

講 演

第25巻第12號 昭和14年12月

コンクリート振動機の性能に就て

(昭和14年10月19日土木學會創立25周年記念講演會に於て)

會員 内 山 實*

1. 緒 言

コンクリートの締固めに際し、振動機を使用する目的は、水量の少ない、硬練りコンクリートを打つためであります。コンクリートの水量を少なくすると、水セメント比をそれだけ小さくすることが出来るから、強度は上り、所定の強度を得るためのセメント量を節約することが出来ます。即ち、コンクリートの經濟化を計ることが出来るのでありまして、之が振動機使用の第一の利點であります。然し、我國に於ては、實情に徴するに、振動機は購入價格が可成り高く、保修費も相當かゝりますから、一般鐵筋コンクリート工事に之を使用して、少しばかりのセメント量を節約しても、到底工費の經濟にはならないのであつて、それよりは寧ろ、セメントを餘分に使つて、從來の軟練りコンクリートを打つ方が、利益であると云ふことになります。それでは、我國に於ては、振動機使用の餘地が全くないかと云ふに、我々は茲に、歐米に於て、振動コンクリートを今日程發達させた今一つの大きな理由を想起する必要があると思ひます。それは、振動機を使用して硬練りコンクリートを打つことに依り、コンクリートの收縮龜裂の發生を防ぎ得ることでありまして、振動機使用の第二の利點とも云ふべきものであります。リースの説等に依つて明らかな如く、一般にセメントを多く使へば、或る程度まで、コンクリートの壓縮強度を上げることが出来、又コンクリートの他の性質も全般的によくすることが出来るのでありますが、只、收縮龜裂を生ずる傾向を増すのは、避け難い缺點と云はねばなりません。それで、成可くセメントは少なく使用するのが好ましいのであつて、振動機を使用して硬練りコンクリートを打てば、所定強度を得るためのセメント量を減ずることが出来るから、此の點が非常に都合なのであります。従つて水力發電用堰堤工事及道路鋪裝工事等に於ては、今日、硬練りコンクリートを使用するのが普通であつて、茲に於て、振動機はコンクリート締固め上、我國に於ても是非なくてはならぬ、重要な用具であることが解ります。之を要するに、我國に於てはコンクリートの壓縮強度を上げる方法として、心配なく、セメント量を増し得る場合には、振動機の必要は全くないのであつて、コンクリートたと鐵筋コンクリートたとを問はず、收縮龜裂防止のため、水量を減じ、水セメント比を小さくして、強度の増加を計らんとするとき、始めて、其の大きな用途を發見するものと云ふことが出来ます。

然し、是等の外、特殊の構造物若くは既成コンクリート製品等に於て、自重軽減其の他のために、コンクリートに極めて高強度を發揮せしめんとした場合、現場で行ひ得る方法としては、今のところ、富配合を、非常な硬練り状態に於て、振動機を使用して入念に施工すること以外には考へられないのであつて、之も亦別の意味に於ける重要な振動機の用途と云はねばなりません。

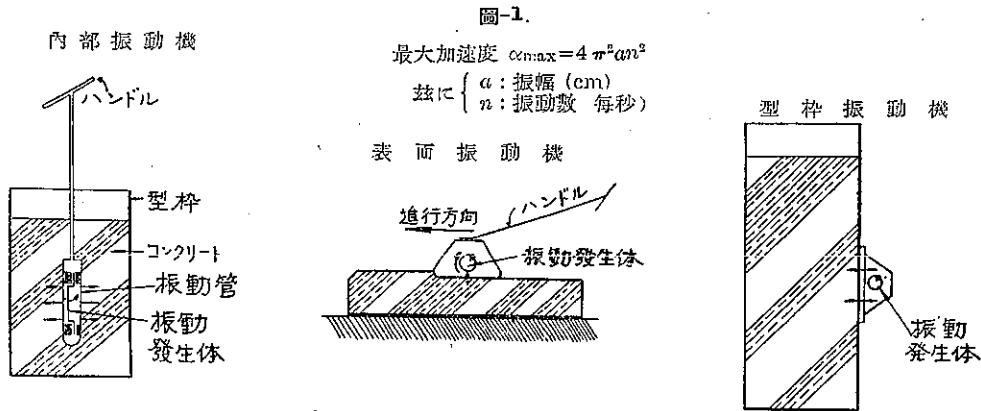
以上の如きコンクリートの振動締固めに際し、最も重要な役割を演ずるものは、何と云つても振動機それ自體であつて、今日に於けるコンクリート施工技術の進歩發達が、優秀なセメントの製造に負ふところが多かつた様に、

* 工學士 鐵道技師 鐵道省大臣官房研究所勤務

振動コンクリートの將來も亦かゝつて優秀な振動機の出現にあるものと信じて疑はないのであります。従つて、此の際、振動機の有する性能なるものを、更めて、十分審議することは、振動機の進歩改善並に振動コンクリートの將來のために、又意義あることかと存じます。

2. 振動機の作用

振動機には、其の用途に應じ、種々の型式がありますが、現場で使用される主なものとしては、内部振動機、表面振動機及型枠振動機があります。圖-1は是等の振動機の構造の大體を圖解したものでありまして、何れも振動發



生體を有し、之を堅牢な特殊鋼で水密に包んで居ります。今、試みに内部振動機に就て考へてみると、振動管の中には 1 本の回轉軸を収め、之を電動機又は壓縮空氣で回轉さすのであります。回轉軸には、強め、一定の回轉重量が偏心的に取附けられて居るので、其のために遠心力が起り、振動管が四周方向に動かされて、茲に一種の機械的な衝動を生じます。此の衝動は周囲のコンクリートに傳播して、コンクリート中の各粒子に振動を起させます。斯くて、コンクリート内部の摩擦抵抗は著しく減殺され、コンクリートは全體としてプラスチックな粘液状態となりますので、そこで、各粒子は重力の作用を受けつゝ、自然に締固められるのであります。表面振動機及型枠振動機は、振動方面が夫々鉛直若くは水平の 1 方向に限定されて居る點では、内部振動機と異つてゐるが、コンクリートに對する作用は全く同様であります。

3. 振動機の性能

是等各種振動機の性能として、茲に、4 つの事柄をあげてみたのでありますが、其の第一は、コンクリートに振動を傳へる能率の良否、即ち、振動機の型式に依つて、コンクリートに振動を傳へる能率に優劣がある點であります。コンクリートに振動を傳へる點は内部振動機が最もよく、之に續くものは表面振動機、型枠振動機の順序であります。型枠振動機は、何と云つても型枠を通じて、コンクリートに振動を與へるのでありますから、其の振動の何割かは型枠に吸収せられることを免れないし、又、表面振動機は、コンクリートに直接に振動を與へることは出来るが、内部振動機のように、四周のコンクリートに而も相當な深さに互り、一樣に振動を與へる能率のよさには劣るのであります。然し、振動機の型式は、専ら其の用途及現場の諸條件に依つて、決定せらるべきものでありますから、振動傳達の能率の良否も、全く之に附隨して決定されることとなります。

第二に考へられることは、振動の影響範圍の大小であります。例へば内部振動機の場合に於ては、振動管の直

徑は、或る程度まで大きい方が望ましいのであつて、振動管が太いと、コンクリートに對する作用面積が増し、それだけ振動傳播の範圍が擴大されるからであります。振動の影響範圍が擴大されると、一定容積のコンクリートを齊等に締固めるのに、挿入回数が少なくてすみ、従つて、比較的速く作業が完了するのであります。然し、此の振動管も鐵筋コンクリートの場合、鐵筋相互の間隔及鐵筋と珪板との間隔等に依つて押へられ、無筋コンクリートの場合は、餘り太くするとコンクリートの中に孔を残す恐れが起り、又、原動機の所要馬力數が増大するので、管の太さは常に自ら限定せられる様であります。

以上の 2 性能は何れも、振動機の型式、形、用途等に依つて、自ら決定せられるものでありますが、今、茲に丁の振動機が與へられたとき、之に就て審議すべき重要な性能は何かと云ふに、それは其の振動機の堅牢さと有効さの 2 問題であると思ひます。

振動機は如何に優秀であつても、故障の連続では用をなさないのであつて、土木工事用の施工機械として、現場に於て、可成り亂暴に使用せられるものと想像されるから、先づ第一に堅牢であることが必要であります。從來電動式と空氣動式とがあるが、堅牢さの點に於て何れが優るかは、簡単に判斷し難く要は個々の製品に依る様であるから、購入に際しては、相當長期間に互り、反覆運轉して、其の耐久性を試験する必要があります。

今 1 つの問題は、振動機の有効さであります。ミキサからコンクリートが吐出されるのに順應して、遅れない様に、迅速に締固めを行ふためには、振動機は、有效なものを選ぶ必要があります。振動機の有効さと云ふ言葉を今少し丁寧に云ひ表はすと、コンクリートを締固めるために必要な、振動時間の短かさと表はされるものと云ふことが出来ます。即ち、コンクリートを締固めるための、所要振動時間の短いものが有効な振動機であると云ふことになります。最近までに、各國に於て行はれた振動コンクリートに關する實驗の結果、此の有効さは、振動機の有する加速度に正比例することが解つて來たのであつて、或る程度までは、振動機の加速度が大きい程、締固めが捗ることになるのであります。之は、我々が常識で考へても明らかで、コンクリートの品質が一定であるならば、振動機の加速度が大きい程、コンクリート粒子に餘計に振動を起させることが出来るから、より締固めが捗ることは當然と存じます。

然らば、其の加速度は如何にして求めるかと云ふに、一般に振動機の振動は、單純な正弦運動 (simple harmonic motion) と見做すことが出来るから、其の最大加速度は $\alpha_{\max} = 4\pi^2 a n^2$ で表はされます。茲に、 n : 振動數 (單位時間内の)、 a : 振幅、故に、上式に振動數及振幅の實測値を代入すれば、最大加速度が解る理であります。其の際空氣中に於て自由に振動させた場合の最大加速度の外に、實際コンクリート中に挿入した場合に就て、振動數及振幅を測定し、其の最大加速度を求めてみる必要があります。之は、一般に振動機は實際コンクリートに適用すると、其の振動數及振幅の幾分を低減する性質があつて、此の低減率の大小も亦振動機の性能評價上の、一要素だからであります。尙、最大加速度の式に依つて明らかな如く、振動數及振幅が大きくなると、振動機の最大加速度は大となり、特に振動數が大きくなると、自乗に影響するから、最大加速度が急激に増加するのであつて、之は、最近競つて高振動數のものが製作されつゝある所以であります。

鐵道省に於て、從來使用せられて居る約 10 種類の振動機に就て、先頃、特定の裝置に依り、振動數及振幅を測定し、其の最大加速度を算出して見たのであるが、其の一例は 圖-2 及 圖-3 であります。

圖-2 はバイバー 15 號型の場合であります。圖中上方の曲線は振動數と経過時間との關係であるが、斯様な高振動數のものでは、振動數は振動機の起動後幾分上昇し、然る後着着く傾向があります。尙、之をコンクリート (1: 2: 4、セメント量約 300kg、 $w/c=45\%$ 、スランプ約 2 cm、粗骨材としては最大寸法 3 cm の砂利を使用) 中に挿

圖-2.

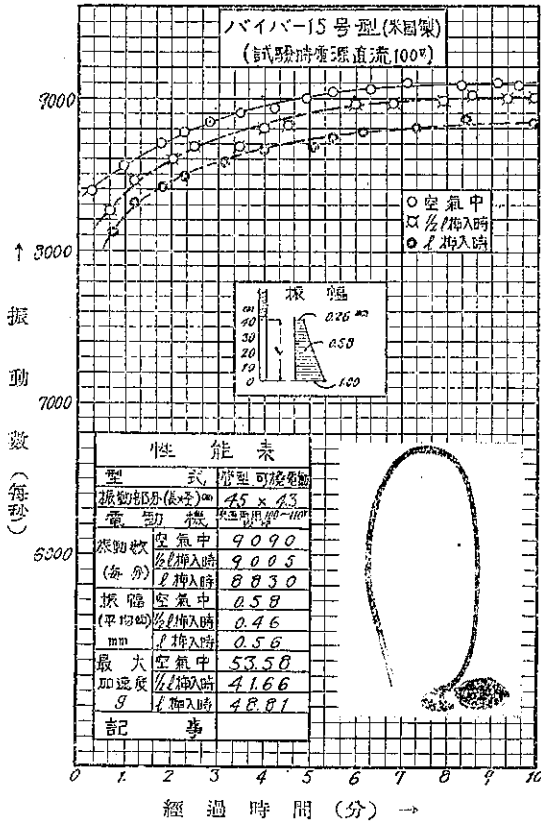
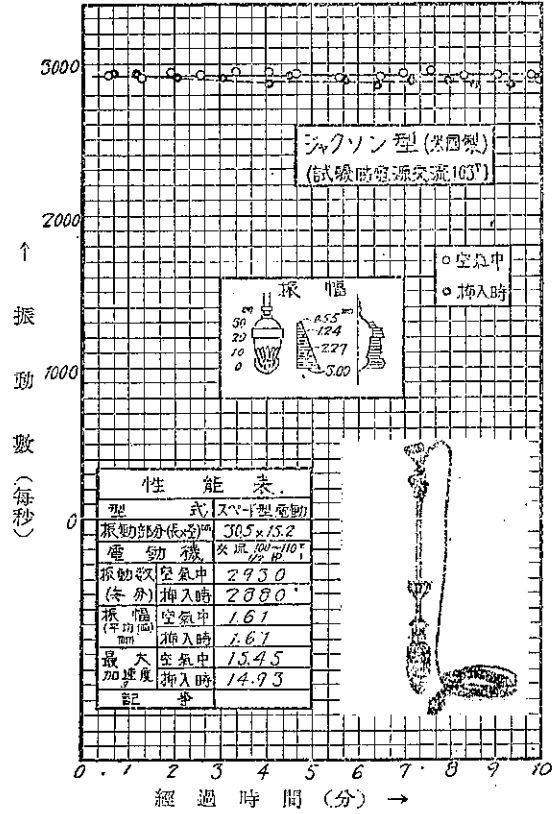


圖-3.



入すると、其の挿入の長さに応じ、幾分振動数が減じて居ります。圖中振幅の測定結果は空気中の場合で、之もコンクリート中では、やはり幾分低減致します。結局、最大加速度の値は其の性能表中に表はして居りますが、之は、簡明のため、最大加速度を重力加速度 ($g=981 \text{ cm/sec}^2$) の倍数で表はしたもので、空気中では $53.58g$ 、コンクリート中では $48.81g$ となります。

圖-3 は、ジャクソン型と稱するスベード型の内部振動機の場合であります、之では、振動数は殆ど變化なく、又、振動機の優秀なためか、コンクリート (1:3:6、セメント量約 200 kg、 $w/c=50\%$ 、スランブ 0 cm、粗骨材としては最大寸法約 7 cm の砂利を使用) 中に於ける低減も極めて渺ない様であります。尚、其の最大加速度は空気中で $15.45g$ 、コンクリート中で $14.93g$ であります。

斯様な内部振動機の試験結果を取纏めたものが、表-1 でありまして、之から、其の最大加速度の値に依つて、振動機の有效さを比較検討することが出来、又、實際コンクリートに適用したときの低減率の大小を窺知することが出来ます。

4. 結 語

以上は振動機の性能に就て、一通り申述べたのでありますが、以上のうち、振動機の堅牢さと有効さに對する試験は、今度、振動機の大量的な購入、又は振動機の試作研究等に際し、是非實施せられ、發動機の改善並に振動コ

表—1. 内部振動機の性能試験結果

品名 (試験時電源)		バイバー 15号型 (米國製) (直流 100V)	ブロー デ・テク ニクド・ コック ンスト ン型 (佛國製) (交流 103V)	和製A型 (直流 100V)	和製B型 (直流 100V)	和製 山本式 (交流 202V)	ジャク ソン型 (米國製) (交流 103V)	和製球型 (交流 100V)
型式		管型, 可撓, 電動	管型, 可撓, 電動	管型, 可撓, 電動	管型, 不撓, 電動	管型, 不撓, 電動	スベード 型, 電動	球型, 電動
振動部分(長×徑) cm		45×4.3	80×4.5	47×4.4	65×4.3	20×6.5	30.5×15.2	22×14
電動機		交直兩用 100~110V 1/2EP	交流 100~110V 1/3EP	交直兩用 100~110V 1/2EP	交直兩用 100~110V 1/2EP	三相交流 200~220V 1/10EP	交流 100~110V 1/2EP	交流 100~110V 1/8EP
振動數 (毎分)	空气中	9090	4460	8040	9330	2900	2030	2050
	長1/2挿入時	9005	3750	7850	9200	—	—	—
	長1挿入時	8830	3580	7740	9160	2860	2880	1630
振幅 (平均値) mm	空气中	0.58	0.72	0.74	0.36	2.51	1.61	0.62
	長1/2挿入時	0.46	0.70	0.50	0.31	—	—	—
	長1挿入時	0.56	0.72	0.63	0.36	0.48	1.61	0.23
最大 加速度 g	空气中	53.58	18.68	53.48	35.04	23.60	15.45	2.91
	長1/2挿入時	41.66	13.10	34.45	29.33	—	—	—
	(低減率%)	(22.1)	(29.8)	(35.6)	(14.4)	—	—	—
	長1挿入時	48.81	12.03	42.20	33.77	4.39	14.93	0.67
	(低減率%)	(8.9)	(35.6)	(21.1)	(3.6)	(81.2)	(3.4)	(76.8)

ンクリートの理論的施工に資せられんことを希望致しまして、本講演を終ります。御静聴を感謝致します。