

P C 用軽量高強度コンクリートの施工上の問題点

高 橋 克 男*
菅 原 操**

1. はしがき

橋梁の-spanは、今後ますます長大化を要求されるが P C 橋の-spanを経済的に拡大するための一つの障害はコンクリートの自重の大きいことであり、その軽量化が当面の問題となっている。

その目的のためには、従来用いられてきた $\sigma_{28}=500$ kg/cm²、比重 2.5 程度のコンクリートでは不十分であって、 σ_{28} を 700 kg/cm² 程度に上昇させるか、また比重を 2 以下程度に下げることが一つの目標である。

いずれにしても、軽量または超硬練りのコンクリートを用いることになる。そのためこの種のコンクリートの品質、材料、配合、混合、運搬、打込み、養生、この種のコンクリートを用いた P C 桁の性状など、研究すべき問題が多く、また混合設備、締固めの設備などについても在来のものを大幅に改良しなければならない。

2. 軽量骨材とその使用上の問題点

コンクリートの比重を減少させるためには、まずその材料の軽量化を考えなければならない。コンクリートは結合材と填充材とより組成されているが、結合材としてのセメントは、現在の無機結合のものであるかぎり、その重量を大きく変えることは困難である。これらをプラスチックのような有機結合体のものとすれば、いちじるしく軽量、高強度をうることができるが、それでは本質的に従来のコンクリートとは別のものとなり、価格がいちじるしく高くなって、おのずとその適用範囲は、特殊なものだけに制限されることになる。したがってコンクリートの材料面での軽量化としては、填充材すなわち骨材の軽量化のみが採りあげられるのである。もちろん構造物として軽量化をはかるために、断面に空洞を設けるなどの設計上の考慮もあるが、このような設計の構造物についても、コンクリートの施工上の問題としては普通の構造物におけるものと本質的には変りがないであろう。また発泡作用によりコンクリートを軽量化させることもできるが、強度を大きく低下させないという前提のもとでは大きな軽量化は望めない。

以上のようなことから、コンクリートの軽量化として一般に骨材の軽量化が主眼となるのである。

従来用いられていた軽量コンクリートは、火山の噴出物を骨材として用いるものが多かったが、これらはとくに大きい強度を必要としないものであった。しかし重要な構造材料、とくに P C げたに軽量コンクリートを使用すると、その骨材も軽量で相当の強度を有するものでなければならない。その目的で近年、数種の人造骨材が製造されはじめている。すなわち、膨脹性頁岩、粘土塊、フライアッシュ塊などを焼成した骨材がそれである。

これら人造骨材は普通にくらべて一般に内部気泡が多く比重および強度が小さく、また従来の火山噴出物にくらべればその表面はやや平滑であるが、なお普通骨材とくらべれば粗面をなしており、かつ吸水量が大きい。これらのことから、軽量骨材、およびこの骨材を使用したコンクリートの性質については各種の研究問題点が存在するのである。

これらの多くの問題を検討するために東大、東大生産技研、都立大、東北大、電力中央研究所、国鉄などの研究者により、土木学会に研究班が設けられ、協同して、その問題点の解決に当たっているのである。筆者らはその一員として、とくに施工上の問題として、コンシステンシーの測定、練り混ぜ、打込み締固め、などの研究を担当したのでこれらの諸問題についての研究結果について述べることにする。

3. 目標とする配合の決定

まず、どの程度の比重と強度の組合せの配合の軽量コンクリートについて研究すべきかを定めるために、第一段階として、span 4.0 m および 60 m の 2 種の P C 桁を対象として、コンクリートの強度 $\sigma_{28}=300, 500, 700$ kg/cm²、比重=1.6, 1.9, 2.5 の各種のものを組合わせて、比較設計を行なった。その結果は表-1 のとおりである。

表-1 は架設工事費はそれぞれのspanについて同一として計算したもので、この表によると、全体的にどの場合にも橋梁 1 m 当りの単価はほとんど同程度であるといえる。

このことは、軽量にすることによるコンクリート 1 m³ 当りの単価の値上りと、P C 鋼材の減少量が、ほとんど見合うものであることを示している。しかし、軽量コンクリートを用いることによって桁自重を大幅に減ずるこ

* 国鉄東京工務局 次長

** 国鉄本社建設局 技師

表一 各種配合による上部構造の工事費の比較と最大スパン

強度と比重	スパン	スパン 39.8 m (移動架設)	スパン 62.4 m (場所打)	移動架設の最大 スパン (m)*	備 考
$\sigma_{28}=300 \text{ kg/cm}^2$	$\gamma=1.6$	28.4 万円/m	42.9 万円/m	47.3	コンクリートの単価 3 000 円/m ³ 増
"=400 "	"=1.9	27.0 "	41.5 "	45.1	" 2 000 円/m ³ 増
"=400 "	"=2.5	27.0 "	42.4 "	—	—
"=500 "	"=2.5	27.2 "	41.4 "	39.5	—
"=600 "	"=2.5	27.1 "	41.6 "	$\sigma_{28}=700$ 41.5	コンクリートの単価 1 000 円/m ³ 増

注：1本のけたの重量を 100 t 以下におさえた場合を示す。

とができ、その結果、架設費は実際には相当安くなり、また下部構造の工事費が大幅に節約できることになる。

つぎに、わが国の河川では、洪水の関係から、河川中に支保工をたてて工事ができる期間が制限される場合が多い。このため、PC 桁を支保工を使用しないで移動架設する方法が、しばしば採用されている。

しかし、移動式架設による場合には、重量の大きい PC 桁を移動しなければならないので、架設重量が大きくなれば、それだけ架設の工費が高くなっていく。

また、現在一般に行なわれている移動式架設方法で、洪水期に無関係に行なえる方法には、架設設備、能力から架設重量に制限が与えられる。

地形条件にあまり左右されずに、どのような橋梁サイトでも移動架設できる設備の能力としては一般に 100 t 程度とされている。

鉄道用標準 PC 桁では、架設重量 100 t 以内にするということで設計されており、このため従来の配合ではスパン 35 m のものまでしか設計できない。

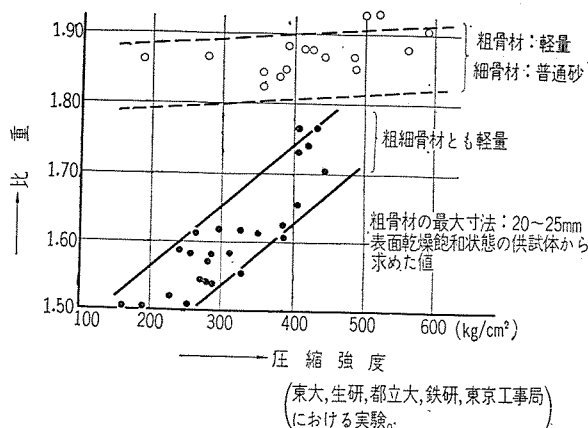
しかし軽量コンクリートを使用する場合には、架設可能のスパンをかなりのばすことができる。

以上検討したように PC 鉄道橋のスパンを 40~60 m に経済的に延長するためには、一般に比重 1.9 で設計強度 400 kg/cm² あるいは比重 2.5 で、設計強度 400~500 kg/cm² のものが有利ということになり、また、桁高制限を特に要求されるときには比重は 2.5 で強度をさらに上げた方が有利であるといえる。

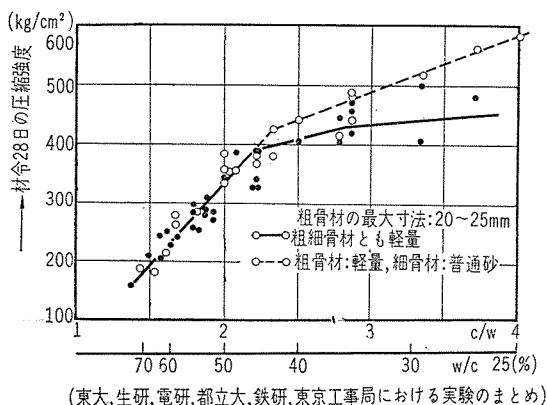
比重 2.5 の普通コンクリートでも強度の 400~500 kg/cm² ものについては、今までに多くの研究がなされてきているから、本研究では比重 1.9 で設計強度 400 kg/cm² のコンクリートを対象とした。軽量骨材としては東大、東大生産技研、都立大、東北大、電力中央研究所などで検討され現在までの所最も有望視されている膨脹頁岩メサライトを使用することにした。

この場合コンクリートの比重 1.6 をうるには、粗細骨材とも軽量のものを使用し、比重 1.9 をうるには、粗骨材のみ軽量のものを使用すればよいことがわかった (図一)。

図一 コンクリートの比重と圧縮強度との関係



図二 軽量コンクリートのセメント水比と圧縮強度との関係



また水セメント比と圧縮強度との関係は図二のようになっている。

4. 軽量高強度コンクリートの練り混ぜについて

(1) 概 要

わが国のコンクリート工事では、従来重力式ミキサーが多く用いられている。しかしスランプ数 cm 以上のコンクリートの練り混ぜについては、重力式ミキサーで十分であったが、PC 桁に使用するコンクリートはスランプ 3~5 cm またはそれ以下となり、しかも、単位セメント量が多くて粘着性が大きいものとなるため、不傾式、

可傾式を問わず、重力式ミキサーでは練り混ぜの性能が低下してくるだけでなく、コンクリートの強度が十分に発揮できなくなる欠陥を生ずる。

とにかく軽量コンクリートの場合にはこの傾向はさらに大きいことが予想された。その解決策として、一つには材料投入順序の再検討があり、また一つには、あらかじめセメントペースト、またはモルタルを練り混ぜておいて、しかる後に細粗骨材あるいは、粗骨材と混合する方法が検討されている。

この問題のいま一つの方法は、強制練り混ぜ式ミキサーの採用である。もちろんこの両者を併用すればさらに効果の上ることは当然である。

著者らは、これらの解決策の一つとして強制練り混ぜ式ミキサーの採用をすすみ国内メーカーの協力により三種の国産品の試作に成功したので今後PC用軽量硬練りコンクリートの練り混ぜについての効果を検討することになった。

(2) 重力式ミキサーと強制練り混ぜ式ミキサーの比較の予備試験

硬練りコンクリートの混合には強制練り混ぜ式ミキサーが適当であることは容易に推定されていたが、試作に先立ってまず鉄道技術研究所に設置されている水平軸式半強制練りミキサーを用いて、通常重力式ミキサーとの比較試験を行ない、強制練りの効果を確かめた。

ミキサーの形式はつぎのとおりである。

- 1) 重力式ミキサー：日本建機 KK, ケンキ式可傾型 3切 (公称) スランプ 0~3 cm 可能
- 2) 半強制練りミキサー：不二設計所 KK, 横型 4枚羽根 7切

比較試験に使用したコンクリートの配合は表-2のとおりである。

試験項目は各バッチ3カ所ごとのスランプ、空気量、モルタル単重、粗骨材単重、圧縮強度 (σ_7, σ_{28}) で練り混ぜ時間は各種とも1分、3分、5分とした。

試験結果は表-3のとおりである。

コンクリートマニュアルによる平均変動の限度は、モルタル単重において0.3%以下、粗骨材単重において5%以下が望ましいとなっている。

この実験から見て、前後の平均変動は、重力式ミキサーにおいては普通コンクリートの場合には練り時間に関係

なくほぼマニュアルの限度内に入っているが、軽量コンクリートではモルタルの単重の変動が大きい。

半強制練りミキサーの場合には、普通コンクリートの場合の5分練りのときのモルタルの単位重量の変動はるかに大きくなっていて、軽量コンクリートの場合にも5分のときは限度から出ている。

この予備実験の範囲では、洗い分析の結果から得られたコンクリートの均一性という観点からは、重力式ミキサーと半強制練りミキサーとの差はあまり発見できなかった。しかし、圧縮強度試験結果から見ると、コンクリートの強度は、普通コンクリートでも、軽量コンクリートでも半強制練り混ぜ式の方が上っていて、その差は普通コンクリートにおいてとくに明瞭である。

水平軸式のミキサーは水平軸を中心に回転する羽根によりコンクリートをはね上げ自由落下させる形式であるので、半強制練り混ぜと考えたものであるが、それでもなお重力式ミキサーにくらべて同一配合のコンクリートの強度を相当に上げることがわかった。

したがって、完全な強制練り混ぜ式のものを作れば、さらに練り混ぜの効果が上るであろうことが予想された。

(3) 強制練り混ぜ式ミキサーの試作

強制練り混ぜ式ミキサーは現在諸外国においては、イーバグ社、シュビング社、ジョンソン社、ハイマート社などにおいて製作し、多くのコンクリート工場にはこれらの型の強制練り混ぜ式ミキサーを見ることができ、わが国にもこれらのものを輸入したもの、あるいはこれらの社と提携して技術導入を試みているメーカーも存在する。しかし将来の改良、保守と、製作の経済性より考えると国産のもので性能のよいものが得られることが最も望ましいのであって、国内における試作を推進したのである。

ミキサーの試作にあたっての設計の要素はつぎのとおりとした。

- (1) 対象とするコンクリートはPC橋用でスランプ 3~5 cm 以下の配合のものとする。
- (2) 混合体は重力による自然落下でなく、ある強制混練力のもとでくり返しせん断作用が働いて混合されること。
- (3) コンクリートが均一に混合されるまでの時間は

表-2 ミキサー比較予備試験に使用したコンクリートの示方配合

種 別	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位細骨材量 S (kg)	単位粗骨材量 G (kg)	分散剤ポゾリス No. 5 (kg)
普通コンクリート	25	0~3	140	412	33	38	川砂 687	川砂利 1 150	2.06
軽量コンクリート	15	0~3	143	420	33	50	川砂 895	メサライト 441	2.10

表-3 ミキサー比較予備試験結果

ミキサー	コンクリート種別	練り混ぜ時間(分)	コンクリート温度(°C)	試料採取箇所	スランプ(cm)	空気量(%)	モルタル		粗骨材		圧縮強度 材令 28 日 (kg/cm ²)						
							単重(kg/m ³)	平均変動(%)	単重(kg/m ³)	平均変動(%)	x ₁	x ₂	x ₃	X	\bar{X}	標準偏差(kg/cm ²)	変動率(%)
重 力 式	普通 コンクリート	1	12.0	前中後	1.5 3.3 1.8	2.1 2.4 2.2	2 291 2 335	0.95	1 222 1 234	0.49	512 522 496	563 508 512	—	538 515 504	519	17.3	3.3
		3	12.0	前中後	3.1 1.6 1.5	2.4 1.9 2.5	2 335 2 353	0.38	1 236 1 147	3.78	553 521 498	553 561 501	585	564 541 500	535	32.5	6.1
		5	12.0	前中後	2.7 2.1 2.4	2.5 2.2 2.3	2 333 2 354	0.47	1 176 1 175	0.09	568 521 483	525 534 542	—	547 528 513	529	17.8	3.4
	軽量 コンクリート	1	11.0	前中後	0.9 0.5 1.7	4.1 4.0 3.7	2 256 2 264	0.18	376 402	3.34	541 587 533	568 572 585	—	555 580 559	565	12.8	2.3
		3	10.0	前中後	3.9 2.0 2.2	2.8 4.6 4.9	2 186 2 377	4.16	390 391	0.25	475 526 515	518 535 560	—	497 531 538	522	23.0	4.4
		5	10.0	前中後	6.1 3.2 2.1	5.8 5.5 4.1	2 274 2 205	1.56	395 388	1.02	520 462 554	491 526 529	—	508 497 540	515	22.3	4.3
水 平 軸 半 強 制 式	普通 コンクリート	1	9.0	前中後	0.3 0.9 0.2	2.7 2.4 1.2	2 346 2 312	0.73	1 157 1 153	0.17	527 614 601	551 588 603	613 597 548	564 600 584	583	17.1	2.9
		3	9.5	前中後	0.8 0.7 0.5	2.3 2.1 2.5	2 358 2 357	0.59	1 152 1 220	2.86	617 590 581	573 585 621	574 602 595	588 592 599	593	5.6	0.9
		5	10.5	前中後	0 0.2 0	2.1 1.7 1.9	2 341 2 218	5.03	1 259 1 299	1.56	508 621 602	565 658 612	613 653 649	561 644 621	609	42.8	7.0
	軽量 コンクリート	1	12.5	前中後	1.4 0.7 0.9	5.6 6.7 3.9	2 256 2 260	0.77	397 420	2.94	555 529 549	536 546 558	544 552 551	545 542 553	547	5.2	1.0
		3	10.0	前中後	0.4 0.8 0	4.9 5.0 4.4	2 310 2 286	0.52	397 420	2.94	514 573 534	545 520 548	542 548 528	534 547 537	539	9.3	1.7
		5	11.0	前中後	2.9 2.3 0.6	5.5 5.0 4.1	2 371 2 310	1.28	397 441	5.76	526 564 524	555 546 541	586 539 501	556 550 522	543	16.9	3.1

なるべく短時間とし1.5分以内を目標とすること。

(4) コンクリートの排出が容易に行なわれること。

(5) 動力は工事現場で容易に得られる程度のものであること。

(6) 機械的に長期の使用に耐えること。

強制練り混ぜを行なわなければならないような硬練りコンクリートの場合には、まず排出上の問題から、底開きの形式のものが最もよいと考えた。そのためにはドラムは皿型のものが適当である。この場合すみずみまで混合が行きわたるためには側壁が若干傾斜した方がよいかどうかという問題があり2種について検討された。

強制練りのための羽根の動きとして、中心軸のまわりに回転するのみのものと、羽根がある軸を中心に回転しつつ、中心軸のまわりを回転するものとの2種が検討された。皿の形状としては回転軸の支持方法により、タラ

イ型とドーナツ型とに分類されるが、その2種が検討された。

また軸に回転を与える動力としては、すべて電力がもとになっているが、軸の駆動のためにはギャーおよびVベルトによる伝達により動力を伝達するものと、油圧を利用するものとの2種が検討された。

なお鉄道技術研究所で試作まくらぎ用に使用されている水平軸式のものも比較のために検討された。

以上の条件を組合わせ試作を行なったミキサーは表-4に示す3種となった(写真-1,2,3)。

なお No. 4 は鉄道技術研究所でまくらぎの試作に使用した既存の半強制練りミキサーで予備試験に使用したものである。

(4) 重力式ミキサーと各試作ミキサーとの比較試験
コンクリートミキサーの性能試験の方法は、一般に

表-4 試作ミキサーの諸元

項目	番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
形 式		タービン式	タービン式	プラネタリー式	水平軸式
容 量		0.5 m ³	0.5 m ³	0.5 m ³	0.2 m ³
羽 根 の 数		3 枚	6 枚	スクレーパー用 2枚 混練用 3枚 1組を 2組	横型 4 枚
羽根の回転数		39 rpm	0~45 rpm	スクレーパー用 17 rpm 混練用 自転 53 rpm 公転 17 rpm	26 rpm
主 電 動 機		15 kW	30 kW	22 kW	5.5 kW
伝 達 方 式		第1段Vベルト 2,3段歯車	油 圧	V ベ ル ト	V ベ ル ト
備 考		王子重工KKで試作。	日曹製鋼KKで試作。	山中重機KKで試作。	不二設計社製、技研に 既存のもの。

写真-1 王子式O型ミキサー

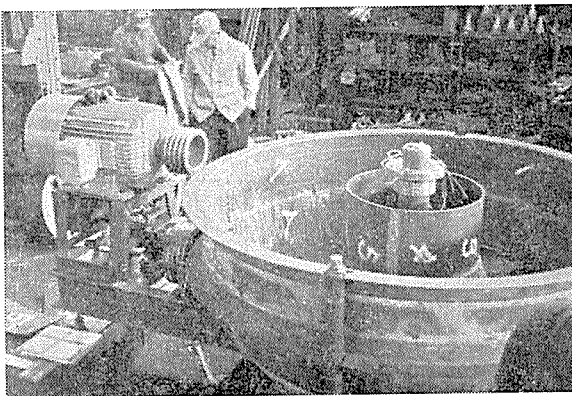


写真-3 山中重機式ジェットミキサー

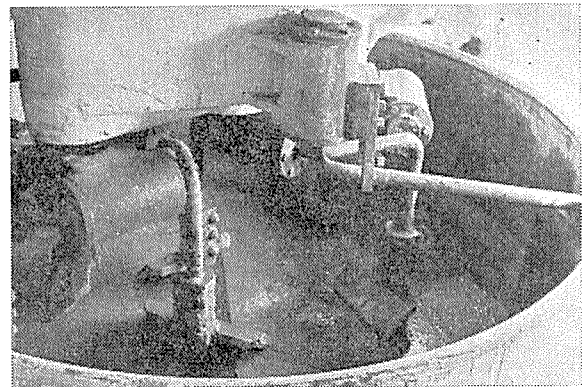


写真-2 日曹鋼式ハイドロミキサー



JIS A 1119 に規定されている、コンクリート中のモルタルの単位容積重量差の試験方法によっているが、これはスランプ 7 cm 以上の不傾式ドラムミキサーを対象としたもので、可傾式の硬練りコンクリート用ミキサーに対しては、土木学会基準でも特に規程していない。

とくに今回試作した強制練りミキサーについての規定

は全くないので、その比較試験に当っては、コンクリートマニュアル規格 26 (ミキサー運転試験) によって行ない、同時に圧縮強度試験用供試体を採取し、圧縮強度も性能判定の資料とした。

各試作ミキサーの性能は、それぞれ既存の重力式ミキサーとの同時試験によって比較することにした。まず、表-5 に示す普通コンクリートについて比較試験を行った。

試験結果より PC 用コンクリートを練り混ぜる場合、強制式ミキサーは重力式にくらべモルタル単重の変動が少なく、また短時間で高強度のコンクリートが得られ、練り混ぜ性能がすぐれていることがわかった。

これらの強制式ミキサーの最適練り混ぜ時分は 1~1.5 分と思われた。強制練りまぜ式ミキサーはわが国では使用経験が浅く今後これらの試作ミキサーについてさらに軽量コンクリートに対して試験を進め、また実際の工事に適用して、その使用方法および細部の構造の改良

表-5 試作ミキサー性能試験に使用したコンクリートの示方配合の標準

種 別	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位細骨材 S (kg)	単位粗骨材 G (kg)	分散剤 ポリス No. 5 (kg)
普通コンクリート	25	3~5	140	412 (早強セメント)	34	36.5	680	1180	2.06

などについて検討してゆきたいと考える。

5. 軽量高強度コンクリートの打込み締固めについて

(1) 概 要

普通の硬練りコンクリートについての打込方法は今まで各種の打込試験および実際の工事の経験から検討されてきた。

軽量コンクリートについてコンクリート打込上、普通コンクリートと異なって特に検討すべき問題はつぎのようなものであると思われる。

1) モルタルと粗骨材の比重が異なり、その関係は普通コンクリートの場合と逆になっている。したがって普通コンクリートの打込みの際におけるモルタルの上昇傾向に対し、軽量コンクリートの場合は粗骨材の上昇傾向があるのではないか。

2) コンクリートとしての単重が普通コンクリートより小さいことによる流動性、締固まり具合などに差があるのではないか。

3) 普通コンクリートと同一のスランプのものを使用した場合振動による流動性に差があるかどうか。

4) 軽量骨材の管理は一般に普通骨材より難しいので、軽量コンクリートの品質のパラツキは普通コンクリートより大きくなると考えられるがこれに対する処置。

以上4点のうち4)については、6. に詳しく述べることにするがこれらの問題を解明するために以下の試験を行なった。

① 鉄筋入りブロックによる打込試験

② 大型試験桁による打込試験

(2) 鉄筋入りブロックによる打込試験

1) 一 般

本試験は比重約 1.9, 設計強度 400 kg/cm² という軽量コンクリートのうち、良好な打込結果を得られる範囲でなるべく硬練りの配合を定め、かつこれに適応する締固め方法を見付けだすための予備試験である。すなわち、施工上適当と思われるスランプ 0~8 cm のコンクリートを 0~2 cm, 3~5 cm, 6~8 cm の3段階に分け、

コンクリートの締固め時間を3種に変えて、これらの組合せの中で最も適当なものでかつなるべく硬練りのものを選ぶというものである。試験に用いたコンクリートの示方配合は表-6のとおりである。

コンクリートの練り混ぜはゼガー型 7.5 HP, 8切練りミキサーで行ない、材料投入後の混合時間は3分とした。

2) 試験方法

① 供試体：供試体は図-3のような、鉄筋入りブロックで、これは実際のPC桁設計に多く用いられる形状で、鉄筋、シースなども実際によく用いられる配置した。

型わくには4カ所に15 cm角のガラス窓をはめこみ、コンクリートの流動状態を観測し得るようにした。

② コンクリートの打ち方：コンクリートは上部の型わく開口部の一端部のみより投入し、型わく振動機により流動させた。

コンクリートの打上りは、下方より 30 cm, 30 cm, 30 cm および 40 cm の4層に分け、各層ごとの振動時間を2分、5分および8分の3種とした。振動機は型わ

図-3 鉄筋入りブロックによる打込試験供試体設計図

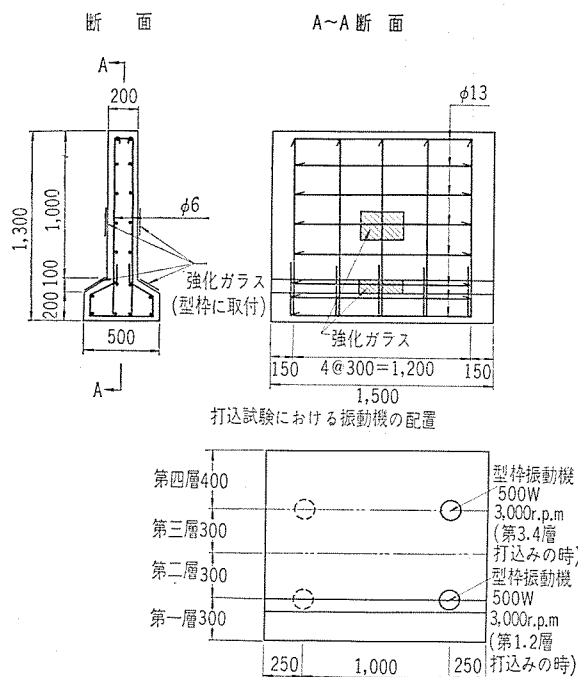


表-6 軽量コンクリートの打込試験に用いたコンクリート示方配合

種別	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	分散剤ポソリス No. 5 (kg)	備考
A	15	0~2	5±1	166	460	36	37	670	580	2.3	
B	15および20	3~5	5±1	173	481	36	37	631	544	2.4 ¹	
C	15	6~8	5±1	182	480	36	37	615	528	2.4	

セメント：小野田早強ポルトランドセメント 比重 3.15
 砂：天然川砂(多摩川産) " 2.65 F.M. 3.32
 砂利：軽量骨材(メサライト) " 1.34 " 6.48

くの両側面、図-3 に示す位置に取付け、1,2 層打込みの際には下部に3,4 層打込みの際には腹板上部に移動させた。その性能はつぎのごときものである。

製作所：林製作所

型 式：KM-B 回転数：3000 rpm

出 力：500 W

③ 試験項目：コンクリート打込み中に観測窓より、コンクリートの流動状態を観測するほか、コンクリート打込み後なるべく早い時期に型わくを外し、コンクリートのまわり具合、表面のでき栄えを目視観測した。また端部より、20 cm 付近の部分で切断し、横断面におけるコンクリートのまわり具合、気泡の状態、モルタルの分離状態などを目視観測した。また、各試験桁の下突縁および腹板上部から、φ10 cm の材料をとり出して単位容積重量を測定し、締固まり具合を比較した。

3) 試験結果

① コンクリートの流動状態：コンクリートの打込み

箇所は型わく上部開口部の一端部とした。これは実際 PC の桁の施工の際に、片押し層状打込みとするのが適当であるので、その場合のコンクリートの流動状態と類似の状態を再現させるためである。

前層が平らになったのち、次層のコンクリートを型わく的一端部に山積みし、振動機をかけた場合 0~2 cm のスランプのものは前層の上面を流動して 30~45 秒程度で平らになるが、3~5 cm のスランプのものは前層のコンクリートにわずかに押込む状態があって、打込み端と反対の端部のコンクリートを押し上げる傾向を生じ、新しく打ったコンクリートは 30 秒位で平らになっている。

スランプ 6~8 cm のものでは、新しく打ったコンクリートは、ほとんど前層に押込んで、反対側のコンクリートが下から押し上げられて表面が平らになり、この間の時間は 20~30 秒である。そのため、6~8 cm のスランプの場合、押し上げられる側のコンクリートはとくに分離がはげしく、軽量骨材がコンクリート上面に浮き出し、

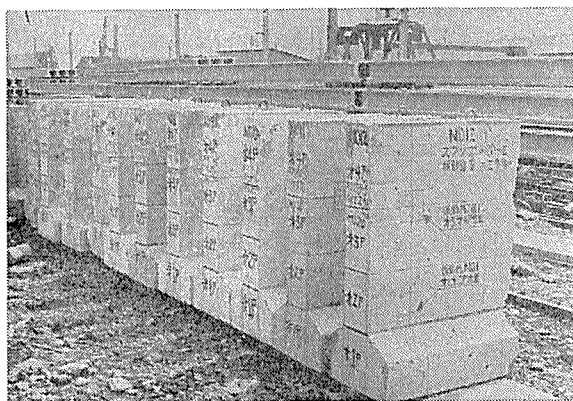
表-7 鉄筋入リブロックによる打込試験結果

番号	スランプ (cm)	振動時間 (分/層)	表面の仕上り				内部の締固まり状態						下面モルタル分離厚 (mm)
			腹 部		下部フランジ		10 cm 角における気泡の状態 ¹⁾			コンクリートの単位容積重量 ²⁾		目視による判定	
			状 態	判 定	状 態	判 定	5~10 mm の個数	10 mm 以上の個数	気泡面積 (%)	上 部 (kg/m ³)	下 部 (kg/m ³)		
No. 1	0~2	8	20~30 cm 間隔に 15 mm 程度の気泡がある。	B	5~10 mm の気泡が 10 cm 平方に 20 個程度ある。	B	27	4	15.1	1900 1909	1909 1930	B	30
" 2		5	5 mm 程度の小気泡が 10 cm 平方に 20 個程度散在。	B	5~10 mm の気泡が 10 cm 平方に 30 個程度ある。	B	46	5	24.3	1816 1846	1844 1874	B	30~40
" 3		2	約 10 cm 間隔に 15~20 mm の気泡がある。	C	No. 2 と同程度の気泡があるが、表面状態はさらに不良。	C	67	23	47.7	1832 1859	1857 1880	C	10 以下
" 4	3~5	8	約 20 cm 間隔に 15~20 mm の気泡がある。	A'	気泡が多く、No. 3 程度。	B	25	1	11.9	1861 1877	1906 1914	A	80~90
" 5		5	振動機の位置に 40 mm 位の気泡 1 個あり、また 20 mm 程度の気泡が全面に数個あるが、一般に良好である。	A'	10 mm 程度の気泡が 10 cm 平方に 15 個位ある。	B	34	3	17.4	1676 1865	1915 1934	A	30~40
" 6		2	15~20 cm 間隔に 20 mm 程度の気泡がある。	A'	No. 5 と同程度。	B	63	7	33.4	1853 1859	1903 1890	A'	10~20
" 7	6~8	8	振動機の位置に約 50 mm の気泡が 2 個あるほかは一般に良好である。	A'	10 mm 以下の気泡が 10 cm 平方に 15 個程度。	B	33	3	17.0	1725 1875	1930 1947	A	80
" 8		5	30 mm 程度の気泡が全面に数個ある。	B	10 mm 位の気泡が 10 cm 平方に 10 個程度。	B	45	1	20.7	1793 1751	1778 1956	A	80
" 9		2	約 20 cm 間隔に 15 mm 程度の気泡がある。	B	10 mm 位の気泡が 10 cm 平方に 10 個程度のほか小気泡が若干ある。	A'	29	2	14.4	1866 1891	1907 1920	A'	20~30
" 10	3~5	8	表面平滑で気泡は非常に少ない。	A	20 mm 位の気泡が 10 cm 平方に 5 個程度のほか小気泡が若干ある。	A'	12	0	5.3	1803 1808	1899 1947	A	50
" 11		5	"	A	10 mm 位の気泡が 10 cm 平方に数個程度ある。	A	15	2	8.2	1659 1795	1872 1899	A'	20~30
" 12		2	"	A	"	A	21	4	12.4	1830 1820	1849 1869	A'	10~20

注：1) 10 cm 角における気泡の状態は第 1~第 4 層における 4 区画の平均値を示す。

2) コンクリートの単位容積重量は φ10×20 cm のコアーにより測定したものを示す。

写真—4 鉄筋入りブロック (小型試験桁) による
軽量コンクリートの打込試験結果



振動によってとび出す傾向が強い。3~5 cm のものは、若干この傾向があるが、特に大きくはない。

材料分離の面からは、なるべく硬練りすなわちスランプ 3 cm またはそれ以下にすることが適当と思われた。

② コンクリートの締固まり状態：コンクリート表面の仕上り状態、内部の気泡、下面のモルタル分離の量は表—7 にまとめてある (写真—4)。

コンクリート表面の仕上り状態は一般に振動時間の長い方が良好であるが、スランプ 3 cm 以上の場合には 5 分と 2 分の振動時間の差はあまり見られない。

スランプ 6~8 cm で振動時間 8 分のとき、振動機の位置のコンクリート表面に 50 mm 程度の気泡が残っており、これは局部的な過振動状態によると思われる。粗骨材最大寸法 20 mm でスランプ 3~5 cm のものは振動時分にかかわらず、表面の状態は他のものより良好であった。

内部の締固まり具合は残留した気泡の状態より見ると、スランプ 0~2 cm の場合には 8 分の振動を加えたときでも 5~10 mm の気泡が所々に見られ、振動時間が短かいと、さらに大きい気泡が残存していた。スランプ 3 cm 以上の場合には、振動時間 2 分の場合 5~10 cm の中気泡が若干みられたが、振動 5 分以上の場合には気泡は非常に少なくなっており、内部は十分に締固まっているように見られた。締固まりの度合はスランプ 3~5 cm の場合と 6~8 cm の場合と大差ない。

③ モルタルの分離：コンクリートを片押しした場合、モルタルの流動したのり先の部分は、下面にモルタルの分離が生じている。この分離はコンクリートを落下させた部分についても見られるので、桁の全長にわたって、このような欠陥を生ずる可能性があるが、層の厚さが小さければ、これは桁の載荷能力に本質的な悪影響はおよぼさないであろう。

これは、桁の曲げ試験結果からも判定されたことである。しかし、このモルタルの沈殿は逆に骨材分離上昇の

傾向を示すものであって、その傾向はスランプ 6~8 cm の場合、特に大きく、スランプ 3~5 cm の場合も相当あり、0~2 cm の場合には比較的少なかったことは先述したとおりである。

④ 試験結果のまとめ：以上の試験結果より、比重 1.9 すなわち粗骨材のみに軽量骨材を使用し、設計強度 400 kg/cm²、すなわち、目標とする圧縮強度 450 kg/cm² 程度のコンクリートを施工する場合には、スランプ 3 cm 程度のものが、よい結果を得やすく、この場合の振動時間はこの試験に用いた断面の桁の場合、一層当たり 5~8 分必要であることがわかった。

この場合、振動時間が長いとコンクリートの締固まり強度は良くなるが、下面のモルタルの分離を生ずるのでその対策をとる必要がある。その解法として、普通コンクリートまたは、普通骨材を下面に敷いたのちに、軽量コンクリートを打ち込む方法を考案したが、これについてはこの報告では省略する。

(3) 大型試験桁による打込試験

1) 一般

現在までに多く用いられている PC 鉄道橋のスパンは 22 m 程度で、やや大きいものとして 30~33 m 程度のスパンまでのものが普通であって、この場合、桁高は 1.5~2.5 m のものが多く使用されていた。したがって、いままでに行なってきた打込試験もこの程度のものを目標としていたのである。しかし 3. で述べたように PC 鉄道橋のスパンが 40~60 m に拡大されることになると必然的に桁高も大きくなり、特に超高強度のものよりも設計強度 400 kg/cm² 程度で比重の軽いコンクリートを用いるとすると、その必要性はさらに大きくなって、この場合の経済桁高は 2.9 m 付近となる。

そのため、コンクリートの施工はさらに複雑となり、(2) 項で検討され適当と認められた配合のコンクリートで十分な施工結果が得られるかどうかを実際に検討しておく必要が生じた。そこで本試験では桁高 2.7 m の試験桁を施工することとし、断面形状はスパン 40 m 程度の PC 桁に使用を予想されるようなものとし、配筋、シースの配置も同様の考えで設計した。打ち終わった試験桁は脱型後、表面状態および内部の観測、コアによる強度のバラツキの試験、リネスコープによる品質の均一性の検討などを行なった。また引続き普通骨材を用いた PC 用硬練りコンクリートについても同様の打込試験を行なって、その施工の可能性を確かめるとともに軽量骨材を使用した場合との差異について検討した。

2) 試験の方法

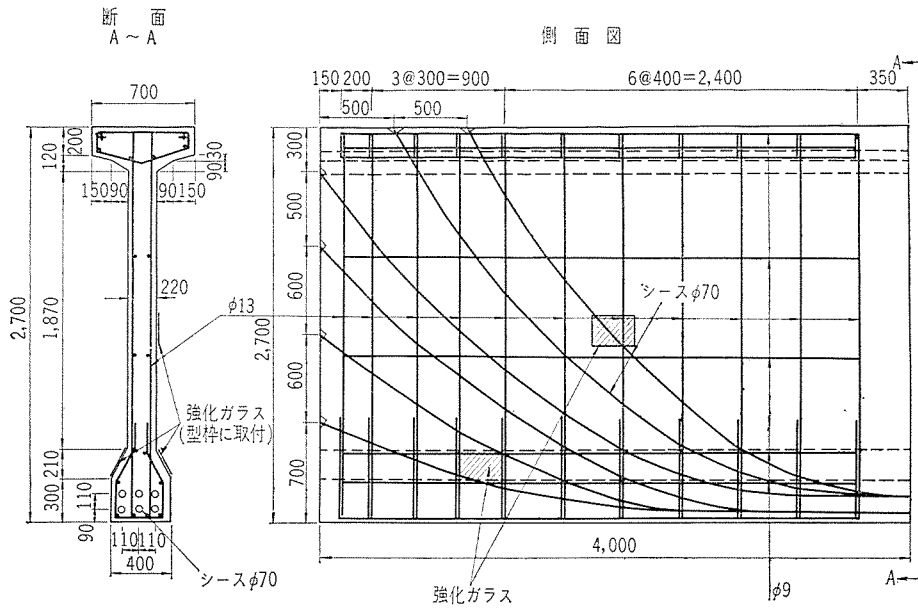
① 試験桁：試験桁は図—4 に示す設計である。型わくには 9 ヶ所にガラス窓を設けて、コンクリート打込み

表-8 大型桁打込試験のコンクリートの配合

桁種別	組骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 Sla (%)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	分散剤 No. 5 (kg)	備考
軽量コンクリート No. 1, No. 2	15	3~5	3~4	168	467	36	37	631	547	2.34	軽砂利使用
普通コンクリート	No. 3	20	3~5	165	500	33	37	633	1079	2.50	普通砂利使用
	No. 4	20	3~5	168	480	35	38	656	1067	2.40	"

セメント：小野田ポルトランドセメント 比重 3.15
 砂：天然砂（多摩川産） " 2.65 F.M. 3.32
 軽砂利：軽量骨材（メサライト） " 1.34 " 6.48
 普通砂利：天然砂利（相模川産） " 2.65 " 6.37

図-4 打込試験に使用した大型試験桁設計図



中の状態を観測した。

② コンクリートの配合：打込みに用いたコンクリートの配合は(2)項の検討結果などを参考として、表-8のものとした。

③ コンクリートの打上り速度および締固め時間：(2)項の鉄筋入りブロックの打込試験と現在までに実際に施工されたPC桁の打込速度などを参考とし、本試験ではコンクリートの打上り速度は1時間当たり1mの高さを標準とした。

締固め時間については、(2)項の打込試験における各層5分および2分の振動に相当するよう、それぞれ、コンクリートの約半量(15バッチまで)を振動機3分稼動、3分休みの状態で締固め、残りの半量(16バッチ以後)を振動機2分稼動、4分休みの状態で締固めた。

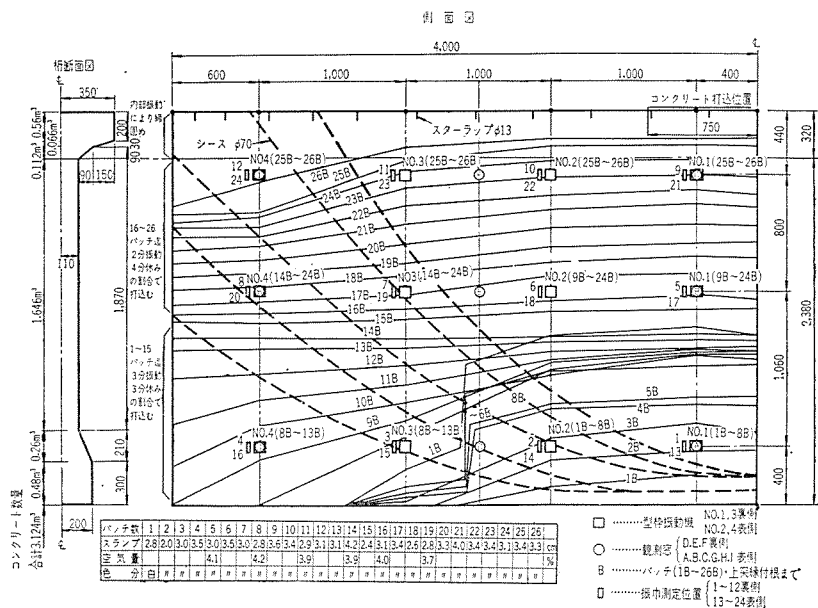
上部フランジは棒状バイブレーターのみで締固めた。

④ コンクリートの流動状態の観測：コンクリートの流動状態は型わくの上部開口部および観測窓より観測した。また脱型後、その流動状態を確かめられるように No. 1 についてはバッチごとコンクリートが自然色、赤色、青色になるように着色した。

⑤ 締固まり状態の観測：脱型後表面状態を目視観測し10cm 平方の測点48ヵ所について気泡の状態を測定した。また硬化後切断して内部における気泡の状態を同様に調査した。

⑥ コンクリートコアによる圧縮強度試験：軽量、普通コンクリートとも、硬化後16カ所よりコンクリートコアを採取した。コアはφ10cm、長さ約20cm

図-5 大型桁 No. 2 のコンクリートの流動状態



のもので樹脂キャッピングを行なって圧縮強度試験を行なった。

⑦ ソニスコープによる均質性の試験：硬化後、軽量および普通コンクリートとも、ソニスコープにより超音波伝播速度を測定し、コンクリートの品質の均一性を確かめた。

3) 軽量コンクリートの打込試験結果

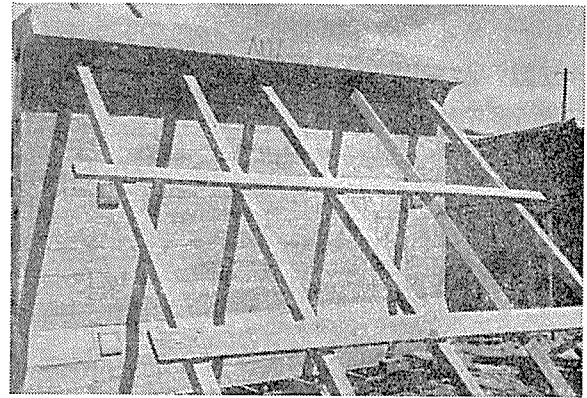
① コンクリートの流動状態：コンクリートの流動状態の例を図-5に示す。図-5は各バッチ打込後、コンクリートに振動が与えられ、つぎのバッチが打込まれる前のコンクリート上面の状態を示している。

スランプ 3~5 cm 程度のコンクリートを使用したため、流動性および分離の両面から見て、おおむねよい状態を示した。総体的に見ればコンクリートの打込み端から約3 mまでは、各バッチともスムーズに流動し骨材の分離は全く見られないが、残りの1 mの部分で粗骨材がやや押し上げられる傾向を示している。

② コンクリートの締固まり状態：コンクリートの締固まり状態は、脱型後のコンクリート表面の状態観測およびコンクリートの一部を切断して内部の状態観測を行なって調査した。

コンクリート表面のできばえの例は、写真-5のとおりである。写真-5にも見られるように下部フランジの上面の気泡は腹部よりも一般に多くなっているが、その傾向は顕著ではない。これは桁高が特に高いので下部フランジの打込みを難かしくしないように、下部フランジ上面の傾斜を従来用いられているPC桁の断面におけるものより急なものとしたことの効果であると思われる。

写真-5 大形試験桁（高さ 2.7 m）による軽量コンクリートの打込試験結果



全体としてこの程度の気泡ならば従来実用されてきたPC桁や、この試験のあとで施工された2本の大型試験桁の試験結果とくらべて特に多いということはなく、表面のできばえとしては、おおむね実用の域に達しているものと考えられる。

③ コンクリートの強度およびその均一性：打込まれたコンクリートの強度とその均一性を確かめるために、脱型後ソニスコープを用いて各点のコンクリートの超音波伝播速度を測定した。またその後 No. 2 の桁については、φ10 cm×20 cm の16個のコンクリートコアを切出し、圧縮強度試験を行なった。

試験結果は表-9のとおりである。

表-9よりコンクリートの品質はPC鉄道橋として、実用するために十分であり、またその変動も従来普通コンクリートで行なわれてきたPC鉄道橋工事のそれと大差ないことがわかる。超音波伝播速度が普通コンクリー

表-9 コンクリートの圧縮強度と超音波伝播速度 (桁 No. 1, No. 2)

種別 測点	桁 No. 1		桁 No. 2				備考		
	超音波伝播速度 (m/sec)	平均値	超音波伝播速度 (m/sec)	平均値	コア試験				
					単位重量 (t/m ³)	平均値		圧縮強度 (kg/cm ²)	平均値
12	1456		1549		1.77				
13	1447		1571		1.72				
14	1486	n=7 個	1571	n=7 個	1.74	n=8 個	412	n=8 個	n:資料数
15	1506	$\bar{X}=1466$ m/sec	643	$\bar{X}=1552$ m/sec	1.71	$\bar{X}=1.75$ m/sec	483	$\bar{X}=482$ kg/cm ²	\bar{X} :平均値
22	694	$\sigma=25.8$ m/sec	1527	$\sigma=22.6$ m/sec	1.81	$\sigma=0.032$ m/sec	523	$\sigma=35.2$ kg/cm ²	σ :標準偏差
23	1428	V=1.76%	1582	V=1.45%	1.77	V=1.83%	492	V=7.3%	V:変動係数
24	1456		1538		1.75		516		
25	1486		1527		1.75		465		
32	1410		1506		1.77		493		
33	1428		1538		1.75		445		
34	1375	n=8 個	1506	n=8 個	1.76	n=8 個	545	n=8 個	
35	1517	$\bar{X}=1432$ m/sec	1527	$\bar{X}=1521$ m/sec	1.84	$\bar{X}=1.77$ m/sec	460	$\bar{X}=502$ kg/cm ²	
42	1419	$\sigma=46.6$ m/sec	1486	$\sigma=26.3$ m/sec	1.77	$\sigma=0.0283$ m/sec	500	$\sigma=34.6$ kg/cm ²	
43	1401	V=3.25%	1538	V=1.73%	1.76	V=1.60%	529	V=6.9%	
44	1419		1560		1.77		522		
45	1486		1506		1.73		519		

トよりいちじるしく小さいのは、コンクリートのヤング係数が小さいことと、測線長が22 cmであったからであって、この数値の大きさから、コンクリートの品質の絶対値を評価することができないが、そのバラツキが小さいことを知ることができる。

測点 12~25 の部分のコンクリートは2分振動、4分振動休み、また 32~45 の部分のコンクリートは3分振動、4分振動休みの状態で打込まれたのであって、単位重量および圧縮強度については、後の方が大き目に出ているが有意差はない。超音波伝播速度はほとんど差がないが、前者の部分には2ヵ所特に低い部分があり、局部的に締固め不十分な点があるかも知れないことを示していた。しかし当該位置のコンクリートコアの圧縮強度については特異な値は得られなかった。

4) PC用軽量コンクリートおよび普通コンクリートの打込み締固めに関する性質の比較

軽量コンクリートの打込試験に引つづいて普通コンクリートの打込試験を行なったが以上の試験結果から、粗骨材の種類以外は、スランプ、水セメント比など、ほぼ同様のコンクリートを使用して、同様の打込み締固め方法によって施工した場合のPC用軽量コンクリートと普通コンクリートの性質の比較について、つぎの考察がなされる。

① 軽量コンクリート桁と普通コンクリート桁との間では、表面の気泡について、その大きさ、バラツキなどに大きな差異は認められない。

② 軽量コンクリート、普通コンクリートともに切断面の気泡は、各測点とも直径1.0 mm以下のものが多い。直径5 mm以上の気泡は上層に行くほど多くなっており、これはコアの圧縮強度および単位重量の変化の傾向と一致している。軽量、普通とも全断面にわたって材料の分離は認められなかったが、軽量コンクリートの場合、コンクリート打込端と反対側の端部付近において、若干軽量骨材の押上げの傾向が見られた。

③ 軽量コンクリート、普通コンクリートともにコアの圧縮強度と表面気泡面積との間に、はっきりした関係はみられない。

④ この試験に用いた軽量コンクリートと普通コンクリートとは、そのスランプの平均値はほぼ等しかったが、コンクリート打込み時の流動曲線は軽量コンクリートの方が水平に近いものとなっており、また、コアの

圧縮強度も軽量コンクリートの方が変動係数が小さい。すなわち、スランプが同じでも軽量コンクリートの方が振動による流動性がよいのではないかと考えられる。

6. 軽量高強度コンクリートの強度の変動について

(1) 一般

PC構造物を経済的につくるためには均等質のコンクリートを施工しなければならないが、軽量骨材を使用する場合にはとくに単位セメント量が多くなりがちであるから、品質の変動が大きいと、強度の割増しを多く必要とし、ますます過大な単位セメント量を使用することになって、有害な影響がでてくる。そこで軽量高強度コンクリートについては、その品質管理ということがとくに重要な問題となるのである。

コンクリートの品質をなるべく均一に保つためには、まず変動の生ずる原因とその実態とをつかむ必要がある。

軽量コンクリートと普通コンクリートとで品質の変動に差がでるとすれば、それは軽量骨材の性質に起因するものが主である。ここで問題とされるのは、とくにコンクリートを練るときに吸水量の補正である。メサライトの吸水率の試験結果の一例は表-10,11に示すとおりである。

軽量骨材とくに軽量砂については表乾状態の判断が難しく、表-11より見ても、何時間分の吸水量を補正すれば均一なコンシステンシーを有するコンクリートが得られるかをとくに検討する必要がある。しかし粗骨材については、つぎの実験結果から、あらかじめ1時間以上吸水させたものを用いれば、コンクリートの練り混ぜおよび打込み中における骨材の吸水を実用上無視できるようである。すなわち表-12および表-13は、フライッシュペースト中における軽量粗骨材の吸水量を示したものであって、あらかじめ1時間以上吸水させたも

表-10 軽量骨材の吸水率(浸水24時間後)

砂			利		
粒度別 (mm)	吸水率 (%)	合成吸水率 (%)	粒度別 (mm)	吸水率 (%)	合成吸水率 (%)
0.15 以下	0	21	2.5~10	17.0	15.5
0.15~5.0	22		10~15	13.0	

表-11 軽量骨材の吸水時間と吸水率との関係(砂利5~15mm)

時 間	5分	10分	20分	40分	60分	120分	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日
吸水率 (%) (表乾のもの)	5.3	5.3	6.0	6.3	6.8	7.9	10.5	—	11.0	—	13.2	—	13.6	14.0
吸水率 (%) (気乾のもの)	3.4	3.5	3.8	3.8	4.1	4.5	—	9.3	—	10.9	—	—	11.5	—

表-12 フライアッシュペースト中における
軽量粗骨材の吸水 (その 1)

フライアッシュペーストの W/F	粗骨材の寸法 (mm)	フライアッシュペースト中で吸水させた時間 (分)	フライアッシュペースト中における吸水量	
			絶乾状態のもの	あらかじめ20分清水中で吸水させ表面水を拭き取ったもの
0.5	1.5~5	6	3.54	0.47
		20	3.75	0.07
		40	4.13	1.07
		60	4.30	0.80

(試験値は3回の平均) (電研, 都立大における実験)

表-13 フライアッシュペースト中における
軽量粗骨材の吸水 (その 2)

気乾状態(含水量 0.1%)のもの			あらかじめ1時間清水中で吸水させ表面水を拭き取ったもの		
フライアッシュペーストの W/F	粗骨材の寸法 (mm)	フライアッシュペースト中における吸水量 (%)	フライアッシュペーストの W/F	粗骨材の寸法 (mm)	フライアッシュペースト中における吸水量 (%)
0.5	25~15	3.99	0.6	25~15	0.44
	15~10	3.50		15~10	0.16
	10~5	4.13		10~5	0.04
0.7	25~15	4.75	25~15 mm : 15% } の粒度の場合 15~10 mm : 25% } に吸水量は約 10~5 mm : 25% } 0.27%となる		

備考: フライアッシュペースト中に試料を入れ, 3分間はげしく練り混ぜ, そのままペースト中に30分放置した。

試験値は2回の平均

(電研, 都立大における実験)

表-14 実験室における管理試験に用いた配合

M.S. (mm)	目標スランブ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	C (kg)	W (kg)	S (kg)	G (kg)	ポゾリス No. 5 (kg)
20	5	48	39	340	163	472	520	1.7

表-15 実験室における管理試験結果

No.	月 日	スランブ (cm)	フロー (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)		弾性係数 (kg/cm ²)		単 重 (kg/m ²)	
					σ_7	σ_{28}	7 日	28 日	7 日	28 日
1	10. 15	4	20.2	3.9	259	320	142.100	154.200	1.609	1.601
2	10. 16	4.2	20.4	3.3	258	399	144.300	156.600	1.630	1.632
3	10. 17	4.4	20.2	4.3	244	370	129.500	152.100	1.602	1.602
4	10. 22	8.7	21.4	4.7	195	310	103.600	139.000	1.607	1.609
5	10. 23	6.9	20.9	4.1	237	336	126.000	147.500	1.605	1.621
6	10. 24	9.2	21.5	5.4	182	304	106.200	133.500	1.578	1.598
7	10. 25	8.1	21.6	4.6	213	325	130.700	154.700	1.600	1.614
8	10. 29	5.2	20.4	3.9	249	361	140.000	159.700	1.601	1.611
9	10. 30	1.6	20.0	3.1	337	424	158.200	176.400	1.639	1.645
10	11. 5	0.5	20.0	3.4	287	389	143.800	169.600	1.644	1.654
11	11. 13	0	0	2.5	306	387	155.500	168.200	1.653	1.658
12	11. 14	4	20.4	3.2	257	399	123.900	162.200	1.633	1.635
13	11. 15	7.8	21.5	4.0	246	383	137.400	161.800	1.613	1.616
14	11. 19	3.1	20.9	3.5	282	390	141.900	150.200	1.636	1.648
15	11. 20	4.3	20.2	3.6	258	397	136.000	163.200	1.631	1.641
16	11. 21	2.4	20.0	3.4	270	404	154.200	166.400	1.643	1.656
17	11. 26	16.2	25.5	5.2	162	358	132.700	151.400	1.610	1.616
18	11. 27	1.4	20.1	3.0	284	367	144.900	171.800	1.659	1.679
19	11. 28	1.2	20.0	2.6	268	424	134.600	172.100	1.663	1.666
20	12. 10	8.4	21.3	4.6	203	322	114.800	131.500	1.625	1.629
21	12. 11	4.2	20.5	3.1	264	382	149.300	155.300	1.652	1.651
22	12. 12	7.1	20.2	3.7	253	364	134.100	151.500	1.642	1.645
23	12. 13	13.2	24.7	4.4	218	335	120.900	142.900	1.607	1.614
平均値	—	—	—	—	249.2	367.4	135.070	156.104	1.625	1.632
標準偏差	—	—	—	—	40.3	38.4	1.450	1.074	22.5	23.05
変動率 (%)	—	—	—	—	16.2	10.5	1.1	0.7	1.4	1.4
	—	—	—	—	—	—	応力度 170 kg/cm ² 以下	応力度 283 kg/cm ² 以下	—	—

のを使用すれば、コンクリート中の吸水はおよそ0.3%以下にすぎず、したがってコンクリートのスランプ、スランプの時間的変化および圧縮強度にも影響をおよぼさないことが示されている。

以上のような点に注意して十分な施工管理を行なえばコンクリートの強度の変動は普通コンクリートの場合と同等にすることも可能と思われるが、施工管理を一般のコンクリート工事と同程度にした場合では、強度の変動が大きくなることが考えられた。以下は、その両者の場合におけるコンクリートの強度の変動の実態をつかむために行なった試験結果である。

(2) 実験室におけるテストピースによる管理試験

この試験は軽量骨材を使用したために同一配合のコンクリートの強度がどの程度に変動するかを検討するために行なったもので、他の要素が入るのを防ぐために、試験室員により完全な管理を行なってコンクリートを打込み、脱型後のテストピースは、恒温水中養生を行なって養生条件の変動が入らないようにしたものである。この場合骨材の状態はつぎのとおりとした。

粗骨材…室内放置、常に散水して十分吸水させる。

細骨材…室内放置、自然状態

骨材はいずれも混合直前、電熱器を用いて含水量を測定し、吸水または表面水を補正した。コンクリートの配合は表-14のとおりである。

試験は約2カ月間に23回行なわれ、スランプ、フロー、単重、空気量の測定が行なわれ、またφ15cm×30cmの円柱供試体6個について3個ずつ σ_1, σ_2 の試験が行なわれた。試験結果は表-15のとおりである。

試験結果によれば、材令7日および28日におけるコンクリートの強度の変動係数はそれぞれ16.2%および10.5%であり、普通コンクリートの同条件のものにくらべ若干大きい値を示している。

5. にのべた大型試験桁の強度の変動(表-9)では、十分注意して打込んだコンクリートの強度の変動係数は材令28日で7%程度であるが、この場合は砂利のみ軽量骨材を用いたものである。

(3) 塩浜操車場運転事務室建築現場における試験

1) 工事概要

この建物は、新設塩浜操車場のほぼ中央に位置し、鉄骨造2階建、延283.1m²で、基礎は鉄筋コンクリート造、柱、はりにはH型鋼で構成し、外壁はエコパネルを取付け、2階床はV型デッキプレート、屋根はキーストンプレートを張り、その上に厚さ5cmの軽量コンクリートを施工した。1階床は栗石つき固めのうえ、φ9mm鉄筋を30cm間隔に縦横に配置し、同じく軽量コンクリートで仕上げた。

腰壁は厚さ10cmで、φ9mm鉄筋を縦横に配置し、高さ90cmの部分まで軽量コンクリートを施工した。

屋根はならしモルタル塗りの上アスファルト防水仕上とした。建物全体の施工期間は37年12月~38年5月である。

軽量骨材としては砂利、砂とも膨張頁岩メサライトを使用した。

2) コンクリートの施工

① コンクリートの施工場所と配合：コンクリートの施工場所はつぎのとおりである。

土 間	約 18.0m ³	A配合
床および屋根	約 20.0m ³	C配合
側 壁	約 10.0m ³	B配合

コンクリートの配合は表-16のとおりである。

② コンクリート打ち：コンクリートの管理の状態は、天然骨材を用いた小規模の現場における管理(建築工事標準仕様書に規程するB級)と同程度のものとした。

ミキサーは石川島コーリングミキサ、可傾式8切のものを使用し、計量は重量換算の容積計量とした。

骨材は野外に放置し、表面水を午前、午後各1回測定して補正した。この際一応算定された基準の水量に対し5%を加減して一定のコンシステンシーを得られるようにつとめる。

コンクリートの1回の練り量は0.14m³で、材料投入順序は各種のものを比較した結果、注水しつつ、セメ

表-16 コンクリートの配合

配合種別	粗骨材最大寸法(mm)	スランプ(cm)	単位水量W(kg)	水セメント比W/C(%)	単位セメント量C(kg)	細骨材率(%)	単 位 量 細骨材量(kg)	単 位 量 粗骨材量(kg)	混和剤 ポリリス No. 5 (kg)	備 考
A	15	4 ± 2	163	48	340	39	483	580	1.7	
B	15	16 ± 2	200	53	363	45	523	482	1.8	
C	15	14 ± 2	196	60	327	39	464	550	1.6	

注：A配合は、将来PC桁にこの種のコンクリートを使用する場合の変動を調査するためのものである。

セメント	普通ポルトランドセメント	比重	3.15
粗骨材	メサライト	"	1.36
細骨材	メサライト	"	1.80

表-17 塩浜建築現場コンクリートの圧縮強度試験結果

No.	配合種別	含水量 (%)		水温 (°C)	気温 (°C)	混温 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)		弾性係数 (kg/cm ²)		単位重量 (kg/m ³)		記 事
		砂利	砂						σ_7	σ_{28}	σ_7	σ_{28}	σ_7	σ_{28}	
1'	A	1.2	18	7.8	4.8	—	0.1	3.9	225	306	—	188 000	—	1 550	試験練り
2'	B	1.2	18	8.2	5.8	7.5	17.0	5.6	191	315	—	174 000	—	1 590	
1	A	8.2	22.3	9.0	7.0	6.5	0.5	2.8	107	175	—	154 500	1 600	1 610	土 間
2	A	8.2	22.3	9.0	9.0	7.0	2.5	3.3	161	248	—	183 000	1 610	1 610	
3	A	8.2	22.3	9.0	14.0	12.0	0.5	2.7	149	222	—	183 000	1 640	1 650	
4	A	7.2	24.1	9.0	14.0	10.5	0.5	2.9	159	236	—	187 000	1 620	1 620	
5	A	7.2	24.1	9.0	14.0	11.0	1.5	4.5	98	117	—	159 000	1 620	1 640	
平均値 (kg/cm ²)									135	212			1 618	1 626	
標準偏差 (kg/cm ²)									29.7	33.8					
変動係数 (%)									22.0	16.0					
6	B	9.0	20.0	10.5	11.0	12.0	19.0	4.0	136	233	—	147 800	1 630	1 630	腰 壁
7	B	9.0	20.0	10.5	11.7	12.0	11.0	3.8	114	232	—	141 700	1 620	1 630	
8	B	9.0	20.0	11.3	13.0	12.5	8.0	4.6	114	218	—	138 700	1 620	1 610	
9	B	8.9	20.5	12.5	13.0	14.0	5.0	3.1	113	196	—	147 800	1 580	1 590	
10	B	8.9	20.5	12.5	13.0	13.0	14.0	4.2	173	258	—	170 000	1 640	1 620	
平均値 (kg/cm ²)									130	227			1 618	1 616	
標準偏差 (kg/cm ²)									26.4	22.7					
変動係数 (%)									20.3	10.0					
11	C	6.0	20.3	11.2	20.0	16.0	15.4	3.5	82	137	—	133 000	1 550	1 570	床および屋根
12	C	6.0	20.3	11.5	20.0	17.0	15.0	3.9	84	144	—	121 600	1 560	1 600	
13	C	6.0	20.3	11.0	20.0	16.5	6.2	4.6	107	166	—	164 000	1 560	1 600	
14	C	8.0	21.5	13.0	20.5	17.0	14.6	3.4	95	146	—	150 800	1 550	1 590	
15	C	8.0	21.5	13.0	18.2	16.0	5.3	3.7	102	169	—	155 000	1 570	1 610	
平均値 (kg/cm ²)									94	152			1 558	1 594	
標準偏差 (kg/cm ²)									14.0	13.3					
変動係数 (%)									15.0	8.7					

注：弾性係数は接線の値。

ント、砂、砂利を同時に投入する方法を採用した。混合時間は1分以上とした。コンクリート打ちに当って、1日のうちに5回、圧縮強度試験供試体を採取した。供試体個数は1回ごとに6個とし、材令7日および28日において試験した。供試体は脱型後 20°±1°C の恒温水養生を行なった。

3) 試験結果

試験結果は表-17 のとおりで、1日における圧縮強度の変動は28日強度で9~16%であった。

7. む す び

軽量高強度コンクリートを使用して、PC桁の自重を

軽減することは、PC橋の経済スパンを拡大し、PC技術の適用範囲をひろめるための一つの効果的な手段であると考えられるが、新しい人工軽量骨材を使用したコンクリートの試験打ちの結果、適当な管理を行なえば、十分実用的な範囲で均等質な軽量高強度コンクリートを施工しうる見込みができた。

国鉄では、39年度は、この種のコンクリートの現場管理方法について試験を継続し、さらにその結果を見て実際構造物にも漸進的に適用することが計画されている。

1964.4.27・受付