

佐賀大学 石川 達夫
三菱セメント(株) 葛城 浩三
九州大学 松下 博通

1. まえがき

近年の建設工事の増大は、打設コンクリート量の急増となりコンクリート用骨材の払込に拍車をかけてきている。粗骨材についての問題は、山碎石の出現により従来の玉砂利に比べ多量の単位セメント量または単位水量の増加を伴なうにしてもコンクリート用として適当なものとして使用されてきており、またコンクリートの軽量化を狙った人工軽量骨材の登場もあり、粗骨材については解決された感がある。細骨材については、天然砂にと、替るものとして砕砂があるが、一般のコンクリート工事では経済的に使用できないのが現状であり、いまおい砂の豊富な供給源である海砂にそれを求めることになる。海砂をコンクリート用細骨材として用いるときに争われる問題点は、それに含まれる塩分によりコンクリート中の鋼材の発錆が促進されること、またそのコンクリートの強度、水和熱への影響、貝殻など混入によるコンクリートへの影響などであろう。前回¹⁾に引続き海砂の問題点について調査、研究した結果をここに述べる。

2. 海砂の実態調査

レディーミクストコンクリート工場に入荷する海砂4地方33試料について塩分量および貝殻量を調べた結果を表-1に示す。塩分量は、試料の採取時期、採取方法などにより異なり、てくる値であるが0.02～0.3%程度である。

3. 海砂の塩分がコンクリートに与える影響

普通ポルトランド、フライアッシュA種およびフライアッシュB種の各セメントを使用し、単位セメント量305kg/m³、スランプは19～20cmとし、砂の塩分量を変えてスランプ試験と強度試験を行なった。測定結果を表-2と図-1に示す。スランプは測定誤差が大きいので砂の塩分量とスランプとの間には、有意な関係は認められないうが、数値の傾向からみて、砂の塩分量が増加するにつれ

産地	塩分量(%)	2.5mm以上の試料中の塩分含有率(%)				* (%)	** (%)	*** (%)				**** (%)			
		10-25	15-25	20-25	25-25			10-25	15-25	20-25	25-25	10-25	15-25	20-25	25-25
九州	1	0.091	0.2	0.4	1.6	97.8	0.36	16.9	0.09	0.04	0.25	5.65	9.75	11.5	
	2	0.135	0.2	3.5	15.6	80.7	2.26	11.8	0	1.35	0.91	0	38.4	5.88	
	3	0.107	0.1	1.5	7.1	91.3	2.17	25.1	0.28	0.88	1.00	100	59.6	14.0	
	4(海)	0.115	0	1.8	6.8	91.4	2.78	32.5	0	0.69	2.06	0	38.1	30.5	
	5(海)	0.090	0.1	0.4	0.6	98.9	0.40	36.3	0.04	0.19	0.18	10.0	44.1	30.0	
	6	0.253	0.3	1.9	5.7	92.1	1.29	15.7	0.04	0.20	1.03	7.9	11.0	18.2	
	7	0.135	0.6	2.8	15.1	81.5	3.58	19.4	0.48	1.02	2.08	62.9	36.8	13.9	
	8	0.154	0	11.5	10.7	77.8	0.07	0.4	0	0.04	0.04	0	0.3	0.36	
	9	0.166	0.1	0.7	4.5	94.7	0.58	12.8	0.11	0.16	0.30	100	22.6	8.25	
	10	0.154	0.3	2.5	3.3	93.9	0	0.1	0	0	0	0	0.15	0.12	
	11	0.095	0	0.1	2.6	97.3	0.02	0.6	0	0.01	0.00	0	9.67	0.16	
中国	1(海)	0.154	0.4	4.2	20.4	75.0	0.45	1.8	0	0.20	0.25	0	4.85	0.99	
	2(海)	0.079	0	0.5	1.5	98.0	0.20	10.1	0	0.88	0.12	0	15.6	8.20	
	3(海)	0.027	0.1	2.5	13.5	83.9	0.17	1.2	0.04	0.07	0.07	100	2.97	0.81	
	4(海)	0.219	0.8	1.3	1.1	96.8	1.01	43.4	0.52	0.49	0.35	77.5	36.6	21.0	
	5(海)	0.193	2.9	2.9	20.6	73.6	3.12	8.1	1.03	0.17	2.00	34.0	5.65	9.09	
	6(海)	0.157	0	0.4	4.2	95.4	1.27	26.4	0	0.15	1.05	0	48.0	24.9	
	7(海)	0.131	0	0.4	12.4	87.2	1.53	12.6	0	0.39	1.14	0	17.3	9.40	
	8(海)	0.238	0	0.8	1.7	97.5	0.33	13.5	0	0.06	0.27	0	8.82	15.8	
	9(海)	0.132	0	0.4	7.5	92.1	1.11	14.0	0	0.16	0.95	0	41.2	12.6	
	10(海)	0.264	0	0.0	0.1	98.2	0.10	55.8	0	0	0.08	0	40.0	60.6	
大阪	1(海)	0.029	0.1	0.8	0.6	98.5	0.60	0.6	0	0.18	0.43	0	33.5	50.7	
	2(海)	0.133	0	2.0	15.4	82.6	6.86	39.4	0	0.51	6.33	0	26.0	44.0	
	3(海)	0.292	0.5	0.3	3.6	95.6	1.01	23.8	0	0.05	0.96	0	18.8	26.8	
	4(海)	0.199	0	0.1	3.9	96.0	1.43	36.0	0	0.07	1.35	0	75.0	38.9	
	5(海)	0.015	1.7	7.3	12.1	78.9	0.01	0.3	0	0	0	0	0.11	0	
	6(海)	0.021	0	0.2	19.0	80.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7(海)	0.177	0	0.1	0.3	99.6	0.18	37.1	0.04	0.04	0.09	100	45.0	27.5	
	8(海)	0.225	0	0.3	3.6	96.1	0.83	21.4	0	0.28	0.75	0	32.8	20.6	
	9(海)	0.127	0	3.7	19.1	71.6	1.10	5.3	0	0.28	0.86	0	7.7	4.5	
	10(海)	0.41	0	0.3	0.2	98.5	0	0	0	0	0	0	0	0	
四国	1(海)	0.329	0.2	0.7	2.1	97.0	0.30	10.2	0.14	0.06	0.13	77.8	8.7	5.0	
	2(海)	0.021	0	0.4	14.9	84.7	0	0	0	0	0	0	0	0	

* 試料全体に対する2.5mm以上の貝殻量

** 2.5mm以上の試料砂に対する貝殻量

*** 試料砂全体に対する各粒度の貝殻量

**** 各粒度の試料砂に対する各粒度の貝殻量の比率

表-1 海砂の実態調査結果

てコンクリートのスランプは若干低下する。砂の塩分含有によりコンクリートの初期強度が高くなり、その傾向は含有量が多くなるにつれて著しい。長期強度は若干ではあるが低下する。強度伸び率は塩分含有量の増加につれて著しく小さくなる。

砂の塩分含有量 (%)	スランプ (cm)	3日強度 (%)	7日強度 (%)	28日強度 (%)	180日強度 (%)
0	20.0	100	20.4	100	19.4
0.01	19.5	99.5	19.5	95.6	19.1
0.05	18.4	92.0	19.5	95.6	18.8
0.10	20.1	100.5	18.5	90.7	19.3
0.15	19.0	95.0	20.0	98.0	17.5
0.20	19.4	97.0	19.3	98.6	18.8
0.25	19.1	95.5	20.1	98.5	20.0
0.30	17.7	88.5	19.8	97.1	17.8
0.40	19.7	98.5	19.5	95.6	17.5
0.80	17.2	86.0	19.4	95.1	17.5

表-2 砂の塩分含有量とコンクリートのスランプとの関係

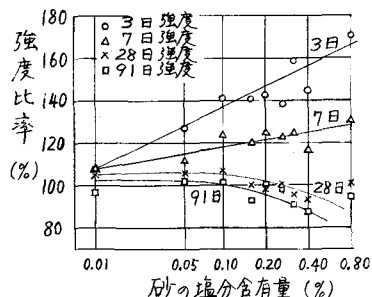


図-1 塩分を含んでいないものを基準とした強度(各種試験の平均値)比率

4. 海砂中の貝がらがコンクリートに与える影響

海砂中の貝がら量を調べるには、試料砂の中から貝がらを手分けで拾い出す方法があるが、2.5mm以下のものについては困難である。こおいた場合塩酸に溶かして(貝がらは炭酸カルシウムであるから)塩酸不溶分を砂と判定する。

i). 5mm以下の貝がらがコンクリートに与える影響

コンクリート配合Ⅰ、Ⅱ(表-3)について、砂に貝がらを0, 2, 3, 4%混入してコンクリート打設し、強度試験を行なった。貝がら混入率0%を基準とした強度比率を表-4に示す。この結果、貝がら混入率が4%程度であれば、強度に影響ないようである。

配合	スランプ (cm)	水比 (%)	単位量 (kg/m³)	水	砂	砕石
Ⅰ	20±1	73.3	300	220	920	927
Ⅱ	5±1.5	40.0	450	180	752	1,090

表-3 コンクリート配合

配合	貝がら混入率 (%)	3日	7日	28日	180日	基準養生 (%)	蒸気養生 (%)
Ⅰ	0	100	100	100	—	—	—
	2	102	106	94	—	—	—
	3	105	106	103	—	—	—
	4	105	106	98	—	—	—
Ⅱ	0	100	100	100	100	100	100
	2	107	100	99	101	99	99
	3	112	103	101	96	108	96
	4	112	101	100	99	106	102

表-4 貝がら混入率0%を基準とした強度比率

ii) 5~13mmの貝がらがコンクリートに与える影響

レディミクストコンクリート工場に入荷する海砂は、13mmのトロンメルを通ったものが多いので、5mm以上の自然のまつの貝がらや貝がら片が混入していることとなる。実態調査の結果をみて5mm以上の貝がらの砂全体に対する最大混入率は1.5%であるので、5mm以上の貝がら混入率と砂重量に対して0, 2, 4, 6%としスランプ試験、強度試験などを行なった。

貝がら混入量は砂の重量を基準にして求めたが、5mm以上であるから配合計算上粗骨材として取扱った。これらの試験結果を表-6, 7に示す。

配合	水比 (%)	単位量 (kg/m³)	水	砂	砕石
Ⅲ	65	300	195	825	1,036
Ⅳ	32	480	146	669	1,124

配合Ⅳ: マイク150

表-5 コンクリート配合

配合	貝がら混入率 (%)	スランプ (cm)	圧縮強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	部分圧縮強度 (MPa)
Ⅲ	0	13.8	100	100	100
	2	12.8	93	89	98
	4	11.3	82	103	100
	6	9.7	76	122	103

表-6 貝がら混入率0%を基準としたスランプ比、強度比率

試験に用いた供試体は中10×20cmおよび10×10×40cmである。これとみると貝がら混入によりスランプ低下はあるが、強度には影響ないようである。

配合	貝がら混入率 (%)	スランプ (cm)	蒸気養生 180日 圧縮 (MPa)	オートクレーブ養生 50時間 圧縮 (MPa)	曲げ (MPa)	部分圧縮 (MPa)
Ⅳ	0	6.1	100	100	—	100
	2	4.8	79	99	99	100
	4	3.9	64	100	100	100
	6	2.6	59	98	96	106

表-7 貝がら混入率0%を基準としたスランプ比、強度比率

1) 石川達夫・岡記雄: 海砂のコンクリート用細骨材としての利用