

人工軽量骨材コンクリートの施工法に関する研究（その1）

森 永 繁
成 田 一 徳
鳥 田 専 右

§1. まえがき

人工軽量骨材コンクリートは、わが国でも近時、実用に供され始めているが、外国では既にかんりの経験を持っており、原則的には、材料、施工上、あまり問題はないと考えられる。しかしながら、その骨材としての特殊性から検討すべき点もないではない。とくにわが国の建築工事で慣用されている軟練りコンクリートは、他にあまり例を見ないものなので、この施工の上から、人工軽量骨材コンクリートを検討することは、施工者としてかなり重要な問題となってくる。

本報告に述べることは、建築工事を対象とし、そこでコンクリートが受けると考えられる施工上の取扱いを抽出し、それぞれをモデル化して、実験室規模の実験で検討したものの一部である。

また、主旨としては、人工軽量骨材コンクリートを問題としているわけであるが、比較の対象として普通コンクリートも扱い、また原則的には普通コンクリートにも共通することであるが、普通コンクリートについてのこのような資料があまりないなどの理由から、ここで得られた情報は、コンクリート一般におよぶことも多い。

次にここでとり上げ、モデル化した事項について、簡単に説明する。

(1) シュート流下

コンクリートの運搬にシュートを使用することは、これが分離をひきおこすので望ましい方法ではない。しかし、実際にはこれをまったく使用しないということはむずかしいし、またシュートそのものを使用しないにしても、コンクリートに同じ効果が与えられる場面もあると考えられる。そういう意味で、シュート流下が、コンクリートに与える影響をいろんな要因効果を含めて調べておく必要がある。

(2) コールドジョイント (Cold joint)

コンクリートが打込まれて行く間に、各層間の打設時間間隔がある程度長くなると、相隣の両層の一体化が阻

害される。これは、美観上、構造物の耐力、耐久上、また、雨仕舞などの上から問題になる。実際の建築物ではこの Cold joint をなくすることは、なかなかむずかしく、そののできる原因や、防止策の検討は、施工上、重要な問題である。

(3) 面の美観

コンクリートは打放しで使用されるケースが多く、またそうでない時も、その仕上りの肌の状態は問題にされる。これに影響する事項を検討しておきたい。

§2. 使用した材料、器具等

以下に述べる一連の実験に使用した骨材の諸性質は、表一に示す。セメントは、アサノ普通ポルトランドセメント、AE剤は、ヴィンゾールを使用した。なお、練りませには、容量2切の可傾式ミキサーを、パイプレーターは、振動数7200 cpm、100V 電動式のものを使用した。

	種 別	粒 大	表 乾 比 重	実積率	備 考	
細骨材	川 砂	1.2mm 以下	2.60	—	5mm以上の粒を除去した。	
	メサライト	2.5mm 以下	1.79	—		
粗骨材	砂 利	20mm 以下	2.62	69.0	各粒大のものを次の割合で混合して使用した。 (5~10mm): (10~15mm): (15~20mm) = 4 : 3 : 3	
	砕 石	"	2.69	61.0		
	ビルトン	"	1.38	67.0		
	*セ イ ラ イ ト	(沈粒)	"	1.45		66.3
		標 準	"	1.33		65.0
	(浮粒)	"	0.93	65.7		

* 骨材を水に浸し、浮いたもの(浮粒)と、沈んだもの(沈粒)に分けた。(標準)は、これらが混ったもの。

表一 使用した骨材の諸性質

§3. シュート流下

コンクリートを短い斜めシュートで流下させた時の粗骨材の分離の程度を、材料や調合と関連させながら検討した。

使用した斜めシュートは、現場で通常使用されている木の枠に生子板を一枚はりつけたものを想定し、幅が50cmの「コ」の字型で、長さが2mの鋼製の樋を作り、これを50度傾斜させ、コンクリートがシュートを流下した後、40cmだけ自由落下して下の床に広がるような構造のものである。

3.1 実験の計画

(a) 要因と水準

実験は2回行ない、それぞれ表-2、表-3に示す要因と水準を、 L_8 直交表に割りつけた。交互作用は、第一回目の実験では、 $A \times B$ 、 $A \times C$ 、 $A \times D$ を、第二回目の実験では、 $A \times C$ 、 $A \times F$ をとった。

要因	第一水準	第二水準
A. スランプ	$A_1=15\text{cm}$	$A_2=21\text{cm}$
B. 細骨材率 ¹⁾	$B_1=-3\%$	$B_2=+3\%$
C. 粗骨材比重	$C_1=2.65$	$C_2=1.35$
D. 粗骨材粒形 ²⁾	$D_1=\bigcirc$	$D_2=\triangle$

- 1) 細骨材率は、JASS 5の標準調合表で定まる値を標準とし、これより-3%のもの、および+3%のものをとる。
- 2) \bigcirc は砂利、ビルトン等の丸いものを、 \triangle は碎石、セライト等の角ばった骨材の形を表わす符号とする。

表-2 第一回目の実験の要因と水準

要因	第一水準	第二水準
A. スランプ	$A_3=23\text{cm}$	$A_4=19\text{cm}$
B. 粗骨材比重	$B_3=\text{浮粒}$	$B_4=\text{沈粒}$
E. $w\%$	$E_1=52.5\%$	$E_2=62.5\%$
F. 空気量 ¹⁾	$F_1=6\%$	$F_2=1\%$

- 1) AE剤を用いたもので6%、用いないもので1%と仮定した。

表-3 第二回目の実験の要因と水準

実験条件は、第一回目、第二回目の実験に対して、それぞれ、表-4、表-5のようになる。

(b) 調合

粒形からいって、ビルトンは砂利、セライトは碎石に準ずるものと仮定して、JASS 5の標準調合表から、標準の細骨材率を求め、必要な場合はこれに、 $\pm 3\%$ の補正をした。このようにして定めた細骨材率になるように計量した表乾状態の細粗骨材を、あらかじめミキサーで混合しながら、これに規定の $w\%$ のペースト(第一回目の実験では65%に固定)を、所定のスランプが得られるまで加えていた。なお、AEコンクリートの場合は、AE剤をあらかじめペースト中に加えておいた。練上り量は、約50lとした。

(c) 流下実験

練上ったコンクリートを2つに分け、おのおのについて流下実験を行なった。なお、同一調合のコンクリートにつき2度くり返した。

シュートを流す時は、シュート上部から容器に入れたコンクリートを静かに傾けながら、流下させた。

流下後、シュートの下の床に広がったコンクリートを流下方向に向って先方と、後方に、ほぼ等量に分かれるように二分し、各コンクリートを5mmふるい上で洗い、粗骨材のみをとり出し、これを各コンクリート 1m^3 中の単位粗骨材量(l/m^3)に換算した。(この時、計算の都合上、空気量は0%と仮定した。)

第二回目の実験では、二分したコンクリートのうち、片方は流下後に洗い試験を行なわず、先後方のそれぞれから $\phi 10$ の圧縮強度試験体を2本ずつ採取した。なお比較用に、ミキサー中のコンクリートからも $\phi 10$ の2本の供試体を採取した。

3.2 実験結果

分離の程度を表わす特性値としては、シュートから先方に飛んだコンクリートと、後方に残ったコンクリート中のそれぞれの単位粗骨材量(l/m^3)の差をとった。この結果を表-4、表-5、および図-1に示すが、シュートを流下させると、必ず分離を生じ、先方に粗骨材が片寄ることが分かる。分散分析の結果有意と出た要因、および交互作用については、** (危険率1%で有意)、ないしは* (危険率5%で有意)を付した。

(a) 強度試験結果

圧縮強度試験は、材令一週で行ない、ミキサーから直接とったコンクリートから採取した試験体の強度を標準強度とし、これに対する先、後方のコンクリートから採取した試験体の強度の比を特性値とした。

実験条件						実験結果	
わりつけた列 要因 No.	1	2	4	7	使用した 粗骨材	単位粗骨材量差 (l/m ³)	
	スランプ	細骨材率	比重	粒形		1バッチ目	2バッチ目
1	15cm	-3%	2.65	○	砂利	44 39	66 69
2	15 $\%$	-3 $\%$	1.35	△	セイライト	186 90	157 212
3	15 $\%$	+3 $\%$	2.65	△	砕石	44 42	26 25
4	15 $\%$	+3 $\%$	1.35	○	ビルトン	120 130	100 123
5	21 $\%$	-3 $\%$	2.65	△	砕石	149 126	109 122
6	21 $\%$	-3 $\%$	1.35	○	ビルトン	214 134	197 243
7	21 $\%$	+3 $\%$	2.65	○	砂利	90 44	66 68
8	21 $\%$	+3 $\%$	1.35	△	セイライト	65 72	42 33

表-4 第一回目の実験条件・結果

実験条件					実験結果							
わりつけた列 要因 No.	1	2	4	7	実施空気量 ¹⁾		単位粗骨材量差 (l/m ³)		先方/標準		後方/標準	
	スランプ	比重	空気量	w/c	1バッチ目	2バッチ目	1バッチ目	2バッチ目	1バッチ目	2バッチ目	1バッチ目	2バッチ目
	1	23cm	浮粒	6%	52.5	8.0	6.3	102	72	1.19	1.07	1.32
2	23 $\%$	浮粒	1 $\%$	62.5	2.6	1.6	145	139	1.12	1.11	1.27	1.23
3	23 $\%$	沈粒	6 $\%$	62.5	6.0	8.0	83	103	0.98	1.14	1.02	1.38
4	23 $\%$	沈粒	1 $\%$	52.5	0.5	2.0	131	108	0.97	0.90	0.84	0.98
5	19 $\%$	浮粒	6 $\%$	62.5	8.0	8.0	9	74	0.87	1.06	1.12	1.31
6	19 $\%$	浮粒	1 $\%$	52.5	1.6	1.0	85	86	1.07	0.91	1.00	0.98
7	19 $\%$	沈粒	6 $\%$	52.5	5.5	6.1	34	52	0.87	1.63	0.96	2.13
8	19 $\%$	沈粒	1 $\%$	62.5	2.8	1.6	107	85	0.80	0.88	0.96	0.79

1) 骨材修正係数を3%と仮定し、補正した値を示す。

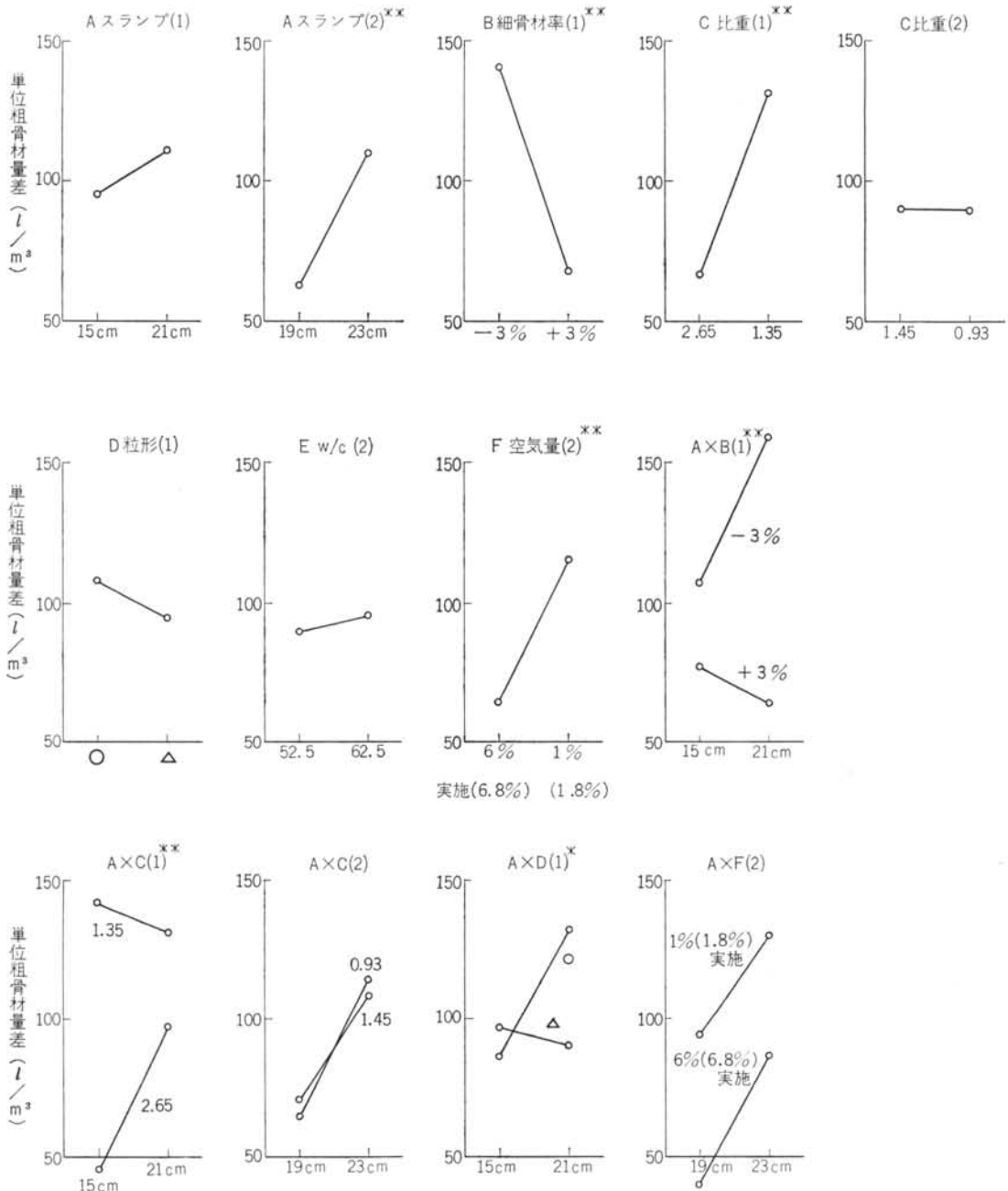
表-5 第二回目の実験条件・結果

3.3 実験結果の検討

a. 分離性

- ・スランプ

15~21cm ぐらいの比較的プラスチックな範囲のコンクリートでは、スランプによる差は認められないが、22~23cm ぐらいに軟らかくなると、急に分離しやすくな



1), 2) は、それぞれ第1回目、第2回目の実験結果を示す。

図一1 分離試験結果

る (1%で有意)。

・細骨材率

小さいと分離しやすい(1%で有意)。

細骨材率が±3%の変化でも、かなり相違する。

また、細骨材率が大きいと、スランプが大きくなって
も分離度はそれ程大きくならないが、細骨材率が小さい

とスランプの増大により、分離する傾向が大になる (1%で有意)。

・比重

砂利と人工軽量骨材を比較すると、人工軽量骨材の方が分離しやすい (1%で有意)。この場合は、比重の差が $2.65 - 1.35 = 1.30$ ぐらいあり、比重の小さい方が分離

しやすいといえる。

一方、人工軽量骨材同志を浮粒と沈粒で比較した場合（比重の差は、 $1.45-0.93=0.52$ ），比重による差は認められなかった。浮粒率の大きい骨材を用いると、分離を生じやすいと一般には言われているが、シュートを流す時には、浮粒率が大きくても分離性状に差はなさそうである。また、砂利を用いた場合、スランブが大きくなると分離度は急に大きくなるが、軽量骨材では、この傾向は小さい（1%で有意）。

・粒形

スランブ15cm 程度の比較的固いコンクリートでは、粒形による差は認められないが、スランブが21cm 程度になると、球形のものは急に分離するようになり（5%で有意）、相当遠くまで粗骨材のみが転がって行くようになる。球形の骨材を用いたスランブの大きいコンクリートの場合、斜めシュートの使用は注意を要すると思われる。

・ w/c

w/c の小さい粘度の高いペーストを用いる方が分離は少なくなると思われたが、この差は認められなかった。

・空気量

この差は明らかで（1%で有意）、AE剤を使用すると、分離は少なくなる。

(b) 強度

上記分離により、強度に差が生ずるか否かを検討した。表-5 に得られた強度比の先方と後方との差を検定してみると、危険率5%で有意差が認められ、分離したコンクリートが打込まれると、場所により強度的な「むら」ができることが窺われる。

§ 4. コールドジョイント (Cold joint)

これに関して、人工軽量コンクリートと、普通コンクリートでは事情が異なる。普通骨材では、骨材がモルタルの比重より大であるため、締固めを行なう時、または打込んでから時間がたった時に、粗骨材は沈下し、上部に浮いてくるものは軟いセメントペーストないしはモルタルであるため、次にその上に打たれたコンクリートになじみやすい。

しかし、軽量骨材コンクリートでは、時間がたった時または締固めた時、特に内部振動機を使用した時は、コンクリート表面に粗骨材が浮上分離してくるため、その上に打ちこまれたコンクリートとなじみ難く、Cold joint が形成されやすい。それ故、ここでは Cold Joint の形成される条件と、その防止法、およびその部分の強度

について検討を行なった。

また、Cold joint そのものには関係ないが、締固め方法により、圧縮強度がどう変るかという点についても、付随して検討を加えた。

4.1 実験の計画

(a) 要因と水準

表-6 に示した要因と水準を L_{16} 直交表に割りつけて実験を行なった。これによってできた Cold joint についてその部分の曲げ強度試験と、外観の視覚的検討を行なった。

	第一水準	第二水準	第三水準	第四水準
A. 下層のコンクリートの分離度	なし	わずか	激し	激し*
B. 打継時間間隔 (時間)	0	1	3	5
C. 上層の締固め方法	締固めなし	棒つき	適度の振動	過度の振動

* 擬水準で第三水準と同じ。

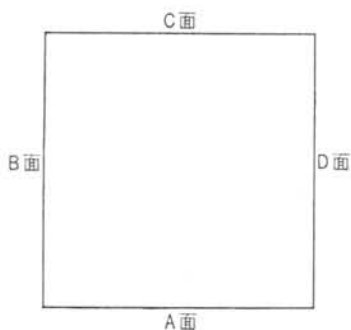
表-6 要因と水準

下層のコンクリートの分離度については、「なし」はつき棒で締固めたもので、粗骨材の浮上分離を生じていないもの。「わずか」は、適度にバイブレーターで締固めたもので、わずかに浮上分離を生じているもの。「激し」は、過度にバイブレーターを作用させていちじるしい浮上分離を生じているものを指す。

上層の締固め方法で「適度の振動」は、わずかに浮上分離を生ずる程度で、上層のみの締固めとしては適当であると考えられるもの（10秒程度）。「過度の振動」は、Cold joint を消す目的で、上層の浮上分離にかまわず長く作用させたもの（30秒程度）。

	種類	kg/m ³	備考
セメント	普 ポ	360	所要強度 $F_0=210\text{kg/cm}^2$
細骨材	メサライト	186	
	川 砂	590	
粗骨材	セイライト	475	スランブ 21cm
水	—	198	
A E 剤	ヴァインゾール	108	

表-7 調合



- A面 ベニヤ
 B面 杉板
 C面 一度使用した型枠を、掃除をせずに再使用
 D面 杉板に剝離剤を塗布

図-2 型枠各面の材料

実験条件は、表-8 のようになる。

(b) 調合

調合は、当社の大井町第一生命本社の現場で使用するものを、そのまま使用した。(表-7)

(c) 型枠

断面が15×15cm、高さが60cmの木製型枠を使用した。型枠面の粗滑度により、打上り面の美しさがどう変わるかという点も付随して検討しなかったため、四面を 図-2 に示すような異なった材料で構成した。

(d) 打込み

打込み高さは、下層上層とも30cm ずつとした。つき棒は、各層を15回づきとし、パイプレーターは「適度」の場合には10秒、「過度」の場合には30秒を目安とした。下層の分離度も、「適度」にかけた時の分離度を「わずか」、「過度」にかけた時を「激し」とした。

なお、打設した時の温湿度条件は、26℃、R.H.=80%であった。

列番 No.	7 8 15	1 12 13	2 4 6	曲げ試験 最大荷重 (t)	圧縮強度(kg/cm ²)		視覚的に 検討した Cold joint の程度
	A	B	C		下層	上層	
	下層の 分離度	打継時間 間隔 (時間)	上層の 締固め				
1	なし	0	なし	1.41	144	157	0
2	わずか	5	なし	0.77	122	145	1
3	激し	5	棒つき	0.90	159	161	1
4	激し	0	棒つき	1.41	154	186	0
5	激し	0	適度の振動	1.38	169	191	0
6	激し	5	適度の振動	1.32	166	157	0
7	なし	5	過度の振動	1.68*	165	192	0
8	わずか	0	過度の振動	1.62	174	146	0
9	激し	1	なし	0.58	115	176	2
10	激し	3	なし	0.78	100	162	2
11	なし	3	棒つき	1.03	168	162	0
12	わずか	1	棒つき	1.33	162	183	0
13	なし	1	適度の振動	1.83	164	199	0
14	わずか	3	適度の振動	1.41	187	201	0
15	激し	3	過度の振動	1.64	188	226	0
16	激し	1	過度の振動	1.41	150	222	0

* 誤って荷重を加える前に折ってしまったので、欠測値を補欠した。

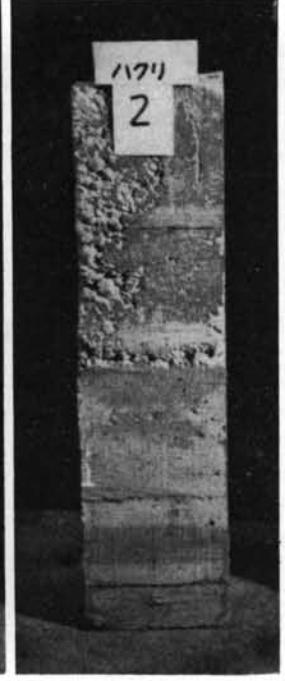
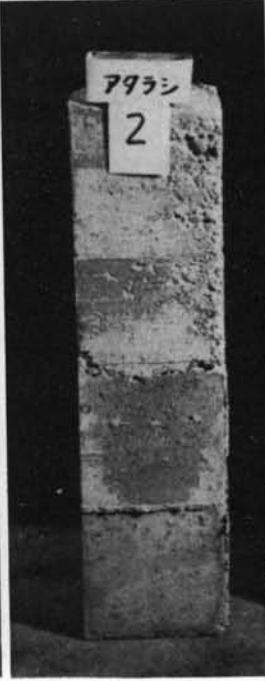
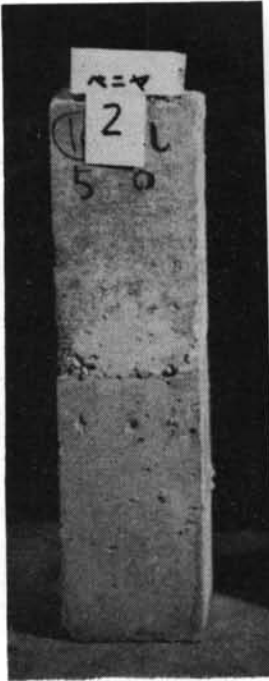
表-8 実験条件・結果

A 面

B 面

C 面

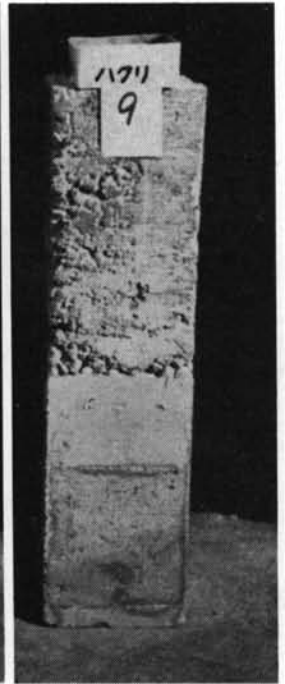
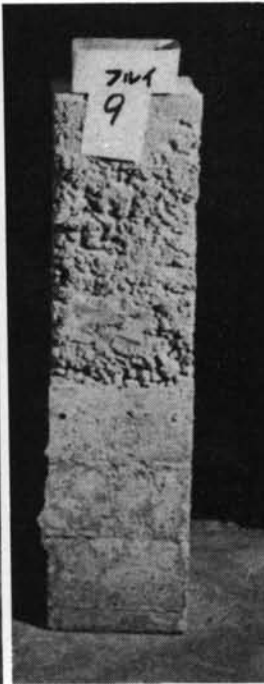
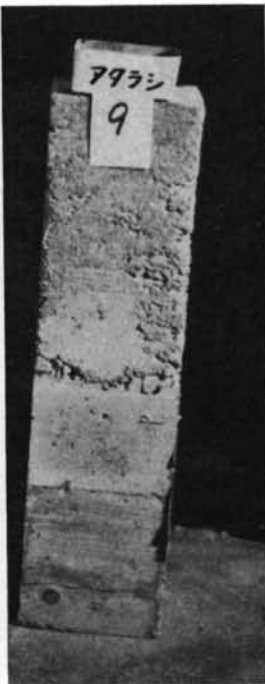
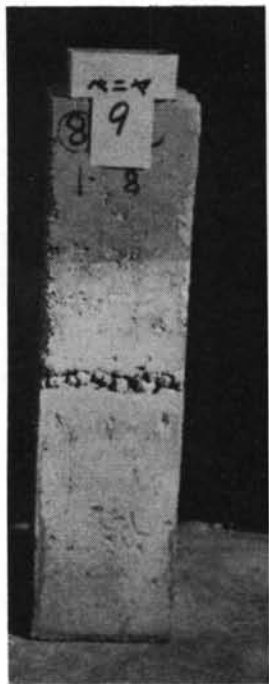
D 面



実験 No. 2
下層の分離度.....わずか

打継時間間隔.....5時間
上層の締固め.....なし

視覚的に検討した Cold joint
の程度.....1



実験 No. 9
下層の分離度.....激し

打継時間間隔.....1時間
上層の締固め.....なし

視覚的に検討した Cold joint
の程度.....2

写真一1 代表的な Cold joint の例

4.2 実験結果

供試体は打設後9日目に型枠を脱型し、視覚的検討を行ない、12日目に曲げ試験、13日目にその折片の圧縮試験をそれぞれ JIS A 1106 (コンクリートの曲げ強度試験方法)、JIS A 1114 (はりの折片によるコンクリートの圧縮強度試験方法) に準じて行なった。視覚的に検討した結果は、Cold joint が認められないものを「0」、わずかに目立つものを「1」、はっきり認められるものを「2」と採点し、3種類に分けて示す(表-8)とともに、Cold joint 部の詳細な観察を行なった。

(a) 曲げ強度試験結果

分散分析の結果、「上層の締固め方法」のみが、危険率1%で有意差があり、他の要因に差は認められなかった。(図-3)

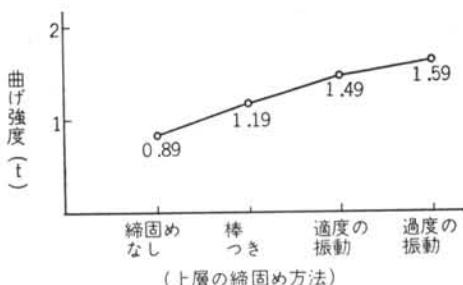


図-3 上層の締固め方法と、曲げ強度の関係

(b) 圧縮強度試験結果

締固め方法により(下層のコンクリートについては、分離度「なし」のものは「棒つき」、「わずか」のものは「適度の振動」、「激し」のものは「過度の振動」で締固めたものとする。)圧縮強度に差が生ずるか否かを分散分析した結果、危険率1%で有意差が認められた。(図-4)

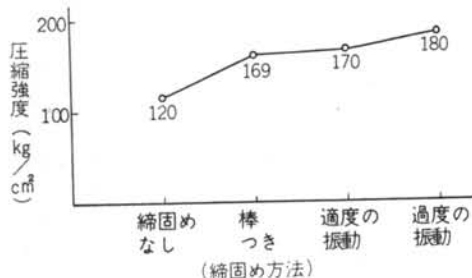


図-4 締固め方法と、圧縮強度の関係

(c) 視覚試験結果

「0」、「1」、「2」と採点したものに対して、累積法を用いて分散分析を行なった結果、曲げ試験結果と同

様、上層の締固め方法のみが危険率5%で有意差が認められた。

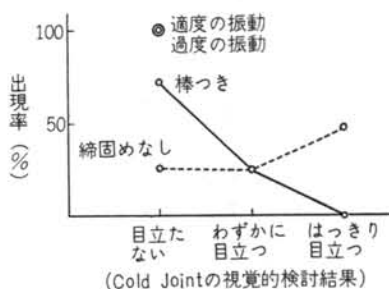


図-5 上層の締固め方法と Cold joint のでき方の関係

4.3 実験結果の検討

Cold joint が生ずると、面の美観を損ねるばかりでなく、強度的にもその部分が弱体部となる。Cold joint のでき具合は、調合や、温湿度条件により相当異なると考えられるが、通常の条件でスランプ21cm 程度のコンクリートを打つ場合、Cold joint を作らないための対策として、おおよそ次のことがいえる。

- ・下層のコンクリートにパイプレーターをかけすぎて粗骨材の浮上分離を生じさせないこと。

- ・打継時間間隔をできるだけ短くするようにし、特にパイプレーターもつき棒も入らないような箇所は、連続して打込み、外部から、たたき等の締固めを施すこと。

(締固めをしない場合は、連続して打込んでも Cold joint が生ずることがある。)

- ・ある程度の時間まではつき棒で防止できるが、つき棒が使える所でも、打継時間間隔は3時間を越えないこと。

- ・3時間を越えて打継ぐような時には、パイプレーターを用いる必要がある。が、この時も、Cold joint を消すために、過度な振動は必要でなく、コンクリート表面を見て、適当だと思われるところで止めても十分である。

以上のことより、軽量コンクリートの場合には、Cold joint ができやすいので、これを防止するために、打継

<注> 図-5の意味は、たとえば締固めをしなかった場合には、「はっきり目立つ」、「わずかに目立つ」「目立たない」Cold joint ができる確率が、それぞれ、50%、25%、25%、パイプレーターで締固める時は、Cold joint は100%「目立たない」——等を示している。

時間間隔、締固め方法等について、普通コンクリートより一層の注意が必要であると考えられる。

・付随して行なった圧縮強度試験の結果、締固めをしない場合は強度が小さく、Cold joint と考え合わせるとスランブ 21cm 程度の軟いコンクリートを用いる場合でも、何らかの締固めが必要であることが分かる。過度な振動を加えた場合にも、強度低下は認められなかったが、これは、粗骨材の浮上分離した部分を避けて荷重を加えるような方法であったためであって、浮上分離した部分が間にはさまれば、強度低下を来すので、パイプレーターの過度な使用は避けなければならない。なお、棒つきの場合と、パイプレーターをかけた場合の強度差は認められなかった。

§ 5. 面の美観

不充填部、Cold joint、豆板等が、面の美観を損ねることは当然であるが、軽量コンクリートの場合には、これらの不良箇所がなく、全体に良く打上っていても、かなり大きな気泡がたくさん残ったり、型枠をはがす時にコンクリートの表面が型枠と一緒に剥がれて、「表面剝離」と呼ばれる現象を生ずることが多く、これらが面の美観を損ねている場合がある。それ故ここでは、気泡、不充填部、表面剝離等の生じる原因を、調合、締固め方法、使用する型枠の粗滑度等の点から検討した。

5.1 実験の計画

(a) 要因と水準

表-9 に示す要因と水準を、 L_{16} 直交表に割りつけて実験を行なった。

要 因	第一水準	第二水準	第三水準	第四水準
A. 締固め方法	A ₁ = 締固めなし	A ₂ = たたき	A ₃ = 棒つき	A ₄ = パイプレーター
B. 一層の打込高さ	B ₁ = 30cm	B ₂ = 60cm	—	—
C. 軽砂混入割合*	C ₁ = 0%	C ₂ = 30%	—	—
D. A E 剤	D ₁ = あり	D ₂ = なし	—	—
E. 細骨材率	E ₁ = 50%	E ₂ = 40%	—	—
F. 打継時間間隔	F ₁ = 0分	F ₂ = 15分	—	—

* 細骨材全量に対する o/vl (メサライト砂)
粗骨材はセライトを使用

表-9 要因と水準

実験条件は表-10のようになる。

軽砂混入割合を要因に選んだのは、細骨材にも人工軽量骨材を用いたコンクリートで、一打込実験を行なった時、気泡が多く残ったことがあったので、この点をチェックするためである。

(b) 調合

練りませ方法は、3.1 (b) に準じた。w/c は 60% とした。

(c) 型枠

4.1 (c) で用いたものに準じた。ただし、高さを 120cm とし、Screening (粗骨材が鉄筋等により、流動を阻止されること。)等の影響も調べたかったので、四隅に 9φ 筋を 4 本配置し、20cm ピッチで 9φ のフープをつけた。

なお、フープ筋から、型枠表面までのかぶり厚は 2cm とした。

(d) 打込み

打込み時には、流しこみ方向の影響が面の美観にどう現われるかを調べるため、流しこみ方向を一定にし、A 面から C 面の方向に向って、生子板のゆるやかな斜めシェルトを 60cm ほど流下させて打ちこんだ。締固め方法は「たたき」では、打設高さ 30cm につき、四面を 10 回ずつたたき、「つき棒」、「パイプレーター」では、一層の打設高さにかかわらず、各層を、それぞれ 15 回つき、あるいは 10 秒間作動とした。

5.2 実験結果

型枠は材令 10 日で脱型した。

(a) 気泡のでき具合について

締固め方法により、表面に現われる気泡の性状に相当な差があった。たたきや棒つきを施した場合の気泡は、丸くて、内面はつるりとした感じのものが多く、締固めなしの場合は、不整形のものが多く、パイプレーターをかけた場合は、細かい泡立ったスポンジ状の気泡が表面に集まり、この部分が極めて脆弱であるため、型枠をはがす時に一緒に剥がれて、表面剝離を生ずるケースが多い。(写真-2 参照)

型枠表面の粗滑度にかかわらず、気泡は四面とも大体均等に現われるが、同じ大きさの気泡でも、平滑な面に現われた気泡の方が目立ちやすい。それ故、気泡に関して要因効果を検討する時には、ベニヤ面に現われた気泡のみを対象にした。特性値は気泡の数とし、室内を暗くし、型枠面に平行に光をあてて、気泡が目立つようにした上、1m 離れてこの面を見た時に、気になる大きさの気泡のみをカウントに入れた。結果は表-10 に示した。

列番	2 4 6	1	12	15	8	10	気泡の 数(個)	視覚的検討 による不充 填部の程度
因子 No.	締固め 方法	打込み 高さ(cm)	軽砂 混入率(%)	A E 剤	細骨材 率(%)	打継時間 間隔(分)		
1	締固めなし	30	0	あり	50	0	58	0
2	締固めなし	30	30	なし	40	15	21	2
3	たたき	30	30	なし	50	0	46	0
4	たたき	30	0	あり	40	15	165	0
5	棒つき	30	0	なし	50	15	56	1
6	棒つき	30	30	あり	40	0	26	0
7	バイブレーター	30	30	あり	50	15	66	0
8	バイブレーター	60	0	なし	40	0	8	0
9	締固めなし	60	0	なし	50	0	29	2
10	締固めなし	60	30	あり	40	15	30	1
11	たたき	60	30	あり	50	0	144	0
12	たたき	60	0	なし	40	15	50	0
13	棒つき	60	0	あり	50	15	58	0
14	棒つき	60	30	なし	40	0	25	1
15	バイブレーター	60	30	なし	50	15	39	0
16	バイブレーター	60	0	あり	40	0	56	0

表-10 実験条件・結果

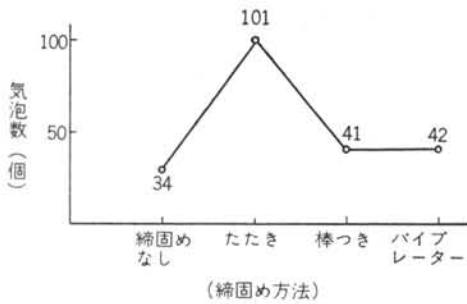


図-6 締固め方法と気泡数との関係

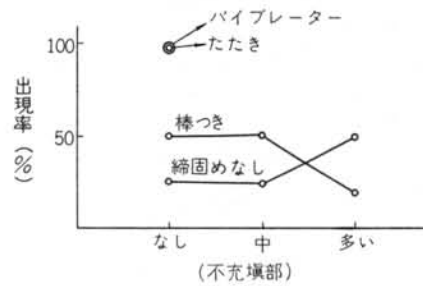


図-8 締固め方法と不充填部の関係

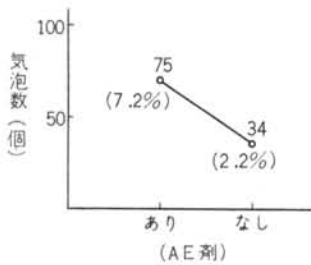


図-7 A E 剤の有無と気泡数との関係
()は実施空気量

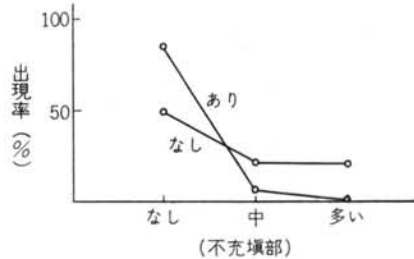
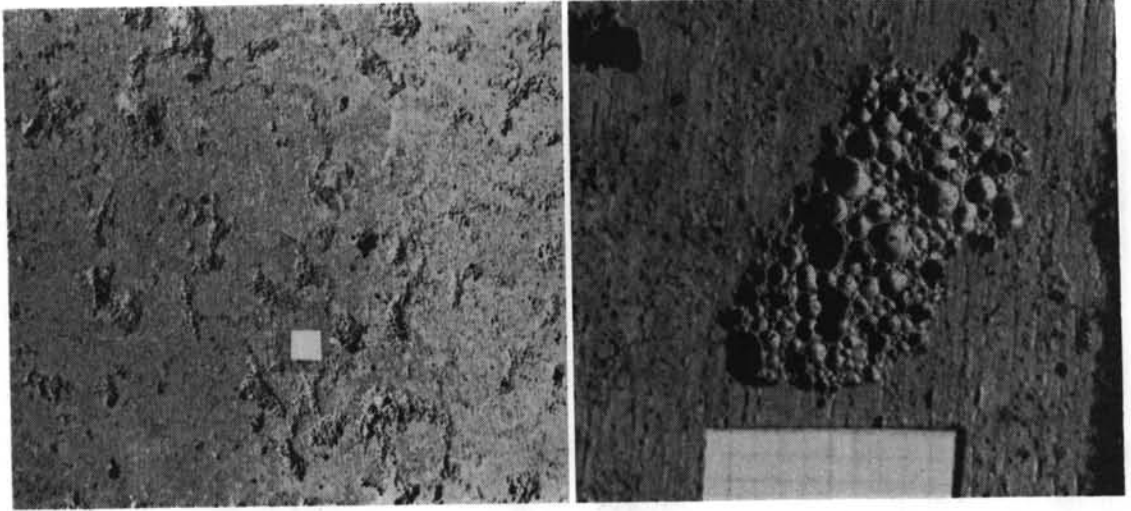
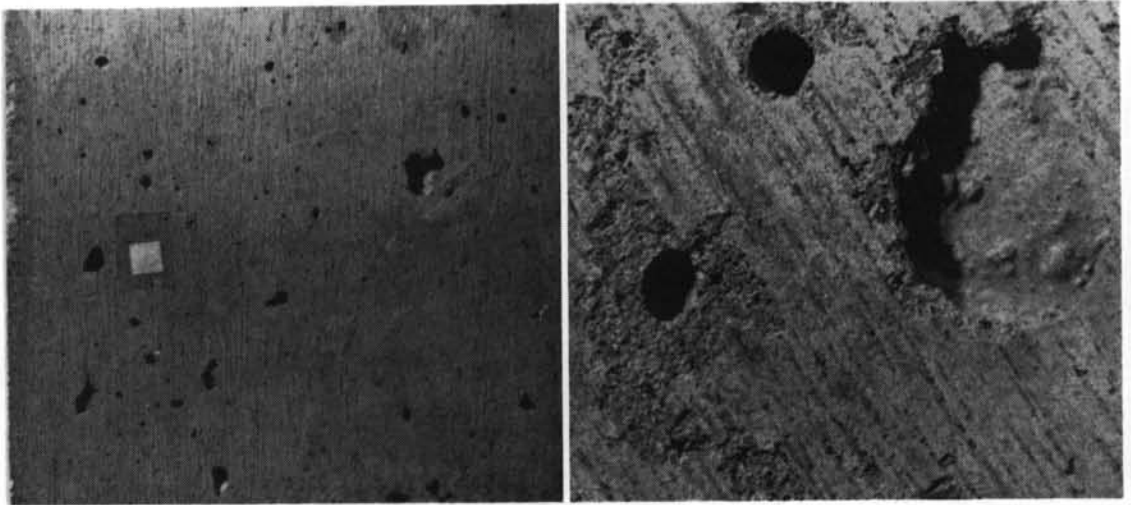


図-9 A E 剤の有無と不充填部の関係

要因ごとに分散分析を行なうと、「締固め方法」、「A E 剤」の効果が、それぞれ5%の危険率で有意であった。



(イ) パイプレーターをかけた時に生ずる泡立った気泡と、表面剝離



(ロ) たたきをかけた時に生ずる大つぶの気泡

写真一2 締固め方法と、生ずる気泡の形状との関係 (各左側の倍率0.4倍, 右は3.3倍)

(図一6, 図一7)

(b) 不充填部のでき具合について

流しこみ方向の影響が顕著に現われて、シュートから速い方の面には分離、鉄筋のスクリーニング等により、不充填部が多く現われたが、逆の面には、モルタルが片寄ったため、比較的少なかった。(写真一3)

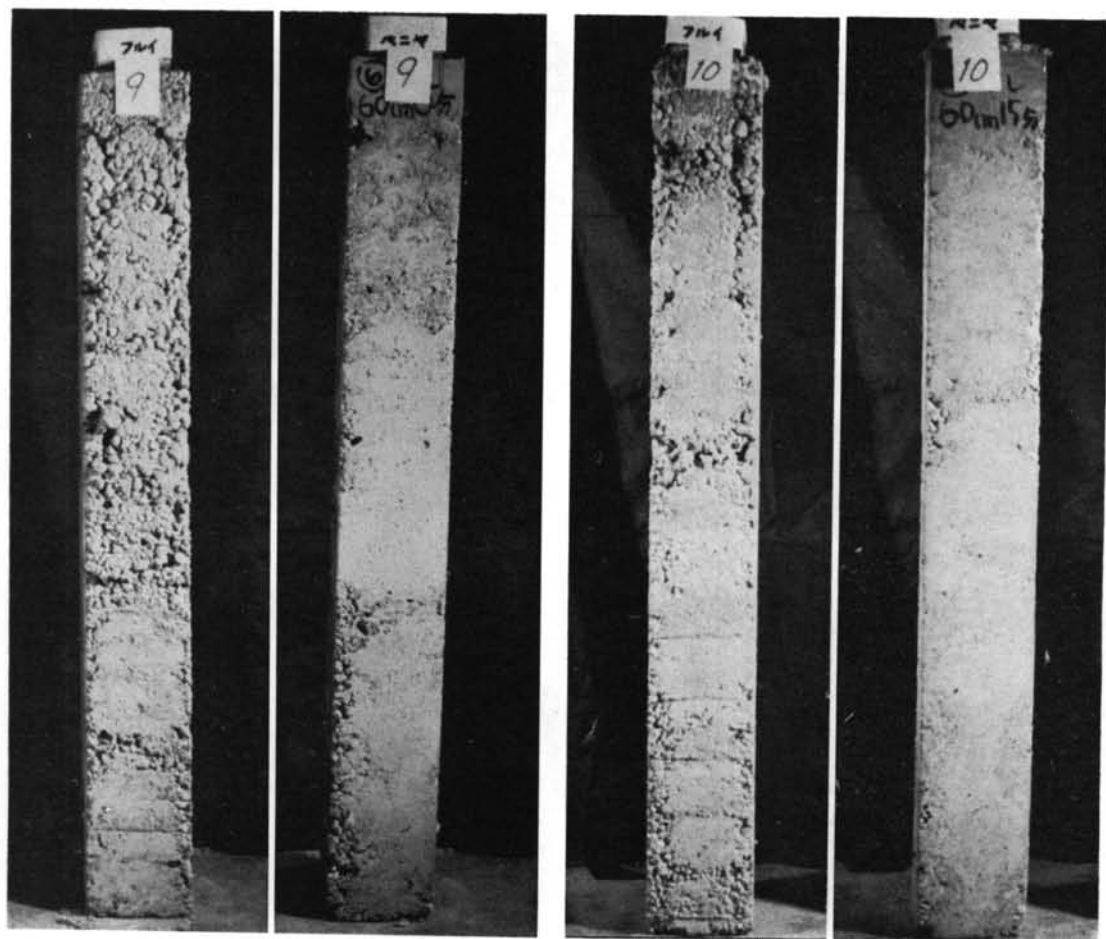
視覚的検討により、不充填部のないものを「0」、中位のものを「1」、多いものを「2」と採点し、累積法を用いて分散分析を行なうと、「締固め方法」、「AE剤」が、それぞれ危険率1%、5%で有意差が認められた。

(図一8, 図一9)

(図一8, 図一9の意味は、4.2(c)の注と同様。)

5.3 実験結果の検討

気泡が残る原因として、調合的には、AE剤を用い連行空気量が多い程、また、締固め方法別では、たたきを用いた場合に多くなることが分った。締固めをしない場合より、たたきの場合の方が気泡が多くなるということは、たたき時の衝撃で、型枠とコンクリートの表面の間に空気が巻き込まれるためであろうと考えられる。不充填部をなくすためのたたきの効果は、パイプレーターと同じ程度に有効で(本実験では、パイプレーター、またはたたきを用いて締固めを行なった場合に、不充填部を生じた例はなかった。)、つまり難しい個所の締固め方法としては推奨すべき手段であるが、打放し面等で気泡を



写真一3 流込み方向の影響（各右側がシュート手前の面）

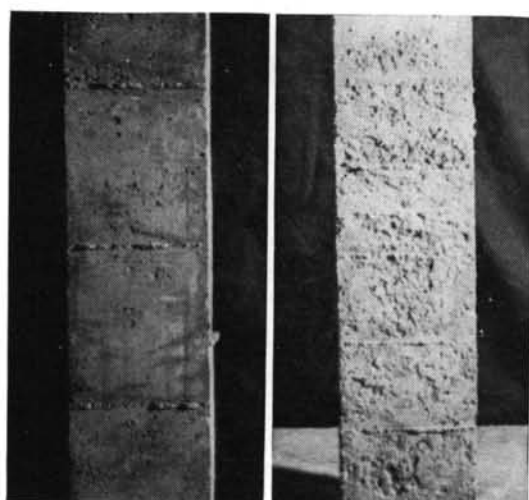
嫌う場合は、たたきの使用は注意を要すると思われる。

つき棒で締固めた場合でも、不充填部は割合多く現われた。断面の大きい、打込みやすい個所で用いる場合には、つき棒を用いてきれいな面を得ることができるが、鉄筋の多い所、特に、鉄筋と型枠との間に棒が入らないような所では、不充填部を作りやすいので、他の方法を用いるべきだと思われる。

締固めをしない場合は、不充填部が非常に多く現われる。今回用いたスランブ 20cm 程度の軟いコンクリートでも、必ず何らかの締固めが必要であることが窺える。

AE 剤を使用すると、充填性は良くなり、不充填部が生ずる割合は少なくなるが、表面に気泡を残しやすい欠点もあるので、打放し面等では、連行空気量が過多にならないように、注意しながら使用する必要があると思われる。

なお、これに付随して行なった実験で、打込みから型枠脱型までの日数を変えてみると、面の美しさは、型枠



存置期間10日のもの

存置期間3日のもの

写真一4 型枠存置期間と表面剝離の程度

の存置期間が長いものほど美しかった。この傾向は、型枠面が粗である程いちじるしく現われ、古いモルタルのついたままの、掃除をしない型枠を用いてコンクリートを打込み、3日後に脱型すると、コンクリート表面がほぼ全面に剥され、きたない肌となるが、10日後に脱型すると、コンクリートの強度が出ているせいか、逆に型枠についた古いモルタルを剥しとるようになり、表面剥離は生じない。(写真-4)

新しいベニヤの型枠では、脱型時の材令による表面剥離の程度に差は認められないが、表面の光沢等には相当な差があった。

また、剥離剤の効果は認められ、表面剥離を防止するに有効であった。

面の美観が大切な場合には、これらのことにも注意する必要があると思われる。

§6. むすび

以上の実験の結果、人工軽量骨材コンクリートを施工する時、注意すべき点として、次の事項が見出された。

(1) 打設計画

普通コンクリートに比し、Cold joint を生じやすいので、打設計画は、これを作らないことに重点を置かなければならない。Cold joint の生成は、コンクリートの打継時間間隔や、その処理方法により影響をうける。

(2) 調合

普通コンクリートに比し分離を生じやすい。物性上、施工上、許せる範囲でスランプを小さくし、細骨材率を多目とし、またAE剤を使用する。しかし、過大な空気が連行されると、側面などに大きな気泡を残すので、空気量の管理が大切である。

(3) 打込み

コンクリートに水平方向の速度がついたまま型枠中に打込むと、分離によって不良個所を作る傾向が普通コンクリートより大きいので、注意が必要である。

(4) 締固め

(a) パイプレーター

コンクリートをすみずみまで行きわたらせ、鉄筋周囲等を完全に包囲し、また、Cold joint を防止する効果は大きい。しかし、かけすぎると粗骨材の浮上分離を生じやすいこと、および、せき板に接している面の美観を害することがあるので、注意を要する。

(b) つき棒

Cold joint を防止する効果は、パイプレーターに次ぎ

せき板と鉄筋との間に挿入が可能であれば、面の美観上も有効であるが、鉄筋が混み入った所では、不充填部を生じやすく効果は少ない。

(c) たたき

コンクリートをすみずみまで行きわたらせる効果は大きいので、パイプレーターもつき棒も使用できないような個所では、重んずべき締固め方法であるが、せき板に接した表面に大きな気泡を残すので、打放し面等では注意を要する。

(5) その他

表面の状態は、調合、打込み・締固め方法、型枠表面の粗滑度等によって変わるが、さらに、型枠存置期間が長いほど良好な面が得られる。

§7. あとがき

以上の実験結果をもとにして、大井町第一生命本社で使用されるセイライトコンクリート(約9000m³)の施工指針案を作製した。

はたして、軽量コンクリートの施工はこれに従ってやれば十分なのか、あるいは、どういふ点を改良し、また補足しなければならないかは、実際に打設されている所および、打上った面を調査した後、再検討し、次号にその結果を載せるつもりであるが、今回の実験が、実験室規模の模型実験であったこと、時間の都合上、手をつけられなかった点もあるので、さらに検討すべき事項として、次の点が残っている。

・片押し

沈み亀裂等を防止するため、一般に梁下端では、一度打ち止めるべきだとされているが、軽量コンクリートの場合はそうすることにより、この位置にCold joint を作りやすい。打止めをせず片押しで打設した時の弊害と、打止めをして、Cold joint が生じた時の弊害の大きさを比較検討し、その結果によっては、片押しで打設する計画を検討したい。

・ブリーディング

軽量コンクリートでは、ブリーディング水が多いので、この水のために、スラブ表面の仕上げが困難なことがある。また、壁、柱の側面が洗われて、粗な表面を呈することがある。この影響を少なくするような方法を、調合、施工両面から検討したい。

・スクリーニング

今回は、高さの低い型枠に打込んだため、この影響は

それほど大きく現われなかったが、実際の階高に近い型
枠に打込めば、このために、不良箇所を生ずるおそれは

かなり大きくなる。型枠、鉄筋等の影響も合わせ考え、
これの防止方法を検討したい。