

V-157 海砂中の貝殻片のコンクリートに与える影響

佐賀大学 工学部 正員 石川 達夫
九州大学 工学部 " 松下 博通
三菱鉱業セメント " 葛城 浩三

1. まえがき

建設工事の増大にもとない打設コンクリート量も急増し、最近のセメント不足をはじめ骨材の慢性的不足となつてきている。コンクリート骨材のうち粗骨材については、山砕石を用いることにより、いままでの玉砂利に比べ多少の単位セメント量または単位水量の増加も必要としても、技術的にはコンクリート用骨材として適当なものとして用いられてきている。細骨材については、川砂、山砂に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ってきている。福岡地方のレディミクストコンクリートでは、コンクリート用に使用される粗骨材は、ほとんどが山砕石であり、細骨材の50~80%に海砂を使用している。海砂をコンクリート用細骨材として用いるときは挙げられる技術的問題は、海砂の塩分含有のことであり、貝殻混入のことであろう。

土木学会コンクリート標準示方書(昭和42年改訂)には、これらについて具体的な規定は何もなされていない。日本建築学会標準仕様書JASS5鉄筋コンクリート工事(昭和44年改訂)には塩化物の許容量として細骨材の総乾重量に対して0.01% (NaClとして)と規定され、貝殻混入許容量については示されていない。

2. 海砂の実状調査

レディミクストコンクリート用細骨材として現在使用されている海砂に、どの程度の塩分と貝殻とが含まれているかを、4地方33試料について実施した調査結果を表-1に示す。貝殻混入量は2.5mm以上の各粒度毎に求められているが、2.5mm以下については求めていない。海砂中の貝殻を正確に算定する方法は、手分けで拾い出す方法しかなく、2.5mm以下の手分けは困難であり、その場合、塩酸で溶かすなどの化学的分析方法に頼らざるを得ない。塩分量は、採取場所やストロークヤードでの積み置き期間によっても異なるが、0.02~0.3%の範囲であり、一方貝殻混入量もかなりの範囲にばらついており、2.5mm以上の貝殻だけでも0~7%の範囲である。

産地	塩分 (NaCl) 含有率(%)	25mm以上の試料砂の粒度(%)				※	※※ (%)			※※※ (%)			※※※※ (%)		
		10mm 以上	10-5 mm	5-2.5 mm	2.5mm 以下		10mm 以上	10-5 mm	5-2.5 mm	10mm 以上	10-5 mm	5-2.5 mm	10mm 以上	10-5 mm	5-2.5 mm
九州	1	0.091	0.2	0.4	1.6	97.8	0.36	16.9	0.08	0.04	0.25	51.5	9.75	11.5	
	2	0.135	0.2	35	15.6	80.7	2.26	11.8	0	1.35	0.91	0	38.4	5.88	
	3	0.107	0.1	15	7.1	91.3	2.17	25.1	0.28	0.88	1.00	100	59.6	14.0	
	4(細)	0.115	0	18	6.8	91.4	2.78	32.5	0	0.69	2.06	0	38.1	30.5	
	5(細)	0.090	0.1	0.4	0.6	98.9	0.40	36.3	0.04	0.19	0.18	40.0	44.1	30.0	
	6	0.253	0.3	19	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	28	15.1	81.5	3.58	19.4	0.48	1.02	2.08	62.9	36.8	13.9	
	8	0.154	0	115	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	25	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	1(細)	0.154	0.4	42	20.4	75.0	0.45	1.8	0	0.20	0.25	0	4.85	0.99	
	2(細)	0.079	0	0.5	1.5	98.0	0.20	10.1	0	0.08	0.12	0	15.6	8.20	
	3(細)	0.027	0.1	25	13.5	83.9	0.17	3.2	0.04	0.07	0.07	100	2.91	0.51	
	4(細)	0.219	0.8	1.3	1.1	96.8	1.01	4.34	0.52	0.49	0.35	77.5	36.6	31.0	
	5(細)	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(細)	0.157	0	0.4	4.2	95.4	1.27	26.4	0	0.15	1.05	0	48.0	24.9	
	7(細)	0.131	0	0.4	12.4	87.2	1.53	12.6	0	0.39	1.14	0	17.3	9.40	
	8(細)	0.238	0	0.8	1.7	97.5	0.33	13.5	0	0.06	0.27	0	8.52	15.8	
	9(細)	0.132	0	0.4	7.5	92.1	1.11	14.0	0	0.16	0.95	0	41.2	12.6	
	10(細)	0.264	0	0.0	0.1	99.9	0.10	55.8	0	0	0.08	0	40.0	60.6	
大阪	1(細)	0.029	0.1	0.8	0.6	98.5	0.60	0.6	0	0.18	0.43	0	3.35	5.07	
	1(細)	0.133	0	20	15.4	82.6	6.86	39.4	0	0.51	6.33	0	26.0	41.0	
	2(細)	0.292	0.5	0.3	3.6	95.6	1.01	23.8	0	0.05	0.96	0	18.8	26.8	
	3(細)	0.199	0	0.1	3.9	96.0	1.43	36.0	0	0.07	1.35	0	75.0	34.9	
	4(細)	0.015	1.7	7.3	12.1	78.9	0.01	0.03	0	0	0	0	0.11	0	
	5(細)	0.021	0	0.2	19.0	80.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6(細)	0.177	0	0.1	0.3	99.6	0.18	37.1	0.04	0.04	0.09	100	45.0	27.5	
	7(細)	0.225	0	0.3	3.6	96.1	0.83	21.4	0	0.28	0.75	0	32.8	20.6	
	8(細)	0.127	0	3.7	19.1	71.6	1.10	5.3	0	0.28	0.86	0	7.7	4.5	
	9(細)	0.411	0	0.3	0.2	99.5	0	0	0	0	0	0	0	0	
	10(細)	0.329	0.2	0.7	2.1	97.0	0.30	10.2	0.14	0.06	0.10	77.8	8.7	5.0	
11(細)	0.021	0	0.4	14.9	84.7	0	0	0	0	0	0	0	0		

註. * 試料全体に対する2.5mm以上の貝がら量
 ※※ 2.5mm以上の試料砂に対する貝がら量
 ※※※ 試料砂全体に対する各粒度の貝がら量
 ※※※※ 各粒度の試料砂に対する各粒度の貝がら量の比率

表-1 海砂の実状調査結果

3. 海砂使用上の問題点

コンクリート用細骨材として海砂を用いた場合の問題点は、先にも述べたように海砂中に含まれる塩分と貝殻とであろう。

塩分含有による影響は、物理的なものよりむしろ化学的要因が主かと思われる。(1)塩分の作用により、セメントの初期凝結に差が生じ、コンクリートの単位水量や作業性が変らなから。(2)塩分の作用により、セメントの水和反応に差を生じ、コンクリート強度の発現が変わることはないか。水和熱についてはどうか。(3)塩分の作用によりコンクリート中の鉄筋が発錆しやすくなるのではないか。このうち(3)の鉄筋の発錆のことが最も重要な事項であり、海砂使用の最大の障害と思われる。塩分と鉄筋の発錆に関する既往の研究は多く、これらの研究成果を基にしてJASS 5の砂の塩分許容量 0.01%以下は規定されている。また鉄筋の発錆の問題は促進試験だけでなく実際のコンクリートに打込まれた状態とか、コンクリートの品質などと考慮した上で長期の追跡調査が必要であると思われる。

貝殻の主成分は炭酸カルシウムであり、化学的な意味での影響はあまり考えられなから。(1)貝殻の形状に基づくコンクリートの流動性の減少。(2)貝殻の弱さによるコンクリート強度の低下。(3)貝殻の彎曲凹部へのマトリックスの充填不足や表面組織の滑らかさに基づくマトリックスとの付着力の減少、ひいては強度低下。などの物理的要因が主と思われる。本報告は、後者について検討したものである。

4. 5mm以下の貝殻混入の影響

5mm以下の貝殻のコンクリートの品質にどのような影響するかを調べるため、貝殻もロサンゼルス試験機で破碎し、5mm以下にサイジングして砂重量に対して0, 2, 3および4%混入した試験結果を表-2に示す。5mm以下の貝殻はほとんどが破碎されたものであり、形状が砂粒と大差ないこと、さらには粒径が小さいためマトリックスとの付着破壊の生じにくいことなどのためスランプおよび強度への影響は少ないようである。

配合種別	貝殻混入比(%)	スランプ(cm)	標準養生(%)			蒸気養生(%)			
			3日	7日	28日	17HR	3日	7日	28日
建築用 C=300 kg/m ³	0	20.2	55	96	185	—	—	—	—
	2	20.7	56	102	174	—	—	—	—
	3	20.6	58	102	191	—	—	—	—
	4	21.4	58	102	182	—	—	—	—
PC用 C=450 kg/m ³	0	6.3	277	420	576	346	353	426	480
	2	5.8	298	422	568	342	357	421	477
	3	5.5	310	422	583	332	381	407	503
	4	5.3	310	424	578	344	374	434	492

表-2. 5mm以下の貝殻混入による影響

5. 5~13mmの貝殻混入の影響

レディミクストコンクリート工場に入荷する海砂は一般に13mmのトロンメルを通したものが多から。したがって5mm以上の自然のままの貝殻や大きな貝殻片が混入していることとなる。5~13mmの貝殻の混入率と砂全体に対し、0, 2, 4および6%と変えた場合のスランプ試験および強度試験結果を表-3に示す。

貝殻量(%)	圧縮強度				曲げ強度				部分圧縮		スランプ 実測値 (cm)	比率 (%)
	実測値(%)		比率(%)		実測値(%)		比率(%)		強度(%)			
	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日		
0	166	274	100.0	100.0	36.2	48.2	100.0	100.0	204	397	13.8	100.0
2	148	268	89.2	97.8	36.6	52.0	101.1	107.9	234	379	12.8	97.7
4	171	274	103.0	100.0	35.5	48.3	98.1	100.2	229	369	11.3	81.9
6	203	282	122.3	102.9	36.3	49.5	100.3	102.7	233	365	9.7	70.3

貝殻量(%)	蒸気養生材令18H				オートクレープ養生材令50H				部分圧縮強度		スランプ 実測値 (cm)	比率 (%)
	実測値(%)		比率(%)		実測値(%)		比率(%)		強度(%)			
	実測値(%)	比率(%)	実測値(%)	比率(%)	実測値(%)	比率(%)	実測値(%)	比率(%)	実測値(%)	比率(%)		
0	372	100.0	963	100.0	-	-	73.2	100.0	782	100.0	6.1	100.0
2	369	99.2	956	99.3	56.7	100.0	75.1	102.6	845	108.0	4.8	78.6
4	374	100.4	959	99.6	56.8	100.1	73.4	100.3	847	108.2	3.9	63.9
6	365	98.1	927	96.3	60.1	106.1	73.2	100.0	780	99.8	3.6	57.0

表-3. 5~13mmの貝殻混入による影響

スランプは貝殻量が増えるにつれて直線的に減少し、5mm以下の貝殻が混入した場合は異なる現象である。やはり5mm以上の貝殻片はその形状のためコンクリートの流動性を損うものと考えられる。

6. 貝殻100%の砂のコンクリート

極端な例として、砂を全部貝殻で置きかえた"貝殻100%の砂"のコンクリートの試験をした。スランプは14cmから7cmに減少する程度であり、単位水量は15と考後で増加である。標準養生の強度は全く低下した。