

人工軽量骨材コンクリートの施工法に関する研究（その2）

森 永 繁
成 田 一 徳
山 神 文 六
鳥 田 専 右

■ まえがき

筆者らは先に、人工軽量骨材コンクリートの施工法の内、主として、その打ちこみに関する問題について報告した²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。今回は、練りませ、およびカートによる運搬に関する問題を報告する。

以上により、建築用軟練りの人工軽量骨材コンクリートの施工に関する概略の基本的事項は、ほぼ明らかになったと思われるが、なお残る諸問題については、さらに検討していきたい。

また、本稿の内容が、単に人工軽量骨材コンクリートのみならず、それとの対比という形で一般砂利、砂コンクリートをも包含していることは、前の報告と同様である。

§ 1. ミキサーでの練り混ぜ効果

人工軽量コンクリートは骨材が軽量であるため、重力式ミキサーを用いた場合、ミキサーのドラム壁に、材料が塊になったまま付着したり、ミキサーの羽根でかき上げられた材料が落下しても、その慣性が小さいので、下部の材料に貫入して、一緒にまざりにくいとされている。

スランブが小さくなった時はとくにそうで、この時には、重力式ミキサーでは十分でなく、強制かく拌ミキサーを使用しなければならないとする説もある。

また、スランブが非常に大きくなった時は、材料がドラム壁に付着するようなことはあまりないが、こんどは粗骨材のみが、表面に浮上して層をなし、なかなかかく拌されないことも、しばしば経験することである。

人工軽量コンクリートをミキサー中で見た限りでは、確かにこのような印象を受けるが、普通コンクリートと同じように扱っては、やはり弊害があるのだろうか、人工軽量コンクリートの適正な練り混ぜ方法を見出す意味

もかねて、いくつかの条件下で、その混練効果を、普通コンクリートと比較した。

1.1 実験計画

1.1.1 要因と水準：

表一に示す要因と水準を、L₈直交表に割りつけて実験を行なった。スランブは小さいほど練り混ぜにくいと思われたが、ここでは、建築工事で一般に使われている範囲の15cmと21cmを選んだ。

混練時間は、JASS-5では1分以上という規定であるが、軽量コンクリートでは、事情によっては、混練時間を、延長しなければならぬと考えられるので、3分という水準も選んだ。

細骨材率を選んだのは、これが大きいほど、ミキサードラム壁に付着する量が多く、練りませにくいと思われるからである。

要 因	第一水準	第二水準
A. スランブ	A ₁ =15cm	A ₂ =21cm
B. 粗骨材比重	B ₁ =普通	B ₂ =軽量
C. 細骨材率	C ₁ *=+3%	C ₂ *=-3%
D. 混練時間	D ₁ =1分	D ₂ =3分

* 試験練を行ない、適当と思われた値に±3%の補正をした。

表一 実験の要因と水準

1.1.2 使用した材料の性質：

使用した骨材の諸性質は、表二に示す。セメントは、普通ポルトランドセメント（宇部）を、AE剤は、ヴィンゾール（セメント量の0.03%）を用いた。

なお、ミキサーは0.2m³可傾式ポータブルミキサー

(20rpm) を使用した。

	種類	産地	粗粒率	粒大 (mm)	表乾 比重	単位体 積重量 (kg/l)	吸水率 (%)	浮粒率 (%)
粗骨材	メ サ ラ イ ト	—	6.34	<15	1.71	0.933	16.0	1.6
	砂 利	天竜川	6.35	<20	2.64	1.853	3.09	—
細骨材	砂	鬼怒川	2.27	<2.5	2.59	1.645	3.62	—

表一2 使用した骨材の性質

1.1.3 コンクリートの調査：

各条件のコンクリートの所要水量と、標準の細骨材率を定めるため、試し練りを行なった。本実験では、条件に応じ、標準の細骨材率（普通コンクリートでは33%、軽量コンクリートでは40%とした）に土3%の補正をした。練り上がり量は、1バッチ約150ℓとした。

調査はすべてAEコンクリートとした。

1.1.4 練り混ぜ方法：

先ず、試し練りで求めた予定水量の約半量をミキサーに入れ、次いで、セメントと所定の細骨材率になるよう混合した細粗骨材を絶対容積比が1:7となるように計量して（1m³中での各材料の絶対容積をセメント=100ℓ/m³、細骨材+粗骨材=700ℓ/m³と仮定）、同時に投入し、かるく混練した後、残りの全水量を加えスランプを調整した。

要因に選んだ混練時間は、この残りの水量を加え終わってからの時間とした。なお、AE剤はあらかじめ予定水量中に混入しておいた。

1.1.5 試料の採取方法：

練り上がったコンクリートを、ほぼ等量（50ℓ）ずつ、2台のコンクリートカートに移しとった。これを、ミキサーから排出された順序に従い「前」「後」と呼ぶことにする。

「前」「後」のコンクリートから、JIS A-119 改訂案に規定する「モルタルの単位重量の差」、「コンクリート

実験 No.	実験条件				バッチ No.	「前」「後」の コンクリート中 のモルタルの単 位容積重量の差 (%)				強度試験			
	スランプ (cm)	粗骨材 比 重	細骨材率 (%)	混練時間 (分)		「前」「後」の コンクリート中 の単位容積重量 の差 (%)		「前」「後」の コンクリート中 の単位粗骨材材 量の差 (%)		「前」(kg/cm ²)		「後」(kg/cm ²)	
1	15	普	+3	1	1	0.58	2.28	0.63	7.15	219	240	268	361
					2	1.26	0.51	0.13	1.47	242	194	262	255
					3	0.70	0.16	1.51	1.64	213	266	278	262
2	15	普	-3	3	1	1.00	0.45	1.07	1.00	310	308	310	325
					2	0.02	0.23	3.22	0.12	330	331	295	257
					3	1.69	0.71	1.39	0.59	296	298	325	348
3	15	軽	+3	3	1	0.03	0.73	1.46	1.85	168	172	176	177
					2	0.60	0.72	0.90	2.85	228	242	207	254
					3	1.03	0.93	1.49	1.23	178	159	216	234
4	15	軽	-3	1	1	0.24	0.02	0.35	0.61	216	209	205	257
					2	1.40	3.89	1.29	1.62	189	178	216	237
					3	0.24	0.94	1.41	1.04	231	251	264	251
5	21	普	+3	3	1	0.47	1.03	2.09	3.95	248	248	224	217
					2	0.23	0.62	0.64	1.64	255	219	303	296
					3	0.71	0.11	4.19	0.17	301	303	245	293
6	21	普	-3	1	1	1.07	1.13	1.07	1.89	290	289	252	266
					2	0.80	0.75	2.06	2.72	283	300	302	318
					3	0.71	2.49	5.15	4.70	238	242	340	308
7	21	軽	+3	1	1	2.53	0.50	3.45	2.13	127	122	135	144
					2	1.77	1.02	6.01	5.23	131	136	139	154
					3	0.49	0.99	2.07	4.24	147	152	143	135
8	21	軽	-3	3	1	0.49	1.75	5.42	2.61	196	189	205	219
					2	2.40	1.29	4.47	2.76	140	110	159	157
					3	1.81	2.44	5.73	4.61	141	137	176	153

表一3 実験結果

中の単位粗骨材量の差」測定用のテストピースを、各2個ずつ、また、強度試験用のテストピース10φを、各2個ずつ採取した。なお、同一条件のバッチを3度繰り返した。

1.1.6 試験方法：

試験方法は、JIS A-1119 改訂案に準じた。ただし、洗い試験後、粗骨材の体積を算出する際、規定では、表乾状態の試料について求めるようになっているが、今回は、絶乾重量を絶乾比重で割って求めた。こうしたのは表面水を拭き去って、表乾状態の骨材を得る作業が困難であるばかりでなく、軽量骨材の場合は、骨材割れ目に入りこんだ水の処置がむずかしいので、不正確な結果となる可能性があったからである。強度試験は、材令28日で行なった。

1.2 実験結果

実験結果は、表-3 に示した。JIS で規定した「前」「後」のコンクリート中の、百分率で表わしたモルタルの単位容積重量差、単位粗骨材量差の結果については、各要因ごとに分散分析を行ない、表-4の結果を得た。

有意と出た要因について結果を図-1~4に示した。強度試験の結果については、同一バッチからとった、

要因	モルタルの単位容積重量差				単位粗骨材量差			
	df	ss	ms	F	df	ss	ms	F
A. スランプ	1	126	126	3.82	1	3536	3536	22.9**
B. 比重	1	126	126	3.82	1	1474	1474	9.58**
A×B	1	225	225	6.82*	1	752	752	4.88*
C. 細骨材率	1	23	23		1	11	11	
A×C	1	74	74	2.24	1	40	40	
A×D	1	11	11		1	2	2	
D. 混練時間	1	0	0		1	10	10	
e ₂	40	1368	34		40	6701	167	
プール e	43	1402	33		44	6764	154	

表-4 JISによるモルタルの単位容積重量差と、単位粗骨材量差の分散分析

「前」「後」のコンクリート供試体各2個ずつの強度の平均値を求め、その前後の差の絶対値を、練り混ぜの均一性を示す特性値と考え、各要因ごとに分散分析を行なった。(表-5)

要因効果では、粗骨材の比重のみが、危険率1%で有意であった。(図-5)

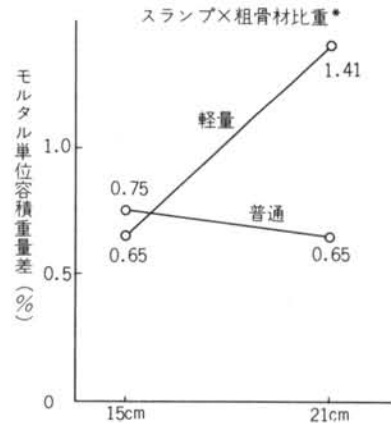


図-1 スランプ、粗骨材比重とモルタル単位容積重量差との関係

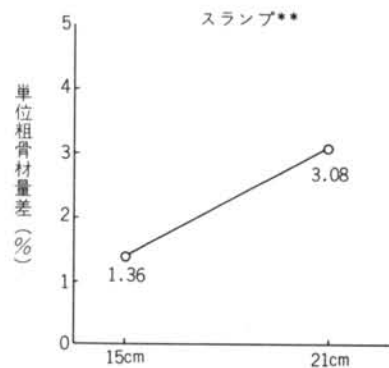


図-2 スランプと単位粗骨材量差との関係

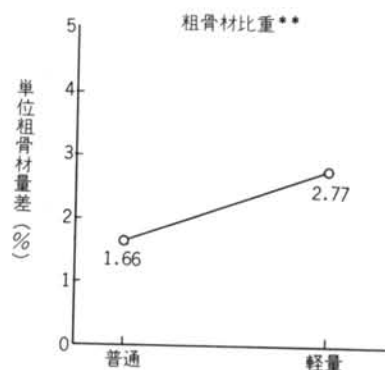


図-3 粗骨材比重と単位粗骨材量差との関係

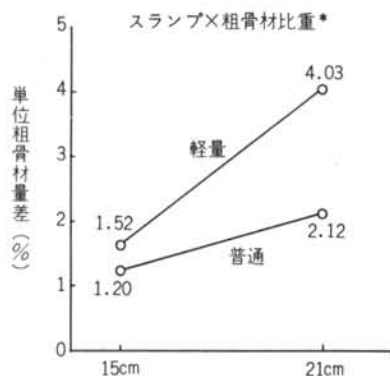


図-4 スランプ、粗骨材比重と単位粗骨材量差との関係

要因	df	ss	ms	F
A. スランプ	1	8	8	
B. 比重	1	1803	1803	7.98**
A×B	1	204	204	
C. 細骨材率	1	241	241	
A×C	1	20	20	
A×D	1	216	216	
D. 混練時間	1	4	4	
e ₂	16	4273	267	
プール e	22	4996	226	

表-5 「前」「後」のコンクリートの強度差の分散分析

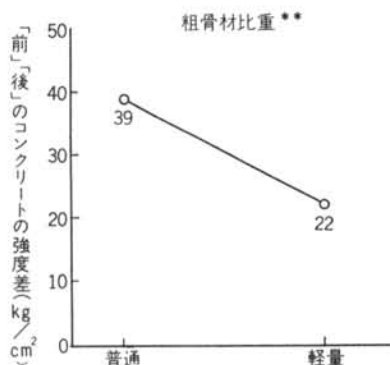


図-5 粗骨材比重と「前」「後」のコンクリートの強度差の関係

1.3 実験結果の検討

1.3.1 ミキサーで練り混ぜ中の問題(材料のミキサー壁への付着等):

この点に関しては少なくとも、建築で使用される、スランプ 15cm 以上ぐらいの軟いコンクリートに関しては心配ないと思われた。予定の水量を全部投入後、20~30秒間は、ある程度、ミキサー壁に付着した材料の塊が認められたが、混練時間を延長するに従って、この塊も次第に、他の材料と混り合って行き、60秒後には、付着した材料は完全といって良いほどなくなった。

スランプが、この程度であれば、材料付着の性状に関し人工軽量骨材、天然河川産骨材間の差異も認められなかった。もっとも、これは、材料の投入順序、ミキサーの形状等にある程度、関係すると思われる。本実験では、初めに、予定水量の約半量をあらかじめミキサー中に入れておき、その後、他の固体材料を同時に投入する方法をとったが、このあらかじめ半量を入れておくことが材料の付着を防止するに、ある程度、役立ったのではないと思われた。

慣性が小さいため、ミキサーの羽根でかき上げられた材料が落下点の下部の材料に貫入しにくい、という現象は認められなかったし、その程度について、普通骨材との差も認められなかった。

1.3.2 単位粗骨材量差:

「前」「後」のコンクリート中の単位粗骨材量の大小関係を、粗骨材比重、スランプ別に比較すると、図-6のようになる。

この図から分かるように、人工軽量コンクリートでは「前」のコンクリート中の単位粗骨材量は「後」のコンクリート中の単位粗骨材量より大きくなっている。

この傾向は、コンクリートが軟くなるほどいちじるしく、スランプ21cmでは、全12パッチ中総て「前」>「後」で、例外はない。

普通コンクリートでは、逆に「前」<「後」となり、コンクリートが軟くなると、この傾向がいちじるしくなるのは、同様であるが、人工軽量コンクリートと比較した場合、その程度は、軽減されている。

モルタル部分と、粗骨材の比重の大小関係からいって人工軽量コンクリートの場合は、粗骨材のみが浮上分離して表面に層をなし、普通コンクリートの場合は、逆にモルタルのみが表面に目立つ傾向は、ミキサー中で練りまぜられている時から、既に認められる傾向であるが、排出後においても、前述のように、「前」のカート中のコンクリートの単位粗骨材量が、「後」のカート中のコンクリートの単位粗骨材量より大きい(普通コンクリート)

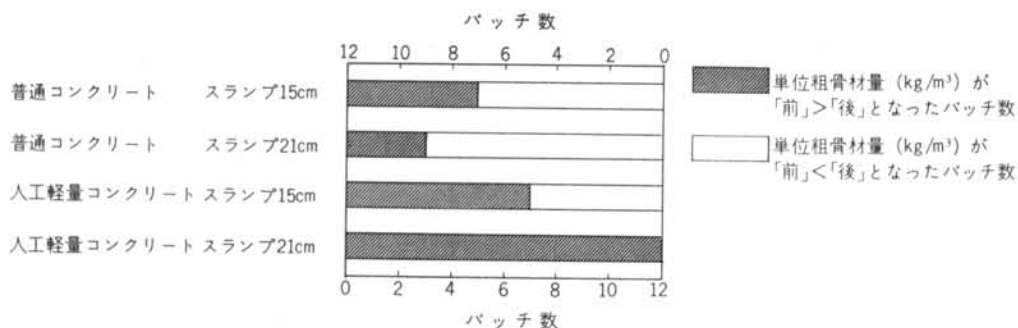


図-6 「前」「後」のコンクリート中の単位粗骨材量の大小関係

トでは逆)ということ、ミキサー中で、上部にあった材料は、「前」のカートに、ミキサー中で下部にあった材料は、「後」のカートに、そのままの順序で排出され、排出時に、ミキサー中の上下部の材料が、上下反転することがないことを示していると思われる。それ故、人工軽量コンクリートのスランプの大きい場合で、ミキサー中で既に分離しているのが認められるコンクリートは、その弊害を弊害として現わさないためには、排出後の取扱いに、何らかの特別な注意が必要であるように思われた。

JISで規定する百分率で表わした「前」「後」のコンクリートの単位粗骨材量の差に影響をおよぼす要因効果を分散分析した結果も以下のようにになっており、練り混ぜ中に認められた視覚的、経験的事実と一致する。

- スランプが大きくなると大きくなる。(1%で有意)
- 粗骨材比重が小さくなると大きくなる。(1%で有意)
- スランプ 15cm 程度では粗骨材比重により差は現われないが、スランプが 21cm 程度になると、軽量コンクリートの場合、急に大きくなる。(5%で有意)

混練時間は要因効果としては、認められなかったが、

これは、水準を1分、3分と取ったためだと考えられ、30秒程度の水準を選んでいたら差が現われただろうと思われる。JASS-5では、ミキサーの混練時間は1分以上となっており、この時間が実際に守られれば、軽量コンクリートでも差しつかえないが、30秒程度では、視覚的にもまだ全体が均質になっていないので、短すぎる練り混ぜ時間には注意を要すると思われる。

ただし、要求される最小混練時間は、ミキサーへの材料の投入順序、方法によりかなり変化すると思われる。

1.3.3 モルタルの単位容積重量差：

「前」「後」のコンクリート中のモルタルの単位体積重量 (kg/l) の大小関係を、粗骨材比重、スランプ別に比較すると図-7のようになる。

この図から分かるように、「前」のコンクリート中のモルタルの単位容積重量は「後」のコンクリート中のモルタルの単位容積重量より小さい。モルタルの単位容積重量に変動を与える要素は、種々考えられるが、この場合は、「前」のコンクリート中のモルタルの W/C が大きくなっていることが一原因だと思われる。このことは、次に述べるように、「前」コンクリートの強度が「後」コンクリートの強度より小さくなっていることからもうかがわれる。分散分析の結果、JIS に規定する百分率で表わしたモルタルの単位容積重量の「前」「後」の差に

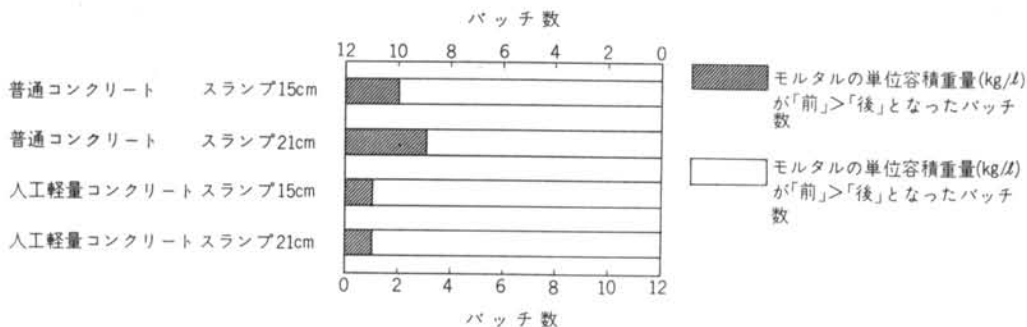


図-7 「前」「後」のコンクリート中のモルタルの単位容積重量の大小関係

影響をおよぼす要因効果は、スランプと粗骨材比重の交互作用のみが、危険率5%で、有意差が現われ、スランプの大きい軽量コンクリートの場合には、この差が大きくなることを示している。

1.3.4 強度差：

「前」「後」のコンクリート強度を粗骨材比重、スランプ別に比較すると、図-8のようになる。

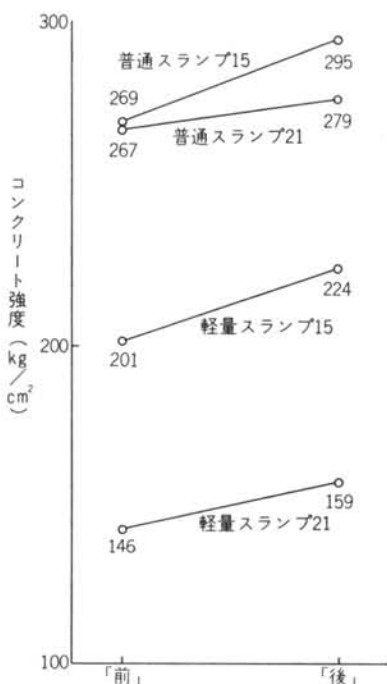


図-8 「前」「後」のコンクリート強度の比較

この図から分かるように、「前」のコンクリート強度は、「後」のコンクリート強度より低く現われている。

これは 1.3.3 でも述べたように、「前」のコンクリートのモルタルの W/C が大きいことが一原因だと考えられる。

この差は、軽量コンクリートで18kg/cm²、普通コンクリートで19kg/cm²で、実用上問題になる値とは考えられないが、各々の平均強度に対する割合は、軽量コンクリートの方が、幾分大きな値となっている。

§2. コンクリートカートで運搬中の材料の分離について

コンクリートをタワーで所定の高さまで揚げ、フロアホッパーで受け、さらにコンクリートカートで打設箇所まで運搬する方法は、今日でもなお使用されている一般的なやり方であるが、モルタルとの比重の大小関係で、粗骨材の沈降、または浮上分離、さらに浮き水が生ずるおそれがある。

粗骨材の比重と、モルタルの比重の大小を比較してみると、普通コンクリート中で、砂利が沈降しようとする傾向より、軽量コンクリート中で、軽量骨材が浮上しようとする傾向の方が大きいことがうかがわれる。

比重のみならず、この様な傾向は、粗骨材粒型にもより、造粒型のほとんど球に近いものでは、比表面積が小さいため浮上に抵抗する力も小さく、分離しやすいともいわれている¹⁾。

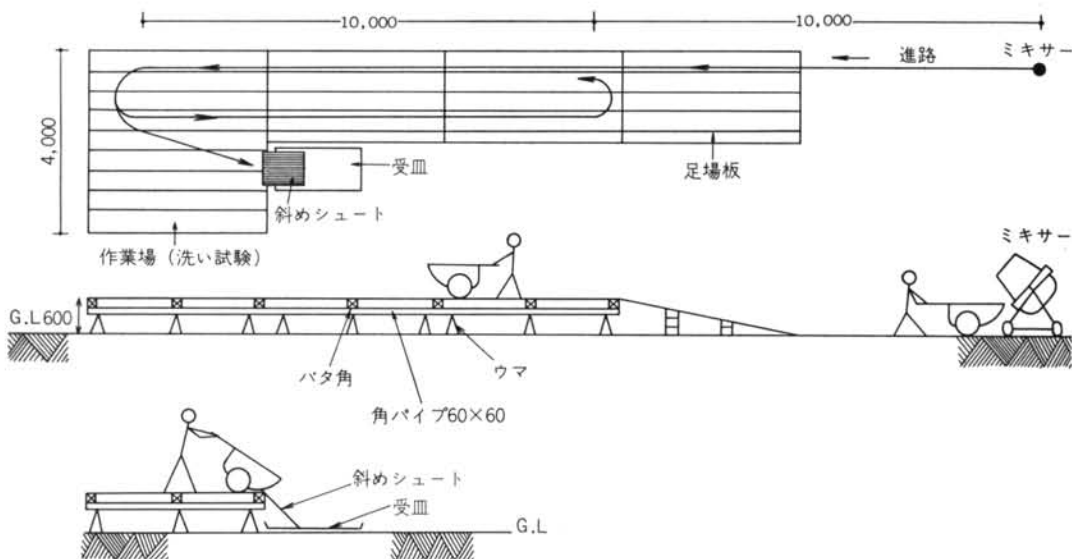


図-9 足場略図

このように運搬中に分離する傾向が普通コンクリートより大きくなる可能性は多分にある。

一般にコンクリートの運搬距離に関しては、JASS-5中に、「60m以下とする」規定があるが、この限度がどういう意義を持つものかを、はっきり裏付ける資料は少ないようである。

この点をさらに検討し、なお、普通コンクリート、軽量コンクリートの分離性状を比較し、とり扱い上の注意点を明らかにするため、以下の実験を行なった。

2.1 実験方法

コンクリートをカートに入れ、カート足場を一定距離走らせた後、カート中のコンクリートのかく乱されない試料をとり、洗い試験によりカート内の上、下コンクリート間の細骨材料率の差を求め、この差を分離の程度を表わす特性値とした。また要所に強度試験も行なった。

2.1.1 カート足場：

図-9に示すカート足場を、地上に架設した。

材料、寸法、架設方法などは、実際に使用されるものになった。運搬距離が、足場の長さを越える時は、足場端部で方向転換し、所要の回数だけ往復する方法をとった。

また、カートから排出した時のコンクリートの分離性状を調べるため、足場端部に短い斜めシュートを設け、下においた受皿に流下できるようにした。

2.1.2 不かく乱試料のとり方：

不かく乱試料をとる時は、図-10に示す道具を使用した。底板は、径22cm、厚さ3mmの鉄板に、9mm筋の取手を取りつけたもの。ケーシングはブリキ板で作った底のない円筒形の鞘である。

まず、あらかじめ底板をコンクリートカート内にお

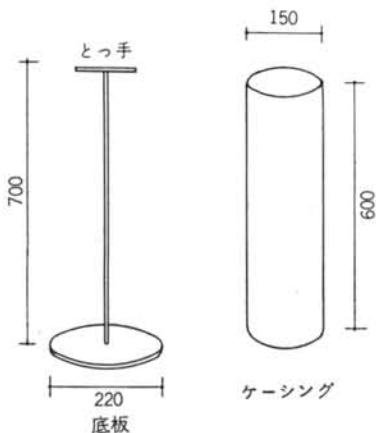


図-10 不かく乱試料をとる道具

き、コンクリートを入れ、所定の距離を走らせた後、底板の芯と一致するように、ケーシングを徐々に回転させながら底板に達するまで圧入した。

その後、取手により、ケーシングを一緒にコンクリート中から引き上げ試料とした。

中のコンクリートを上下に分ける時は、ケーシングをひき上げて底板との間に、3cmほどの隙間を作り、この隙間からコンクリートを少しずつ掻き出した。

掻き出した量がケーシング中のコンクリートの約半量に達した時、これを下部のコンクリート、残りを上部のコンクリートの試料とした。

2.1.3 使用した材料の性質：

使用した材料は、§1.で使用したものと、同一である。(1.1.2参照)

2.2 実験計画と結果

実験は2回に分けて行なった。ひとつは運搬中の分離に影響をおよぼす要因を見出すことを主眼としたもの、他は、分離の程度が距離によりどう変わるかに主眼をおいたものである。

2.2.1 運搬中の分離に影響をおよぼす要因：

A. 要因と水準

表-6に示した要因と水準を選び、実験は三元配置法にしたが行なった。A E剤を要因に選んだのは、A Eコンクリートは打込み中、分離しにくいといわれているが、A E剤が今回対象としているような、浮上、沈降の分離にも有効か否かを検討するためである。

要 因	第一水準	第二水準
A. ス ラ ン プ	A ₁ =15cm	A ₂ =21cm
B. 粗 骨 材 比 重	B ₁ =普通	B ₂ =軽量
C. A E 剤	C ₁ =有	C ₂ =無

表-6 要因と水準

この場合、運搬距離は60mで一定とした。

B. コンクリートの調査

各条件のコンクリートの調査は、試し練りを行なって定めた。細骨材率は、普通、軽量両コンクリートとも、同程度の粗々しさを持たせるように選び、練りませ方法は(1.1.4)に準じた。1バッチのコンクリートの量は約300ℓとした。

C. 試料

練り上がったコンクリートを2台のコンクリートカー

トに移しとり、60m運搬した。

一方のコンクリートカートにはあらかじめ底板を2枚セットしておき、2組の不かく乱試料をとり、上下コンクリート間の細骨材率の差を求めた。

他方のコンクリートカート中のコンクリートは、上下コンクリート間の強度差を検討するために使用し、10φ

シリンダーの供試体各2本ずつを採取した。強度試験は標準養生後の材令28日の供試体について行なった。

D. 実験結果

i) 細骨材率の上下の差

上下コンクリート中の細骨材率は、表-7に示す結果となった。

粗骨材		普通								軽量							
		15cm				21cm				15cm				21cm			
スランプ		あり		なし		あり		なし		あり		なし		あり		なし	
A E 剤		あり		なし		あり		なし		あり		なし		あり		なし	
試料 No.		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
細骨材率%	上	38.4	39.3	34.8	33.8	35.9	35.7	34.1	36.3	33.4	35.0	30.7	29.4	33.0	33.6	30.1	29.8
	下	36.4	37.4	33.6	32.9	35.4	35.4	34.2	35.8	34.0	38.1	34.9	35.6	32.6	36.0	33.3	36.3
	(上-下)	2.0	1.9	1.2	0.9	0.5	0.3	-0.1	0.5	-0.6	-3.1	-4.2	-6.2	0.4	-2.4	-3.2	-6.5

表-7 コンクリートの上下の細骨材率

運搬後、粗骨材の浮上・沈降の結果、上下コンクリート中の細骨材率は、普通コンクリートでは「上」>「下」、軽量コンクリートでは「上」<「下」となる傾向にある。

この細骨材率の差の絶対値を、要因ごとに分散分析した結果は表-8のようになる。有意と出た要因のみについて図示すると、図-11, 12, 13となり、粗骨材比重、A E 剤の効果が、それぞれ、1%, 5%, また、粗骨材比重とA E 剤との交互作用が、1%の危険率で有意差が

要因	ss	df	ms	F
A. (粗骨材比重)	23.04	1	23.04	17.31**
B. (スランプ)	2.40	1	2.40	
C. (A E)	8.41	1	8.41	6.32*
A × B	0.56	1	0.56	
A × C	15.21	1	15.21	11.42**
B × C	0.19	1	0.19	
e	12.86	9	1.43	
ST	62.25			
プール e	16.01	12	1.33	

表-8 細骨材率差(絶対値)の分散分析

認められた。

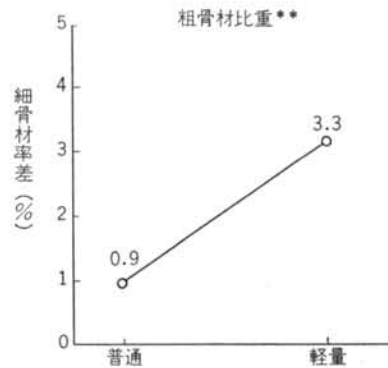


図-11 粗骨材比重と細骨材率差の関係

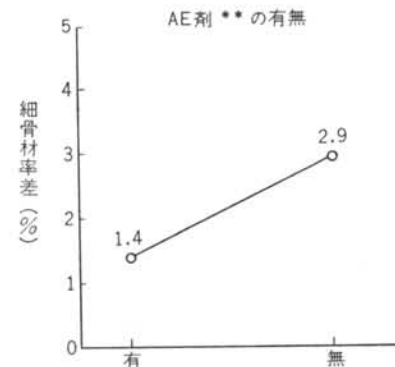


図-12 A E 剤と細骨材率差の関係

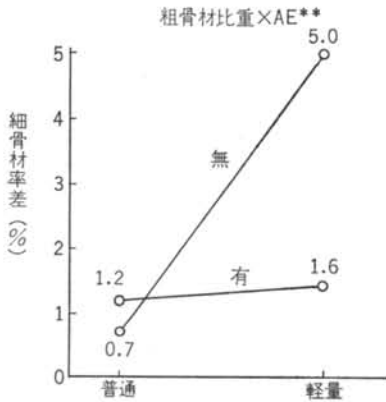


図-13 粗骨材比重、AE剤と細骨材率差との関係

ii) 上下の強度差

強度試験の結果は、表-9に示す。強度差の絶対値について、要因ごとに分散分析を行なったが、有意差ほどの要因についても、見出されなかった。

粗骨材		普通				軽量			
スランプ		15cm		21cm		15cm		21cm	
AE剤		あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
強度	上	325	371	295	324	284	322	283	299
	下	314	352	278	339	325	303	214	325
(kg/cm ²) (下-上)		-11	-19	-17	15	41	-19	-69	26

表-9 コンクリートの上下の強度

2.2.2 運搬距離と分離度との関係:

A. 要因と水準

運搬距離の水準は、JASS-5に規定している60mと20mおよび120mの3水準を選んだ。

調合上の要因水準は、実際に使用される可能性のあるものとし、表-10に示す6つのパッチを選んだ。

No.	粗骨材	スランプ	AE剤	運搬距離		
				20m	60m	120m
1	軽量	15cm	あり	20m	60m	120m
2	〃	21〃	あり	〃	〃	〃
3	普通	15〃	あり	〃	〃	〃
4	〃	21〃	あり	〃	〃	〃
5	〃	21〃	なし	〃	〃	〃
6	〃	23〃	あり	〃	〃	〃

表-10 要因と水準

B. コンクリートの調合

各条件のコンクリートの調合、練りませ1パッチのボリュームは 2.2.1, B. に準じた。

C. 試料

練り上がったコンクリートを2台のコンクリートに移しとり、所定の距離を運搬した。一方のカート中のコンクリートに対しては、2.1.2と同様、上下の細骨材率の差を求めた。

他方のカート中のコンクリートは、上下に分離したコンクリートが、排出時にどの程度かく乱されるかを検討するため、短い斜めシュートを通して、下の受皿中に排出し、排出方向に向って、前後に2分した。

各部から、圧縮強度試験用供試体各2本(10φ シリンダー)および、上下の細骨材率の差を求めたと同様、前後のコンクリート中の細骨材率の差を求めるための試料、各2個を採取した。

D. 実験結果

i) 細骨材率のカート中の上下の差

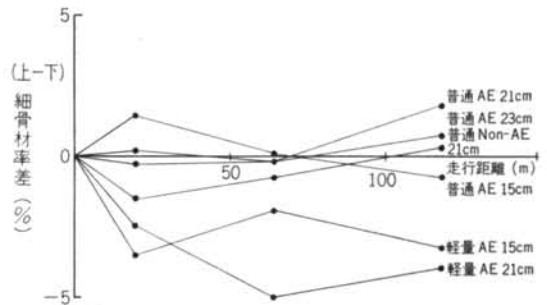
ii) 細骨材率の排出後の前後の差

iii) 強度の排出後の前後の差

以上3項目の結果を表-11に一括して示した。細骨材率の上下の差と、運搬距離との関係は、図-14に示した。

コンクリートカート中で既に上下分離を生じているコンクリートは、排出した後もやはり分離したままであるか、あるいは、排出時にかく乱されて、再び均質になるか否かを検討するため、カート中での上下の細骨材率の差と、排出後の前後の細骨材率の差の間の相関係数を求めたが、 $r = -0.08$ で、ほとんど零に近く、両者に相関関係のないことを示している。

上下の細骨材率の差と、前後のコンクリート強度の間関係についても、同様に相関関係を求めたが、 $r = -0.04$ となり、やはり相関関係は認められなかった。



各点は2回の試験の平均を示す。

図-14 運搬距離と分離度との関係

実験条件			上下の細骨材率の差						前後の細骨材率の差						前後の強度差										
粗骨材	スランプ	A E 剤	距離	20m		60m		120m		距離	20m		60m		120m		距離	20m		60m		120m			
				上	下	上	下	上	下		前	後	前	後	前	後		前	後	前	後	前	後	前	後
1	軽量	あり	15	あり	上	30.9	30.3	33.1	35.0	31.2	33.8	前	32.8	32.8	32.4	34.1	33.8	34.5	前	263	236	230	269	246	260
					下	34.8	34.2	36.8	35.1	36.2	35.5	後	33.7	32.2	32.1	31.6	33.8	32.8	後	287	246	250	265	255	247
					差	-3.9	-2.9	-3.7	-0.1	-5.0	-1.7	差	-0.1	+1.4	+0.8	差	17	8	-2						
2	軽量	あり	21	あり	上	32.4	30.8	30.3	30.8	33.2	32.9	前	31.1	32.9	33.4	31.3	32.5	33.9	前	154	107	116	126	144	155
					下	33.6	34.6	37.0	34.1	37.6	36.6	後	31.9	31.1	33.2	33.2	33.2	33.5	後	158	105	101	115	168	143
					差	-1.2	-3.8	-6.7	-3.8	-4.4	-3.7	差	+0.5	-0.8	-0.1	差	1	-13	6						
3	普通	あり	15	あり	上	40.0	39.0	37.3	37.6	35.3	36.6	前	34.1	33.9	38.9	38.8	38.4	36.4	前	242	230	275	290	326	343
					下	38.9	38.0	38.0	36.7	36.8	36.8	後	34.1	34.1	37.9	38.7	36.8	37.4	後	236	242	293	284	370	345
					差	+1.1	+1.8	-0.7	+0.9	-1.5	-0.2	差	-0.1	+0.5	+0.3	差	3	6	23						
4	普通	あり	21	あり	上	35.4	36.2	31.6	31.9	36.5	35.2	前	32.2	32.5	31.2	31.5	35.6	34.5	前	236	227	245	255	235	267
					下	35.8	35.3	32.2	31.7	33.6	34.6	後	32.4	32.5	32.8	29.8	33.1	33.1	後	231	262	240	255	231	242
					差	-0.4	+0.9	-0.6	+0.2	+2.9	+0.6	差	-0.1	0.0	+1.9	差	15	-2	-14						
5	普通	なし	21	なし	上	31.1	31.4	30.9	32.6	31.3	31.0	前	32.7	32.7	34.0	33.1	34.1	33.7	前	241	158**	290	300	321	312
					下	33.4	32.1	33.6	31.6	29.9	31.6	後	32.6	32.6	32.3	32.8	29.7	30.3	後	277	280	276	275	301	381
					差	-2.3	-0.7	-2.7	+1.0	+1.4	-0.6	差	+0.1	+1.0	+3.9	差	37	-19	-16						
6	普通	あり	23	あり	上	30.0	31.2	33.3	32.6	32.7	31.4	前	32.0	32.0	32.8	33.7	32.5	33.0	前	219	212	224	232	252	257
					下	29.8	32.1	35.2	31.5	31.5	30.9	後	32.0	32.0	30.9	31.9	32.4	31.5	後	184	243	232	245	218	283
					差	+0.2	-0.9	-1.9	+1.5	+1.2	+0.5	差	0.0	+1.8	+0.8	差	-4	11	-2						

表-11 実験結果

2.3 実験結果の検討

2.3.1 分離（沈降，浮上）に影響する要因：

A. 運搬することにより，普通，軽量，両コンクリートとも，それぞれ粗骨材の沈降，浮上分離を生ずるが，この傾向は，軽量コンクリートの方が大きい。

B. モルタルの粘性の大きさを考えると，スランプの大きい方が分離しやすいと思われたが，この傾向は，普通コンクリート，軽量コンクリート，いずれについてもはっきりした差は，認められなかった。

C. A E 剤は，打設中のとり扱い時の分離を防止するだけでなく，運搬中の粗骨材の沈降，浮上等，上下方向の分離を防止するにも有効なことが分かった。

A E 剤の効果は，とくに，軽量コンクリートにおいていちじるしく，A E 剤を使用することにより，軽量コンクリートの分離度を，普通コンクリートの分離度と同程度に押えることのできた例もあった。

2.3.2 運搬距離と分離度との関係：

普通コンクリートについては，運搬距離と分離度との間に明白な関係は見出されなかった。運搬距離が大きになると，幾分，分離度も大になる様な傾向にあるが，その程度は軽微で，120mほど走らせても，上下の細骨材率に，1%程度の差しか現われず，問題になるほどとは思われない。

軽量コンクリートでは，運搬距離20mぐらいまでは，分離が急激に進行するが，以後の変化はゆるやかで，120mほどまで運搬しても，それ以上の変化はあまりないようである。

2.3.3 上下分離を生じた時の弊害：

A. コンクリートはカートで運搬することにより，上下分離を生ずるものの，これは上下のコンクリート間に有意な強度差を生ぜしめるほど，重大な問題ではない。

B. また，ワーカビリティも生コンクリートの重要

な性質であるが、実験で認められた範囲では、上下分離を生じて、施工にさしつかえるほどのワーカビリティの変化は全く認められない。

ただし、運搬距離が長く、そのため、時間も長くなるような時は、運搬後かなりの浮上水が認められ、この傾向は、軽量コンクリートにおいていちじるしかった。

それ故、運搬距離は短くても、段取り変え等で、排出までにある程度待ち時間がある様な時には、注意すべき問題となるかも知れない。

C. たとえコンクリートカート中で上下の分離を生じていても、排出時にかく乱されて、上下分離の影響は打ち消される。上下分離したコンクリートを、斜めシュート等を使って流下させると、分離の程度がさらに加算されると思われたが、今回使用した程度の短い(≒1m)シュートでは、この効果は認められなかった。

上下の分離度と、排出後のコンクリート各部の強度差との間の相関関係も見出されなかった。(このことは、排出前のコンクリートにも、上下の強度差が認められないことから、当然と思われる。)

§ 3. む す び

3.1 練り混ぜ

人工軽量骨材コンクリートと、普通コンクリートとの練り混ぜやすさを比較した結果、スランブ 15cm 程度のコンクリートでは、両者にほとんど差は認められなかった。しかし、スランブ 21cm 程度の軟かさになると、ミキサーで混練中でさえも、比重の関係で、普通コンクリートでは粗骨材が下部に沈み、軽量コンクリートでは、粗骨材が上部に浮上分離している。この傾向は、軽量コンクリートにおいて、よりいちじるしい。

また、ミキサー中で、上部にあったコンクリートは、「前」のカートに下部にあったコンクリートは「後」のカートに、そのままの順序で排出させるため、軽量コンクリートのスランブの大きいコンクリートでは、ミキサーから先に排出されるカート中のコンクリートは、単位粗骨材量が大きい粗なコンクリートになっていることもあるので、ミキサーから、コンクリートカートに受けて直接打ちこむような場合には、ミキサーからの排出時に、集まった粗骨材を分散させる何らかの手段が必要であるように思われた。

ミキサー中で分離を生ずるのは、粗骨材のみでなく、モルタル部分にも、ミキサー各部により品質の差が認められ、ミキサー上部には W/C の大きい単位容積重量の

小さいモルタルが集まっている。このため、ミキサーから先に排出されるコンクリートは、後から排出されるコンクリートより低強度となっている。

スランブの大きい軽量コンクリートの場合、粗骨材が表面に浮上して層をなし混りにくいのは、表層のモルタルが W/C の大きい、粘性の小さいものとなっているのも一原因かと思われた。

混練時間を1分から3分に延長しても、品質の改善は認められなかった。1分間練れば、ミキサー壁に付着した材料もほとんど剥離し、全体と混ざり、軽量コンクリートでも1分で十分だと思われた。

材料の付着を防止するという意味では、少なくとも今回の実験で使用した程度の軟かいコンクリートは、軽量コンクリートであっても敢えて強制かく拌式ミキサーを使用する必要はなく、重力式ミキサーで十分と思われる。

混練が十分でない場合にどのような弊害が生ずるかという点に関しては、今回は、強度のばらつきのみしか検討しなかったが、「前」「後」のコンクリートに強度差が現われるというものの、その差はわずかで(軽量コンクリートでは、 18kg/cm^2 、普通コンクリートでは、 19kg/cm^2)、問題になるほどとは思われない。

しかしこれは、十分に締固められたテストピースについての強度差である。軽量コンクリートでスランブの大きい時は、粗骨材が多く集まった部分が生ずるおそれがあり、この部分は締固め自体が困難であるので、締固めの行ないやすい粗骨材の少ない他の部分との強度差は、さらに大きくなることも予想されるので、このようなコンクリートを扱う時は、練り混ぜ、排出時のみでなく、その後の取り扱いにも注意が必要である。

3.2 運搬

A. コンクリートをカートで運搬すれば、普通コンクリートでは粗骨材が沈降し、軽量コンクリートでは、粗骨材が浮上分離する。この分離は、軽量コンクリートの方がいちじるしいが、A E 剤を使用することにより、相当防止することができる。

B. 運搬距離と分離度の関係は、普通コンクリートと軽量コンクリートではかなり異なる。普通コンクリートでは、運搬距離に比例して徐々に分離が進行するが、軽量コンクリートでは、初めの20mぐらいに急激に進行し後はゆるやかである。

C. 上下分離したコンクリートも、上下のコンクリート間に有意な強度差は認められない。

D. 実際に問題になるのはカートから排出した後でのコンクリート各部の品質のばらつきであるが、実験結果

は、上下分離したコンクリートも排出時にかく乱され、ある程度均質になることを示している。

以上の結果、カートで運搬することにより、分離を生ずることは確かであるが、そのための弊害は、相当長距離運搬しても（120m）、施工上も強度上も、これといったものは認められず、JASS-5 で規定する「運搬距離、60m以下」の制限の理由を裏づけるような資料も今回は得られなかった。

それ故、軽量コンクリートを使用する時も、コンクリートカートの運搬距離に、そうこだわる必要はないと思われるが、運搬距離は短くても、カート内にコンクリートを入れたまま長時間放置するような時は、普通コンクリートに比し、より多く浮上水を生ずることがあるので、程度が激しい時は、この水の処理を考慮する必要があると思われる。

<参考文献>

- 1) 白山和久：“人工軽量骨材の性質” コンクリートジャーナル，vol.4，No.12（'66 12月）
- 2) 鳥田，森永，成田：“人工軽量コンクリートの施工法に関する研究” 材料，vol.15，No.157（Oct—1966）
- 3) 鳥田：“人工軽量骨材コンクリートの練り混ぜ，運搬，打ち込み，締固め” コンクリートジャーナル，vol.5，No.3（Mar—1967）
- 4) 森永，成田，鳥田：“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）” 清水建設研究所報，vol.8，（1966.10）p. 1～14
- 5) 鳥田，森永，成田：“人工軽量コンクリートの施工法に関する研究” 日本建築学会関東支部学術研究発表会梗概集，第37回第2部（昭和41年）