

V-345 内部振動機の有効範囲とその判定について

東洋大学工学部 正会員 坂本信義

東洋大学工学部 正会員 岩崎明

1. まえがき

内部振動機によるコンクリートの締固めは、良質のコンクリートを迅速に施工するために不可欠であるがコンクリートの性質と振動機の特性ととの適合性についてはまだ十分な資料を得るに至っていない。そこで、コンクリートのコンシステンシーと振動機の振動特性を変化させて締固め有効範囲を測定し、適正な締固め条件ならびに施工時における締固めの判定方法を検討した。

2. 実験方法

振動機による締固め効果を判断する方法には、硬化後におけるコンクリートの性質と均質性を考慮しなければならないが、これらを施工中に判定することは困難な場合が多いので、一般には打込んだコンクリートの表面の状況を観察して、浮水（水の光）の生じた範囲を締固まった部分とする方法がとられている。しかし、振動締固め時においては浮水の発生だけでなく、気泡の浮上も起こることがあるので、本実験ではこれらも考慮に入れることにした。実験に使用したコンクリートは表-1に示す配合のレディーミクストコンクリートである。内部振動機の無負荷時における特性は表-2に示したとおりである。使用した加速度計は容量500（g）のものであって、これを振動機の回転重錘の長さ方向の中心位置にあたる筒表面部に取り付けて無負荷時およびコンクリート中での加速度振幅を測定した。コンクリート中に埋設した加速度計は容量20（g）で、埋設位置は図-1に示すとおりである。コンクリートの表面状況の振動による変化の過程は

表-1 実験に使用したコンクリートの性質

（単位量）

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (mm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	水量 W (kg)	セメント量 C (kg)	細骨材量 S (kg)	粗骨材量 G (kg)
20	2.5	2.0	55	46	163	207	876	1038
	8.0				182	331	840	996
	12.0				192	349	822	975
	18.0				206	375	796	941

表-2 無負荷時における振動機の加速度 a_v (g)

振動数 (vpm)	直径 (mm)	加速度 a_v (g)				平均
		30	40	50	60	
12000	30	99.58	96.78	95.08	95.68	96.78
	40	81.59	80.65	81.30	81.30	81.30
	50	106.20	104.59	104.16	104.41	105.09
	60	114.25	113.82	114.93	114.33	114.33

写真とビデオで撮影し、これを用いて気泡および浮水の発生範囲を最大方向とその直角方向で計測して平均値を実験値とした。また、コンクリートが硬化した後においても気泡および浮水の生じた範囲を計算した。

試験体の打込み2日後に直径75mm、長さ200mmのコア供試体を所定の位置（図-1）から採取し、140mmの長さで切断して約5mmの厚さに両面キャッピングを施した後、20℃、RH70%の室内養生を行って材令28日で圧縮強度を試験した。

3. 振動締固めによるコンクリート表面の状況変化と強度変化

図-2は、スランプ8cmのコンクリートについて、振動時間と浮水の生じた範囲との関係を振動筒直径を4種類に変えて実験した結果である。図から明らかなように浮水の発生領域は振動の初期に急速に拡大して振動時間約30秒でほぼ最大値に達し、その後は振動時間を長くしてもほとんど増加していない。このような浮水発生領域の拡大経過は、コンクリートの性質や振動機の特性が変化した場合でも同様の傾向を示した。（スランプ2.5, 12.0cmOHP）

表-3はコンクリートの性質と振動機の振動部直径が変化した場合の気泡の発生領域 r_A (cm) とその位置におけるコンクリート中の加速度 a_A を示したものである。なお、加速度の値は実験結果に基づいた距離-加速度曲線（図-3はその一例）から求めた。

図-1 実験に使用した型枠と加速度計の配置位置およびコア供試体の採取位置

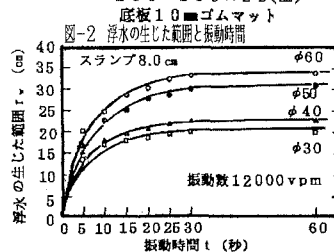
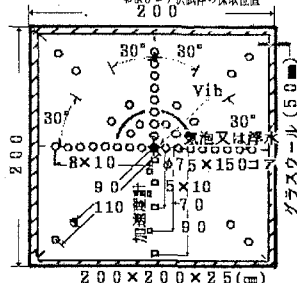


表-3 気泡発生領域の半径 r_A (cm) および
その位置におけるコンクリート中の加速度振幅 a_A (g) 12000vpm60秒

Slump	2.5cm		8.0cm		12.0cm		18.0cm	
ϕ mm	r_A	a_A	r_A	a_A	r_A	a_A	r_A	a_A
30	10.5	5.28	8.0	2.94	7.0	2.78	7.0	2.96
40	10.0	4.91	15.0	2.44	9.0	3.64	11.0	2.28
50	18.0	5.16	20.0	5.63	16.0	6.62	15.0	4.23
60	28.0	3.08	22.5	5.79	26.0	4.85	21.0	3.60

表-4 浮水発生領域半径 r_w (cm) およびその位置におけるコンクリート中の
振動加速度 a_w (g)と締固め有効度 σ_w/σ_{min} 60秒

スランプ cm	振動数 vpm	振動機の直径(mm)							
		30		40		50		60	
8.0	12000	r_w	a_w	r_w	a_w	r_w	a_w	r_w	a_w
		20.0	1.34	22.5	1.54	31.0	3.05	33.5	3.16
締固め度		1.12		1.09		1.24		1.31	

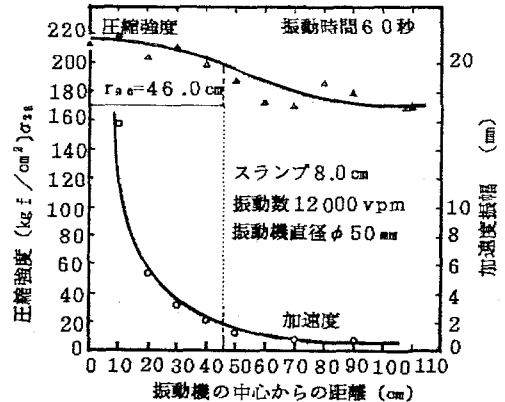
また、表-4は、スランプ8cmのコンクリートについて浮水発生領域の半径 r_w とその位置におけるコンクリート中の加速度を示したもので、最下欄には、 r_w の位置のコア圧縮強度 σ_w とコア試験結果の最小値 σ_{min} との比を締固め有効度として示したものである。表-3, 4によれば、気泡および浮水の発生領域 r_A , r_w は、振動機の直径に関係があって直径の大きいほど r_A , r_w とも大きい事がわかる。また、浮水の発生を締固めの指標とした場合の締固めに必要な加速度 a_A は、スランプ8cmのコンクリートで、1.34~3.16(g)以上となる。一方、表-4に示した浮水発生領域の外周位置における締固め有効度は1.09~1.31倍であって、振動機の直径40, 30, 50, 60mmの順に大きくなっているが、この順序は r_w の位置における加速度(表-3)の大きさの順と一致している。このことは締固めにおける加速度の重要性を示すとともに、振動機の直径が大きい場合には浮水発生領域外であっても十分締固まっている場合があることを示唆するものと思われる。

4. 締固め有効範囲の判定について

コア供試体強度の最大値 σ_{max} に対する比 σ_r/σ_{max} (σ_r は振動中心から r cmにおける強度)を締固め度 c として、 $c=90\%$ となる位置 r_{90} およびその位置における加速度 a_{90} を距離~圧縮強度曲線と距離~加速度曲線とから求めた結果を表-5に示す。(OHP)

図-3は、スランプ8cmの場合の距離~強度・加速度曲線を一例として示したもので、圧縮強度が90%となる距離 r_{90} は、約46cmとなっている。この r_{90} は、コンクリートの性質と振動機の特性に关系があって、スランプ2.5cmおよび8.0cmの場合には $\phi 30$ mm, $\phi 40$ mmの有効度が $\phi 50$ mm, $\phi 60$ mmに比較して相対的に低くなっているがスランプ12.0cmの場合には振動機の差の影響はかなり小さくなり、さらに、スランプ18.0cmのコンクリートにおいては、振動機の直径にかかわらずほぼ全体が最大強度の90%以上の強度となっていた。このことは軟練りコンクリートの場合には型枠内に打込んだ段階で既にかかなり均質に充填されていたことによるもので、表-5(OHP)の結果は硬練りコンクリートには径の大きい振動機を用いることが必要であるが、軟練りコンクリートにたいしては $\phi 30$ mmの振動機でも十分有効であることを示している。なお、 r_{90} を先に述べた気泡および浮水発生領域の半径 r_A , r_w と比較するとどの場合でも大きくなっているから、 r_w を締固め有効範囲とすれば硬化後の圧縮強度についても安全側となると考えられる。

図-3 振動機の中心からの距離と圧縮強度および加速度の関係



このことは軟練りコンクリートの場合には型枠内に打込んだ段階で既にかかなり均質に充填されていたことによるもので、表-5(OHP)の結果は硬練りコンクリートには径の大きい振動機を用いることが必要であるが、軟練りコンクリートにたいしては $\phi 30$ mmの振動機でも十分有効であることを示している。なお、 r_{90} を先に述べた気泡および浮水発生領域の半径 r_A , r_w と比較するとどの場合でも大きくなっているから、 r_w を締固め有効範囲とすれば硬化後の圧縮強度についても安全側となると考えられる。

5. むすび

締固め時における浮水発生領域を締固め有効範囲とし、また、この領域の外周位置で求めた振動加速度を締固めに必要な加速度とすれば強度上からも安全であることが確かめられた。今後は作業能率をも考慮してさらに適性な締固め条件を検討する。

参考文献

1. 岩崎, 坂本: コンクリート中における内部振動機の振動の伝播特性。

土木学会論文集 第402号/V-10 1989年2月