

清水建設株式会社研究所 正員 ○岡田武二

清水建設株式会社研究所 新見芳男

清水建設株式会社研究所 堀口 寛

1 まえがき

プレバクトドコンクリートを水深-80~100 mにおよぶ深海中に施工する場合には、大きな水圧が注入モルタルに作用する。この実験は、加圧力が注入モルタルの性状ならびにプレバクトドコンクリートの圧縮強度におよぼす影響を調べたもので、次の2点を検討するために行なつた基礎的実験である。

1) 深海にプレバクトドコンクリートを施工する場合に注入モルタルの配合設計で特に考慮しなければならない事項は何か。

2) 深海にプレバクトドコンクリートを施工した場合に圧力がプレバクトドコンクリートの圧縮強度にいかなる影響を与えるか。

2 実験項目

実験は次の項目について大気圧下(103Kg/cm²)および圧力下(大気圧+8 Kg/cm²)で行なつた。

- A. 注入モルタルの膨張率、ブリージング率
- B. 注入モルタルの圧縮強度
- C. プレバクトドコンクリートの圧縮強度

3 注入モルタルの配合

注入モルタルの配合は表-1に示すように混和剤としてイントルジョンエイド(IAと略す)およびアルミニウム粉末(ALと略す)を使用し、その添加割合を変化させたものである。

型番	配合比 (重量) C:F:S	W/C (%)	W/F (%)	F/C (%)	S/C (%)	IA/ C+F (%)	AL/ C+F (%)
M-1	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	0	0
M-2	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0
M-3	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	2.00	0
M-22	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.01
M-23	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.02
M-24	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.03
M-25	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.04
C-1	1:0.4:1.4	66.5	47.5	28.6	1.00	1.00	0

IA: イントルジョンエイド

AL: アルミニウム粉末

C: 普通ポルトランドセメント

F: フライアッシュ

S: 細骨材: (粒大1.2 mm以下)

粗骨材: (粒大3.0 mm以下)

W: 水 (水道水)

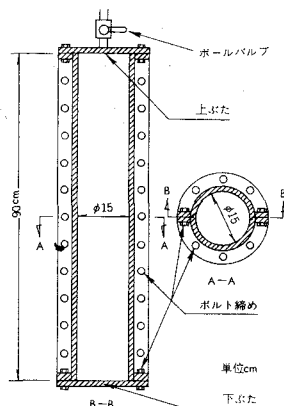


表-1 モルタルの配合

図-1 圧縮強度試験用鋼製型わく

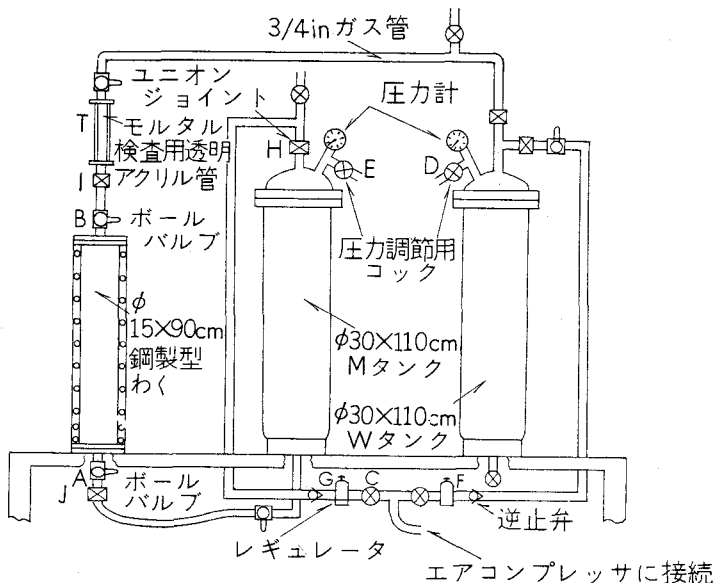


図-2 試験体製作装置

4 実験方法および装置

モルタルの練りまぜは2段羽根を有するブレバクト用2切ミキサ（電動180r.p.m）で行なつた。

モルタルの膨張率ブリージング率試験の器具は1000CCメスシリンダーを使用した。圧力下の実験は、上記の他アクリル製透明圧力容器（15×100cm）およびエアコンプレッサを用いて行なつた。（写-1）

圧力下の実験は1000CCメスシリンダーにモルタルを約700～800CC注ぎアクリル製透明圧力容器内に静置し、圧力容器のふたをボルト締めしてエアコンプレッサで圧力8 ㍲を加えて行なつた。加圧直後の水面およびモルタル面の体積を測定し零点とした。膨張（E）およびブリージング率（B）は式(1)によつて定義した。

$$E = \frac{V_W - V_0}{V_0} \times 100 (\%) \quad B = \frac{V_B}{V_0} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに

V_0 ; 膨張前のモルタル体積 (CC)

V_W ; 測定時の（モルタル+ブリージング水）の体積 (CC)

V_B ; 測定時のブリージング水の体積 (CC)

実験は同一バッチのモルタルから大気圧下、圧力下とも2供試体を取つて各配合1回ずつ行なつた。

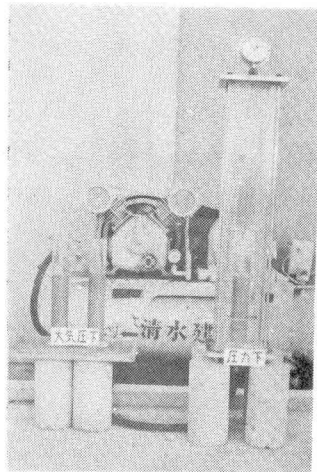
注入モルタルの圧縮強度試験用型わくは内径15cm 高さ90cmの鋼製円筒で、図-1に示すように上、下のふたおよび縦に2つの継ぎ目をもつ側板からなり、ボルトで組立てることが出来る。圧力下の供試体はモルタルを型わくの上部から空気が混入しないように上面まで満たし、上ふたをボルトで締めつけ、上ふたの3/4インチ穴よりエアコンプレッサで8 ㍲の圧力を加え、型わくごと20±2℃室内に試験材令まで放置し、図-3のように切断して、φ15×30cmとしたものである。

ブレバクトドコンクリートの圧縮強度試験用供試体は深海中の状態を図-2のような装置を使用して再現し、φ15×90cmの鋼製型わく内で製作した。すなわち、Wタンクならびに鋼製型わくによつて深海中の状態を再現し、Mタンクには、注入モルタルが圧力を受けた状態に保持される。圧力差1.0 ㍲で注入完了した圧力下ブレバクトドコンクリートは、型わくごと20±2℃、水圧8 Kg/cm²の養生タンク内に材令7日まで放置して、材令7日で脱型し、図-3のように切断して、φ15×30cm 供試体とした。なお材令7日以後は試験材令まで20±2℃、水圧8 Kg/cm²の養生タンク内で養生した。

モルタルおよびコンクリートの圧縮強度は大気圧下、圧力下とも同一配合のφ15×30cm試験体を各1本製作し、図-3のごとく各2本あて供試体として、1軸圧縮試験で求めた。

5 実験結果および考察

注入モルタルの膨張率ならびにブリージング率におよぼす圧力の影響に関する実験結果を図-4、図-5に示す。注入モルタルの膨張率は加圧力8 Kg/cm²によつて抑制され、みかけ上激減する。またA0粉末の添加量にほぼ比例して増加する傾向が認められる。大気圧下の膨張率 E_0 と圧力下の膨張率 E_s と



写-1 膨張率、ブリージング率試験

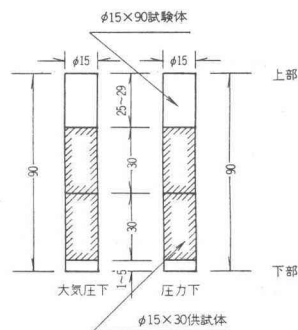


図-3 φ15×30 供試体の採取

の関係を測定値から最小自乗法によつて求めると式(2)となる。

$$E_8 = 0.109 E_0 + 0.03 \div 0.11 E_0 \quad (\text{単位 \% } t=3\text{hr}) \dots\dots (2)$$

モルタルの膨張体積が、ボイルの法則にしたがつて圧力の影響を受けるものと考えれば式(8)の関係が求められる。

$$E_8 = \frac{1.03}{1.03 + P} E_0 = 0.114 E_0 \quad (\therefore P=8.0) \dots\dots (8)$$

ここに

P : 加圧力 (kg/cm²) E : 膨張率(%)

式(2)と式(8)の係数は近似的に等しい。したがつて温度条件が同一な場合には圧力下モルタルの膨張率は大気圧下の膨張率から式(8)によつて大略の値を推定できるものと考えられる。

ブリージング率は、加圧力 8 kg/cm²によつて大気圧下より大きくなる傾向にある。加圧力 8 kg/cm²によるブリージング率増加量は約 1 ~ 1.5%であつた。

注入モルタルの圧縮強度におよぼす圧力の影響に関する実験結果を図-6に示す。圧力下モルタルの単位体積重量ならびに圧縮強度は大気圧下モルタルに比べて大となる傾向が認められる。圧力下モルタルの圧縮強度が大気圧下モルタルの圧縮強度より大となつたのは、主にモルタル単位体積あたりの気泡体積の減少によるものと考えられる。

ブレバクドコンクリートの圧縮強度におよぼす圧力の影響に関する実験結果を図-7、図-8、図-9に示す。圧力下の圧縮強度はIAの添加率の多少にかかわらず大気圧下の圧縮強度より小となる傾向が認められ、圧力による強度減少は材令が経過してもほぼ一定の減少割合を保つようである。しかし圧力下での膨張率がブリージング率を上まわつて適度の純膨張を確保している配合では圧力下の強度は大気圧下のそれとほぼ同等の値となる。

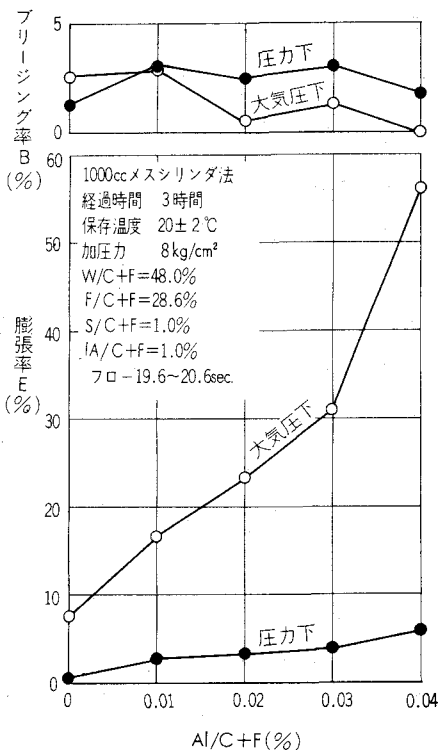


図-4 Al/C+Fと膨張率、ブリージング率との関係

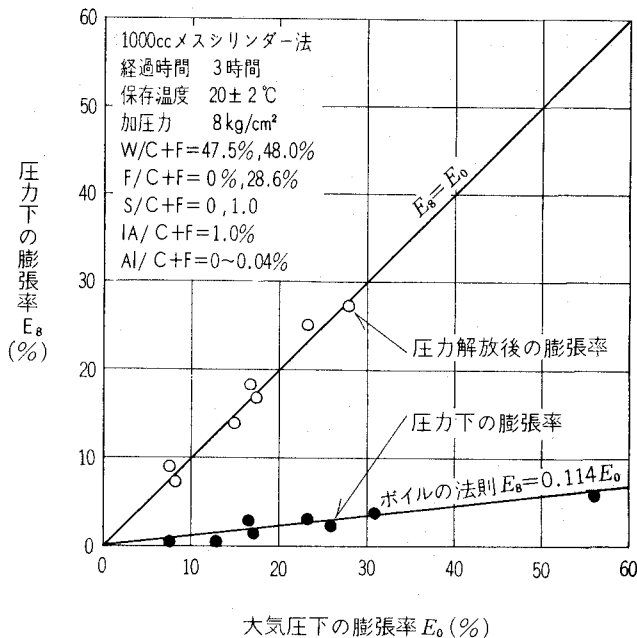


図-5 大気圧下と圧力下の膨張率の比較

圧力下のプレバクドコンクリートの強度が大気圧下のそれより小となる主たる原因は、圧力によつて注入モルタルの純膨張が抑制され、粗骨材とセメントペーストとの密着が防げられることが考えられる。したがつて圧力による強度低下を防止するためには、圧力を受けた状態で適量の純膨張を確保することが必要である。たとえば水深80mの深海にプレバクドコンクリートを施工する場合には、8kg/cm²の圧力下で3～4%の純膨張率を確保できる配合すなわち大気圧下で50～60%の膨張率を有する配合とすべきであ

6. 結論

以上の基礎的実験から深海にプレバクドコンクリートを施工する場合の配合設計上の基礎資料として次の結論を得た。

1) 注入モルタルの膨張率は、圧力の作用によつて

見かけ上減少する。圧力下の膨張率はボイルの法則を用いて大気圧下の膨張率から次式によつて大略の値を推定出来る。

$$E_p = \frac{1.03}{1.03 + P} E_0$$

ここに E_p : 圧力下の膨張率(%)

E_0 : 大気圧下の膨張率(%)

P : 加圧力 (kg/cm²)

2) 注入モルタルのブリージング率は加圧力によつて大気圧下のそれより大となる傾向にある。

3) 圧力を受けて硬化した注入モルタルの圧縮強度は、大気圧下で硬化したものより大となる。

4) 圧力下で製作、養生したプレバクドコンクリートの圧縮強度は、同一配合のモルタルを使用した大気圧下プレバクドコンクリートの圧縮強度より小となる傾向にある。

5) 圧力によるプレバクドコンクリートの強度減少を防止するためには、圧力を受けた状態で適量の純膨張を確保出来るように配合設計上混和剤量を考慮する必要がある。

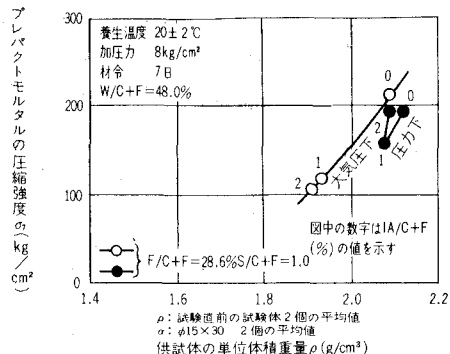


図-6 注入モルタルの単位体積重量と圧縮強度

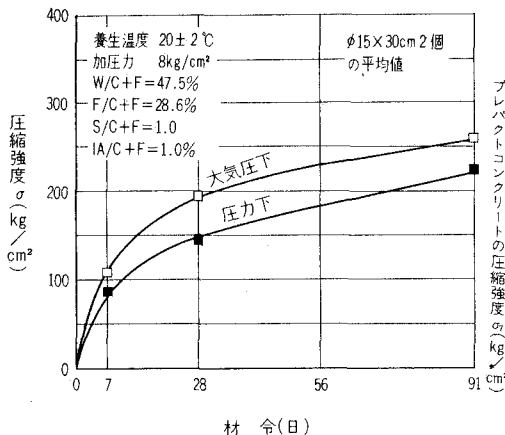


図-8 コンクリートの圧縮強度(材令との関係)

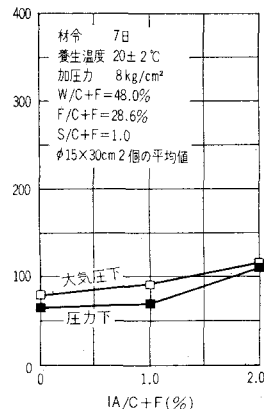


図-7 IA/C+Fとコンクリートの圧縮強度

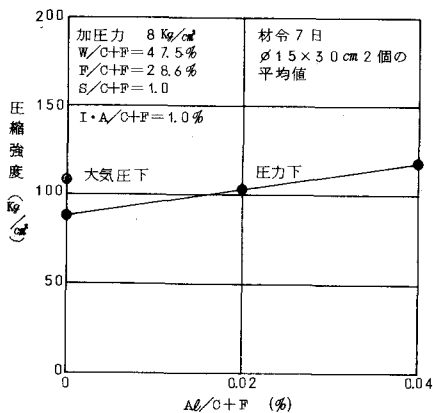


図-9 AE/C+Fと圧力下コンクリートの圧縮強度