

V-8 軽量フェロセメントに関する基礎的研究(第一報)

北海道工業大学工学部

正員 堀口 敬

〃

山本 裕志

〃

伊藤 慶太

〃

谷口 秀樹

1. はじめに

フェロセメントは、当初船舶において著しい発展を遂げたが、陸上構造物としてもカーテンウォールや各種タンク等に適用され、今後さらにその利点を生かして広い分野に活用されることが予想される。

本報告は、このフェロセメントのマトリックス部分に軽量骨材を用い、それ自体が水に浮く程度の単位体積重量であり、かつ充分な力学的強度を有する軽量フェロセメントを製作するための基礎的資料を得ることを目的としている。

表-1 配合の因子と水準

因 子	水 準						
	1	2	3	4	5	6	7
軽量骨材 (Ta)	造粒型	粉碎型	—	—	—	—	—
C : S	0.03	0.04	0.05	0.06	(0.07)	(0.08)	(0.09)
水セメント比 (W/C)	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	—	—
高性能減水剤 (Ad)	ナ	1%	—	—	—	—	—

※ () は、造粒型のみ。

2. 実験概要

1) 使用材料

セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。軽量骨材には、細骨材として発泡スチロールを粉碎したもの(以下粉碎型と呼ぶ)、および造粒したもの(以下造粒型と呼ぶ)を用いた。また、減水剤はナフタリンスルホン酸塩系のものを使用した。さらに、フェロセメントに使用する補強網には、A(金網, 2x2mm, φ0.30mm)、B(金網, 4x4mm, φ0.64mm)、C(金網, 亀甲状, φ0.89mm)、D(窓網, 1.5x1.5mm)、の4種を使用した。

2) 供試体の配合及び製作

供試体の配合に関する因子と水準を表-1に、その配合表を表-2に示す。本報告では、大きく分けて2種類の実験を行った。

その一つは、フェロセメントのマトリックス部分である軽量骨材モルタルの諸強度試験である。もう一つはそのマトリックスを使用したフェロセメントの曲げ強度試験である。

セメントマトリックスの供試

表-2 配合表

No.	Ta	C:S	W/C	Ad	No.	Ta	C:S	W/C	Ad
1	1	1	1	1	42	1	5	2	2
2	1	1	1	1	43	1	5	3	1
3	1	1	2	1	44	1	5	3	2
4	1	1	2	2	45	1	5	4	1
5	1	1	3	1	46	1	5	4	2
6	1	1	3	2	47	1	6	2	1
7	1	1	4	1	48	1	6	2	2
8	1	1	4	2	49	1	6	3	1
9	1	1	5	1	50	1	6	3	2
10	1	1	5	2	51	1	6	4	1
11	1	2	1	1	52	1	6	4	2
12	1	2	1	2	53	1	7	2	1
13	1	2	2	1	54	1	7	2	2
14	1	2	2	2	55	1	7	3	1
15	1	2	3	1	56	1	7	3	2
16	1	2	3	2	57	1	7	4	1
17	1	2	4	1	58	1	7	4	2
18	1	2	4	2	59	2	1	1	1
19	1	2	5	1	60	2	1	1	2
20	1	2	5	2	61	2	1	2	1
21	1	3	1	1	62	2	1	2	2
22	1	3	1	2	63	2	1	3	1
23	1	3	2	1	64	2	1	3	2
24	1	3	2	2	65	2	1	4	1
25	1	3	3	1	66	2	1	4	2
26	1	3	3	2	67	2	2	1	1
27	1	3	4	1	68	2	2	1	2
28	1	3	4	2	69	2	2	2	1
29	1	3	5	1	70	2	2	2	2
30	1	3	5	2	71	2	2	3	1
31	1	4	1	1	72	2	2	3	2
32	1	4	1	2	73	2	2	4	1
33	1	4	2	1	74	2	2	4	2
34	1	4	2	2	75	2	3	1	1
35	1	4	3	1	76	2	3	1	2
36	1	4	3	2	77	2	3	2	1
37	1	4	4	1	78	2	3	2	2
38	1	4	4	2	79	2	3	3	1
39	1	4	5	1	80	2	3	3	2
40	1	4	5	2	81	2	3	4	1
41	1	5	2	1	82	2	3	4	2

体寸法は4x4x16cmとし、練りまぜは手練りで行い、打設後材令24時間で脱型し、材令7日で実験を行った。フェロセメントは1x15x20cm(JIS A 1408 5号試験体)の供試体を製作した。養生方法は、セメントマトリックスの場合と同様である。

3) 試験方法

セメントマトリックスの曲げ強度試験は、JIS R 5201に準じて実施した。フェロセメントの曲げ強度試験は、載荷スパンを15cmで三点載荷による試験をJIS A 1408に準じて行った。さらに、スパン中央に変位計を設置し、各荷重におけるスパン中央点の変位を測定した。

3. 実験結果及び考察

1) セメントマトリックス

実験結果をまとめると、表-3のようになった。単位体積重量は脱型時に測定したものである。

また、単位体積重量と曲げ強度は3本の供試体の平均値をとり、圧縮強度は曲げ強度試験を行った供試体の折片を用い計6本の平均値をとった。

表-3から得られたデータを基に、セメント軽量骨材比と単位体積重量との関係を表したものが図-1である。セメント軽量骨材比が増加するにつれて、単位体積重量が減少してゆくことが顕著に表れており、両者の関係は直線関係よりもむしろ下に凸の曲線関係にあることが推定される。また、同じセメント軽量骨材比についてみると、減水剤の有無による単位体積重量の違いがみとめられた。これは、減

表-3 強度試験結果 (セメントマトリックス)

No.	単位体積重量 (g/cm ³)	曲げ強度 (Mpa)	圧縮強度 (Mpa)	No.	単位体積重量 (g/cm ³)	曲げ強度 (Mpa)	圧縮強度 (Mpa)
1	1.141	2.833	11.030	42	0.673	1.026	1.907
2	1.074	2.159	11.255	43	0.754	1.171	3.126
3	1.115	1.876	11.076	44	0.676	0.881	1.893
4	1.133	2.818	13.012	45	0.694	0.911	1.976
5	1.103	2.136	10.234	46	0.658	0.796	2.368
6	1.129	1.661	9.806	47	0.683	1.080	2.697
7	1.109	1.807	8.381	48	0.625	0.858	1.470
8	0.730	0.911	5.829	49	0.674	0.819	1.950
9	1.115	1.677	7.902	50	0.593	0.789	1.728
10	1.074	1.700	8.371	51	0.623	0.674	1.517
11	1.034	1.944	9.059	52	0.599	0.750	1.942
12	0.970	2.427	7.404	53	0.629	0.865	1.794
13	1.031	1.884	8.802	54	0.560	0.758	0.819
14	0.973	2.733	14.864	55	0.631	0.827	1.232
15	0.971	1.470	6.192	56	0.560	0.697	0.980
16	0.919	1.439	3.420	57	0.604	0.718	1.401
17	0.972	1.677	4.721	58	0.571	0.658	1.083
18	0.910	2.174	10.122	59	1.041	1.516	3.548
19	0.984	1.593	5.885	60	1.095	1.792	5.314
20	0.850	1.377	5.065	61	1.041	1.512	4.733
21	0.885	1.539	7.095	62	1.037	1.374	5.479
22	0.835	1.968	6.254	63	1.053	1.524	4.823
23	0.898	1.700	5.650	64	1.041	1.332	5.176
24	0.803	1.347	5.783	65	1.067	1.240	4.372
25	0.869	1.485	5.980	66	0.980	1.229	4.167
26	0.825	1.899	7.086	67	0.858	0.666	1.780
27	0.854	1.416	5.370	68	0.841	1.129	2.028
28	0.831	1.263	5.340	69	0.845	0.927	1.916
29	0.850	1.332	4.825	70	0.876	1.386	3.980
30	0.741	1.022	3.883	71	0.998	1.171	2.640
31	0.754	1.263	3.542	72	0.930	1.042	3.280
32	0.807	1.883	4.779	73	0.937	1.065	2.548
33	0.804	1.202	5.159	74	0.892	0.911	1.883
34	0.770	1.485	4.986	75	0.880	0.873	1.518
35	0.775	1.286	4.189	76	0.876	1.186	1.371
36	0.760	1.045	4.191	77	0.904	0.980	1.967
37	0.753	1.217	3.886	78	0.862	0.988	1.557
38	0.726	0.812	3.751	79	0.812	0.976	2.243
39	0.770	1.019	3.744	80	0.849	0.950	1.403
40	0.768	0.896	5.083	81	0.834	0.988	1.999
41	0.711	1.064	3.069	82	0.815	0.850	1.281

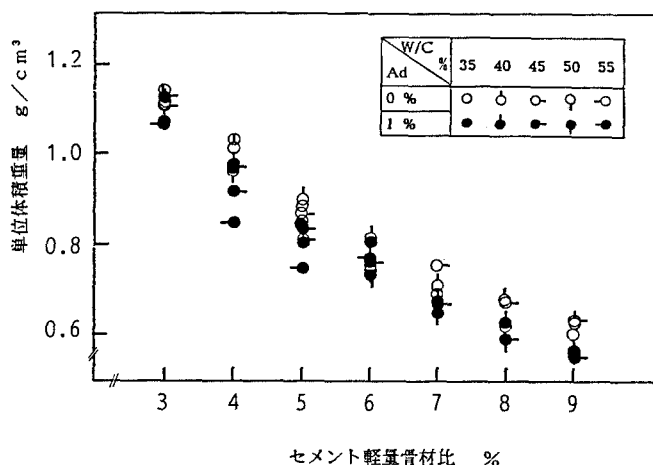


図-1 単位体積重量とセメント軽量骨材比との関係

水剤混入による連行空気の影響であるものと思われる。粉砕型を用いたモルタルについても同様の傾向がみとめられた。

単位体積重量と諸強度との関係および骨材の種類による強度発現の違いを、図-2、図-3に示す。

図-2は、単位体積重量と曲げ強度の関係を示している。曲げ強度は、単位体積重量の増加にともない増大し、セメント軽量骨材比が強度に大きく影響することを示しているが、水セメント比、減水剤の有無による影響は特にみとめられない。また、造粒型、粉砕型の曲げ強度を同じ単位体積重量について比較すると粉砕型に比べ造粒型がより大きな値を示しており、粒形が曲げ強度に影響をおよぼす因子の一つであることを示している。

図-3は、単位体積重量と圧縮強度との関係を図にしたものであるが、圧縮強度についても曲げ強度と似たような傾向を示している。

2) フェロセメント

予備実験として4種の異なる網を用いフェロセメントの曲げ強度試験を行った。その結果をまとめたものが図-4である。

4種の網の曲げ強度を同配合の供試体と比較すると、全てに関して2x2mm網、4x4mm網が、窓網、亀甲状網の2種よりも高い強度をとった。従ってこの2種類の金網に関する試験をさらに詳細に実施することにした。

ここでは前述のセメントマトリックスの項で高強度を示した造粒型発泡スチロールを、骨材として使用した。セメント軽量

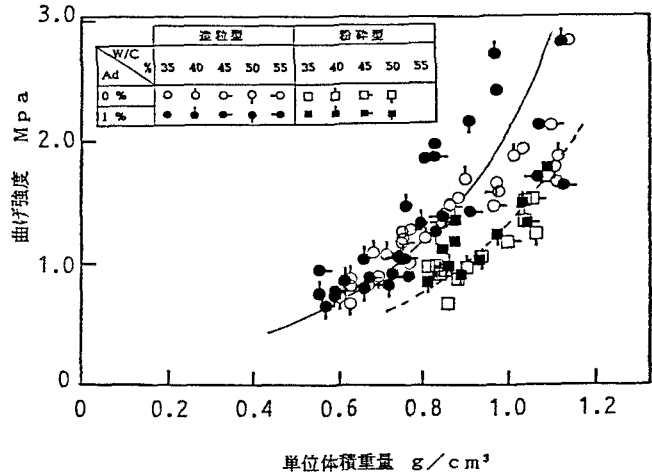


図-2 曲げ強度と単位体積重量との関係

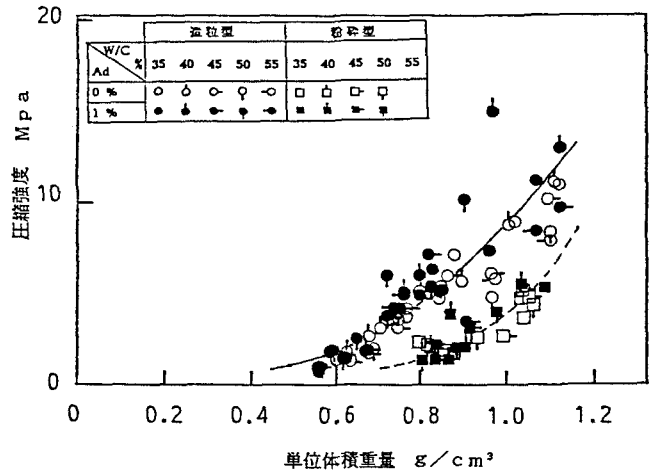


図-3 圧縮強度と単位体積重量との関係

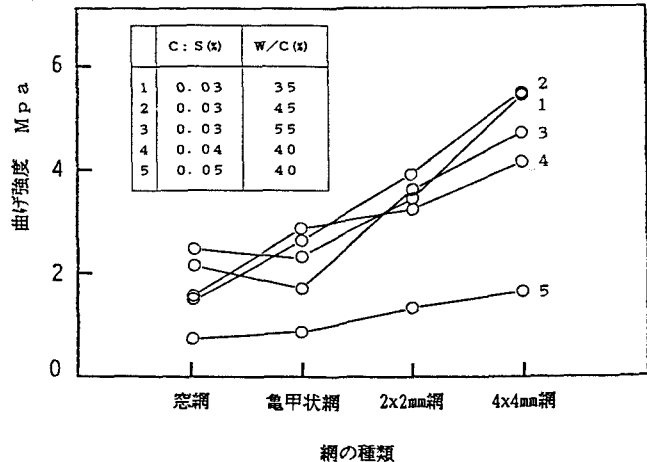


図-4 曲げ強度と網の種類との関係

骨材比と曲げ強度、最大変位量との関係を示したものが図-5、図-6である。図-5からセメント軽量骨材比の変化が曲げ強度に大きな影響を及ぼす事が判明したが、4x4mm網が2x2mm網に比べ、マトリックスによる影響を大きく受けていることがわかる。2種類のフェロセメント板の鉄筋量を計算し、その曲げ強度および最大変位量との関係を示したものが図-7、図-8である。2x2mm網と4x4mm網の強度の違いには、網の鉄筋量による影響が大きいと思われる。

4. まとめ

- 1) 単位体積重量は、セメント軽量骨材比により変化するが、その関係は下に凸の曲線関係である。
- 2) 軽量モルタルの諸強度は、水セメント比よりもむしろセメント軽量骨材比に大きく依存する。
- 3) フェロセメントの最大曲げ荷重における変位量は、曲げ強度と同様に鉄筋量の増加と共に増大することが判明した。

5. あとがき

本実験の結果は、軽量フェロセメント製カヌーを製作するための基礎的資料として使用し、現在1号艇(全長4.3m, 全幅0.9m, 重量45kg)を製作中である。マトリックスの単位体積重量は脱型時で測定したが、絶乾状態においては約10%程度小さい値をとる。従って、所要強度 $40\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度の圧縮強度を得るセメントマトリックスとして、 $0.67\text{g}/\text{cm}^3$ 程度の単位体積重量のものが製作可能なことが分かった。しかしながら、さらに軽量フェロセメントの性状を詳しく把握するためには、数層の金網を用いた供試体による実験的検討が必要と思われる。

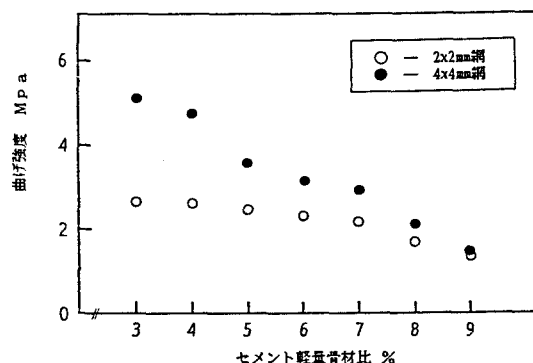


図-5 曲げ強度とセメント軽量骨材比との関係

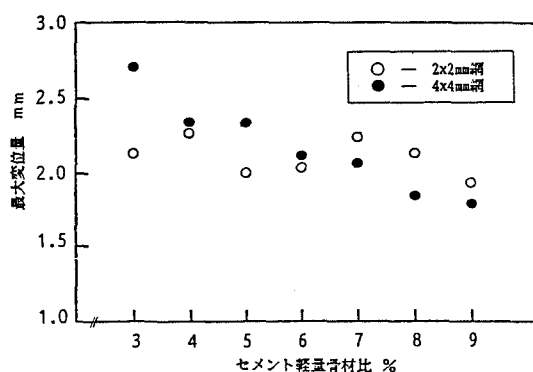


図-6 最大変位量とセメント軽量骨材比との関係

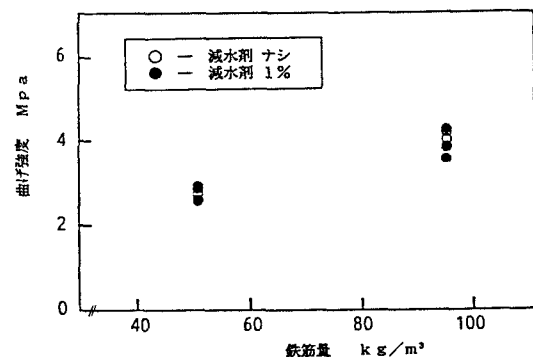


図-7 曲げ強度と鉄筋量との関係

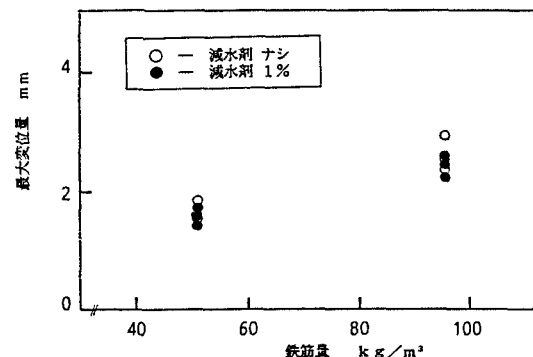


図-8 最大変位量と鉄筋量との関係