

44 コンクリート ミキサー船の 性能について

運輸省第二港湾建設局

小名浜港工事事務所 正員 赤塚雄三

同 上 〃 津田青記

東北工業大学 学生 伊藤 敏

まえがき

港湾工事におけるコンクリートの施工では、海上施工の割合がかなり多く、その施工法がコンクリートの品質に及ぼす影響は、陸上の場合より大きいのが普通である。陸上施工では、品質管理の行きとどいたレディミクストコンクリートを用いているが、陸上施工の場合は又通りの方法が行なわれている。その一つは、レディミクスコンクリートを海上運搬して打設するもので、この場合には、コンクリートを練り混ぜてから打設する迄の時間が長く、特に海上運搬中におけるコンクリートの品質変化が大きい。例えば、沖合の防浪堤工事では、積込の際の骨材分離、海上運搬中のセメントペーストの漏出による品質変化、ブリージング、コンクリートの温度変化等がそれである。もう一つは、これ等の要因による悪影響を排除するため海上でコンクリートを練り混ぜながら直接打設する方法である。これには、大量のコンクリートが打設できるコンクリートミキサー船が使用されてきており、現在、小名浜港等において、稼働中である。しかし、その性能には、不明の点が多く、特に海上における材料計量は、波浪による船体の動揺があるため、その計量誤差は陸上基準を上回るものと思われる。本調査は、コンクリートミキサー船における計量誤差の実態の把握、波浪による船体の動揺が計量誤差に及ぼす影響、海上施工のコンクリート品質実態調査等を行なうて、コンクリートの海上施工におけるミキサー船の性能の評価を試みるものである。

1. ミキサー船の概要

ミキサー船の概要を簡単に説明すると次のようである。

右舷甲板上に、砂、砂利などの骨材を積載し、ラジアルスクレーパーにて骨材計量器のフィーダー部にそれぞれ集積され、計量器に送られる。水は、船首及び船尾の清水タンクより給水ポンプにて圧力タンクに送られた後、計量器に送られる。又、セメントは、サイロより、スクリュウコンベアでかき出しエレベーターでタンク上層部へ送られ計量器に送られる。

主要諸元

鋼製	650GT
長さ	34.8 m
幅	18.0 m
満載排水	2,800 t
ミキサー	EBA 0.6 m ³
セメント	100 t
作業能力	
コンクリート	390 m ³
材料	
コンクリート	20-30 m ³
混合	
中諸材料	600 m ³
中 諸	200 m ³

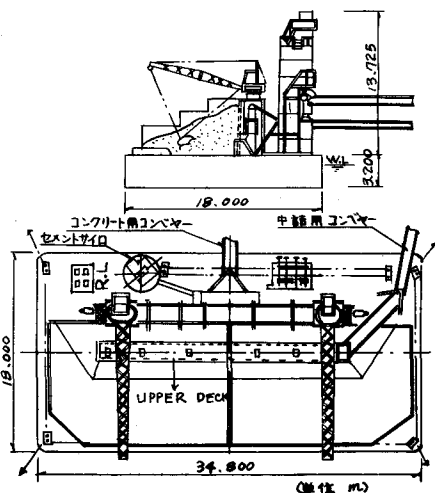


図1 フラント船ノ電号(W建設KK所属)

ミキサーは、エルバー型(0.6^m)で強制攪拌しながらカイドレール上をミキサー巻上機にて巻上げられコンクリートはシュートを経て能力40%のベルトコンベアに吐出され、所定の個所に運搬打設される。セメント、及び、水、混和剤は自動計量で、骨材は、手動操作による計量である。又、骨材、セメントの計量値は、自記記録紙に自動的に記録されるが、水は、容器を使用するオーバーフロー型の容積計量のため、記録されない。

2. 計量誤差の実態調査

計量誤差の調査は、波高の測定時間に合わせて、その時間の前後20バッチの各材料の計量指針を読みとることによって行ない、その平均値をもって1回の観測とし、本調査では、合計36回、バッチ数にして720バッチの資料を採取した。又、計量観測は、水、混和剤、がオーバーフロー型の容積計量で観測不能のため、セメント、砂、碎石のみにとどまった。表-1に、その結果を示す。

尚、ミキサー船の計量誤差との比較を行なうため、小名浜港付近に立地する、ある生コン工場での計量誤差の実態調査を試みた。その結果、各材料は土木学会標準示方書の計量基準(セメント)混和材 $\pm 1\%$ 骨材 $\pm 3\%$ 以内)の範囲内にあり、セメント、混和材は $\pm 0.6\%$ 以内、骨材は $\pm 0.7\%$ 以内であることが確かめられた。表-2、にその結果の一例を示す。

表-1 ミキサー船の計量誤差 (%)

観測回数	セメント	砂	碎石	観測回数	セメント	砂	碎石
1	-2.9	+2.0	-3.4	19	-1.8	+3.3	-0.9
2	+0.4	+9.4	-3.2	20	+1.1	+2.9	-0.2
3	-5.0	+11.0	-3.1	21	+1.9	+0.6	-0.4
4	-5.7	+11.3	-2.0	22	-0.2	+2.2	-0.8
5	-5.5	+13.1	-3.2	23	-0.1	+2.7	-0.5
6	-4.0	+13.1	-3.5	24	-2.0	+1.9	-0.3
7	-1.8	+14.6	-3.0	25	+0.0	+1.6	-0.5
8	-4.8	+12.4	-2.5	26	-0.4	+1.3	-0.0
9	-2.4	+7.1	-0.2	27	-0.3	+0.5	-0.2
10	-1.6	+6.2	-0.4	28	-0.1	+1.8	-0.7
11	+2.8	+1.8	-0.5	29	-0.7	+0.8	-0.3
12	-1.1	+3.9	-0.2	30	-0.2	+2.0	-0.3
13	+0.2	+3.3	-0.2	31	-0.2	+1.4	-0.6
14	-0.1	+3.8	-1.2	32	+0.5	+1.5	-0.0
15	-1.7	+2.6	-0.8	33	+0.8	+2.7	-1.2
16	-1.9	+1.2	-0.7	34	+0.1	+2.2	-0.6
17	-3.1	+2.7	-0.9	35	-0.1	+2.1	-0.5
18	-2.5	+2.4	-1.0	36	+3.8	+1.5	-0.9

表-2 生コンクリート計量誤差の一例 (%)

観測回数	水	セメント	砂	碎石	混和剤
1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	
2	-0.1	-0.1	+0.1	-0.1	0.0
3	+0.1	-0.1	-0.2	+0.2	
4	-0.4	+0.2	0.0	0.0	-0.1
5	+0.0	0.0	-0.1	0.0	
6	+0.1	0.0	+0.2	-0.1	0.0
7	-0.1	0.0	0.0	-0.1	
8	-0.2	+0.1	-0.6	+0.2	0.0
9	+0.2	0.0	-0.5	0.0	0.0
10	0.0	-0.2	0.0	+0.1	0.0
11	-0.2	+0.3	+0.7	0.0	0.0
12	0.0	-0.5	+0.2	0.0	0.0
13	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.0
14	-0.1	-0.5	-0.4	-0.3	
15	-0.1	+0.6	0.0	-0.5	
16	0.0	0.0	0.0	+0.1	
17	+0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0
18	0.0	-0.1	-0.2	0.0	0.0
19	+0.2	0.0	0.0	+0.2	0.0
20	-0.1	+0.4	-0.2	-0.2	

3. 打設時の波浪条件

波浪による船体の動揺が、計量誤差に大きな影響を与えると思われることから波浪調査を行なった。但し、波浪観測は、図-2、に示すように港口付近の値を測定しており、ミキサー船の稼働位置は、防波堤で、若干しゃへいされた所にある。そこで船体位置での波高は、(半無限防波堤の波の回折図)より波高比を求めて推定した。表-3、に波の観測値、及び、その推定値を示す。

図-2. 波の観測位置及びミキサ-船の位置

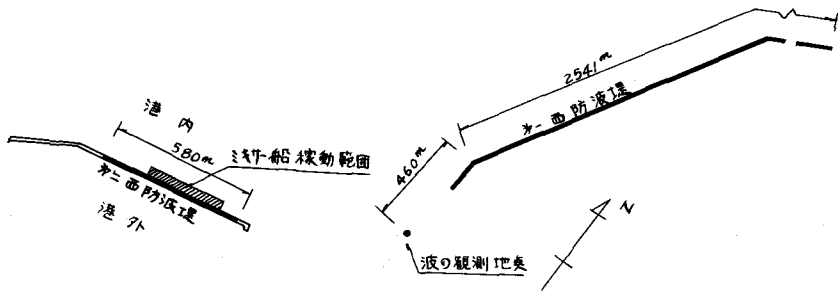
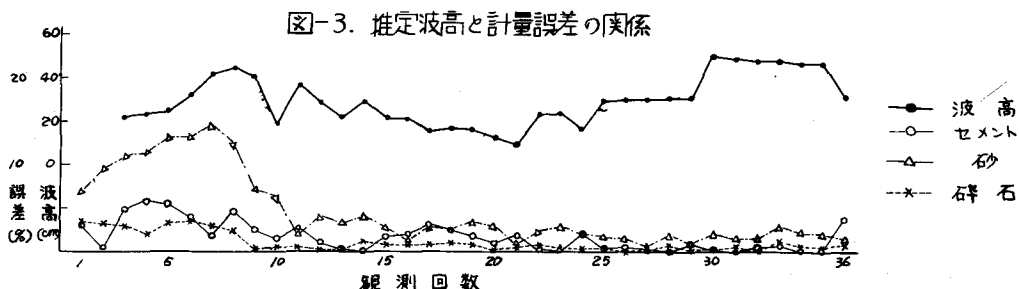


表-3 打設時の波浪調査

観測 回数	波 向	入 射 角	防波堤付近の水深 約 18m		周期 (sec)	提揚からの (m) T	波 長 (m) L	T/L	波高比 K	船体位置、 揺れ変位 (cm)
			(SH)波高 (cm) H	(H)波高 (cm) H						
1	132									
2	123									
3	159	79	73	180	100	101.7	1.0	0.3	22	
4	165	85	75	9.1	100	101.7	1.0	0.3	23	
5	165	85	79	8.7	100	101.7	1.0	0.3	24	
6	108	28	78	8.6	230	101.7	2.3	0.4	31	
7	102	22	75	7.5	240	86.3	2.8	0.55	41	
8	96	16	74	8.7	250	101.7	2.5	0.6	44	
9	97	17	72	7.7	270	86.3	3.1	0.55	40	
10	135	55	62	7.7	90	86.3	1.0	0.3	19	
11	101	21	67	8.3	250	86.3	2.9	0.55	37	
12	105	25	72	8.8	250	101.7	2.5	0.4	29	
13	107	27	56	8.3	210	86.3	2.4	0.4	22	
14	104	24	57	8.3	100	86.3	1.2	0.6	29	
15	109	29	59	8.1	220	86.3	2.6	0.35	21	
16	113	33	60	7.7	220	86.3	2.6	0.35	21	
17	122	42	59	8.3	220	86.3	2.6	0.35	15	
18	121	41	62	8.2	230	86.3	2.7	0.25	16	
19	120	40	65	8.0	230	86.3	2.7	0.25	16	
20	120	40	49	8.0	270	86.3	3.1	0.25	12	
21	118	38	46	7.3	270	79.5	3.8	0.2	9	
22	114	34	54	8.1	270	86.3	2.1	0.4	22	
23	115	35	57	8.3	230	86.3	2.7	0.4	23	
24	116	36	59	8.4	230	86.3	2.7	0.25	15	
25	159	79	73	6.7	30	70.5	0.4	0.4	29	
26	159	79	97	6.3	30	54.4	0.6	0.3	29	
27	159	79	98	6.3	30	54.4	0.6	0.3	29	
28	165	85	99	6.2	30	54.4	0.6	0.3	30	
29	165	85	99	7.0	30	70.5	0.4	0.3	30	
30	97	17	63	8.8	100	101.7	1.0	0.8	50	
31	95	15	60	8.2	100	86.3	1.2	0.8	48	
32	98	18	59	8.4	100	86.3	1.2	0.8	47	
33	99	19	59	8.6	110	101.7	1.1	0.8	47	
34	102	22	58	8.5	110	101.7	1.1	0.8	46	
35	102	22	57	8.5	110	101.7	1.1	0.8	46	
36	102	22	61	7.1	290	70.5	4.1	0.5	31	



4. 考察

表-1. によれば、ミキサー船の計量誤差は、セメントが $-5.7\% \sim +3.8\%$ 、骨材が $-3.5\% \sim +4.6\%$ と、全体として土木学会標準示方書の許容範囲を越えているものが多い。誤差の発生状況を材料別に検討すると、セメントは(+)側と(-)側が、ほぼ同じ程度に発生しているが、骨材は、砂が(+)側で碎石が(-)側の両極端で、特に砂の誤差が大きい。これは、セメントが自動計量に対して、砂、碎石は、1つの計量器で運転者が指針を読みながら各々を累加計量する手動式のため、運転者の技倆と、心理的作用が働き、こういった両極端な誤差を生じるものと推定される。図-3. は、浪高と各材料の計量誤差を図化したものであるが、作業可能な波浪条件のもとでは、浪高と計量誤差の相関性は認められない。しかし、今回の観察から、陸上の計量にくらべて、海上における計量誤差が大きいことは事実であり、間接的に、波浪が計量誤差に大きく影響していることは十分考えられることである。又、ミキサー船の計量誤差は、その計量方法を全自動に変えたとしても、波浪の影響などを考慮すると、学会基準を上回ることとは避けられないと思われ、今回の調査による誤差は、ある程度、許容しうるものではないか。むしろ、海上における計量誤差の基準を別に設け、コンクリートの配合設計において、その品質の安定を計るべきと考えられる。尚、調査期間のコンクリートの品質は、平均強度は満足しているが、バラツキが相当あり、変動係数(6バッチについて)が20%であった。

5. 結び

5-1. ミキサー船、性能改善のための提案

ミキサー船の計量誤差は、陸上のプラントに比較して、かなり悪い。しかし、ミキサー船による施工法は、防波堤工事などの海上作業条件を考慮すると、生コンを海上運搬し打設するよりは、少なくとも、所定の品質のコンクリートが得られ、しかも機動力に富んだ非常に有効な手段である。今後、ますます使用されつつあり、そのために、早急にミキサー船の性能改善を計る必要がある。当面の改善として、次の3つが上げられよう。

①. 計量装置の全自動化

②. コンクリートプラントの大型化

③. 機動性に影響しない範囲内での船体の大型化

5-2. 今後の研究

今回の調査は、過去に例がなく、最初の調査で準備不足もあり、欠点が多い。それ等を記述すれば①船体の動揺及び船体位置での直接的波浪調査②波浪と船体動揺との相関性の検討、③船体の動揺と計量誤差の相関性の検討、などである。今後、これ等の総合的な関係を、調査研究し、ミキサー船の性能改善の参考としたい。