

混合砂を用いたコンクリートの 諸性質に関する調査研究

工務部 設計課 水元 義久
 (前)神戸建設部 設計課 中島 裕之
 大阪管理部 保全第一課 南 莊 淳

まえがき

現在、最適な骨材といわれる河川産の細骨材は近畿以西においてはほとんどないといってよく、特に臨海部では河砂に代わり海砂が主体となっているのが現状である。しかし、塩分問題や採取にともなう環境問題などから供給量にも限界があり、今後新しい細骨材として砕砂や高炉スラグ砂などの人工骨材の使用が考えられる。

そこで、現実的な対応策として、海砂に砕砂または高炉スラグ砂を混合した混合砂の使用を考え、これらの骨材を用いたコンクリートの性質を調べるため、各種の調査・実験を行った。

この結果、骨材によっては単位水量の増加などの影響が見られ、多少のコンクリートの性質の違いもあったが、十分使用に耐え得るものと判断した。¹⁾

1. コンクリート用細骨材の現状

周知のように近年天然骨材は枯渇化傾向にあり、最適な骨材といわれてきた河川産の細粗骨材は特に近畿以西において非常に少なくなっている。²⁾

表-1は阪神高速道路公団が昭和52年1月に実施した「管内生コンクリート工場における細骨材利用に関するアンケート調査」の結果である。表-1で山砂を使用している工場も何社もあるが、これは主に内陸の工場で、近畿地方における今後の山砂の供給量を予想するとあまり期待が持てない。その品質も泥分含有量、粒度などに問題が多いと思われる。また、海砂のみを使用してい

る工場が74% (76工場)あり、臨海部の70工場では93% (65工場)が海砂を100%使用している状況であった。

表-1 細骨材の利用状況：昭和52年1月

地区別 混合割合	海砂 (工場数)	山砂 (")	川砂 (")
100	76	5	
90		1	
80	2	7	
70	1	6	1
60		1	
50	3	3	
40	1		
30	7	1	
20	7	1	1
10	1		
合計工場数	98	25	2

ところで、海砂の細骨材としての品質については、含有塩分量が最大の問題である。「土木学会コンクリート標準示方書」によると、海砂に含まれる塩化物の許容限度は責任技術者の判断に委ねられているが、一応の目安として海砂の絶対重量に対してNaCl換算で0.1%を与えている。この塩分規定量の是非については判断の難しいところであるが、現状ではとりあえず土木学会の許容限度の標準0.1%を目標とした。

一方、現状で生コン工場より供給されるコンクリートに使用される海砂の塩分量は、降雨条件あるいはサンプリングなどの条件により値はかなりばらつきがあるが、前述の公団のアンケート調査によると、NaCl換算で0.10~0.15%と規定値を越えているものが多く認められた。

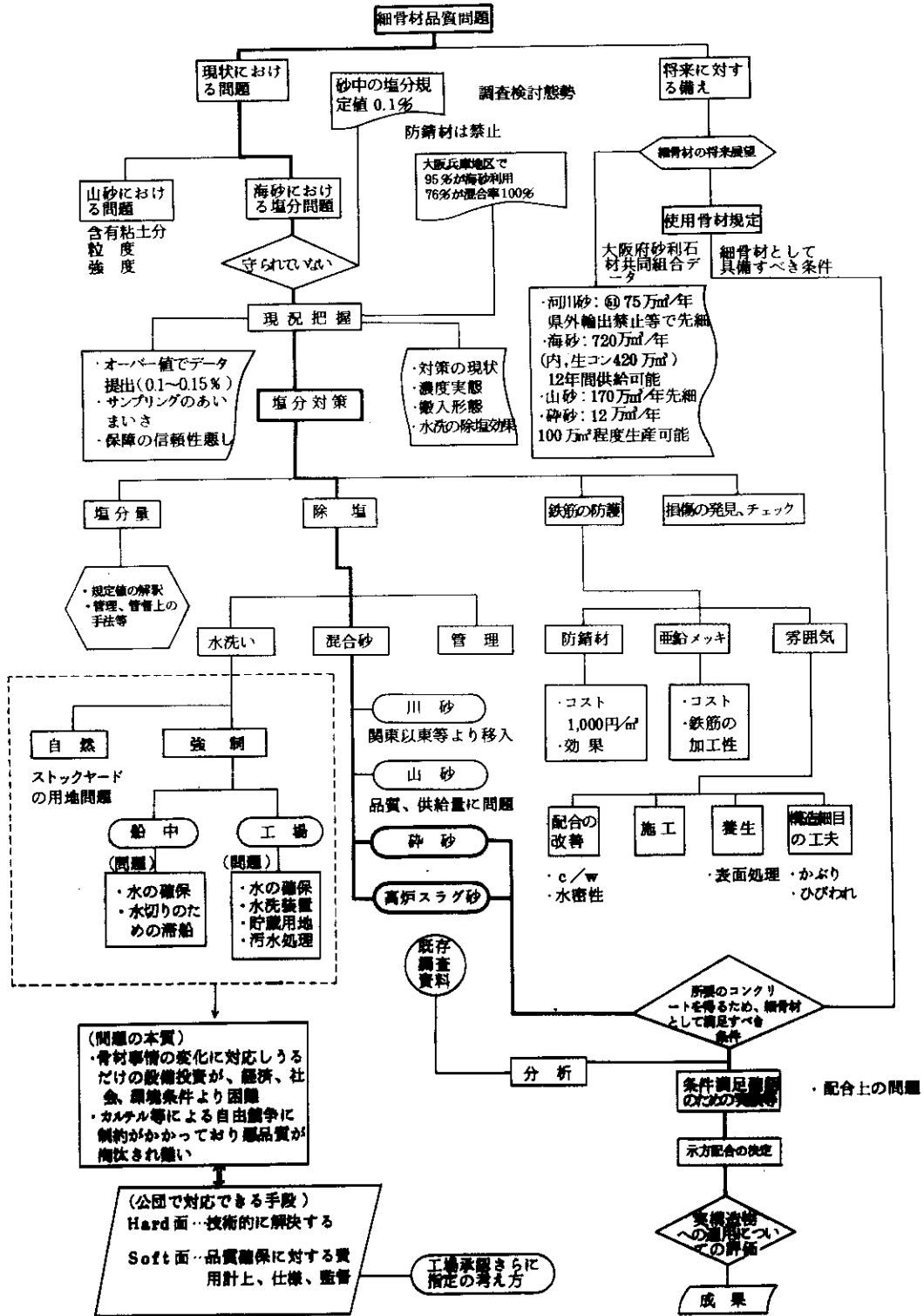


図-1 細骨材の品質問題と対応

そこで塩分対策が必要となる。まず除塩方法として最も基本的かつ確実な方法は、水洗いにより塩分を希釈する方法であり、現状でも生コン工場内、あるいは骨材供給者が船上などでこのような除塩の努力を行っているが、満足のできるものではない。³⁾

一方、鉄筋の発錆を防止する観点からは亜鉛めっき鉄筋や防錆剤の利用が考えられるが、⁴⁾費用負担の問題や効果の面でまだ疑問点もあり、とりあえず今回は対象外とした。

そこで、塩分対策、供給量、価格を考慮して最も可能性の高いものとしては、海砂をベースにした混合砂の採用が考えられる。その際対象となり得る細骨材としては、山砂、砕砂、高炉スラグ砂が現段階で考えられる。このうち山砂は前述したように量的、品質的に問題が多く対象外とした。砕砂は砕石を製造する際のダストが中心であるが、最近では砕砂専用のプラントも作られており、品質上の問題がなければ今後利用できる可能性がある。また高炉スラグ砂は製鉄工程における副産物である高炉溶融スラグを、水冷または空冷して一定の粒度に製造した人工骨材であり、最近注目されている骨材である。⁵⁾中でも水砕砂についてはJISもできており、省資源の観点からも今後生産量が漸増すると考えられる。

そこで、海砂に砕砂または高炉スラグ砂(水砕砂、風砕砂)を一定量加えた混合砂を用いたコンクリートについて、今回一連の実験を行い、その適用可能性について検討した。これら本実験を実施するに至る背景は、図-1に示すとおりである。

2. 実験計画

2-1 基本方針

本研究の目的より、以下の方針により実験計画を立案した。

- ① 実験対象とする細骨材は砕砂、高炉スラグ砂(水砕砂、風砕砂)とする。そして混合母体としては関西地域の現状から海砂とする。
- ② 混合比率としては、コンクリートの性状の傾向を見る上からも、各骨材単味のものも含めて4種類とする。
- ③ 混合による含有塩分量の低下にともなう防錆効果の確認はその評価が困難なため今回は行わない。
- ④ 塩分量については、実際的なデータを得るためにベースとなる海砂について、人工海水を用いてNaCl換算で砂重量の0.15%となるように調整する。
- ⑤ 過去10年余の骨材事情の変化(川砂利→砕石、川砂→海砂→人工砂)によるコンクリートの配合条件と物性の変化をつかむため、昭和39年、昭和43年に実施した配合試験の結果と対比できるように不都合のない範囲で同一化をはかる。⁶⁾⁷⁾
- ⑥ コンクリートに使用する混和剤による影響は、今回検討の対象とせず、無塩化タイプのAE減水剤とする。
- ⑦ 細骨材の混合率による諸性質が定量的に把握可能なように、粗粒率(F.M)は同一の値となるように調整する。

表-2 セメントの物理試験結果

銘柄・試料	注1) 比重	粉末度 (cm^3/g)	凝結時間			安定性	フロー (mm)	曲げ強さ (kg/cm^2)				圧縮強さ (kg/cm^2)				
			水置 (%)	始発 ($\text{h}:\text{m}$)	終結 ($\text{h}:\text{m}$)			1日	3日	7日	28日	1日	3日	7日	28日	
大阪普通 ポルトランド セメント	第一回 供試セメント	3.18	3180	28.8	2:06	3:27	良	268	—	35	54	77	—	138	244	418
	第二回 供試セメント	3.18	3200	29.0	2:10	3:31	良	267	—	42	59	77	—	149	249	418
大阪早強 ポルトランド セメント	第一回 供試セメント	3.14	4380	28.5	2:57	3:59	良	278	33	51	69	79	137	227	332	448
	第二回 供試セメント	3.14	4400	28.5	2:45	3:54	良	286	35	57	72	85	147	242	335	451

注1) 最細細骨材率の決定、およびスランプと単位水量的の関係に関する試験は第一回供試セメントを用いた。

ブリージング、および硬化コンクリートの諸性質に関する試験では第一回および第二回供試セメントを等量混合して用いた。

(4) 細骨材

実験に用いた海砂、砕砂、2種類の高炉スラグ砂（水砕砂、風砕砂）を選定したが、これら細骨材の使用条件を表-3に、物理試験結果を表-4に示す。

2-2 使用材料

(1) セメント

セメントは普通ポルトランドセメントと早強ポルトランドセメントを使用した。使用セメントの物理試験結果を表-2に示す。

(2) フライアッシュ

現在公団では橋脚柱および梁部にフライアッシュコンクリートを用いているが、今後省資源の観点からも使用量が増えるものと予想される。フライアッシュの置換え率は20%とする。

(3) 混和剤

混和剤は無塩化タイプのAE減水剤（ボリスNa70）および補助AE剤（#303A）を使用した。

表-3 細骨材の使用条件

海砂	塩分含有量は飽乾砂に対して0.15%にする。 粒度は2種以上の試料を土木学会コンクリート標準示方書の77条で規定する標準粒度範囲のは平均になるように混合調整し、粗粒率(F.M)を2.70±0.05の範囲にする。ただし風砕砂用海砂は除く。
砕砂	洗い試験損失量は7%および15%にする。 粒度は土木学会コンクリート標準示方書の77条で規定する標準粒度範囲に適合することを原則とし、F.Mを2.70±0.05の範囲にする。
水砕砂	コンクリート用高炉スラグ砕砂JIS原案による。ただし吸水率は3.5%以下とし、粒度はF.Mを2.70±0.05の範囲にする。
風砕砂	コンクリート用高炉スラグ砕砂JIS原案による。ただし粒度は適当な海砂と混合調整し、F.Mを2.70±0.05の範囲にする。

表-4 細骨材の物理試験結果

注1) 混合骨材 (ベース海砂)	混合率(%)	比重	吸水率(%)	有機不純物	塩分含有量(%)	注2) 洗い試験 損失量(%)	粘土塊(%)	1.95に 浮く粒子(%)	目から 混入量(%)	安定性 損失量(%)	単位 容積質量 (kg/L)	実積率	粒度分布(通過率)							F.M.
													5mm	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15		
—*	0	2.55	2.08	合格	0.150	0.6	0	0.8	5.4	5.5	1.53	61.2	100	91	70	47	21	1	2.70	
** 砕砂-7	33	2.59	1.90	合格	0.100	2.7	0	0.2	3.6	4.3	1.73	63.1	100	93	72	44	20	3	2.68	
	66	2.62	1.77	合格	0.051	4.8	0	0.1	1.8	3.2	1.71	66.4	100	94	74	41	18	5	2.68	
	100	2.66	1.54	合格	0	7.0	0	0	—	2.0	1.73	66.1	100	96	75	38	17	7	2.67	
*** 砕砂-15	33	2.59	1.85	合格	0.100	5.4	0	0.2	3.6	4.4	1.60	62.9	100	92	69	43	21	6	2.69	
	66	2.63	1.67	合格	0.051	10.1	0	0.1	1.8	3.3	1.68	64.9	100	93	68	39	21	9	2.70	
	100	2.67	1.48	合格	0	15.0	0	0	—	2.2	1.63	62.0	100	94	66	35	21	14	2.70	
**** 水砕砂	33	2.56	2.29	合格	0.100	1.8	0	0.7	3.6	3.8	1.58	63.1	100	93	72	48	19	3	2.70	
	66	2.58	2.55	合格	0.051	3.0	0	1.0	1.8	2.1	1.49	59.2	100	96	75	40	17	5	2.67	
	100	2.59	2.82	合格	0	4.3	0	1.4	—	0.3	1.49	59.4	100	98	76	36	15	7	2.67	
***** 風砕砂	33	2.67	1.41	合格	0.100	0.5	0	0	1.6	1.6	1.76	66.8	99	88	64	47	26	1	2.75	
	66	2.78	0.95	合格	0.051	0.2	0	0.1	1.4	0.2	1.83	66.5	100	91	69	48	27	0	2.70	

注1) * 混合海砂。

** 混合海砂をベースにした。

*** 混合率33%は広島産海砂、および混合率66%は室木産海砂をベースにした。

注2) 人工海水を用いて、海砂の塩分含有量を0.15%にした値。

表-5 粗骨材の物理試験結果

産地・試料	最大寸法 (mm)	比重	吸水率(%)	洗い試験 損失量(%)	粘土塊(%)	1.95に 浮く粒子(%)	すりへり 減量(%)	安定性 損失量(%)	単位 容積質量 (kg/L)	実積率	粒度分布(通過率)								F.M.	
											40mm	30	25	20	15	10	5	2.5		
高機産	6号砕石	15	2.69	0.78	0.3	0	0	11.9	6.2	1.55	58.1	—	—	—	—	100	88	3	0	6.04
	5号砕石	20	2.69	0.78	0.3	0	0	12.1	6.5	1.54	57.7	—	—	100	96	63	1	0	—	7.04
	砕石4020	40	2.69	0.56	0.2	0	0	17.6	3.8	1.55	57.9	100	77	28	1	0	—	—	—	7.99
	砕石2005 混合①:② =4.0:3.0	20	2.69	0.78	0.3	0	0	12.0	6.4	1.63	61.2	—	—	100	97	78	36	3	0	6.64
	砕石4005 混合①:② ③=20:35:45	40	2.69	0.68	0.3	0	0	14.5	5.2	1.71	64.0	100	90	68	58	42	18	2	0	7.27

(5) 人工海水

海砂の塩分含有量を絶乾重量に対して0.15%とするため、一旦海砂を水洗いした後、ASTM規格による人工海水を用いて調整した。

(6) 粗骨材

粗骨材は最大骨材寸法20mmおよび40mmの碎石を用いた。これらの物理試験結果を表-5に示す。

2-3 実験内容

配合の組合わせは表-6のとおりである。単位セメント量は、各種のコンクリートの使用実績から4種類定めた。

表-6 コンクリートの種類と配合条件

コンクリートの種類	単位セメント量 (kg/m ³)	粗骨材最大寸法 (mm)	セメントの種類	スランブ (cm)	空気量 (%)	注4) 混和剤 (C×%)
N282	280	20	普通	10±1	注3) 4.0±0.5	0.3
N342	340	20				
N402	400	20				
N284	280	40				
N342 ^{注1)}	注2) 340	20	早強	7±1		
H452	450	20				

注1) セメントを20系フライアッシュで置換
 注2) セメント：フライアッシュ=80：20多
 注3) バイブレーターで振動締め固めた空気量
 注4) ポリスノ.70 C×0.3% (250℃/C=100kg)

実験は以下の項目について行った。

- (1) フレッシュコンクリートの性状に関する実験
 - ① 最適細骨材率(S/a)の決定
 - ② スランブと単位水量との関係
- (2) 硬化コンクリートの諸性質に関する実験
 - ① ブリージング試験
 - ② 圧縮強度試験
 - ③ 引張強度試験
 - ④ 静弾性係数試験
 - ⑤ 凍結融解試験
 - ⑥ 乾燥収縮試験
 - ⑦ クリープ試験

試験項目を表-7に、試験の組合わせを表-8に示す。

2-4 実験方法および供試体

最適細骨材率の決定は単位水量および空気量一定の条件下で細骨材率を変化させて行った。コンクリートの練り混ぜは50ℓ可傾式ミキサを用い、1バッチ40ℓとして、全材料投入後3分間練り混ぜた。測定はスランブ、空気量、沈下度について行い、コンシステンシーと細骨材率の関係を検討するとともに、目視観察によりワーカビリティを判定して、これより最適細骨材率を決定した。

表-7 硬化コンクリートの諸性質に関する試験結果

試験項目 (試験方法)	試験材令	供試体数	供試体寸法
ブリージング (JISA 1123)	—	2本	—
圧縮強度 (JISA 1108)	普通セメント：3, 7, 28, 91日 早強セメント：1, 3, 7, 28日	各材令 3本	MS20mm：φ10×20cm MS40mm：φ15×30cm
引張強度 (JISA 1113)	普通セメント：3, 7, 28, 91日 早強セメント：1, 3, 7, 28日	各材令 3本	φ15×15cm
静弾性係数 (JIS原案)	28日	3本	MS20mm：φ10×20cm MS40mm：φ15×30cm
凍結融解 (ASTM C666A法)	14日より開始	3本	10×10×42cm
乾燥収縮 (JISA 1124)	1日より開始 7日で基長測定	3本	10×10×50cm
クリープ (JIS原案)	普通セメント：28日より開始 早強セメント：7日より開始	拘束および 無拘束各2本	10×10×42cm

表-8 試験の組合わせ

コンクリートの種類	混合骨材 (ベース :海砂)	混合率 (%)	最適S/a の決定	スラン プと単 位水量 の関係	ブリー ジング	圧縮 強度	引張 強度	静弾 性係 数	乾燥 収縮	クリ ープ	凍結融解
N 282	—	0	○		○	○	○	○	○		
	砕砂 (洗い7%)	33				○					
		66			○	○	○	○	○		
		100				○					
	水砕砂	33	○			○					
		66			○	○	○	○	○		
100		○			○						
N 342	—	0	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	砕砂 (洗い7%)	33	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		66	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		100	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	砕砂 (洗い15%)	33	○	○			○				
		66	○	○	○	○					
		100	○	○	○	○					
	水砕砂	33	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		66	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		100	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	風砕砂	33	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		66	○	○	○	○	○	○	○	○	○
N 402	—	0				○					
	砕砂 (洗い7%)	33				○					
		66					○				
		100					○				
	水砕砂	33					○				
		66					○				
100						○					
N 284	—	0	○	○	○	○	○	○	○		
	砕砂 (洗い7%)	33				○					
		66	○	○	○	○	○	○	○		
		100					○				
	水砕砂	33					○				
		66	○	○	○	○	○	○	○	○	
100						○					
H 452	—	0	○	○	○	○	○	○	○	○	
	砕砂 (洗い7%)	33				○	○	○	○	○	
		66	○	○	○	○	○	○	○	○	
		100					○	○	○	○	
	水砕砂	33					○	○	○	○	
		66	○	○	○	○	○	○	○	○	
100						○	○	○	○		
N 342 F	—	0				○		○	○		
	砕砂 (洗い7%)	33				○					
		66					○		○	○	
		100					○				
	水砕砂	33					○				
		66					○		○	○	
100						○					

スランプと単位水量の関係は、①で決定した最適細骨材率を用いて行った。すなわち、空気量を一定にし、目標スランプを 5 ± 1 、 10 ± 1 、 15 ± 1 cmの3段階変化させてスランプ、空気量を測定し、これよりスランプと単位水量の関係を把握した。コンクリートの練り混ぜは①と同様である。

また硬化コンクリートの諸性質に関する実験は、フレッシュコンクリートの性状に関する実験結果をもとに配合を定め、表-8に従って行った。

コンクリートの練り混ぜは100 l可傾式ミキサを用い、締め固めは公称棒径27mmの棒状バイブレータを用いた。

圧縮、引張および静弾性係数試験はアムスラー型圧縮試験機を用い、供試体は試験直前まで 20 ± 2 °Cの湿潤養生を行った。

静弾性係数は、左右対称に設置した差動トランス型ひずみ計を用いてXYレコーダーにより応力

ひずみ曲線を描き、ひずみが 50×10^{-6} の点と最大荷重の1/3点とを結ぶ直線の勾配を静弾性係数とした。

耐久性試験としての凍結融解試験は水中急速凍結融解試験装置(8サイクル/日、 $-18^{\circ}\text{C} \sim +5^{\circ}\text{C}$)で行い、供試体のたわみ一次振動数と重量を測定した。

乾燥収縮試験はダイヤルゲージによりひずみ度 1×10^{-5} まで測定した。供試体は基長測定直前まで 20 ± 2 °Cの湿潤養生をし、その後 20 ± 1 °C、R.H.60~65%の恒温恒湿室に保存した。

クリープ試験用供試体は、P C 鋼棒による単軸拘束供試体と同一形状の無拘束供試体を用い、フーゲンベルガー型ひずみ計によりひずみ度 1×10^{-6} まで測定した。圧縮応力の導入は同一養生条件とした供試体の圧縮強度の30%である。養生条件、応力導入時期および再導入時期を表-9に示す。

表-9 クリープ試験条件

セメントの種類	コンクリートの種類	養生条件	応力導入時期	再導入(応力導入後)
普通	N342	材令7日まで湿潤養生(20 ± 2 °C)、以後 20 ± 1 °C、R.H.60~65%の恒温恒湿室に保存して試験に供した。	材令28日に応力導入	材令7日、14日、28日、56日、112日
早強	H452	材令3日まで湿潤養生(20 ± 2 °C)、以後 20 ± 1 °C、R.H.60~65%の恒温恒湿室に保存して試験に供した。	材令7日に応力導入	に応力再導入

3. 実験結果

3-1 最適細骨材率

主な結果を図-2に示す。

最適細骨材率は混合骨材の混合率が増加するほど、砕砂では微粉量が増加するほど小さくなる傾向にあり、混合骨材の粒形と微粉量が影響を与えていることが認められる。

一方最大骨材寸法が大きくなると単位水量も減少し、微粉の絶対量が少なくなるためか、混合骨材の混合率が増加する程大きくなるが、混合率間に差が認められなくなる。

また単位セメント量の増大によって微粉の絶対

量が多くなる効果を示し、混合率間に差が認められない。

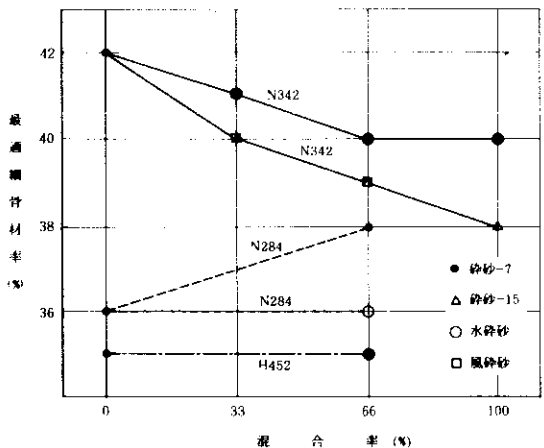


図-2 混合率と最適細骨材率の関係

3-2 スランプと単位水量との関係

所要のスランプを得るために必要な単位水量は、混合骨材の混合率が増加するほど砕砂および水砕砂では増加し、逆に風砕砂を使用する場合には減

少した。結果の一例を図-3に示す。

フライアッシュを混入したコンクリートの単位水量は、いずれの骨材ならびに混合率でも、フライアッシュ無混入のコンクリートに比較し、約5%減少する。

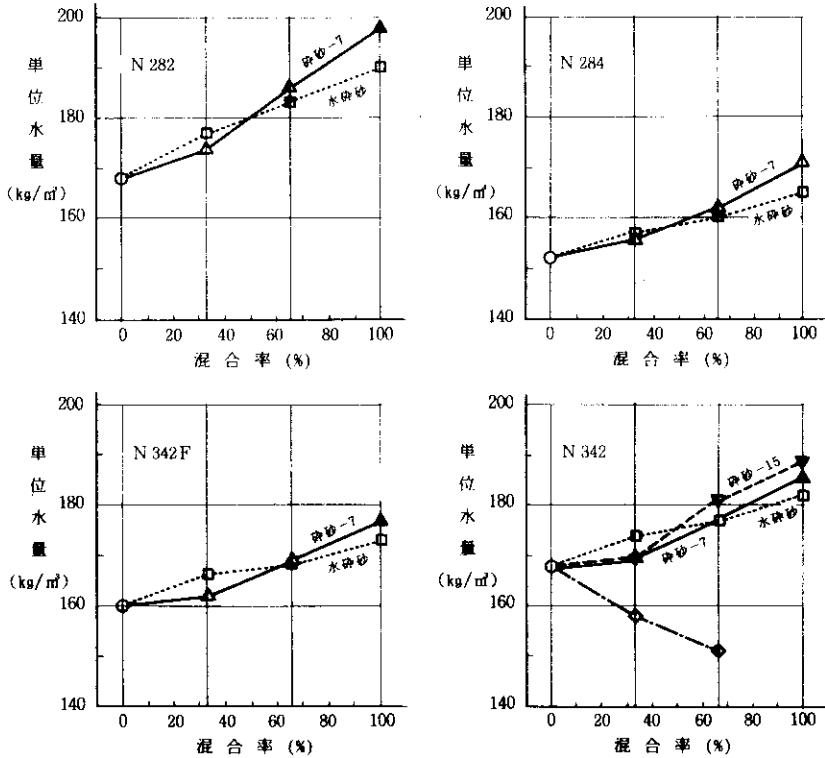


図-3 混合率と単位水量の関係

またスランプ1cm増減させるのに必要な単位水量の増減率を表-10に示す。各コンクリートの種類別平均では1.5~1.6%の範囲にあり、「土木学会コンクリート標準示方書」に示される増減率(1.2%)よりもやや大きい傾向にある。

表-10 単位水量の増減率

配合 割合 砕砂	増 減 率 (%)							
	N 342				N 284		H 452	
混合率 (%)	砕砂-7	砕砂-15	水砕砂	風砕砂	砕砂-7	水砕砂	砕砂-7	水砕砂
0	1.5				1.5		1.6	
33	1.5	1.6	1.2	1.4	-	-	-	-
66	1.4	1.4	1.2	1.8	1.7	1.5	-	1.6
100	1.4	1.5	1.5	-	-	-	-	-
平均	1.5				1.6		1.6	

3-3 プリージング

結果の一例を図-4に示す。

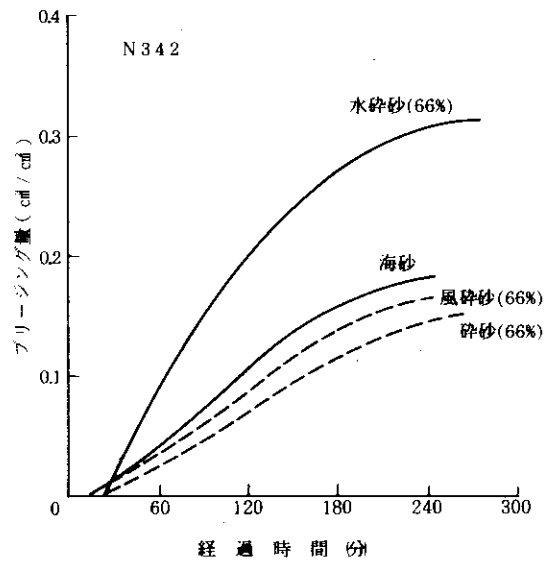


図-4 プリージング試験結果

基準コンクリートと比較すると、砕砂および風砕砂を使用した場合は混合率による顕著な差異は認められず、ほぼ同等かやや減少している。一方、水砕砂の場合は混合率の増加とともにブリージング量は大幅に増加する傾向にある。

また、単位セメント量の増加ならびに骨材寸法が大きくなる程ブリージング量は少なくなる傾向にあった。

3-4 圧縮強度

圧縮強度は、砕砂もしくは水砕砂を混合すると単位水量の増加にともないセメント水比が低下し、混合率が増加する程低下する傾向にある。一方、

風砕砂を使用すると逆に単位水量が減少するため強度は増加する。

基準コンクリートとの比較を表-11に示す。一般的に圧縮強度は初期材令ほど大きく低下し、材令28日以降の長期材令ではやや低めか、ほぼ同程度となる。このような初期材令における強度低下は、細骨材全体としての塩分含有量の変化と混合骨材自身の影響と考えられる。

これらは、最大骨材寸法を変化させても同様な傾向を示し、早強セメントを使用しても、フライアッシュを使用しても、それぞれの特性は変わらない。

表-11 圧縮強度試験結果

コンクリートの種類	混合骨材	混合率 (%)	圧縮強度比 (%)			
			3日	7日	28日	91日
N282	砕砂 7	33	80~85	100~110	95~105	100
		66	75	95~100	95~105	90~100
		100	60~65	90	90~95	90~100
N342	水砕砂	33	70~85	90~105	95~105	90~105
		66	60~80	75~105	90~105	90~105
		100	50~70	70~100	85~100	85~105
N342	砕砂-15	33~100	65~85	100~110	95~105	100~105
	風砕砂	33~100	85~90	110~115	105~110	105~110

3-5 引張強度

混合骨材が引張強度に及ぼす全般的な傾向は圧縮強度の場合と同様と言える。

また、脆度係数(圧縮強度/引張強度)は初期材令においては多少のばらつきもあるが、全般的に混合率が増加するほど小さくなる。

3-6 静弾性係数

静弾性係数は、砕砂の場合、混合率が増加する程低下するが大きなものではない。また、水砕砂で

は混合率が増加しても基準コンクリートのそれと大差なく、風砕砂では実験例が少なく明確に言いきれないが、混合率が増加する程増加する。

全体を通じて静弾性係数は「土木学会標準示方書」で設計の標準とする値と同等もしくは下回った。

3-7 凍結融解に対する抵抗性

結果の一例を図-5に示す。

凍結融解に対する抵抗性は、適正な配合で所要の空気量が確保されていれば、混合骨材ならびに

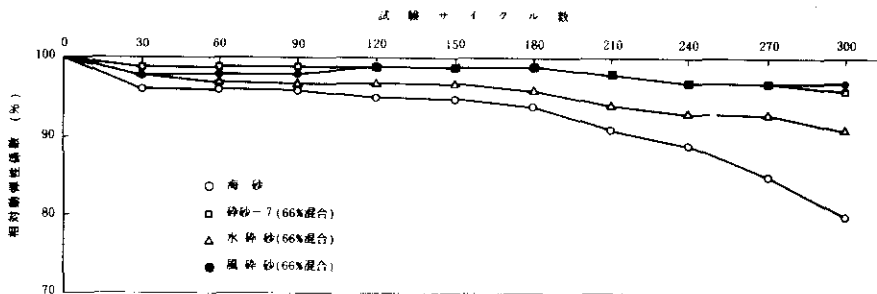


図-5 凍結融解試験結果

混合率を問わず良好な結果を示した。

3-8 乾燥収縮

図-6に結果の一例を示す。

乾燥収縮は砕砂では混合率が増加する程増加し、推定最終収縮量が微粉の影響で $103 \sim 123 \times 10^{-5}$ にもなっている。⁸⁾これはクリープや鉄筋の拘束を考へても大きな収縮ひずみであり、砕砂の混合率が増えた場合は設計施工の上で十分な配慮が望まれる。しかし、水砕砂および風砕砂を混合した場合では、基準コンクリートと大差なく、最終推定

乾燥収縮量は通常いわれている $70 \sim 100 \times 10^{-5}$ の範囲にある。

3-9 クリープ

クリープ係数は早強セメント使用の場合ほどの混合骨材および混合率でも大差なく、最終クリープで1.7~2.1となっている。しかし普通セメント使用の場合は、砕砂を混合すると最終値で3.3となり基準コンクリート及び水砕砂混合の場合に比べて大きな値となっている。

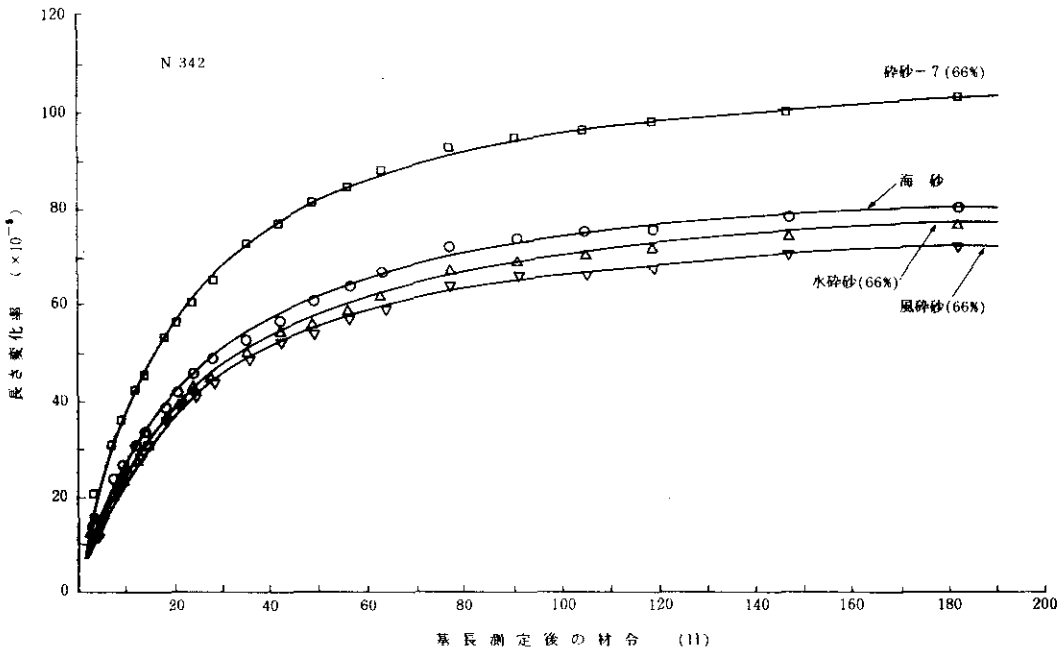


図-6 乾燥収縮試験結果

4. まとめ

本実験では、まず海砂100%使用のコンクリートを基準コンクリートと称し、現在現場で使用されている骨材条件、配合条件にできるだけ近似させ、その性状を明らかにすることにより最近における公団の構造物に使用されるコンクリートの基礎的性状を明らかにした。そして海砂を母体とし、混合砂の種類および混合率を変化させた場合、どのような性質の変化が現われるかを実験し、その変化を定量的に把握した。

今回の実験結果を混合骨材別に基準コンクリートと対比して総括すると表-12のようになる。

以上より、各種混合砂を実際に現場で使用する際に注意すべき点を以下に示す。

- ① 砕砂を混合したコンクリートでは、砕砂に含まれる微粉の存在と形状の影響が大きく、微粉量が多くなったり混合率が増したりすると、所要のスランプを得るために必要な単位水量は増大する。このため乾燥収縮ひずみやクリープが大きくなる。本実験の結果では、微粉量は少くとも7%以下とするとともに、断面厚が小さく収縮ひびわれの発生しやすい構造物や、クリ

ープが問題となるPC構造物等では、混合率も少くする方が望ましい。

- ② 水砕砂を混合したコンクリートでは、高スラグ特有の潜在水硬性と、微粉の影響で、所要のスランプを得るのに必要な水量が増大し、ブリージングが増加する。また強度は初期強度が低く、長期強度が伸びる性質がある。しかし、貯蔵などに注意して用いれば、今後省資源の観

点からも有効な骨材である。

- ③ 風砕砂は、試作段階の砕粒しない丸い単粒に近い状態で実験したものであるが、その粒形の特徴が大きくあらわれ、減水剤の役割りを果している。このことは、今後量産化にともない省資源面のみならず、コンクリートの品質改善への大きな期待がもたれる。

表-12 試験結果総括表

細骨材の種類 特性	砕砂-7	砕砂-15	水砕砂	風砕砂	
最適 S / a	減少 MS=40mmの場合増加 富配合の場合不変	減少	減少 MS=40mmの場合不変 富配合の場合不変	減少	
単位水量	増加 (2~12%)	増加 (1~12%)	増加 (3~8%)	減少 (6~10%)	
AE剤使用量	同等	増加 (0.5~1.5A)	減少 (1~2.5A)	同等	
ブリージング	同等	同等	大幅増加	同等	
圧縮強度	初期	低下	低下	低下	
	σ_{28}	同等もしくは低下 (90~105%)	同等 (95~105%)	同等もしくは低下 (85~105%)	同等もしくは増加 (105~110%)
	σ_{91}	同等もしくは低下 (90~100%)	同等 (100~105%)	同等もしくは低下 (85~105%)	同等もしくは増加 (105~110%)
引張強度	圧縮強度と同一傾向	圧縮強度と同一傾向	圧縮強度と同一傾向	圧縮強度と同一傾向	
静弾性係数	同等もしくは低下	—	同等	増加	
凍結融解に対する抵抗性	基準コンクリートより大	基準コンクリートより大	基準コンクリートより大	基準コンクリートより大	
乾燥収縮	大	—	同等かやや小	小	
クレープ	同等 普通セメントの場合大	—	同等	—	

あとがき

本研究の計画、実施にあたっては、「技術審議会 コンクリート構造委員会」(主査; 岡田 清 京都大学教授)および「阪神高速道路協会構造研究委員会コンクリート小委員会」(委員長; 藤井 学 神戸大学助教授)の有益な助言ならびに指導を賜った。また、実験は、「日本材料学会」の指導のもとに、「日曹マスタービルダーズ株式会社中央研究所」で実施したものである。最後まで関係

者に謝辞を示す。

なお、詳細な研究の内容については、調査研究報告書¹⁾が作成されているので参照されたい。

参 考 文 献

- (1) 阪神高速道路協会：混合砂を用いたコンクリートの諸性質に関する調査研究報告書、昭和54年3月
- (2) 赤井公昭、豊福俊泰：骨材の地域特性―全国生コンクリート工場使用骨材の品質実態、コンクリート工学、Vol.17、No.8、1979、8
- (3) 福士 勲、友沢史紀：最近の骨材事情と骨材産業の動向(3)最近の海砂の動向、コンクリート工学、Vol.16、No.9、1978、9
- (4) 岸谷孝一：海砂中の塩分が鉄筋に及ぼす影響と防錆対策、コンクリートジャーナル、Vol.12、No.10、1974、10
- (5) 日本鉄鋼連盟：コンクリート用水砕スラグ細骨材の使用規準の作成に関する研究報告書、昭和53年3月
- (6) 日本材料学会：阪神高速道路公団コンクリートの基準配合その他コンクリートの諸性質に関する試験、昭和39年10月
- (7) 日本材料学会：阪神高速道路公団碎石コンクリートの基準配合その他コンクリートの諸性質に関する試験、昭和43年10月
- (8) 藤井 学他4名：混合砂を用いたコンクリートの乾燥収縮とクリープについて、セメント技術年報33巻、昭和54年