

コンクリートの振動締め

(1)

尾坂 芳夫*

1. はじめに

PC工場の現場において 所要の品質のコンクリートを製造するためには、まず、構造物の設計において基準とされたコンクリートの圧縮強度を知り、現場におけるコンクリート用機械設備、作業員の熟練の程度、材料の品質の変動などを考慮して コンクリートの品質の変動の程度を予想し、構造物の重要度に応ずるよう その配合強度を定めなければならない。つぎに、この配合強度のコンクリートを得るため、試験により配合を定めるのである。工事が開始されたのち、コンクリートの実際の変動係数が予想した値と異なる場合は、適当に配合を修正しなければならない。このように、工事の開始前および工事中、常に 所要の品質のコンクリートを製造するために、コンクリートの管理を行なうのである。

しかし、これらのコンクリートの管理において得られた試験値は、必ずしも、構造物内におけるコンクリートの品質を 直接的にあらわすものではない。その理由は、構造物内におけるコンクリートの強度が、部材寸法、応力状態などの差により、供試体の圧縮強度と同じではないこと、供試体のコンクリートを採取した後、打込み、締め、養生などの作業が行なわれることの二つが考えられる。

したがって、圧縮強度試験によるコンクリートの管理によって、構造物におけるコンクリートの品質を判断できるためには、打込み、締め、養生などが正しく行なわれていなければならないのである。プレストレストコンクリート用のコンクリートは、一般の場合、高強度で、乾燥収縮、クリープなどによる変形が少ないものであることがのぞましい。そのため、その配合は富配合となり、硬練りとなることが多く、コンクリートの打込み、締め、などの作業を十分正しく行なうことがとくに大切である。

プレストレスト コンクリート用のコンクリートは、

* 国鉄構造物設計事務所 主任技師

構造物が使用される時期における その強度が十分大きいばかりでなく、プレストレスを導入する 比較的早期における強度も 大きいことが必要である。そのため、一般には、早強セメントが使用されることが多い。とくに、工期の短縮は実際の工事の場合重要な要素であり、プレストレスの時期を早めるため、単位セメント量は 構造物の使用時におけるコンクリートの強度にたいして必要な量より相当大となっていることが多い。

単位セメント量を過大にすることは、プレストレス コンクリート部材の乾燥収縮、クリープなどによる変形を大きくし、ひびわれの原因にもなるのであって、単位セメント量は できるだけ小さいことが 望ましい。そのため、骨材の品質および粒度はもとより、最大寸法を適切に選ぶよう 考慮することが大切である。この点の検討を軽視して 必要な品質とワーカビリティをうるよう 配合設計を行なっても、いたずらに セメントを多く使うことになりがちで、所要の品質のコンクリートを製造することはできない。また、ワーカビリティをよくするために スランプ値を大きく選びがちであって、このことも、コンクリートのクリープ、乾燥収縮などによる変形を大きくする原因となるので 注意しなければならない。

結局、プレストレスト コンクリートの工事において、いい品質のコンクリートを製造する方法の要点は、清浄強硬で、適当な粒度の骨材を用い、その最大寸法を 部材各部の寸法などからゆるしうる限度内で なるべく大きくし、単位セメント量を少なくし、なるべくスランプ値の小さいコンクリートを製造することにある。しかし、このことが十分よく実行されない場合があるのは、単位セメント量をなるべく少なくすることが、プレストレスト コンクリートの場合、とくに重要であること、および そのために、骨材の粒度と最大寸法が非常に重要な要素であることが、必ずしも よく理解されておらず、また、理解されていても、硬練りのコンクリートが、練り混ぜ、運搬、打込み、に取扱いにくいこと、振動締めめに長時間を要し、振動機および型わくの耐用寿命を短くすること、などが主要な理由と考えられる。

筆者のみたプレストレスト コンクリート鉄道橋 その他の工事現場では、スランプ値がやや過大で、振動機の振動時間が多少すくなめであった場合が少なくない。単位セメント量を少なくし、コンクリートをなるべく硬練りにするためには、コンクリートの配合における 骨材の粒度および最大寸法の重要性について、現場技術者の注意を喚起することが必要であるが、さらに、いいコンクリートを製造するためには、コンクリートに必要な効果的な振動締め固めの方法を 検討することが 大切で

ある^{1),2),3)}。

それで、本文では、まず、プレストレスト コンクリート用のコンクリートに必要な種々の力学的性質が 締固めその他によって どのように相異なるか過去の実験的研究の中から明かにされた事柄を紹介することにした。また、コンクリートの打込みから締固めにいたる作業 および これに関連する諸問題について、少しく考察を行なってみたい。これらの諸問題としては、再振動締固め効果、不完全再振動の効果、上面型わく部分のコンクリートのでき上がりの程度、表面気孔などがある。

2. コンクリートの品質におよぼす 締 固 め の 程 度 の 影 響

コンクリートの打込み、締固めの作業が、現場作業において、技術的な問題点となるのは 比較的硬練りのコンクリートの場合であって、コンクリートのコンシステンシーに応じて どの程度の配慮が必要であるかを認識するために、まず、PC用コンクリートとして必要な力学的諸性質と これらにおよぼす締固めの程度、とくに空げき量の影響について 簡単にのべる。

(1) コンクリートの強度

構造用のコンクリートとして必要な強度には、圧縮強度、引張強度、せん断強度 などがある。引張強度、せん断強度などは 必ずしも圧縮強度に比例するものではないが、正しく製造されたコンクリートの場合、圧縮強度により ある程度よく判断することができる。圧縮強度によりコンクリートの品質を管理するのは そのためである。図-1 は コンクリートの圧縮強度（円柱供試体）を材令によって示したものである。これは 標準養生を行なった円柱供試体の圧縮強度であって、一般の構造物の場合は、図に示す材令 28 日における圧縮強度をこえて 相当に強度が増加することを期待しないのが安全である。

コンクリートの圧縮強度は Abrams の水セメント比法則、Talbot のセメント・空げき比法則、などによりあらわされている。水セメント比と圧縮強度との一般的関係は 図-2 のようであり、これによってもわかるように、 w/c の大きいコンクリートは 締固めの方法にかかわらず、比較的よく効果をあげることができるが、 w/c の小さい硬練りのコンクリートでは、振動締固めによる場合と これによらない場合とで、同じ w/c のコンクリートでも、圧縮強度に大きい差が生ずる。図-3 は コンクリートの空げきの量と圧縮強度との関係を示したもので、空げきの 1% で圧縮強度が 4~5% 程度低下することがわかる。硬練りのコンクリートでは、締固めを十分に行なった場合のほか、水・セメント比法則は よ

図-1 各種セメントによるコンクリートの圧縮強度

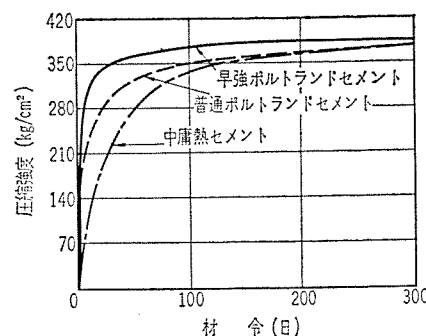


図-2 水セメント比と圧縮強度および締固めの程度との関係

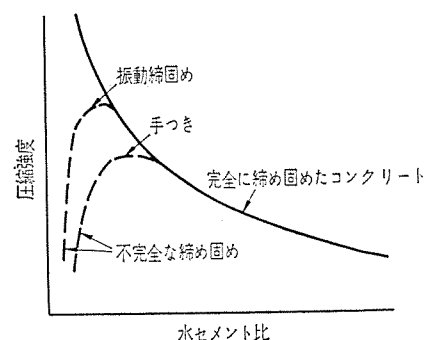


図-3 空げきによる圧縮強度の低下

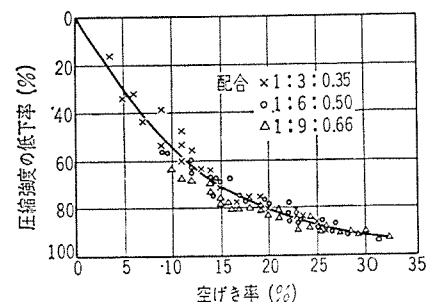
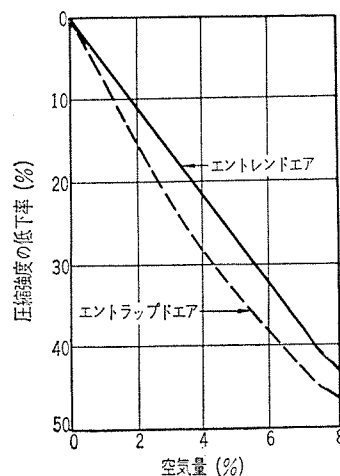


図-4 空げきによる圧縮強度の低下



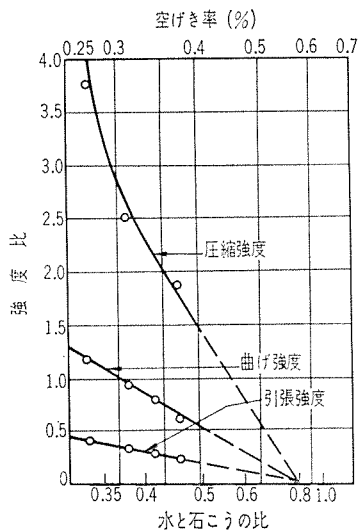
くあてはまらないのである。図-4 は P.J.F. Wright の実験で、空げき率により圧縮強度が低下する傾向を エントレンド・エアとエントラップド・エアとの場合に

ついて示している。

水・セメント比の値は 硬化したコンクリート中のセメントペーストの空げきの量に直接関係がある。したがって、コンクリートの空げき率は セメントペーストの水セメント比と締固めの程度によって定まると考えてよい。

空げきの量が強度に深い関係をもっているのは コンクリートの場合のみでなく、石こうその他のぜい性材料の場合も同様であって、図-5 は⁸⁾ 石こうの圧縮強度、引張強度および曲げ強度と空げき率との関係を示したものである。

図-5 石こうの力学的性質



このように、コンクリートの強度は そのセメントペーストの空げき率と深い関係があるが、この場合、他の力学的性質も これに関連していると考えてよい。コンクリートの圧縮強度、ヤング係数、単位重量などの関係は、A.C.I. の基準¹⁰⁾に示されている式 $E_c = 33 W^{3/2} \cdot f_c^{1/2}$ がよい参考となる。

(2) 乾燥収縮その他の性質

a) 乾燥収縮 硬化したコンクリートの乾燥収縮は空げき率が大きいほど 大きくなる傾向が認められている。図-7¹¹⁾は 乾燥収縮が空げきの量によってどのように変わるかを示したものである。単位水量を少なくし、硬練りのコンクリートを十分よく締固めるのが 乾燥収縮を少なくするのに有効であることがわかる。AEコンクリートの場合、ある程度の空気量をいれることによって 単位水量を減らすことができるので、乾燥収縮が大きくなるとはかぎらない。図-6 によると、空気量が1%から5%へ増加する場合、単位水量を 空気量1%について 4~5 kg/m³ 程度 減らすことができれば、乾燥収縮は大きくならないと考えてよい。

b) 耐久性 一般にAEコンクリートは 普通コ

ンクリートに比して耐久性が大きいと考えられている。AEコンクリートの場合、コンクリートの耐久性は 空気量が数%にいたるまで 急に大きくなるが、空気量があまり多いと、耐久性は小さくなる。図-7¹¹⁾は これらの関係を示したものである。エントレンド エアでも空気量があまり多いと耐久性を害するが、不規則に連続しているエントラップド エアは コンクリートの耐久性にたいして有害である。気孔相互間のセメントペーストの厚さが かなり重要な要素となるのであって、0.2~0.3 mm 程度が必要とされている。図-8¹²⁾は 気孔間のセメントペーストの厚さが どのようにコンクリートの耐久性に関係するか を示している。

図-6 空げきの量と乾燥収縮

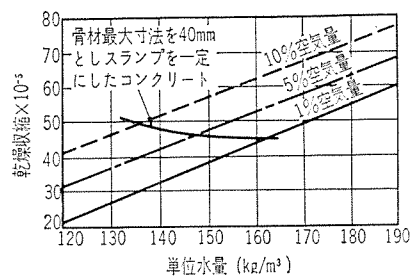


図-7 コンクリートの耐久性と空げき率

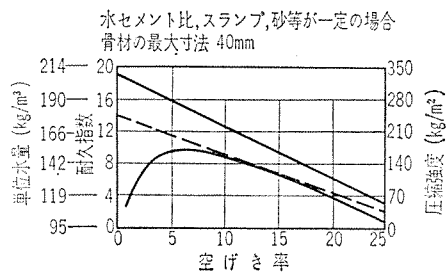
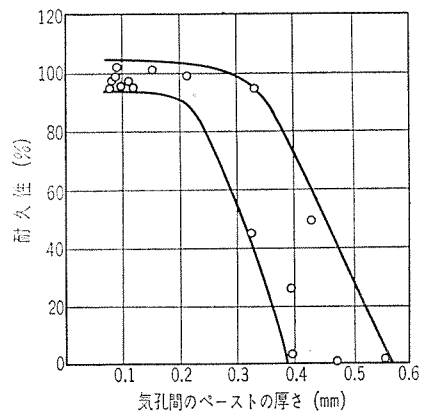
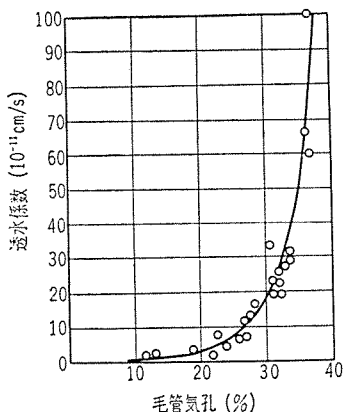


図-8 気孔相互間距離と耐久性



c) 水密性 コンクリートの気孔は水密性に深い関係がある。気孔の量が多いほど 透水性が大きくなる傾向があるが、この場合、気孔相互間のペーストの厚さが重要な要素である。毛管気孔と透水性との関係を示したのが 図-9 である。これにより、空気量が数%以下の

図-9 毛管気孔と水密性



コンクリートは、十分締固めた場合、水密性に実用上の問題のないことが考えられる。

(3) 力学的諸性質の相互の関係

コンクリートの品質および各種の強度は、圧縮強度によって判断することができる。これらの諸性質と圧縮強度との関係を示す試験結果を紹介する。

図-10 は 圧縮強度と引張強度および曲げ強度との関係を示す試験結果である。

図-11 は 圧縮強度と付着強度との関係を示す試験結果である。

図-10 圧縮強度と引張強度との関係

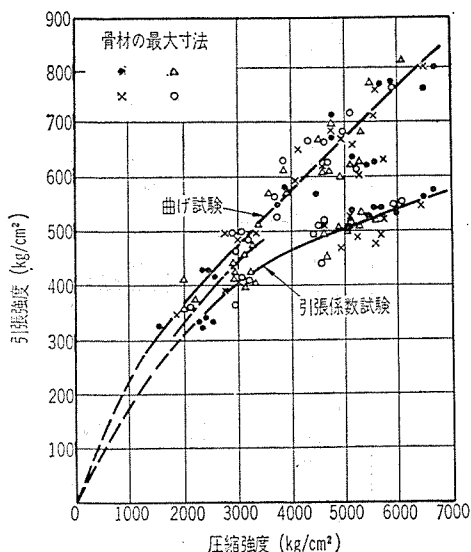


図-11 圧縮強度と付着強度 (引抜試験)

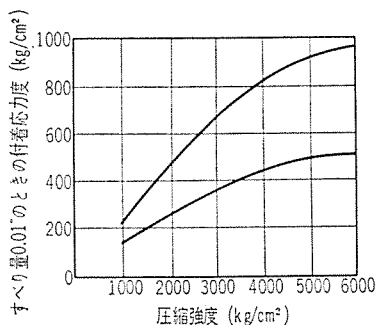
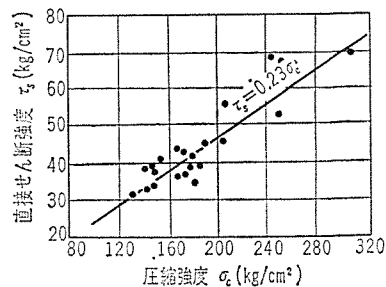


図-12 は 圧縮強度と直接せん断強度との関係を示したものである。

図-12 圧縮強度と直接せん断強度との関係



3. コンクリートの振動締固め

コンクリートの種々の性質に その空げき率が密接な関係を有していることについて 前節で考察を行なった。その結果、コンクリートを十分に締固め、その中の気孔をなるべく少なくし 密実なコンクリートを製造することが よいコンクリートを製造するために きわめて大切な基本的事項であることを知ることができた。

しかして、この締固めの程度は、前述のように、圧縮強度によるコンクリートの管理方法で 検討することが困難である。また、硬化したコンクリートはすでに 構造物の一部となっており、この状態において 欠陥を認めても、これにたいして処置することが むずかしいのが一般である。したがって、まだ、固まらない状態あるいは打込み締固め中において、コンクリートの締固めの程度を判断する方法を明らかにすること、および、十分効果的に締固める方法を確立し、これを確実に実行することが 大切となるのである。

コンクリートの締固めの程度を判断する方法、および、その効果的な締固めの方法を明らかにするために、まだ固まらないコンクリートの各分子が どの程度の振動(すなわち、振動加速度、振幅、振動数など)をどの程度の時間 受ければどの程度に締固められるかを明らかにすること、また、その振動を加えるのに どのような振動機をどのような方法で使用するか、などについて 検討する必要がある。

つぎに、これらの事項について、考察を行なうことにする。

(1) まだ固まらないコンクリートの振動効果

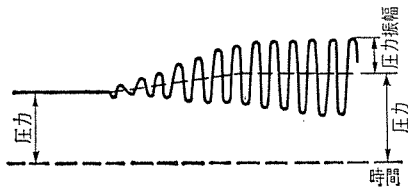
振動をうけているまだ固まらないコンクリートの締固め効果を判定する方法としては、振動をうけているコンクリートの内部圧力の その静圧力にたいする増加の割合、コンクリートの分子の振動加速度、振幅、振動数、などを測定することが 考えられる。

コンクリートの振動締固め効果については S.G. Bergstrom の研究¹⁷⁾がある。この研究は スエーデン

のセメント・コンクリート研究所において行なわれた室内実験であるが、コンクリートの振動締め固めの機構をよく説明している。

コンクリートが振動をうけた場合、その内部圧力は図-13に示すように 振動時間とともに増加し、圧力振幅もこれに応じて増加する。ある程度以上時間が経過すると、これらの圧力は ほぼ一定となる。この間、コンクリートの締め固まりの経過は 大別して 4段階に分けることができる。すなわち、

図-13 振動によるコンクリート圧力の変化



1) 初期の流動的な段階：この期間は打込まれたコンクリートが型わくの各部へゆきわたるように流動する期間であって、本来これは締め固めではなく、“打込み”と考えられる。普通この作業は棒状振動機などでコンクリートを流動化して行なわれるので、同時に締め固め効果のあることはもちろんである。

一般には、このような方法でコンクリートを大きく移動させることは分離の原因となるので、さげなければならない。

コンクリートが型わく内の各部にゆきわたり、モルタルが骨材を ほぼ一様にとりかこむ状態となって、つぎの段階へうつる。

2) 締め固め効果のある段階：この段階では、振動によりコンクリートの各分子相互間の摩擦が減少し、振動のエネルギーによりペーストの粘性にうちかち、締め固め効果があらわれる。

この段階では、コンクリート内部から空気が外へ出て、コンクリート表面は次第に水分をまし光沢を示す状態になる。

3) 安定状態の段階：この段階では空気の散逸が減少し、コンクリートの配合と加える振動とに応じた最終的な締め固まりの状態に達し、ほぼ定常的となる。これ以上振動を加えても、締め固めの効果はあがらない。

4) 分離：さらに振動を加えると、コンクリート中に分離を生じ、普通コンクリートの場合では、粗骨材が底に沈む傾向がでてくる。

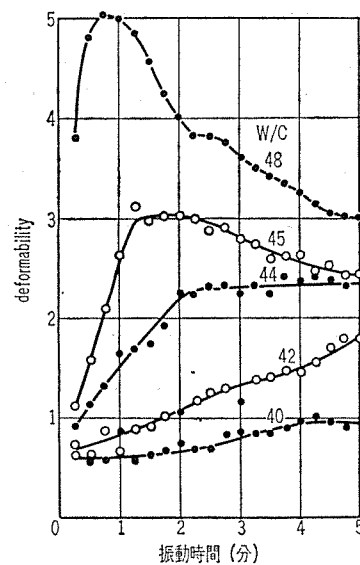
これらの4つの段階はコンクリートの配合により相対に相異なるものであって、非常に軟練りのコンクリ

トでは、振動締め固めを始めると同時に、分離つまり前述の4)の段階の状態となる。1)ないし3)の段階は、水・セメント比が大きいほど、セメントペーストが多いほど、また粗骨材が重いほど時間的に短い。

後藤博士などの研究¹⁶⁾によれば、コンクリートの締め固め効果をあげるためには、コンクリートの分離を生ぜしめないようにしてなるべく十分な振動を加えることが必要であり、そのために、コンクリートの配合はセメント、細骨材、粗骨材などの粒度のみでなく、各材料分子の大きさや比重との応じた単位量を定めることが大切であるとしている。

Bergstrom は、まだ固まらないコンクリート中にねじり振動を生ずる羽根付きの軸棒をそう入し、振動締め固め中のコンクリートの流動化と締め固まりの程度(deformability)を軸棒のねじり振動の対数減衰率であらわしうるものとして、締め固めの効果を測定した。図-14¹⁷⁾はその試験結果の一例である。この試験は、コンクリートの水・セメント比35%、骨材の粒度を一定とし、セメントペーストの全コンクリートにたいする体積比(%)により、締め固めの効果がどのように相異なるかを示したものである。

図-14 振動締め固め効果



このようにして測定された締め固めの程度(deformability)と曲げ強度(10×15×80 cmのコンクリートはり)との関係を 図-15¹⁷⁾に示している。これによって、deformabilityの曲線が曲げ強度の曲線によく類似していることがわかる。

以上は振動と受けたコンクリートの締め固まりの程度をのべたものであるが、コンクリート内で振動がどの程度の範囲まで伝ばするかを知ることは、内部振動機のそう入間隔、型わく振動機の配置などをきめるために

図-15 振動締めめの効果

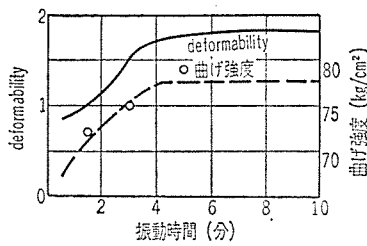


図-16 コンクリートの圧力振幅

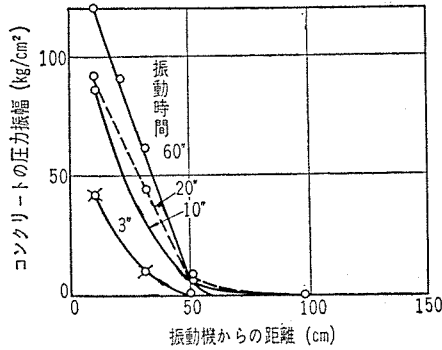


図-17 コンクリートの振動変位

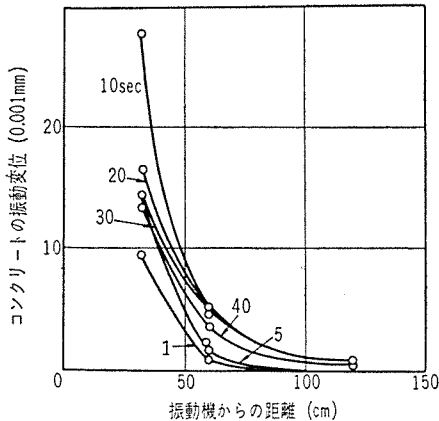
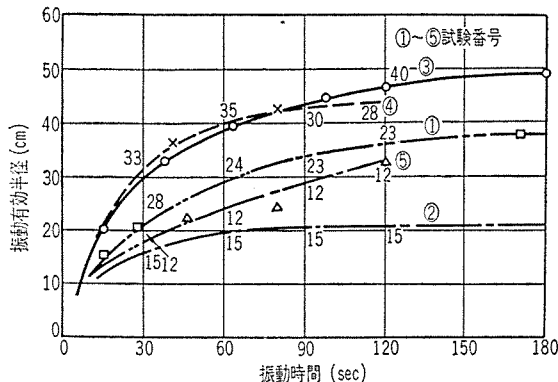


図-18 振動の有効半径



重要である。

図-16¹⁷⁾は 棒状振動機からの距離によって コンクリートの振動の圧力振幅が どのように変わるかを示したものである。図-17¹⁷⁾は、同様に、振幅(変移)について示したものである。また、図-18¹⁷⁾は コンクリート

の振動の有効範囲が 振動時間によって どのように変化するかを示している。これらの図によって、振動が有効に伝わる範囲は 振動機から 20~50 cm 程度であることがわかる。なお、この試験に用いられたコンクリートの配合および電気式棒状振動機の特徴は 表-1、2 のとおりである。

表-1

試験番号	セメント量 (kg/m³)	w/c	粗骨材体積 (%)	スランブ (cm)
①	800	0.66	28	3.3
②	295	0.59	39	1.9
③	350	0.45	40	0
④	350	0.45	40	0
⑤	350	0.45	40	0

表-2

試験番号	周波数 (cps)	振幅(空中) (mm)	加速度(空中) (m/s²)	加速度(コンクリート中) (m/s²)
1	150	0.50	460	410
2	150	0.50	—	480
3	250	0.29	690	500
4	152	0.50	450	—
5	258	0.17	250	100

コンクリートの分子が 図-18 に示す変位を示している場合、振動の周波数が 表-2 に示す 150~250 cps とすると、図-17 に示す範囲のコンクリートの振動加速度は せいぜい 表-2 の 1/10 程度すなわち 2~5 g 程度にすぎないことがわかる。硬練りコンクリートの締め固めには、少なくとも 4g 程度の振動が必要であることが認められている。

(2) 再振動締め固め

a) 再振動の効果 コンクリートが 十分な振動をかけてプラスチックにならないほど硬くなっていないければ、十分な再振動は有害でなく、むしろ、これを正しく実施すれば、コンクリートの強度が ある程度増加するものである。しかし、再振動の時期および方法をあやまると、強度が急に低下するなどの危険がある。

プレストレスト コンクリート桁の 施工において、国鉄で一般に行なわれているコンクリート 打込み方法では、まず、桁腹部のコンクリートを打設し、つぎに上突縁のコンクリートを打設するが、この間の時間差が 1~2 時間程度以上となっている場合が多い。したがって、上突縁のコンクリートを 棒状の内部振動機によって 振動締め固めを行なえば、腹部以下のコンクリートは再振動をある程度受けることになる。大きい桁を施工する場合、支保工上でコンクリートを打設する場合などでは、コンクリートを 分割して施工しなければならないので、打設されたコンクリートが再振動をうけることを

ある程度 さけることができない。もちろん、再振動は積極的に コンクリートの品質を改善する目的で行なわれることが多い。コンクリートの打込み後、数時間を経て、再振動を与えると、コンクリートの収縮ひびわれ、鉄筋、骨材などの下面の空げきが閉じて、コンクリートの品質が改善される効果があるのである。

図-19¹⁹⁾は、再振動を行なったコンクリートの圧縮強度を示したものである。この試験結果によれば、コンクリートの再振動は、コンクリートの打設後 2~4 時間を経て行なった場合に、もっとも効果が大きく、圧縮強度は 10% 程度 増加していることが認められている。この試験に用いられたコンクリートの配合は 表-3 のとおりである。振動は、6 000 rpm の電気式の棒状振動機を用い、コンクリート打設直後に 20 秒間、さらにある時間経過後、再び 20 秒間 与えたものである。

図-19 再振動による圧縮強度の変化

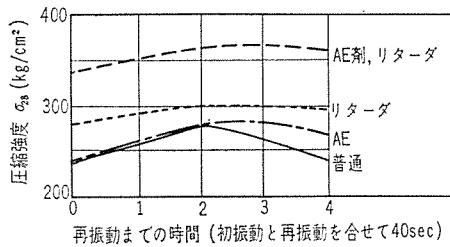


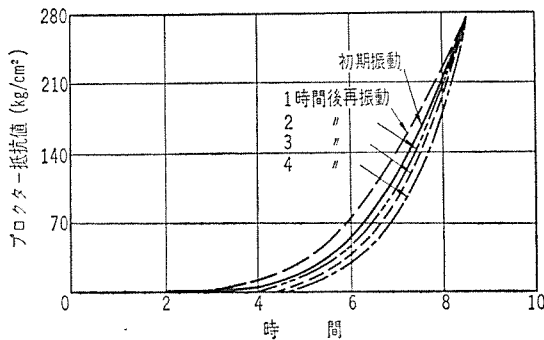
表-3

	普通	AE剤	リターダ	AE剤 リターダ
ス ラ ン プ	3	2 7/8	3 1/8	2 3/4
空 気 量 (振動前)	1.1	5.0	1.5	5.1
コンクリート重量 (kg)	2 480	2 420	2 495	2 420
w/c	0.62	0.51	0.58	0.50

図-20¹⁹⁾は AEコンクリートにおける 終結あるいは硬化にたいする 再振動を与える時期の影響を示している。

b) 不完全再振動の影響 再振動の時期および時間を誤ると、コンクリートの強度が急に低下し きわめ

図-20 再振動による終結時間の変化 (AEコンクリートの場合)

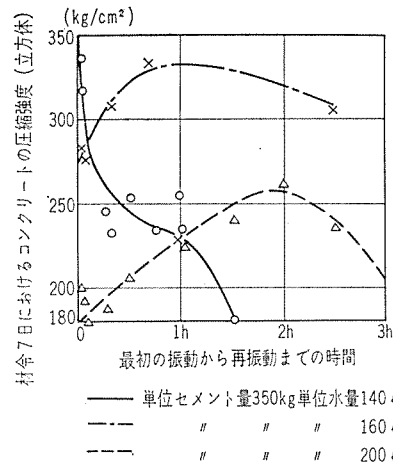


て危険である。

図-21²⁰⁾は 再振動が コンクリートの品質を害している試験結果である。

この試験では、単位水量の大きいコンクリートの場合には、その品質が 再振動により 改善されるが、単位水量の小さいコンクリートでは、圧縮強度が 相当に低下している。これは、単位水量の小さいコンクリートでは、凝結または硬化の過程が早く進行して、再振動により 結晶体の結合が破壊されるためと 説明されている。試験に用いられたコンクリートの配合は 表-4 のとおりである。振動は 9 000 rpm、振幅 0.3 mm の棒状の内部振動機を用いて、コンクリート打設直後 30 秒間の振動を与え、ある時間経過後、再び 30 秒間の振動を与えたものである。

図-21 再振動の影響



(注)：使用セメントは普通セメントで、振動は振動数 150 サイクル毎秒、振幅 0.3 mm の棒状振動機を使用し、最初および再振動時とも 10 秒間の振動を与えた。

表-4

種別	水 (kg)	セメント (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	備 考
1	140	350	760	1 200	セメント：普通ポルトランドセメント
2	160	350	950	800	砂：セヌ河産 0~6 mm
3	200	350	950	800	砂利：セヌ河産 5~15 mm

この試験からは、硬練りのコンクリートでは、再振動が有害となる場合のあることが考えられるが プレストレスト コンクリート桁の製作の際には、常にコンクリートが再振動をうける機会をさげられない。したがって、施工の際には、その振動数、振幅、振動をかける時期、振動時間などが コンクリートの品質に与える影響について 注意して、工事の計画をしなければならぬ。

参 考 文 献

- 1) 尾坂芳夫：固練りコンクリートの振動締めについて、

- 土木技術, (1964. 10)
- 2) 尾坂芳夫, 林 博: 型枠がコンクリートの品質に及ぼす影響について, 土木技術, (1965. 3)
 - 3) 尾坂芳夫, 山口良夫, 林 博: コンクリート用型枠の構造と振動締固め効果に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要(北海道大学) (1966. 5)
 - 4) Price, W.H.: "Factors influencing concrete strength", J. of A. C. I, 47, pp. 417~32 (1951.2)
 - 5) Arrambide, J. et M. Duriez: "Agrégats Liants et Bétons Hydrauliques Aciers et Métaux Usuels", Editions du Moniteur des Travaux Publics.
 - 6) Kaplan, M.F.: "Effects of Incomplete Consolidation on Strength, Ultrasonic Pulse Velocity, and Dynamic Modulus of Elasticity of Concrete", J. of A. C. I. 56 pp 853~67 (1960.3)
 - 7) Wright, P.J.F: "Entrained air in concrete", Proc. I. C. E. Part 1, 2, No. 3, pp. 337~358 London, (1953.5)
 - 8) Neville, A.M.: "Properties of Concrete", (Pitman, 1963)
 - 9) Lea, F.M.: The Chemistry of Cement and Concrete (London, Arnold 1956)
 - 10) Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-63)
 - 11) Concrete Manual: United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. (1955)
 - 12) U.S. Bureau of Reclamation: "The air-void systems of Highway Research Board co-operative concretes", Concrete Laboratory Report No. C-824, (Denver, Colorado, 1956.4)
 - 13) Powers, T.C., Mann, H.M. and L.E. Copeland: "The flow of water in hardened Portland cement paste" Highw. Res. Bd. Sp. Rep. No. 40, pp. 308~23 Washington D.C., (1959.7)
 - 14) Walker, S. and Bloem, D.L.: "Effects of aggregate size on properties of concrete", J. of A. C. I. 57, pp. 283~298 (1960.9)
 - 15) Price, W.H.: "Factors influencing concrete strength" J. of A. C. I. 47, pp. 417~432 (1951.2)
 - 16) Grab O.: "Die Eigenschaften des Betons" Z. Auflage, (Springer-Verlage, Berlin, 1960).
 - 17) Bergstrom, S.G.: "Laboratory Tests on Vibration of Concrete" J. of A. C. I. 49, pp. 893~908 (1953.6)
 - 18) 河上房義・後藤幸正・松本順一郎: 放射線遮蔽用コンクリート, 土木学会論文集 48/11 (1963. 11)
 - 19) Vollick C.A.: "Effects of Revibrating Concrete", J. of A. C. I. 54 pp. 721~732 (1958.3)
 - 20) Lèzy R.: "Etude des Effects de la Revibration du Béton", Laboratoire central des Ponts et Chaussées, Etude No. 2/55, (1956. 10)

スパイラルミース

昭40-22729



(特許公告 昭40.10.7)

神奈川県工業試験所で

製品の優秀性 実証



PC器材専門製造



鋼弦器材株式会社

取締役社長 平野勝之助

本社 横浜市西区中央2丁目42番6号

電話 横浜(44) { 5 7 8 1 ・ 5 7 8 2
2 2 6 4 ・ 7 2 3 9

製造工場 (合) 平野機械製作所

関西支社 大阪鋼弦器材株式会社