砂について注入モルタル用細骨材としての適否を明らかにし、その配合設計の資料を提出する事は上述と同様の意義を有するものと考えられる。

本実験では以上のような観点から以下の諸試験を行った。最初に問題となつている細骨材および粗骨材について比重、吸水量、粒度試験などを行うと共にその鉱物組成について調査した。次にこれらの骨材を用いて数種の配合の注入モルタル、コンクリートおよびプレパクド・コンクリートを作り、夫々の未だ固らない状態および硬化後の状態について諸試験を行った。更に施工管理上の問題としてセメントのある程度の風化や暑中施工における注入モルタルの練り上り温度の上昇などが予想されるが、これらに関しては適切な研究報告も皆無の状態に等しいので、セメントの風化ならびに練り上り温度の上昇による注入モルタルの流動性および強度の変化を調査した。骨材およびコンクリートに関する諸試験については日本工業規格に標準試験方法が定められて居り、従つてこれらはすべて上記規格に準じて行われたが、注入モルタルならびにプレパクド・コンクリートに関しては未だ標準試験方法が制定されていないため港湾技術研究所の推奨する方法<sup>1,2)</sup>によつて行われた。

実験の結果を要約すると以下の通りである。

鮫川産砂利は主として片岩、片麻岩などの変成岩よりなり、コンクリート用粗骨材としては必ずしも良好なものとは云い難いが骨材自体の強度は極端に低いものではない。コンクリートに用いて高強度が得られない最大の原因はその粒形が極端に扁平であるため、所要のウオーカビリテイを得るに必要な単位水量が比較的多い事にある。従つて良質の骨材を用いる場合よりも単位セメント量を多少増加すると共に、適当なセメント分散剤を使用して単位水量を減少し、また施工管理を入念に行えば所要の強度を有するコンクリートを期待する事ができる。本報告には以上の結果に基いた配合設計法が示されている。

小名浜海岸産の砂は粒度が極端に細く、これをコンクリートならびにプレパクド・コンクリートに用いる事は適当でない。隣接の平市内の夏井川砂、および浜街海岸砂は共に石英質の堅硬な粒子に富み、コンクリート用細骨材としては適当である。しかし注入モルタルに用いるには粒度が粗いのが難点で、特に浜街海岸砂の場合には少量ながら貝殻破片も含まれて居り、両砂とも原砂のまま用いる事は粗粒子の沈澱分離などによつてポンプや注入管の閉塞を惹起する可能性があり好ましくない。従つて注入モルタルに用いるには予め篩分け、粗粒を除く必要がある。以上の点を除いて特に問題となる要素は見当らない。実験結果に基いて夫々の砂を用いた場合の適当な配合を数種提示した。

注入モルタルの流動性はその練り上り温度の上昇に応じて減少し、その傾向はいわゆる硬練りの場合ほど著しい。温度上昇に伴う流動性の減少は必ずしも施工上の障害を直ちにもたらす程度のものではないが、粗骨材間隙における流動が悪くなり、注入モルタルの行き回りが不完全となる場合もあり得る。流動性を改善する手段としては水セメント比を同一に保つて砂セメント比を減少する事が最も効果的である。水セメント比を増加する事は材料の分離をもたらす、ポンプや注入管閉塞の原因となるだけでなく、強度を著しく減少せしめるもので絶対に避けなければならない。

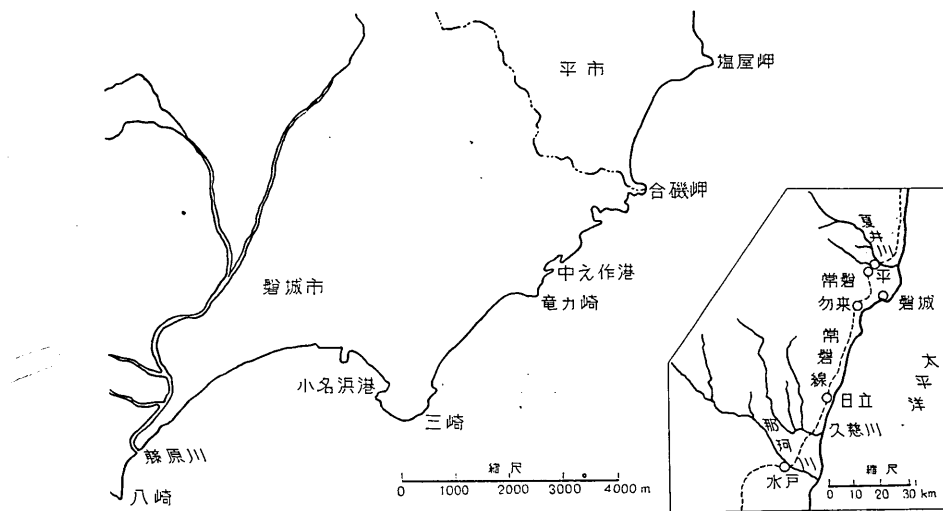
セメントの風化の程度を正確に表示する事は困難であるが、風化したセメントを用いた注入モルタルの流動性は極めて悪く、また強度も著しく減少する。常識的な結論ではあるがセメントの貯蔵には特に留意してその風化を防止し、また風化の疑いのあるセメントは試験結果が安全である事を証明するまで、その使用を避けるべきである。

本報告に述べた結果は福島県土木部に対して別途報告したものであるが、その内容にはコンクリートおよびプレパクド・コンクリートに関する一般的な参考資料も含まれて居り、試験依頼者の諒解の下にこれを港湾技研

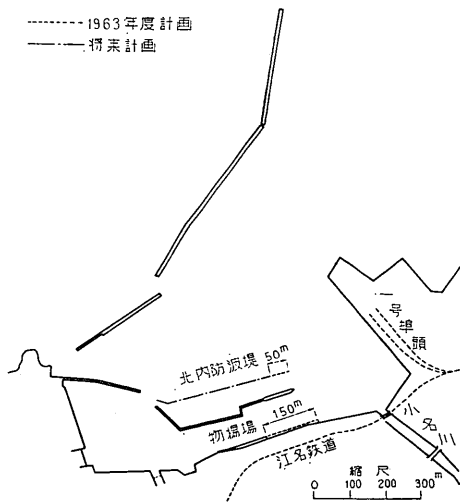
報告として発表する事にしたものである。試験の実施ならびにその結果の発表に当つては福島県土木部港湾課、同県小名浜港湾建設事務所および港湾技術研究所の関係者各位、特に港湾技術研究所技術員、津端雅史君の御協力による所が大きい。深謝の意を表する次第である。

## §2 構造物ならびに施工条件

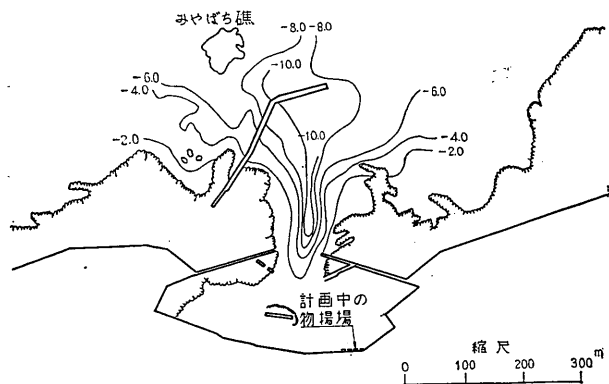
1963年度に施工を予定されている主な構造物は小名浜港北内防波堤（延長50m、コンクリート 350m<sup>3</sup>、プレパクド・コンクリート 1,350m<sup>3</sup>）、同港物揚場（延長150m、コンクリート1,400m<sup>3</sup>、プレパクド・コンクリート400m<sup>3</sup>）、中之作港物揚場（延長51m、コンクリート70m<sup>3</sup>、プレパクド・コンクリート280m<sup>3</sup>）などで、約1,800 m<sup>3</sup>のコンクリート、2000m<sup>3</sup>のプレパクド・コンクリート工事が計画されている。（上記の値はいずれも概算値）。小名浜、中之作両港の位置、構造物の港内配置図およびその標準断面図を図一～6に示す。小名浜港物



図一 小名浜港および中之作港位置図



図二 小名浜港



図三 中之作港

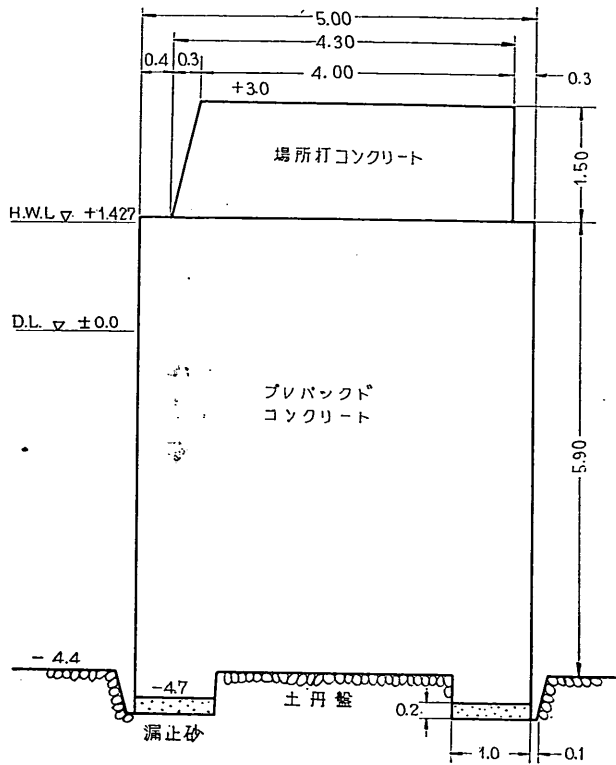


図-4 施工予定構造物標準断面 小名浜港北内防波堤 (単位: m)

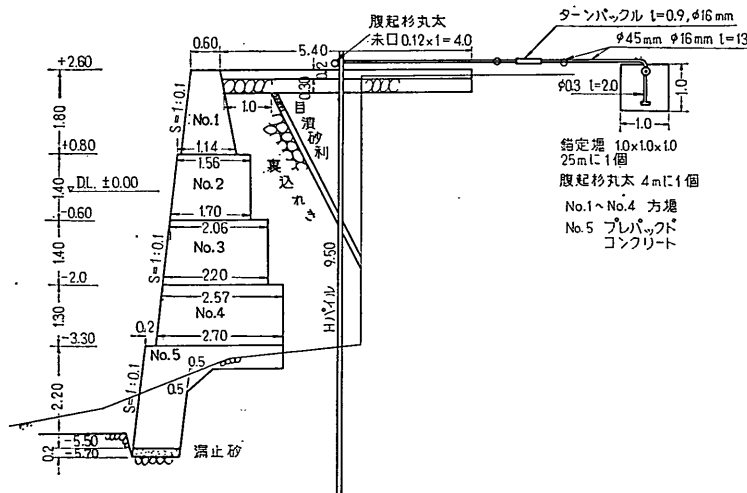
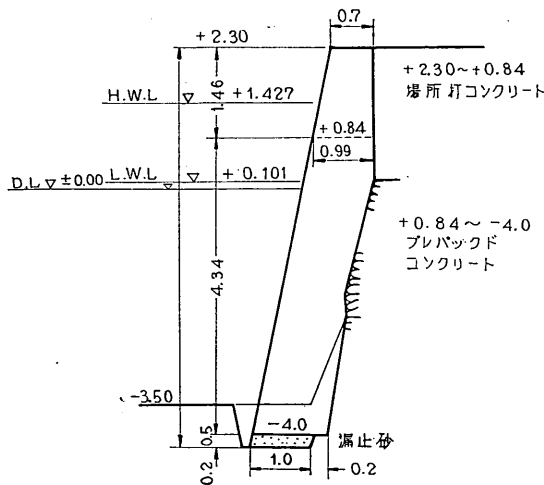


図-5 小名浜港物揚場断面図 (単位: m)

揚場におけるプレキャスト・コンクリートの場合には打上り面は水中にあるが、同港北内防波堤および中之作港物揚場の場合には平均水位面上に設けられ、その打上り高さもかなり大きい。しかし水中に打継目を設ける事は好ましくないで、注入モルタルの配合に特に考慮を払い、材料分離の少ない配合を選定し、これを用いる事によつてブリージングなどによる上下のコンクリートの強度差を少なくするような計画を樹てる事が必要である。

建設計画中のいずれの構造物の場合にもその下層盤は堅固な土丹であり施工上特に問題となるような要素はないものと考えられている。打上り高さの大きい小名浜港北内防波堤および中之作港物揚場のプレキャスト・コンク





図一六 中之作港物揚場断面図 (単位: m)

リート工事では型枠の膨みを防止するためにI型鋼を使用する予定でありまた土丹堀削面と型枠下端との不整な間隙からの注入モルタル漏洩防止工として型枠内に適当な厚さの砂層を設ける予定である。

### §3 使用材料

セメント、砂および砂利に関しては主として小名浜、中之作両港の建設工事にその使用が予定されている材料を実験に供したが、比較試験などの必要に応じて別種の材料も併用した。諸材料の入手量はある程度制限され、その入手時期も多少ずれたため、注入モルタルに関する実験では使用予定のセメント

2種(普通ポルトランドセメントとB種フライアツシュセメント)および細骨材2種(夏井川産と浜街海岸産)の組合わせは2種に限定され、相互の直接的な比較は行い兼ねた。

#### 3-1 セメントおよびフライ・アツシュ

コンクリートには磐城セメントKK・四倉工場製の普通ポルトランドセメントを用いる予定とされて居り、注入モルタルには同社のB種フライアツシュ・セメントが予定されている。上記のフライアツシュ・セメントはイワキ普通ポルトランドセメントに常磐フライアツシュを配したもので、この他に小野田セメントKK・田原工場製の普通ポルトランド・セメントおよび宇部興産KK・宇部窒素工場製の宇部ポゾランなどを併用した。主な実験に用いられた3種のセメントの諸性質を表一に示す。

表一 セメントの諸性質

#### (A) 物理的性質

セメントの種類	比重	ブレン値 (cm <sup>2</sup> /gr)	凝結(時・分)		安定性	フロー (mm)	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
			始発	終結			3日	7日	28日	3日	7日	28日
イワキ	3.16	3130	2-09	3-05	良	236	32.8	47.7	70.6	131	228	409
オノダ	3.16	3290	2-23	3-23	良	243	32.9	47.2	69.1	138	227	400
フライアツシュ	2.95	3370	2-38	3-32	良	278	28.4	44.7	66.9	112	182	367

#### (B) 化学的性質 (%)

セメントの種類	強減	熱量	不成分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	合計
イワキ	0.5	0.8	21.1	5.9	3.3	64.2	1.7	1.7	99.2	
オノダ	0.7	0.2	22.6	5.4	3.0	64.5	1.3	1.8	99.4	
フライアツシュ	0.4	17.4	18.0	5.7	2.7	52.0	1.4	1.6	99.2	

#### 3-2 細骨材

細骨材としては2種の砂が実験に供された。いずれも福島県平市内に産するものであるが採取場所が異り、一つは夏井川で採取され、他は浜街海岸で採取された。この他に小名浜海岸の砂も検討の対象とされたが、その粒度が極端に細いため当初より除外された。その試験成績は表二に示す通りで、同表には更にコンクリート用細骨材の標準粒度範囲<sup>9)</sup> および注入モルタル用細骨材の標準粒度範囲<sup>10)</sup> が示されている。コンクリート用細骨材と

表一 2 細骨材の試験成績および標準粒度範囲

産地	比重	吸水量 (%)	単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	篩に留るものの重量百分率							粗粒率
				mm 5	mm 2.5	mm 1.2	mm 0.6	mm 0.3	mm 0.15	mm 0.088	
夏井川	2.68	1.01	1810	0	0	11	53	84	98	98	2.46
浜街海岸	2.63	0.51	1740	0	5	33	53	80	99	100	2.70
浜街海岸*	2.63	0.51	1730	0	4	32	53	75	99	100	2.63
コンクリート用細骨材標準粒及範囲 <sup>3)</sup>				0~5	0~20	15~50	40~75	70~90	90~98	—	2.15~3.38
注入モルタル用細骨材標準粒度範囲 <sup>4)</sup>				0	0	0~5	20~45	50~80	70~90	90~100	1.40~2.20

\* 5 mm篩を用い、湿潤状態で篩分けたもの。

しての粒度に関しては、浜街海岸砂は申分なく、夏井川砂は粗粒子に乏しいのが難点であるが不適當なものとは云い難い。しかしながら注入モルタル用細骨材としてはいずれも多少粗く、特に浜街海岸砂には粗粒の貝殻破片などが含まれて居り好ましくない。両砂共、使用に先立つて粗粒を除く事が必要である。表一5には浜街海岸砂を5 mm篩を用い湿潤状態で篩分けた場合の粒度分布が示されている。これは表示した注入モルタル用細骨材の標準粒度範囲に必ずしも合致するものではないが、配合試験結果に基づいて使用しても差支えないものと認められた。注入モルタルのように流動性の大きい液状体の中では粒径の粗なもの程その沈澱速度が大きく、これが注入モルタルの材料分離の中で大きな割合を占めて居り、またポンプや注入管の閉塞の原因となる例も珍しくない。従つて粗砂の使用に当つては慎重な検討が必要とされる。

両砂の岩石組成は極めて類似して居り、主として石英砂から成り、片岩、片麻岩などの変成岩も含まれ、更に貝殻破片なども微量ではあるが認められる。浜街海岸砂には採取地の関係から貝殻破片の量がやや多い。また粒子の形状は多稜角のものが大部分である。総じて両砂共にその品質は良好であると認められ、この点は後述の注入モルタルの強度試験結果によつても明らかである。

### 3-3 粗骨材

福島県小名浜港ないし隣接諸港の建設工事に粗骨材を経済的に入手し得る範囲は比較的狭く、現在は鮫川水系に限られ、実験に供した粗骨材も隣接の勿来市大字植田附近で採取された鮫川産のものである。

鮫川水系の粗骨材は一般に良好とは云い難く、その岩石組成は、花崗岩などの深成岩7%程度、安山岩、石英安山岩、流紋岩などの火山岩約8%、片岩、片麻岩などの変成岩が85%程度を占めて居り、その安定性については重量損失が約4%で比較的大きな値を示している<sup>5)</sup>。岩石の工学的な性質はその生成過程のみでなく生成後の歴史によつて著しく相違する場合が多く、地質学的分類からその工学的性質を推定する事は多少の危険を伴うが一般に片岩、片麻岩類は結晶質でその成分鉱物が一定方向に並んで居るため薄片にはがれ易く、物理的性質も方向によつて異り、骨材として不適當であるとされている<sup>6)</sup>。問題の鮫川砂利は極端に扁平な粒子がその大部分を占めて居り、骨材自体の強度は一応問題外としても、この形状の不良さが高強度コンクリートを得難くしているものと考えられる。次章に述べる試験結果よりも明らかなように、鮫川砂利をコンクリートに用いる場合、所要のウォーカービリティを得るに必要な単位水量が比較的多く、単位セメント量が300~350kg/m<sup>3</sup>の範囲では28日圧縮強度は230~250kg/cm<sup>2</sup>程度である。

同じ砂利をプレバツクド・コンクリートに用いる場合には工法の性質上その強度は粒形には余り影響されず、骨材自体の強度、その填充方法（もしくは骨材相互の噛合いの程度）および注入モルタルの強度によつて定まるものと考えられている<sup>7)</sup>。表一3は永い間の使用実績から良質の粗骨材と認められている神奈川県酒匂川産の砂利との比較試験結果で、用いた注入モルタルの配合と圧縮強度が示されている。比較試験の結果より次の事が明

表一 3 鮫川砂利と酒匂川砂利との比較試験結果

(A) 注入モルタルの使用材料および配合

材 料	セメントとの重量比	摘 要
セメント	—	小野田普通ポルトランドセメント
水	W/c=0.44	—
砂	S/c=1.00	鵜沼海岸砂 (比重=2.64, FM=2.12)
分散剤	D <sup>A</sup> /c=0.25%	ポゾリス No. 8
発泡剤	A <sup>t</sup> /c=0.015%	福田金属箔粉工業KK製 AA12, 平均粒径=25 $\mu$ , 鱗片状
プレバクト型漏斗の流出時間		22 秒

(B) 圧縮強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

	7 日	14 日	28 日
注入モルタル *	291	320	342
鮫川砂利 プレバクトド・コンクリート **	258	278	290
酒匂川砂利 プレバクトド・コンクリート **	275	297	311

\*  $\phi 5 \times 10$ cm 供試体 3 個の平均値

\*\* FM=7.71, 最小寸法15mm,  $\phi 15 \times 30$ cm 供試体 3 個の平均値

らかにされた。すなわち、鮫川砂利使用の強度は酒匂川砂利使用の場合より多少劣るが、極端に低いものではない。従つて鮫川砂利をコンクリートに用いる場合にも施工上必要とされるコンシステンシーが得られる範囲内で単位水量をできるだけ減少するならば、相当の圧縮強度を期待する事ができるものと思われる。

表一 4 は鮫川砂利の試験成績とコンクリート用粗骨材の標準粒度範囲<sup>7)</sup>を示すものである。実験に供した原砂

表一 4 粗骨材の試験成績と標準粒度範囲

種 別	比 重	吸水量 (%)	単位容 積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	篩に留るものの重量百分率						粗 粒 率
					mm 30	mm 25	mm 20	mm 15	mm 10	mm 5	
鮫 川 産	2.81	1.30	1780	36.8	3	19	48	68	97	100	7.45
鮫 川 産*	2.81	1.30	1760	38.9	4	28	71	100	100	100	7.71
コンクリート用粗骨材の標準粒度範囲 <sup>7)</sup>					0~5	—	30~65	—	70~90	95~100	6.95~7.60

\* プレバクトド・コンクリート用として15mmで篩分けたもの

利は公称寸法40~15mmとして供給されたものであるが、試験結果15mm以下のものが30%余り含まれている事を示し、骨材プラントの稼働状態が極めて不良である事を示唆している。コンクリート用粗骨材としては5~10mmのものが3%程度、10~15mmのものが15%程度含まれる事が望ましい。プレバクトド・コンクリート用粗骨材としては、砂利の形状が扁平である事および使用予定の細骨材の粒度がやや粗い事を考慮すれば、15mm以下の細粒を完全に除く事が必要である。

3-4 セメント分散剤

施工上必要なコンシステンシーが得られる範囲内で単位水量をできるだけ減少する事は強度の大きいコンクリートを作る上に重要な条件であるが、本実験で用いたような形状の不良な粗骨材を用いる場合には単位水量を減少する事の意義は極めて大である。

単位水量を減少する方法としては適当なプラスチシティが得られる範囲で絶対細骨材率を減少する事、未だ固

らないコンクリートの練り混ぜ、運搬および締固め方法を改める事によつてコンシステンシーの所要値を引下げる事などが一般に行われている。後者は現場の施工条件によつて決まり、前者は配合設計の段階で行われるものでいずれにも一定の限界があり、更に単位水量を減少するには適当なセメント分散剤もしくはAE剤を用いコンクリートのウオーカビリテイを改善する方法が行われる。

暑中コンクリート工事に適当な凝結遅延剤を用いる場合には、コンシステンシーの管理やコンクリートの運搬締固め、打継ぎなどが容易かつ有効になる事が報告されて居る<sup>8)</sup>。小名浜港および中之作港の建設工事では相当量の暑中コンクリート工事が行われる予定であり、混和剤の検討はこのような観点からも行われるべきである。

注入モルタルには一定の流動性が得られる範囲内で水セメント比を減少し、またアルミニウム粉末混入による膨脹効果が早期凝結によつて阻害される事を避けるためにある程度凝結遅延効果を有するセメント分散剤を用いる事が一般に行われている。

以上のような観点から本実験では凝結遅延効果を持つセメント分散剤としてポゾリスNo. 8を選択し、これを注入モルタルとコンクリートのいずれにも使用した。しかし施工条件が上述の条件と著しく異なる寒中コンクリートなどに対しては当然異なる混和剤を用いるべきで、例えば凝結促進効果を有するものが有利な場合もあり得るのであり、その選択は施工条件と共に混和剤の品質をも十分に検討した上で慎重に行うべきである。

### 3-5 発泡剤（アルミニウム粉末）

注入モルタルにはその沈下収縮を妨げ、粗骨材との附着をよくするためにアルミニウム粉末を混入する事が一般に行われて居るがその最適値については未だ定説が無い。樋口氏は注入モルタルの膨脹率は5%以下が適当であるとし<sup>9)</sup>、Menzel氏はアルミニウム粉末の使用量がセメント重量0.018%の場合に最高強度が得られた実験例を報告して居り<sup>10)</sup>、また小宮山、森口両氏の実験結果<sup>11)</sup>によれば最適値はセメント重量の0.01~0.02%の範囲にあるとして前述の報告を裏付けている。しかしアルミニウム粉末の膨脹効果はその品質、すなわち、成分、粒子の形状、粒度などによつて異なるばかりでなく、セメントの種類や注入モルタルの配合によつても異なる。

表-5. A アルミニウム粉末の諸性質\*1

形 状	平均粒形 ( $\mu$ )	粒度分布 (%) *2			純 度 (%)	油 脂 分 (ステア リン酸) (%)	不 純 成 分 (%)		
		m m +0.088	m m +0.044	m m -0.044			Si	Fe	Cu
鱗 片 状	25	0	10~25	75~90	99.2	2	0.11	0.01	0.21

表-5. B アルミニウム粉末の膨脹効果 (A1/(C+P)=0.015%)\*3

セメントの種類	注入モルタルの配合 *4			流出時間 (秒)	膨 張 率 (%) *5	
	P/(C+P)	S/(C+P)	W/(C+P)		3 時 間	24 時 間
イワキ フライアッシュ セメント (B種)	—	1.00	0.385	20	11.1	10.0
	—	1.25	0.406	18	7.7	6.8
	—	1.50	0.427	18	6.8	5.5
オノダ 普通ポルトランド セメント + 宇部ポゾラン	0.15	1.00	0.390	19	8.2	5.3
	0.15	1.25	0.416	18	7.4	4.6
	0.15	1.50	0.432	18	5.7	3.1

\*1 福田金属箔粉工業KK(京都・東京)製. A A12

\*2 +記号は篩に留るもの、-記号は通過するもの

\*3 実験の詳細については §6 を参照

\*4 浜街海岸砂を使用

\*5 ポリエチレン袋を用いる方法による(文献-12参照)

また注入モルタルないしプレパクド・コンクリートの強度は膨脹を拘束する程度によつて著しへ影響される。従つてアルミニウム粉末の使用量をセメントに対する重量比で規定する方法は常に正しい結果をもたらすものとは限らない。注入モルタルの膨脹率を5%以下に止める事の適否は今後研究を要する問題ではあるが、考え方としてはアルミニウム粉末の使用量を注入モルタルの膨脹率から定める方法は妥当なものと思われる。本実験では膨脹率の適当な値として5%程度と仮定し、試験によつてこれに相当する膨脹効果をもたらすアルミニウム粉末の使用量を定めた。表一5に用いたアルミニウム粉末の諸性質と注入モルタルの膨脹率試験結果を示す。同表から明らかのように、フライアッシュ・セメントを用い砂セメント比(S/C)を1.50とした場合の注入モルタルの膨脹率は5.5%である。従つてアルミニウム粉末の使用量をセメント重量の0.015%としてよいものと考えられる。

## §4 コンクリートの配合

### 4-1 所要の性質

コンクリートの施工上必要なコンシステンシーはスランプで大体7~9cmとされ、またその空気量は4~5%が適当であるとされている。構造物の置かれる位置の気象条件は必ずしも厳しいものではなく、コンクリートの空気重は気象条件によつて定められたものではない。空気の連行によつてウオーカビリティを改善し、単位水量を減少する結果として期待される強度の増大が最も効果的な範囲から選ばれたものである。圧縮強度の点では用いる構造物の種類により3種の配合が要求され、 $\phi 15 \times 30$ cm 供試体による28日強度は夫々、250、200および150kg/cm<sup>2</sup>程度とされている。本章においては以上に述べたような性質を備えたコンクリートを得るために行つた実験結果について考察し、更にこの結果に基いた配合設計法について述べる。

### 4-2 実験結果と考察

コンクリートの配合試験結果を表一6、7に示す。第1回配合試験では主として未だ固らないコンクリートのコンシステンシー、プラステインティ、空気量などを測定して所要の単位水量や絶対細骨材率の限界を推定すると共に3日強度試験を行い、これによつて第2回配合試験の配合を定めた。すなわち、第1回の結果より空気量を

表一6 コンクリートの配合試験結果(第1回)

配合番号	単位使用量 (kg/m <sup>3</sup> )					スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
	C <sup>*1</sup>	W	S <sup>*2</sup>	G <sup>*2</sup>	ポゾリス <sup>*3</sup>				3日 <sup>*4</sup>
C-1	325	159	750	1105	0.813	9.4	5.6	2340	109
C-2	206	157	698	1302	0.515	8.0	4.4	2370	40
C-3	187	180	711	1324	0.468	6.5	3.2	2400	28

\*1 イワキ普通ポルトランドセメント

\*2 夏井川砂および鮫川砂利

\*3 ポゾリス No.8, セメント量の0.25%

\*4  $\phi 15 \times 30$ cm 供試体2個の平均値

4~5%にする場合、所要単位水量は150~170kg/m<sup>3</sup>程度である事およびセメント分散剤量をセメント重量に対する一定の比率で規定する事は貧配合コンクリートの場合必ずしも妥当でない事が明らかにされた。第2回配合試験では以上の結果によつて定めた3種の配合について未だ固らない状態の諸性質を観察すると共に3材令の圧縮強度試験を行つた。

表一7・A, Bに示された結果において圧縮強度比(28日強度を100とした場合の各材令における強度比)を比較すると、配合C-4~7には大差が認められず、鮫川砂利を用いたコンクリートの強度の材令による増進は

表一7・A コンクリートの配合試験結果(第2回)

配合番号	単位使用量(kg/m <sup>3</sup> )					スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積重 量 (kg/m <sup>3</sup> )	圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )*4		
	C <sup>*1</sup>	W	S <sup>*2</sup>	G <sup>*2</sup>	DA <sup>*3</sup>				7日	14日	28日
C-4	332	172	728	1166	0.830	7.5	4.0	2400	174 (73)	201 (84)	240 (100)
C-5	223	158	695	1318	0.830	6.6	4.4	2380	90 (66)	112 (82)	136 (100)
C-6	200	145	672	1333	0.830	5.0	4.8	2350	45 (66)	48 (71)	68 (100)

\*1 イワキ普通ポルトランドセメント

\*2 夏井川砂および鮫川砂利

\*3 ポゾリス No. 8 C×0.25%~C×0.415%

\*4 φ15×30cm供試体3個の平均値, 括弧内は28日強度を100とした場合。

表一7・B コンクリートの配合試験結果(比較配合試験)

配合番号	単位使用量(kg/m <sup>3</sup> )					スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積重 量 (kg/m <sup>3</sup> )	圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )*6		
	C <sup>*1</sup>	W	S <sup>*3</sup>	G <sup>*4</sup>	DA <sup>*5</sup>				7日	14日	28日
C-7	250 <sup>*1</sup>	130	858	1138	1.25	8.3	4.9	—	171 (70)	197 (81)	243 (100)
C-8	250 <sup>*2</sup>	135	849	1126	1.25	7.6	4.3	—	70 (37)	133 (71)	188 (100)

\*1 イワキ普通ポルトランドセメント

\*2 八幡高炉セメント(B種)

\*3 鶴沼海岸砂, 比重=2.64 FM=2.12

\*4 酒匂川砂利, 比重=2.74, FM=6.87

\*5 ポゾリス No. 5, C×0.5%

\*6 φ15×30cm供試体3個の平均値, 括弧内は28日強度を100とした場合

酒匂川砂利を用いたコンクリートのそれと変わらない。この事は鮫川砂利を用いる事によつてもある程度までの高強度コンクリートが得られる可能性を示すもので §3 において指摘した所と一致している。

貧配合の場合におけるセメント分散剤の使用量はセメント重量に対する一定比率で定めるよりも、連行空気量から定める事が適当であると考えられる。もとより後者の方法で定めた使用量が極端に大となる場合には当然悪影響を伴い、従つてその増減には一定の限界がある事は明らかである。本実験に用いたポゾリスに関して、国分氏は“細骨材の粒度の変化その他に伴う空気量の変動を調整するには、分散剤の使用量がセメント重量の0.2~0.3%である範囲内で、ポゾリスの使用量を増減しても実用上支障はない。”<sup>13)</sup>と報告している。ポゾリスNo. 8を用いた注入モルタルに関する著者等の実験結果<sup>14)</sup>はその使用量がセメント重量の0.125~0.375%の範囲では圧縮強度がほとんど影響されぬ事を示している。配合C-6の場合にはポゾリスの使用量は0.415%で上述の実験報告例の範囲を僅かに越えているが、単位水量減少の効果を考慮すれば支障ないものと考えられる。

表一7Bにおける配合C-8はセメントの種類が異なる場合には材令による強度の増進率が著しく異なる一例を示したもので、早期材令における強度から長期材令の強度を推定する時には基く資料が適当なものでなければならぬ事を示唆している。

#### 4-3 配合設計の方法

場所打コンクリートの強度は多くの施工条件によつて影響され、実験におけると同様の結果が現場において常に再現されるとは限らない。原則的には現場におけるコンクリートの管理状態がよく、目標とする強度を上廻る結果が継続的に得られる場合には単位セメント量を減少してもよく、逆に目標値に達しない結果が得られる場合には諸条件を検討し、示方配合を補正する必要がある事は論ずる迄も無い。以下に述べる配合の設計法は所要の強度に応じてコンクリートの配合を図式的に求める方法で、用いる図は前節の実験結果に基づいて画かれたもので

ある。しかしながら基礎資料は必ずしも充分なものではなく、また実験の条件は施工条件とも異なる。従つて施工管理のための諸試験を入念に行い、その結果と試験時の諸条件を考慮して適当に修正さるべきものである。

#### 配合設計の条件

- (1) 使用材料……イワキ普通ポルトランドセメント、夏井川砂、鮫川砂利（最大寸法30mm）、ポゾリスNo. 8、清浄な淡水
- (2) 施工に必要なコンシステンシーはスランプ 7～9 cm、また空気量は 4～5 %とする。
- (3) 所要の28日圧縮強度は構造物の設計応力度、現場コンクリートの品質管理状態および安全率などから定められているものとする。

図-7には単位セメント量(C)と28日圧縮強度、絶対細骨材率 $\left(\frac{S}{A}\right)$ および単位水量(W)との関係が与えられている。最初に図-7・Cを用い所要圧縮強度を得るに必要な単位セメント量を求める。次いで同図A、Bを用い、求めた単位セメント量に相当する単位水量および絶対細骨材率を決定する。ポゾリスNo. 8の単位使用量は $0.830 \text{ kg/m}^3$ としてよい。単位細骨材量(S)および単位粗骨材量(G)は次式により求める。

$$V_s = \{1000 - (V_c + V_w + V_a)\} \times \frac{S}{A} \quad (l) ; \text{細骨材の絶対容積}$$

$$V_g = \{1000 - (V_c + V_w + V_a)\} \times \left(1 - \frac{S}{A}\right) \quad (l) ; \text{粗骨材の絶対容積}$$

$$S = 2.68 \times V_s \quad (\text{kg/m}^3)$$

$$G = 2.81 \times V_g \quad (\text{kg/m}^3)$$

ここで

$$V_c = C \div 3.16 \quad (l) ; \text{セメントの絶対容積}$$

$$V_w = W \div 1.00 \quad (l) ; \text{水の絶対容積}$$

$$V_a = 1000 \times 0.045 = 45l ; \text{空気量}$$

## §5 注入モルタルの配合

### 5-1 所要の性質とそれに影響をおよぼす要素

一般に注入モルタルには適度の流動性および膨張性を有する事、材料分離の少い事および硬化後に所要の強度を有する事などが必要とされて居る。更に凝結時間が適当な範囲にある事や適当量の連行空気を含む事などが、施工上あるいは硬化後の耐久性の点から要求されるがこれらが特に問題となる事例は少いので本報告における検討の対象から除くものとする。従つて注入モルタルの配合の決定は流動性、膨張性、材料の分離および強度に対する諸条件を満足するように行われねばならない。

注入モルタルの流動性はプレバクト型の濾斗による流出時間が18～22秒程度が適当であるとされている<sup>1,15)</sup>。また膨張率に関しては未だ定説がない事は§4において指摘した通りであるが5%程度が適当なものようである。材料の分離はできるだけ少い事が望ましいが、これに関する明確な限界は現在の所定められていない。材料分離の測定方法としては一般にブリージング率試験が行われ、間接的な方法として保水性試験が行われている。ブリージング率は試料容積に対するブリージング水の割合を百分率で表示する場合<sup>12)</sup>には大体以2%内である事が望

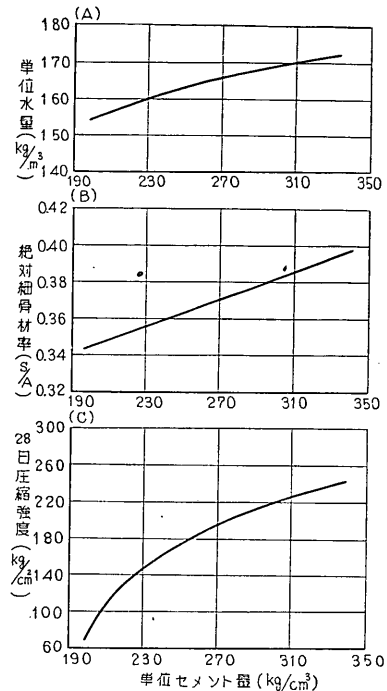


図-7 コンクリートの単位セメント量と圧縮強度、絶対細骨材率および単位水量との関係。イワキ普通セメント、夏井川砂、鮫川砂利（最大寸法）およびポゾリスNo. 8使用、スランプ7～9 cm、空気量 4～5 %

ましい。また保水性は80%以上であれば良好と云える。保水性とは注入モルタルの材料分離に抵抗する性質を云い、この値はブリージング率と一次的逆関々係にある事が確められている<sup>1,16)</sup>。更に注入モルタルの強度はプレバクド・コンクリートの強度を支配する重要な要素で、両者の間には密接な相関性が認められて居り<sup>1,2,11)</sup>、注入モルタルの強度はプレバクドコンクリートの所要強度より大である事を必要とする。

注入モルタルには上述のような性質を備えることが要求されるが、これらの諸性質に影響する要素も極めて多い。注入モルタル材料、すなわち、セメント、フライアッシュ、細骨材、セメント分散剤、発泡剤および水の種類とその性質や配合などの外、練り混ぜ方法や気象条件などの影響も加わる。一般には使用材料の種類などは経済的な観点から定められる場合が多く、施工方法や気象条件にも選択の余地が少い。従つて注入モルタルの配合設計はコンクリートの配合設計と同様に、与えられた材料を用いて所要の性質が得られるように実験的にこれを選択する事によつて目的を達し得るものとしてよい。

セメントと並んで基本的な材料と考えられているフライアッシュについて言及する。良質のフライアッシュでセメントの一部を置き替えて注入モルタルに用いる事の効果はコンクリートに用いる場合と同様で、注入モルタルの流動性を改善する事は実験的にも確認されている<sup>17)</sup>。更にブリージングが減少すると共に長期強度が増し、また海水に対する耐久性が改善されるとも云われている。しかしこの事はすべてのフライアッシュもしくは同じような性質を備えたポゾラン<sup>註1)</sup>、に云えるものとは限らず、フライアッシュが不可欠の混和材料である事を意味せず、その品質によつてはフライアッシュを用いない方が好結果をもたらす場合もある。また高炉セメントやフライアッシュ・セメントのような混合セメントを用いる事によつてフライアッシュを混和したと同等の、もしくは同等以上の効果を期待できる事を示す実験例<sup>14)</sup>もあり、フライアッシュセメントを用いた本実験結果もその一例である。

註1) ポゾランとはシリカ質で自身では固まる性質はないが、水の存在において常温で、水酸化石灰と化合して安定な不溶性化合物を生成して硬化するものを云い、火山灰、珪藻土、粘土や頁岩を熱処理したもの、フライアッシュなどの総称である。

## 5-2 一般的な配合設計の定め方

注入モルタルの配合要素としてはポゾラン混和率、砂セメント比、水セメント比、分散剤率、および発泡剤率<sup>註2)</sup>があり、その実用的な使用範囲はいずれもかなり広く、更にこれが注入モルタルの性質におよぼす影響の程度は一様でない。従つて以上の配合要素の夫々を実験的に定める事は必ずしも容易でなく、一般にはこれらの幾つかを過去の資料などに基いて定め、配合要素の変化し得る範囲を限定し、この中で試験を行つて配合を決定する方式を採用している。

フライアッシュもしくは他のポゾランはフライアッシュに関する日本業規格(JIS A6201-1958)に合格するものであれば使用して差支えないが、これを用いた注入モルタルの圧縮強度はその混和率にはほぼ比例して減少し、混和率0~50%の範囲では混和率10%の増加に対する圧縮強度の減少は10%程度である<sup>14)</sup>。一方ポゾラン混和率の増加による流動性の改善は僅かな範囲に限定され、良質のフライアッシュを用いた場合でもこれによつて減少し得る水セメント比は混和率10%の増加に対して1%程度である<sup>17)</sup>。注入モルタルの保水性はポゾランの混入によつて必ずしも改善されるとは限らない。一般に砂セメント比の大きい貧配合の場合にはポゾランの混入によつて保水性が増加して材料分離の傾向は小さくなるが、その割合はポゾラン混和率10%について保水性2.5%程度である。しかしながら砂セメント比1.0~1.5の範囲では保水性はポゾラン混和率によつてほとんど影響されないようである。上述したことによつても明らかなようにポゾラン混和率は注入モルタルの流動性や保水性から定めるよりもむしろポゾランの化学的活性の点から定めるのが適当であると考えられる。しかしながら現状においてはこの点に関する研究が少く、混和率の最適値について定説がない。一般に用いられている最大値は0.3程度で、これは初期高強度を必要としないような配合に採用されて居り、これに対して高強度を必要とする構造物の



場合や良質のポズランが得られない場合にはポズランを全く用いない方が合理的であると考えられる。

砂セメント比は注入モルタルの所要の性質が得られる範囲内で大きい程経済的な配合となる事は自ら明らかである。しかしながら砂セメント比の増加は水セメント比の増加、保水性および強度の減少を同時にもたらすものであり、その程度は細骨材の性質によつて著しく異なる。従つてその決定は実験的に行われるべきであるが、一般に1.0~2.0の範囲の値が用いられている。

注入モルタルの流動性およびブリージング率はほぼ水セメント比に比例して増加するが、その保水性および圧縮強度は逆に減少する。その減少の割合は使用材料や配合によつても異なるが、水セメント比10%の増加は保水性については10%程度、圧縮強度については40~50%の減少を伴い、配合要素の中でも最も影響力が大きい<sup>14)</sup>。従つて配合設計においては水セメント比を最小値に止める事が極めて大切である。コンクリートに関しては強度の点から要求される水セメント比とは別個にその耐久性から定まる最大の水セメント比が与えられて居り<sup>15)</sup>、両者の間でより小さい方の値を選択する事が原則とされている。注入モルタルに関してはこれに相当する水セメント比は定められて居ないが、コンクリートの耐久性から定まる最大の水セメント比の考え方を踏襲して差支えないものと考えられる。更に配合の多様な注入モルタルについての実験結果は材料分離の点からも最大セメント比を設定する必要のある事を示唆している。表一8、9は上述の観点から定められ、あるいは提案されている注入モルタルの最大水セメント比を示すものである。また表一10に75種の施工例について実際に用いられた水セメント

表一8 海工用コンクリートの耐久性から定まる水セメント比(%)\*

気象条件 断面 構造物の種類もしくは位置	気象作用がはげしい場合、凍結融解作用がしばしば繰り返される場合		気象作用がはげしくない場合、氷点下の気温となることがまれの場合	
	薄い場合	普通もしくはマツシブな場合	薄い場合	普通もしくはマツシブな場合
水面付近で断えず水にひたつてはいないが、水で飽和されているかもしくは時には飽和される場合	49	53	49	53
水面から離れているが、しばしば水に濡れる場合	53	53	58	62
たえず完全に水中にある部分	58	62	58	62
普通の露出状態の構造物、建築物の部分で前記のいずれにも属しない場合	58	62	62	66

\* 土木学会制定、無筋コンクリート標準示方書(1956年版)26条より抜すい。

表一9 注入モルタルの打上り高さから定まる最大水セメント比(%)\*

打上り高さ(m)	水セメント比(%)
0 ~ 1	58
1 ~ 2	53
2 ~ 3	48
3 以上	43

\* 注入モルタルの保水性と水セメント比が一次的逆相関関係にある事に基いて定められた試案(文献-1参照)

発泡剤としてのアルミニウム粉末の膨張効果はその種類や注入モルタルの配合によつて相違す事は既に§3において指摘した通りである。過大な膨張率は強度を著しく減少し、また過小な場合には発泡剤混入の目的を達しない。従つてアルミニウム粉末の使用量は実験的に定められねばならない。通常コンクリート用発泡剤として

比を調査した結果が示されている。

分散剤率は一般に製造者の推奨する使用量から定めるのが安全で、かつ確実な場合が多い。しかしながらコンクリート混和剤として市販されている分散剤あるいは界面活性剤の中には注入モルタルに用いる場合その効果に疑問の持たれるものが少なくない事は著者等の実験によつて明らかにされて居り<sup>14)</sup>、使用実績の乏しい分散剤についてはこれを用いない配合との比較試験を行つてその効果を確認する必要がある。

表一10 実際に用いられた水セメント比(%)\*

水セメント比の範囲(%)	施工例	全体に対する割合(%)
40 以下	1	1
41 ~ 45	12	16
46 ~ 50	27	36
51 ~ 55	23	31
56 ~ 60	10	13
61 ~ 65	2	3
合計	75	100

\* 文献-21に収録された工事報告例参照

市販されているアルミニウム粉末の場合にはその適当な使用量はセメント重量の0.01~0.02%の範囲にあると考えてよい。

以上に注入モルタルの配合要素の夫々について、これが注入モルタルの性質におよぼす影響の一般的な傾向およびその実用的な選択の範囲を指摘した。このようにある程度限定された範囲内で注入モルタルの配合を実験的に定める最も実地的な方法の一つを以下に紹介する。

配合設計の条件

1) 使用材料……既定のものと仮定する。

2) 所要の性質

流出時間(プレパクト型濾斗) = 20 ± 2 秒

保水性 = 75%以上

膨張率 = 4 ~ 6 %

28日圧縮強度 = プレパクトド・コンクリートの所要圧縮強度(既定と仮定)の120%以上

配合試験の順序

1) ポズラン混和率の決定

早期高強度の必要の有無からポズラン混和率を仮定する。

2) 分散剤率の決定

普通コンクリートに用いられる値を採用してよい。

3) 表一8もしくは9より最大水セメント比を求め、小さい方の値を採用する。この最大水セメント比より更に3~4%程度小さい値の水セメント比を最初の配合試験に用いる。

4) 発泡剤率を0.015%と仮定する。

5) 砂セメント比を1.0, 1.25, 1.5の3種を仮定する。

6) 1)~5)に仮定した値から各材料使用量を計算し配合試験を行う。配合試験では最初に所要の流動性が得られるように水セメント比を調整する。水セメント比は3)で定まる最大水セメント比より小さくしなければならず、これを越すような水セメント比が必要となる配合は不相当であるとする。以上によつて水セメント比を定めた配合について保水性、ブリージング率および膨張率試験を行い、その結果に基いて適当な配合を選択あるいは調整して強度試験を行う配合とする。この段階における配合の調整は以下の要領で行う。

膨張率…アルミニウム粉末使用量の加減。

保水性・ブリージング率…砂セメント比を減らし、再び流動性試験を行つて水セメント比を定め、この配合について所要の限界内にあるか否かを試験によつて確める。

強度…以上によつて定められた配合についての試験結果が所要値に達しない場合、ポズラン混和率を減少し、再び流動性試験を行つて水セメント比を定め、またその配合について保水性、ブリージング率および膨張率試験を行い夫々が所要の範囲内にあるか否かを確認する。

7) 通常の場合以上の方法で経済的な配合を求め得るが、ケーソンの中詰めに用いられるような貧配合の場合には5)における砂セメント比の選定を1.25~2.00の範囲で行つてもよい。

注2) ポズラン混和率はポズラン置替え率とも云われ、また砂セメント比は細骨材率あるいは砂比とも云われている。セメント、ポズラン(フライアッシュ)、砂、水、分散剤、発泡剤の夫々使用重量をC、P、S、W

DA, AI で表わした場合次のように定義されている。

ポズラン混和率 =  $P/(C+P)$ , 砂セメント比 =  $S/(C+P)$ , 水セメント比  $W/(C+P)$

分散剤率 =  $DA/(C+P)$ , 発泡剤率 =  $AI/(C+P)$

またこれらの配合要素の一般的使用範囲は以下の通りである。

$P/(C+P) = 0 \sim 0.3$ ,  $S/(C+P) = 1.0 \sim 2.0$ ,  $W/(C+P) = 0.40 \sim 0.55$

$AI/(C+P) = 0.01 \sim 0.02(\%)$

### 5-3 普通セメントと夏井川砂を用いた配合

小名浜および中之作両港の建設工事にはイワキフライアツシュ・セメントが用いられる予定であり、本項に述べる実験結果はフライアツシュセメントを用いる配合のための予備実験的な性格をもつものでしかない。従つてこの実験では保水性、ブリージング率あるいは膨張率試験はこれを省略した。

表-11 注入モルタルの流動性試験結果\*

配合番号	1 バッチ使用量 (gr)					セメントに対する重量比 (%)				流出時間 (秒)
	イワキ普通セメント	水	夏井川砂	ポズリス No. 8	アルミ末	W/C	S/C	DA/C	AI/C	
IPC-1	2000	1040	2000	5	0.3	52	100	0.25	0.015	16.2
IPC-2	2000	1040	2500	5	0.3	52	125	0.25	0.015	19.2
IPC-3	2000	1050	3000	5	0.3	52.5	150	0.25	0.015	21.8
IPC-4	2000	1070	3400	5	0.3	53.5	170	0.25	0.015	25.6
IPC-5	2000	1080	3000	5	0.3	54	150	0.25	0.015	20.8

\* 試験用注入モルタルミキサ (港研改良型, 容量 5 $l$ , 標準回転数 3000 rpm) を使用。

表-12 強度試験に用いた注入モルタルの配合\*

配合番号	1 バッチ使用量 (kg)					セメントに対する重量比 (%)				流出時間 (秒)
	イワキ普通セメント	水	夏井川砂	ポズリス No. 8	アルミ末	W/C	S/C	DA/C	AI/C	
IPC-6	24.00	12.95	36.00	0.06	0.0036	55.6	150	0.25	0.015	20.5

\* 高速偏心軸型モルタルミキサ (容量 100 $l$ , 標準回転数 1100 rpm) を使用。

表-13 圧縮強度と試験値のバラツキ

種別	供試体寸法	平均圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )				変動係数 (%)			
		3日	7日	14日	28日	3日	7日	14日	28日
コンクリート*	φ15×30cm	98	155	191	226	1.1	0.1	3.4	6.9
注入モルタル	φ5×10cm	116	153	228	221	13.9	0.5	6.6	4.0
	4×4×16cm	158	246	299	368	4.4	3.8	1.9	3.6

\* 鮫川砂利使用 (表-4 参照)

表-8 から最大水セメント比を58%とし、砂セメント比を1.00~1.50として流動性試験を行つた結果が表-11 における IPC-1~3 である。更に砂セメント比を1.70まで増加した結果は IPC-4 であるが、この場合には流動性が悪くなるのみでなく粗砂粒の沈澱による材料分離も観察された結果として IPC-5 が最大砂セメント比を与える配合として定められた。IPC-6 は PC-5 とほぼ同一の配合であるが水セメント比が多少大きくなつてゐる。これはミキサの練り混ぜ性能の差に基く流動性の変化を水セメント比で調整したためである。表-12 に示された配合の注入モルタルの強度ならびにこれを注入したプレバクド・コンクリートの強度試験結果が表-13 に与えられて居るが、プレバクド・コンクリートの28日圧縮強度は所要の 200kg/cm<sup>2</sup>を13%程度上廻つて居

る。注入モルタルの強度(φ5×10cmによる28日圧縮強度)としてはコンクリートの所要強度の120%程度を目標値とするのが安全である。実験結果は110%で目標値をやや下廻っている。

上述においてモルタルミキサの練り混ぜ性能の相違による注入モルタルの流動性の変化を指摘したが、一般に練り混ぜ時間が適度(10分以内)で、その間におけるモルタルの温度上昇が著しくない範囲内では流動性はミキサの回転数の増加に応じて増大する事が確かめられている<sup>1)</sup>。云い換えれば、他の配合要素を一定とした場合には一定の流動性を得るに必要な水セメント比はミキサの回転数の増加に応じて減少する。通常“注入モルタルもしくはPCグラウドの練り混ぜには高速回転のミキサが有利である”<sup>19)</sup>とされているのはこの事を指すもので、施工に当つて適当な形式のモルタルミキサを選定する事の重要性を示唆している。

### 5-3 フライアツシュ・セメントと浜街海岸砂を用いた配合

表-14 は磐城フライアツシュ・セメントと浜街海岸砂を用いた注入モルタルおよび比較試験のための小野田普通ポルトランドセメントに宇部ポゾランを加え、これに浜街海岸砂を配した注入モルタルの配合を示すものである。用いたフライアツシュ・セメントはB種(フライアツシュ混和率10~20%)である。従つて小野田普通ポルトランドセメントと宇部ポゾランを用いた注入モルタルではポゾラン混和率を15%とした。また実際の施工条件下における注入モルタルの打上り高さは3mを越える事が予想されて居り、この点から定まる最大水セメント比は43%(表-9)で耐久性から定まるどの値よりも小さい。以上の観点と前項の試験結果を参考にして流動性試験

表-14 注 入 モ ル タ ル の 配 合

配合番号	1バツチ使用量 (gr)						セメントに対する重量比 (%)				
	セメント	ポゾラン <sup>*3</sup>	水	砂	ポゾリス No.8	アルミ粉	P/(C+P)	W/(C+P)	S/(C+P)	DA/(C+P)	AI/(C+P)
<sup>*1</sup> OPC-1	1700	300	770	2000	5	0.3	15	39.0	100	0.25	0.015
OPC-2	1700	300	820	2500	5	0.3	15	41.6	125	0.25	0.015
OPC-3	1700	300	850	3000	5	0.3	15	43.2	150	0.25	0.015
<sup>*2</sup> IFC-1	2000	—	760	2000	5	0.3	—	38.5	100	0.25	0.015
IFC-2	2000	—	800	2500	5	0.3	—	40.6	125	0.25	0.015
IFC-3	2000	—	840	3000	5	0.3	—	42.7	150	0.25	0.015

<sup>\*1</sup> OPC-1~3 オノダ普通ポルトランドセメント

<sup>\*2</sup> IFC-1~3 イワキフライアツシュ・セメント

<sup>\*3</sup> 宇部ポゾラン

表-15 注入モルタルの配合試験結果<sup>\*1</sup>

配合番号	流出時間 (秒)	膨張率 <sup>*2</sup> (%)	保水性 (%)	ブリージング率(%)		圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>*5</sup>			
				(A) <sup>*3</sup>	(B) <sup>*4</sup>	3日	7日	14日	28日
OPC-1	20	5.3	76.8	2.7	7.7	157	193	238	262
OPC-2	18	4.6	73.6	3.2	9.5	192	222	243	265
OPC-3	18	3.1	71.4	3.3	10.3	204	201	277	275
IFC-1	19	10.0	81.3	1.2	3.5	169	184	264	322
IFC-2	18	6.8	80.9	1.3	4.1	223	263	253	355
IFC-3	18	5.5	80.2	1.4	4.5	218	250	318	381

<sup>\*1</sup> 試験値はいずれも3個の平均値

- \*2 ポリエチレン袋を用いる方法による（PCグラウト試験方法…文献—12参照）
- \*3 PCグラウト試験方法の定義による（モルタル試料容積に対するブリージング水の百分率）
- \*4 注入モルタル試験方法（港研案）の定義による（モルタル試料中に含まれていた水量に対するブリージング水の百分率）
- \*5  $\phi 5 \times 10 \text{cm}$  供試体による。

験を行い同表に示した配合が選定された。表—15に示した試験結果より次の事が明らかである。

水セメント比について……一定の流動性を得るに必要な水セメント比はフライアツシュ・セメントに用いた配合は43%以下であり、普通ポルトランドセメントにフライアツシュを用いた配合は砂セメント比が1.50の場合を除き43%以下で、砂セメント比が1.50の場合にも僅かに越える程度であり、ほぼ満足すべきものと考えられる。

膨張率について……フライアツシュ・セメントを用いた場合は砂セメント比の大小に応じて著しく変化し、砂セメント比が1.0の場合には10.0%にも達し1.5の場合の約2倍に相当する。過大な膨張率は後述するように強度の減少となつて現われ、好ましくない結果をもたらす事を示している。普通ポルトランドセメントとフライアツシュを用いた場合も傾向はほぼ同様であるが膨張率はかなり小さい。膨張率4~6%を適当な範囲とすれば、OPC—1、2およびIFC—3のみが合格する。

保水性について……セメントの種類による相違が明瞭に現われている事は膨張率の場合と同様で、フライアツシュ・セメントを用いた配合は80.2~81.3%であるのに対し普通ポルトランドセメントにフライアツシュを混入した配合は71.4~76.8%となりかなり小さくこの相違はブリージング率においても同様に大きな差となつて現われている。材料分離の点から考えた保水性の限界を75%以上とすれば合格する配合はOPC—1およびIFC—1~3に絞られる。

ブリージング率について……フライアツシュ・セメントを用いた配合では砂セメント比が1.50の場合に最大となり4.5%となつているのに対し普通ポルトランドセメントにフライアツシュを加えた配合は同じ砂セメント比の場合に10.3%となり前者の2倍以上である。ブリージング率が大きい事は注入モルタルの打上り高さの増加に伴う強度の減少となつて現われ、構造物内のコンクリート強度の不均等分布の最大原因となる。保水性の限界75%に相当するブリージング率は浜街海岸砂を用いた配合ではほぼ8%であり(図—10参照)、これに合格する配合はOPC—1およびIFC—1~3である。

圧縮強度について……普通ポルトランドセメントにフライアツシュを混和した配合はフライアツシュを用いた配合に比して10~30%小さいが、28日圧縮強度はいずれも所要強度に達して居り満足すべきものと考えられる。

図—8および図—9は夫々浜街海岸砂を用いた注入モルタルの膨張率とブリージング率との時間的変化を示したものである。膨張率は練り混ぜ終了後3時間前後に最大値に達し、以後沈下収縮が進行するに伴い幾分減少する。フライアツシュ・セメントを用いた配合の場合には最大膨張率と最終膨張率（硬化後に測定した膨張率）との差は1%程度であるが、普通ポルトランドセメントにフライアツシュを配した場合はその差が3%程度であり、沈下収縮の大きい事を示している。ブリージング率が最大値に達する時間はセメントの種類によつて異り、フライアツシュ・セメントを用いた場合は練り混ぜ終了後6時間前後であるのに対し、普通ポルトランドセメントにフライアツシュを混和した場合は8時間前後である。この差はそのままブリージング水の再吸収にも現われ、後者の場合は24時間後も相当量のブリージング水が未吸収の状態に残つていた事は注目し値する。図—10は保水性とブリージング率との関係を求めたもので両者の間に一次的逆相関関係が成立つ事は明らかであり、既に報告した研究結果と極めてよく一致している<sup>1.16)</sup>。

以上を総括すると、磐城フライアツシュ・セメントと浜街海岸砂を用いた注入モルタルの性質は概して良好で砂セメント比を1.50とした配合は所要の性質をいずれも満足して居り、表—13の配合IFC—3はそのまま用いてよいものと考えられる。砂セメント比1.0および1.25の場合には膨張率がやや過大でこのため強度も減少して

居る。従つてアルミニウム粉末の使用量を減らして膨張率を5%程度に押えれば良好な結果が得られる事に疑問の余地が無い。

普通ポルトランドセメントにフライアッシュを添加した配合は、そのいずれの材料もそれ自体としては品質が良好なものと認められているにも拘わらず、フライアッシュ・セメントを用いた配合と比較して良好であるとは云い難い。この事は使用に先立つ配合試験の重要性を認識させるに足るものと考えられる。

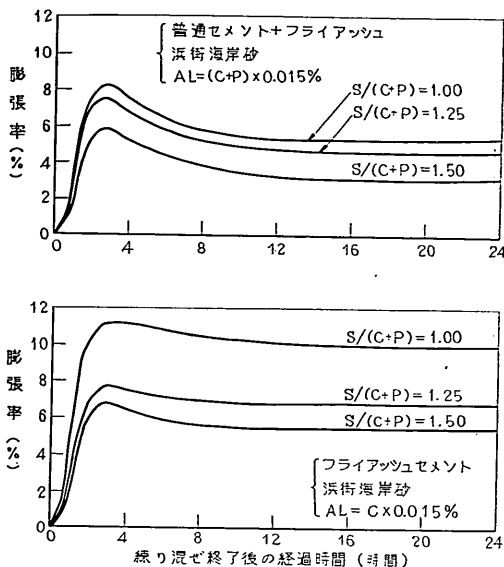


図-8 注入モルタルの膨張率（ポリエチレン袋を用いる方法）

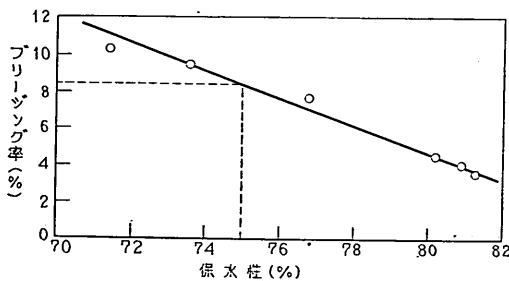


図-10 浜街海岸砂を用いた注入モルタルのブリージング率と保水性との関係

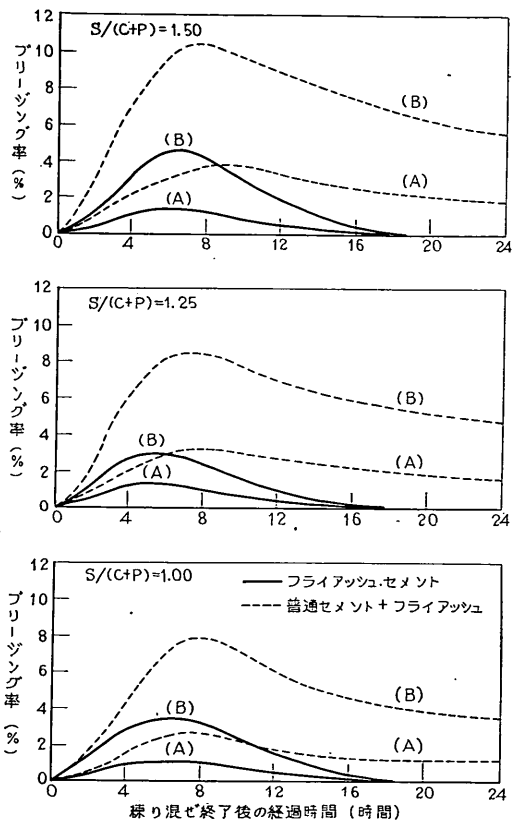


図-9 注入モルタルのブリージング（ポリエチレン袋を用いる方法）(A)：モルタル量に対するブリージングの百分率、(B)試料中の水量に対するブリージング水の百分率、浜街海岸砂を使用

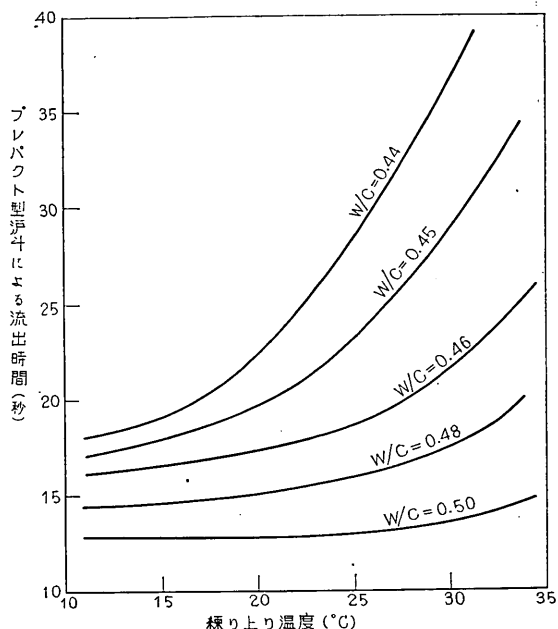
## §6 注入モルタルの性質に影響をおよぼすの因子ならびにプレパクド・コンクリート材料の単位使用量について

### 6-1 練り上り温度について

図-11は注入モルタルの練り上り温度を変えた場合その流動性の変化する状態について調査した結果である。表-16は用いた注入モルタルの配合を示す。用いた材料は磐城普通ポルトランドセメント、夏井川砂などで、練り混ぜならびに流動性の測定は標準試験方法によつた。練り上り温度の調節は主として混合水の温度を調節する事によつて行つた。

表一16 供試注入モルタルの配合

使用材料	バツチ使用量(gr)	セメントに対する重量比
イワキ普通ポルトランドセメント	2000	—
夏井川砂	2000	S/C=1.00
ポゾリス No. 8	5	DA/C=0.25%
アルミニウム粉末 (AA12)	0.3	Al/=0.015%
水	880~1000	W/C=0.44~0.50



図一11 注入モルタルの練り上り温度と流動性との関係

物理的性質の異なる諸粒子が浮遊している液状体であるだけでなく、主成分の一つを成すセメント粒子が水と化学的に活性である事にもよるもので、温度変化に伴う流動性あるいは粘性の変化は主としてセメントの水和作用によるものと考えられる。この事はセメント・ペーストの濃度が大きである程、すなわち水セメント比が小さい程、また練り上り温度が高い程流動性の減少が著しい事から明らかである。一般に粘性流体の流動性は温度上昇に伴って減少するのが普通であるが、この原則は注入モルタルについては適用し得ない。また注入モルタルには材料の分離と云うような性質もあり、これらの事は注入モルタルを粘性流体の一種と看做し得る範囲が極めて限られている事を示すものとして興味深い。

### 6-2 セメントの風化について

一般にセメントの風化がコンクリートの諸性質、特に強度に悪影響をおよぼす事は広く認識されて居る所で、土木学会のコンクリート標準示方書にもこれに関する条項が設けられ、“3ヶ月以上倉庫に貯蔵した袋詰めセメントまたは湿気を受けた疑いのあるセメントは、これを用いる前に試験をしなければならない”としている。しかしながら施工現場においてセメントの風化の事実を確認し得ずに使用する場合も少なくなく、また防湿的な貯蔵条件も一定の規程でこれを規定する事は困難である。更にセメントの風化が注入モルタルの性質におよぼす影響に関しては有害であるとは考えられては居るが、十分に確認されていないものようである。従って有害の程度を確認して置く事はそれなりの意義をもつものと考えられる。以下に述べる実験結果は上述のような観点から行

実験結果の示す所は極めて明瞭で、練り上り温度の上昇に伴い、その流動性は減少する。流動性減少の割合は配合と温度変化の範囲によつて相違し、いわゆる硬練りである程、また高温である程著しい。例えば水セメント比44%と50%の両配合を比較すると温度10°Cにおける流出時間の相違は5秒であるが、20°Cにおいては9秒余、30°Cにおいては23秒に達する。この事は練り上り温度が上昇する場合、流動性を一定に保つために配合要素のいずれかを調節する必要の生ずる事を意味する。最も簡易な方法として水セメント比を増加している例も全く無い訳ではないが、水セメント比を増加する事は流動性をよくする事には有効であつても、強度の減少を伴うのみでなく材料分離の傾向を増大するもので可能な限りこれを避ける事が望ましい。一般的に最も効果的で害を伴わない方法としては砂セメント比を減少する事である。

注入モルタルはそれが流動状態にある間はこれを粘性流体の一種と看做す事ができるが、不完全な粘性流体である事に議論の余地は無い。これは注入モルタルが単に

つた風化セメントを用いた注入モルタルに関する実験研究の一部である。

セメントの風化の程度を量的に表示する事は必ずしも容易でなく、多くの場合貯蔵期間を以て概略的な目安としているようである<sup>9)</sup>。本実験では正確に計量したセメントを20°C、80%の湿気中に一定期間曝露し、この間における重量増加(吸湿量)を以て風化の程度を示す目安とした。曝露は平板状の容器に厚さ2cm程度にセメントを敷き、これを1日1回充分に攪拌する方法によつた。試験結果を表-17に示す。

表-17 風化セメントを用いた注入モルタルの配合と試験結果

20°C、80% における曝 露期間(日)	吸湿量 gr/2000gr (%)	配 合 (セメントに対する重量比) *1				流出時間 <sup>*2</sup> (秒)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) *3		
		W/C	S/C	Pozz/C(%)	Al/C(%)		3日	7日	14日
0	0 (0)	0.45 *4 (0.45)	1.00	0.25	0.015	20	169 (100)	259 (100)	280 (100)
1	5 (0.25)	0.45 (0.45)	1.00	0.25	0.015	26	130 (77)	193 (75)	228 (81)
3	13 (0.65)	0.45 (0.457)	1.00	0.25	0.015	41	121 (72)	184 (71)	263 (90)
7	26 (1.30)	0.45 (0.463)	1.00	0.25	0.015	72	154 (91)	183 (71)	181 (65)
14	51 (2.55)	0.45 (0.476)	1.00	0.25	0.015	— *5	—	—	—

\*1 小野田普通セメント, 豊浦標準砂, ポゾリスNo. 8, AA12, アルミ粒末

\*2 プレパクト型濾斗による。

\*3 φ5×10cm供試体による

\*4 ( ) 内の数値は実際の水セメント比

\*5 練り混ぜ不能

試験結果より次のような事柄が観察される。極めて常識的な事ではあるが、セメントの風化は湿気中における曝露期間の長さに応じて進行し、吸湿量は2週間でセメント重量の2.55%に達した。風化したセメントを用いた注入モルタルは極めて粘性に富み、換言すれば、流動性が小さく、風化の程度が増加するに伴つて流動性も減少する。本実験では定量(2,000gr)の新しいセメントを吸湿させた状態で使用した。従つて実際の水セメント比は混合水から算出した値よりも大きくなつてゐる筈であるが流動性は逆に減少している。この事はセメントの水和作用がある程度進行すると、セメントペーストの粘性が増加する事を示すもので、前節で考察した注入モルタルの練り上り温度がその流動性に与える効果と類似して居り、本質的には同じ現象と推定される。圧縮強度の減少は一般に考えられている通りで、風化しないセメントを用いた場合に較べ各材令共かなり減少している。しかしながら最も重要な点は品質が不安定になり、強度の減少に一定の傾向を見出し得ぬ事にあるものと考えられる。

以上を要約すればセメントの風化は単にこれを用いた注入モルタルの流動性を小ならしめて、施工を困難にするだけでなく強度を著しく減少するもので極めて有害である。またその影響は不安定で、配合要素の調整などによつて補正する事は難しく、現状ではこれを補償する有効な手段は見当らない。

### 6-3 セメントの種類について

セメントの種類も注入モルタルの性質に影響をおよぼす要素の一つである。表-17は普通ポルトランドセメント3種および早強セメント1種を用いた注入モルタルについて流動性および強度試験を行つた結果である。供試モルタルの配合はいずれのセメントにも共通である。

表-18・A 供 試 モ ル タ ル の 配 合

1バツチ使用量 (gr)					セメントに対する重量比			
セメント	水	夏井川砂	ポゾリス No. 8	アルミ粉末 AA12	W/C	S/C	Pozz/C	Al/C
2000	900	2000	5	0.3	0.45	1.00	0.25 (%)	0.015 (%)



表-18・B 流動性および強度試験結果

セメントの種類	流出時間 (秒)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )						曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
		φ5×10cm供試体			4×4×16cm 供試体			4×4×16cm 供試体		
		3日	7日	14日	3日	7日	14日	3日	7日	14日
小野田	18	123	214	246	171	277	294	42.6	64.1	58.3
日立	15	100	187	222	150	227	298	42.5	63.4	68.3
磐城	19	129	230	252	239	357	359	52.4	69.3	64.1
アサノベロ	82	167	295	315	—	—	—	—	—	—

上表の試験結果からも明らかなように普通ポルトランドセメントとしての規格に合格するセメントであつても製造会社や工場によつて性質はある程度相違し、更に規格の異なる場合にはその相違は著しくなる。本実験では流動性および強度についてのみの検討を加えたが、膨張率、保水性、ブリージング率などもセメントの種類によつて異なる事は表-14の試験結果が示す通りである。従つて注入モルタルの配合設計では配合試験を行う事の重要性は自ら明らかである。

#### 6-4 プレバツクド・コンクリート材料の単位使用量の計算について

プレバツクド・コンクリートの場合にはその配合の表示はコンクリートの場合と異り、注入モルタルの配合のみを表示する。表示の方法も各材料のセメントに対する重量比もしくはセメント1袋(50kg)についての使用量などで表わし、単位使用量による表示は行わない。これは単位使用量による表示が必ずしも便利ではない事と単位使用量を正確に算出する事が一般に困難である事に起因していると考えられる。すなわち粗骨材の空隙率が一定とは限らず、また注入モルタルの漏洩の絶無を期し難い事にもよる。しかしながら粗骨材の填充方法がほぼ一定であり、また型枠工が入念に施工された場合には単位使用量をかなり正確に推定する事は困難ではない。

粗骨材の空隙率が一定であり、モルタルの漏洩が無いものと仮定すると、単位使用量は以下の要領で算出される。

最初にセメント1kg当りの粗骨材を除く諸材料の使用量を求め、これを用いた注入モルタルの絶対容積を算出する。次いで粗骨材の空隙率から1m<sup>3</sup>中の空隙量を求め、この空隙量に相当する絶対容積を得るに必要な注入モルタル材料の使用量を計算し、これを以て単位使用量とする。粗骨材の単位使用量はコンクリート1m<sup>3</sup>について1m<sup>3</sup>であり、従つてその重量は単位容積重量となる。また一般に注入モルタルに含まれる空気量は少く、単位使用量の計算にはこれを無視してよい。

(計算例)

配 合	ポゾラン混和率	$P/(C+P)=0.30$
	砂セメント比	$S/(C+P)=1.50$
	水セメント比	$W/(C+P)=0.45$
	分散剤率	$DA/(C+P)=0.25\%$
	発泡剤率	$Al/(C+P)=0.015\%$
	粗骨材の空隙率	$=38.0\%$
比 重	$\rho_c=3.15, \rho_p=2.00, \rho_s=2.65$	
	$\rho_w=1.00, \rho_g=2.70$	

セメント1kg当りの使用量

$$C = 1.000gr$$

$$P=(3\div 7)\times 1,000=429\text{gr}$$

$$S=1.50\times 1,429=2,144\text{ "}$$

$$W=0.45\times 1,429=643\text{ "}$$

$$DA=0.0025\times 1,429=3.57\text{ "}$$

$$AI=0.00015\times 1,429=0.214\text{ "}$$

注入モルタルの絶対容積

$$V_G=1,000\div 3.15=318\text{ cm}^3$$

$$V_P=429\div 2.00=215\text{ "}$$

$$V_S=2,144\div 2.65=809\text{ "}$$

$$V_W=643\div 1.00=643\text{ "}$$

$$\text{合 計 } 1,985\text{ "}=1.985\text{ l}$$

粗骨材の空隙量

$$1,000\times 0.380=380\text{ l}$$

単位使用量

セメント	$380\div 1.985\times 1=191$	kg/m <sup>3</sup>
ポゾラン	$191\times 0.429=82$	"
砂	$191\times 2.144=410$	"
水	$191\times 0.643=123$	"
分散剤	$191\times 3.57=682$	gr/m <sup>3</sup>
発泡剤	$191\times 0.214=40.9$	"
粗骨材	$1,000\times (1-0.380)\times 2.70=1,674$	kg/m <sup>3</sup>

(例) プレパクド・コンクリート材料の単位使用量 (kg/m<sup>3</sup>)

セメント	ポゾラン	砂	粗骨材	水	分散剤	発泡剤
191	82	410	1674	123	0.682	0.0408

## §7 結 論

以上に述べたコンクリートならびに注入モルタルに関する実験結果は次の事を示唆しているものと考えられる。すなわち、コンクリートないし注入モルタルの配合設計は配合試験結果に基づいて行う事が極めて大切である。これは従来、幾多の研究者あるいは技術者によつて指摘されている所であり、本実験結果はその一例を示すものである。

コンクリートに関しては、従来経験的に高強度コンクリートが得られないものとされていた粗骨材について、その原因は主として骨材の形状にある事が明らかにされた。従つて単位水量を減少し、単位セメント量のある程度増加する事によつて所要の強度を有するコンクリートを得る事ができる。

注入モルタルに関しては、実験に用いられた程度の粗砂でも配合が適正であれば材料分離も少なく、所要の性質を備えたプレパクド・コンクリートを得る事ができる。また従来、港湾工事では余り使用されなかつたフライアッシュ・セメントを用いた配合は極めて良好な結果を示して居り、今後この種の混合セメントを積極的に取上げ、研究する必要があるものと考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 赤塚雄三, “注入モルタルの試験方法に関する研究, (附: 注入モルタル試験方法案)”, 港湾技術研究所報告 2 卷 1 号, p. 21~65, 1963年 6 月
- 2) 赤塚雄三, 有吉保憲, “プレパクド・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 卷 1 号, p. 1~19, 1963年 6 月
- 3) 土学学会無筋コンクリート標準示方書, 10条, p. 11, 1958年11月版
- 4) “港湾工事設計要覧”, 日本港湾協会, p. 176~177, 1959年 9 月
- 5) 加藤磐雄, 舞石満幸, 小野未雄, “東北地方に産出する骨材の分布と品質”, セメント・コンクリート, No. 129, p. 25~38, 1957年11月
- 6) 小野寺 透, “地質学ならびに岩石学的にみたコンクリート骨材”, セメント・コンクリート, No. 129, p. 6~14, 1957年11月
- 7) 土木学会無筋コンクリート標準示方書, 14条, p. 13, 1958年11月版
- 8) たとえば, 松田応作, 土岐高史, 工藤矩弘, “新しいセメント凝結遅延剤”, セメント・コンクリート, No. 186, p. 15~20, 1962年 8 月
- 9) 樋口芳朗, “微細な空隙填充のためのセメント注入における混和材料に関する研究”, 土木学会論文集, 81号 p. 27~50, 1962年 5 月
- 10) Menzel, Carl A, “Some Factors Influencing the Strength of Concrete Containing Admixtures of Powdered Aluminum”, Proceedings of American Concrete Institute, Vol. 39, pp. 165~184, January 1943
- 11) 小宮山正文, 森口 拓, “アルミニウム粉末の混入がモルタルおよびコンクリートの強度におよぼす影響”, 港湾技術研究所報告, 1 卷 1 号 p. 35~45, 1963年 2 月
- 12) “プレストレスコンクリート設計施工指針”, 土木学会, 昭和36年度改訂版, p. 108~110
- 13) 国分正胤, “各種A E 剤の使用方法に関する研究”, 土木学会論文集, 第23号 p. 1~18, 1955年 2 月
- 14) 木庭宏美, 善 一章, 赤塚雄三, “プレパクド・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報告, p. 1~67, 1961年12月
- 15) 赤塚雄三, “注入モルタルの流動性測定について”, 土木学会誌, 48巻 5 号, p. 71~73, 1963年 5 月
- 16) 赤塚雄三, “注入モルタルの保水性試験方法”, セメント・コンクリート, No. 196, p. 21~26, 1963年 6 月
- 17) 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”, 運輸技術研究所報告, 9 卷 7 号, p. 9~25, 1959年 8 月
- 18) 文献一 7, 26条, p. 17
- 19) 猪股俊司, “プレストレスコンクリート用グラウトミキサに関する研究”, セメント技術年報, 12巻, p. 348~392, 1958年
- 20) 木庭宏美, 有吉保憲, “プレパクド・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形について”, 運輸技術研究所報告, 11巻 5 号, p. 15~26, 1961年 5 月
- 21) 赤塚雄三, “プレパクド・コンクリート工法に関する文献調査報告(第一報)”, 港湾技研資料, 3 号, p. 33~53, 1963年 6 月