

都立大学 正員 村田二郎
都立大学 正員 ○中村憲治

1. まえがき

フェロセメントとは、セメントモルタルと補強材として多層のワイヤーメッシュを使用した薄断面のものである。従来、小型船等の建造方法として開発されたものであるが本研究は土木工学の分野、特に海洋構造物の部材としての適用性の検討を目的としたものである。最近、圧縮、引張および曲げ性状について2~3研究されているが人工軽量骨材を用いた例はまだ少ないようである。本文は、フェロセメント用軽量モルタルの性状、種々の寸法のメッシュを使用したフェロセメントハリのスラッグの曲げ耐力、ひびわれ性状および変形についての基礎的な実験的検討を行なった結果である。

2. 軽量モルタルの性状

部材厚2~4cmのフェロセメントハリの曲げ部材でワイヤーメッシュに付合うモルタルの圧縮強度を求めため試算をした結果 $\sigma_c = 800 \text{ kg/cm}^2$ となった。またスランプの範囲を $14 \pm 1 \text{ cm}$ とし、コンステンシーの大きな高強度軽量モルタルとした。セメントは、早強ポルトランドセメント、骨材は、最大粒径2.5mmの人工軽量骨材(メサライト)を使用した。また高強度軟練りモルタルを得るために芳香族系の高強度用増和剤NL1400を用いた。しかし、この種の増和剤を用いるとプレーンモルタルと比較して水量が約11%減少するので図-1に示すようにモルタルの η_{sp} (降伏値)、 η_{pl} (塑性粘度)共に増加する傾向にある。従ってプレーンモルタルより分離しにくいが表面仕上げ、ワーカビリティ共に低下する。しかし、この程度の施工性の低下は十分な振動締め固めを行なうことにより解決できる。

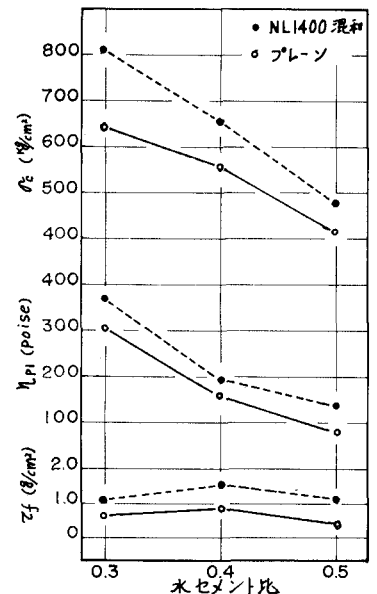


図-1 モルタルの σ_c , η_{sp} および η_{pl}

3. フェロセメントハリに関する実験

供試体は2(および4)×15×55cmとし、使用メッシュは表-1に示すように径0.6~1.65mm, 網目間隔9.5~22.4mmまでの4種とし、層数は4~10層とした。またメッシュはセパレーターを用いて断面に均一に配置した。載荷方法はスパン45cmの単純支持とし、3等分点載荷とした。供試体は温度20℃湿度80%の恒温恒湿度で湿布養生14日間で試験した。

表-1 メッシュの寸法

ハリの終局曲げモーメントの算定については、メッシュを多段に配置してあるため中立軸の位置を推定することが困難である。そのためACI Code等の終局曲げモーメントの算定式を使用することができなかつた。従って算定式には図式解法を用いることが最も妥当と考えられる。終局曲げモーメントの計算値および実験結果を図-2および表-2に示す。図-2は、同一のメッシュを用いた場合の終局曲げモーメントとモルタルの圧縮強度との関係を図示したものである。図-2より終局曲げモーメントとモルタルの圧縮強度はほぼ比例関係にあるが、破壊は圧縮側モルタルの圧壊によるもの

供試体の種類	メッシュ (mm)	層数	降伏値 (η_{sp})
0.6-9.5-2	0.6 9.5×9.5	5	7000
1.2-11.9-2	1.2 11.9×11.9	4	4000
1.2-19.5-2	1.2 19.5×19.5	4	4000
1.65-22.4-2	1.65 22.4×22.4	4	3500
1.2-11.9-4	1.2 11.9×11.9	10	4000
1.2-19.5-4	1.2 19.5×19.5	10	4000
1.65-22.4-4	1.65 22.4×22.4	10	3500

のであるから当然と思われる。実測値と計算値との終局曲げモーメント比(計算値/実測値)はほとんど90%前後である。また表-2は、種々のワイヤーメッシュを使用した場合の計算値および実測の終局曲げモーメントを表示したものである。表-2よりワイヤーメッシュによる、ては計算値と非常に近似しているが、0.6-9.5-2のような径の細いメッシュにおいて、実測値と計算値が異なっているが、これはワイヤーメッシュを断面に均一に配置することが困難であることに起因していると考えられる。また表-2中の終局曲げモーメント比は、0.6-9.5, 0.12-19.5を除いて平均89%である。計算値と実測値とは比較的よく一致し、この場合使用した波状のワイヤーメッシュの単体の引張試験を行なった結果、荷重を増加させていくとワイヤーメッシュは徐々に伸び直線になる直前に破断したことより、ワイヤーメッシュのひずみは直線形のワイヤーメッシュのひずみと同一と考えている。

図-3-1は供試体厚2cm, 図-3-2は供試体厚4cmの場合の曲げモーメントと最大ひびわれ幅の関係を示したものである。全供試体において最大ひびわれ幅0.1mm時の曲げモーメントは、終局曲げモーメントの56~73%となった。しかし図-3より網目間隔のせまい0.6-9.5-2, 1.2-11.9-2, 1.2-11.9-4と網目間隔のひろい1.2-19.5-2, 1.2-19.5-4, 1.65-22.4-2, 1.65-22.4-4とを比較すると、曲げモーメント比で網目間隔のせまい場合平均71%、網目間隔のひろいものが61%となり、網目間隔はせまいものがひびわれ幅については有利となる。また、ひびわれは、ほとんど横方向のワイヤーメッシュの位置に発生し網目間隔がひろいものほどその傾向を示した。

曲げモーメントとたわみの関係の一例を図-4に示した。図-4より、ひびわれが発生してもほとんど換算有効断面の減少はなく徐々に変形が進行しかなりねばりがあると思われる。たわみ/スパン長 値は、終局曲げモー

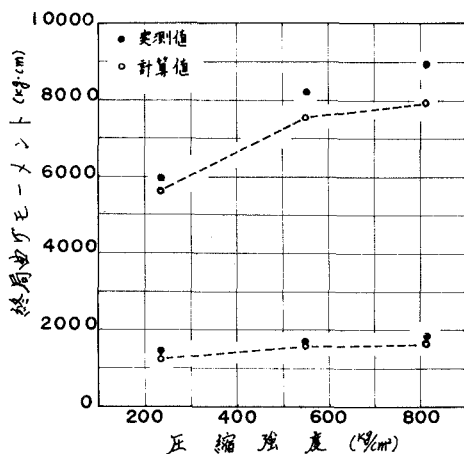


図-2 同一のメッシュを用いた場合のモルタル

圧縮強度と終局曲げモーメントの関係

表-2 種々のメッシュを用いた場合の計算および実測終局モーメント

供試体	実測終局モーメント (kg-cm) ①	計算終局モーメント (kg-cm) ②	②/①
0.6-9.5-2	2365	1238	0.55
1.2-11.9-2	2138	1913	0.90
1.2-19.5-2	1688	1193	0.71
1.65-22.4-2	1875	1613	0.87
1.2-11.9-4	9900	9398	0.96
1.2-19.5-4	8630	5850	0.68
1.65-22.4-4	9300	7965	0.86

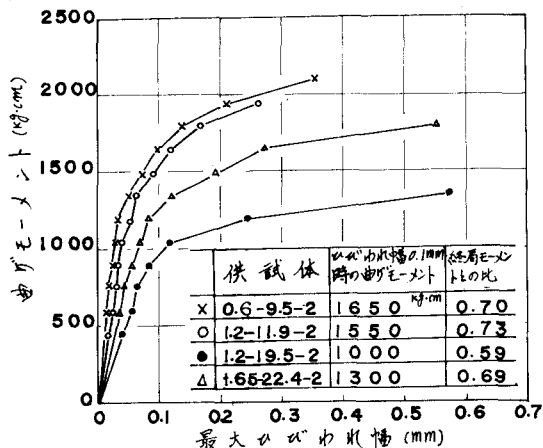


図-3-1

図-3 最大ひびわれ幅と曲げモーメントの関係

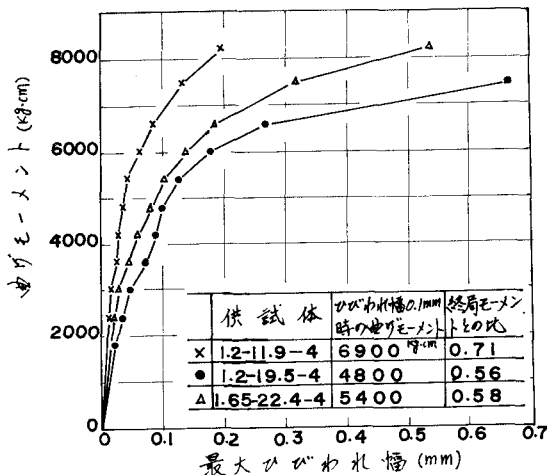


図-3-2

メントの1/3の荷重で供試体厚20cmの場合約1/400~1/200, 40cmの場合約1/100~1/700となった。

4. フェロセメントスラッグに関する実験

供試体寸法は、単純版の場合2(おるび4)×50×60cm, 連続版の場合4×50×100cmでいずれも1径間50cmとした。使用メッシュは、単純版の場合1.2-11.9-2, 1.2-11.9-4, 連続版の場合1.2-11.9-4, 1.65-22.4-4のものを使用した。載荷方法は、中央1点集中載荷とし、ハリと同一の養生条件で試験を行った。降伏線理論により終局荷重を算定するとして、降伏線を放射線状とスパン中央支承平行線の2種に仮定すると、単純版の場合放射線状と仮定すると $P_{dc}=4m_o(1+\mu)$ $\mu>0$, スパン中央支承平行線と仮定すると $P_{dc}=4m_o$, 従って $4m_o(1+\mu)>4m_o$ となる。また連続版の場合も降伏線と同様に仮定すると放射線状の場合 $P_{dc}=2(3+4\mu+2i)m_o$ $\mu=1$, スパン中央支承平行線の場合 $P_{dc}=4(2+i)m_o$, 従って $2(3+4\mu+2i)m_o>4(2+i)m_o$ となり破壊は単純版, 連続版共にスパン中央支承平行線であると推測できる。ここに m_o =長辺方向正のモーメント, $i m_o$ =長辺方向負のモーメント, μm_o =短辺方向正のモーメントとする。スラッグの計算値おるび試験結果を表-3に示す。計算値の曲げ破壊荷重とセン断破壊-4 たわみと曲げモーメントの関係破壊荷重と比較すると単純版の場合 $P_{dc}<V_{uc}$, 連続版の場合 $P_{dc}>V_{uc}$ となったがフェロセメントスラッグにおいてもその傾向を示した。表-3より単純版の場合、荷重比(P_{dc}/P_u)の平均は0.82となった。またCS-7-21は、曲げ押し抜きセン断により破壊し荷重比は0.81となり単純版とほぼ同一となった。この時の載荷面の一辺の長さばスパン長の1/2であることより一辺の長さばスパン長の1/2

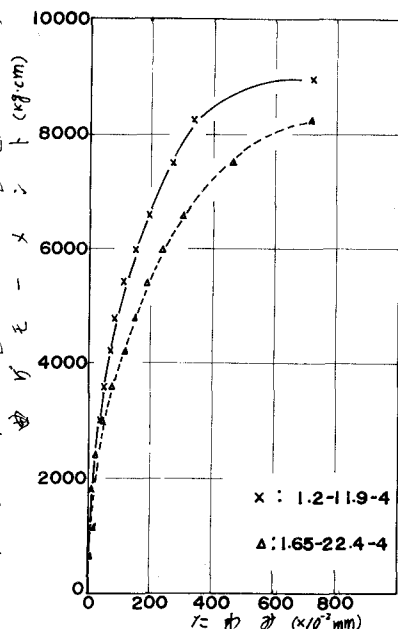


表-3 スラッグの試験結果

以上であれば破壊荷重は降伏線理論と比較的一致すると思われる。また押し抜きセン断破壊した版は、ワイヤメッシュが多層にまたぎに配置してあるためセン断による破壊荷重も大きく計算値の約2倍となり、破壊断面の傾きは引張側モルタル付近において約15°とかなりゆるい結果が得られた。

5. おまけ

- (1) フェロセメントハリは、多段配筋の鉄筋コンクリートハリとして取り扱ってよい。従って終局曲げ耐力は図式解法によって求めるが適当であり、この場合ワイヤメッシュのひずみは直線の鉄筋と同様と考えてよい。
 - (2) 最大ひびわれ幅0.1mm時における曲げモーメントは終局曲げモーメントの54~78%, たわみは終局曲げモーメントの1/3の荷重で供試体厚20cmの場合約1/400~1/200, 40cmの場合約1/100~1/700である。従ってフェロセメントハリは (1) により推定した終局曲げモーメントの1/3とした許容曲げモーメントを用いれば十分安全である。
 - (3) フェロセメントスラッグの終局曲げモーメントは、載荷面積が特に小さい場合を除いて (1) のハリの終局曲げモーメントを用いて降伏線理論によりおまけ推定できる。
- なお本報告は、ハリおるびスラッグの基礎的な実験結果であるが現在、衝撃、疲労等の耐久性、おるび大型ハリについて検討中である。

P_{dc} : 塑性モーメントとして終局強度式を用いたもの

P_{uc} : ハリの実測値を用いたもの

V_{uc} : Hognestadの式を用いたもの