

V-277 フレッシュコンクリート中の振動の伝播とエネルギーの推定

都立大学 正 村田 二郎
都立大学 正〇川崎 道夫

1. まえがき

著者等は振動締固めの程度が時間 t 秒間になされた合計の振動エネルギーでほぼ一義的に表わされることを報告した¹⁾。しかし、コンクリート工事に於いて合計の振動エネルギーで締固めの程度を判定するためには、任意の時間および場所での合計の振動エネルギーを知らなければならないが、この方法は確立していない。本研究は、無負荷時の内部振動機の振動特性並びにフレッシュコンクリートの特性の2者より、任意の時間および場所における合計の振動エネルギーを推定することを目的とし、その可能性について検討したものである。

2. 振動の減衰機構

無負荷時の内部振動機の振動は、コンクリート中に挿入した後、所定の場所に到達するまでの間に4つの異なる機構によって減衰する。すなわち、第1に挿入時のコンクリートの負荷による減衰、第2に振動機からコンクリートへ振動が伝達される際、振動機周辺に形成される乱れの層によって起こる減衰、第3にコンクリート中での幾何学的減衰および第4にコンクリートの組成並びに粘性等材料特性による材料減衰である。従って、任意の場所のコンクリートが受ける時間 t_1 秒間の合計振動エネルギーは式(1)で与えられる。

$$E = W t_1 = \sum_{t=0}^{t_1} \frac{mag}{4} \left\{ \alpha_0 \xi \gamma \frac{1}{x^n} \exp(-\beta x) \right\} \Delta t \quad \dots (1)$$

ここに、 E : t_1 秒間の合計の振動エネルギー、 W : 振動エネルギー、 t_1 : 振動時間、 m : 質量、 a : 振幅、 g : 重力の加速度、 α_0 : 無負荷時の加速度、 ξ : α/α_0 、 α : 負荷時の振動機の加速度、 γ : 振動機からコンクリートへの加速度の伝達係数、 x : 振源からの距離、 n : 幾何学減衰係数、 β : 材料減衰係数

通常の内部振動機を用いる場合、式(1)中の n は0.5として良く、従って、残り3つの減衰係数(ξ 、 γ 、 β)が定量化できれば所定の位置のコンクリートが受ける振動エネルギーの推定が可能となる。なお、式(1)中、振幅 a は推定された加速度より計算でき、また、質量 m は実用上配合より求めた値を用いても差しつかえない。

3. 振動の伝播実験

3.1 実験の概要

上記減衰係数の数量化を検討するため、4種の普通コンクリート、6種のAEコンクリートおよび5種の流動化コンクリートについて、内部振動機を用いた伝播実験を行った。

使用材料およびコンクリートの配合を表1に示す。表1において使用した骨材は通常品質を有するものであり、また粒度も所定の基準に適合している。

伝播試験は図1に示す型枠にコンクリートを2層に打設した後、中央に内部振動機を挿入し、周波数約200Hzの振動を加えた。ここで振動機は $\phi 31\text{mm}$ の高周波振動機を組合せ単振動を行うよう設計したものである。コンクリート中の振動はコンクリートを1層打設後、中央より片側8cm間隔で埋設した10台のひずみゲージ型加速度計により、また内部振動機の振動は圧電型加速度計によりそれぞれ測定し、加速度計からの信号を増巾器を介し、データレコーダに記録した。

3.2 実験結果

(1) 振動機の無負荷時と挿入時の振動性状

実験結果を表2に示す。表2において、無負荷時の加速度は約78~110g、また振幅は0.57~0.72mmであった。これに対し、挿入時の加速度はコンクリートの負荷によって57~63%に低減した。この結果より、コンクリートの種類によって若干の差はあるものの、内部振動機をコンクリート中に挿入した時の加速度の減衰率(ξ)は0.6として差しつかえないであろう。なお、挿入時の周波数および振幅は無負荷時に対し前者が93~99%、後者は57~72%であって加速度の低減が主として振幅の低下に起因していることがわかる。

(2) 振動機からコンクリートへの加速度の伝達

振動機からコンクリートへ伝達される加速度は、振動機とコンクリート間のスリップおよびそれに伴う微細気泡のまき込み等に起因して低減する。この減少を数量化するため伝達係数(γ)を導入した。伝達

係数は実測された振動機の加速度とコンクリートに埋設した10点のゲージの加速度応答より指数減衰として推定した振源の加速度との比で表した。図3は各種コンクリートについて求めた振動時間と伝達係数との関係について示したものであって、1部の結果を除き、伝達係数はいずれも振動時間の経過と共に減少している。これは、時間の経過と共に乱れの領域が変化するためであろうと思われる。

(3) コンクリート中の材料減衰
コンクリート中へ伝えられた加速度はコンクリートの組成および粘性等によって振源からの距離が離れる

に従い減衰する。図4は、コンクリート中の加速度を平面波(式(1)の $n=0$ とした場合)と仮定し、かつ指数減衰として求めた材料減衰係数と振動時間との関係を各種コンクリートについて示したものである。図4において、材料減衰係数は1部の結果を除き伝達係数と同様振動時間の経過と共に減少して

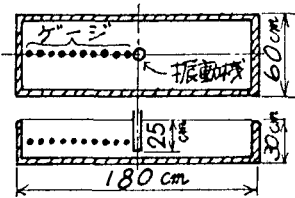


図1 供試体の概要

いる。材料減衰係数の減少は、振動による空けき等の逸散に起因し、これは、加速度が大である振源に近いほど著しいものと思われる。すなわち、図4の減衰係数はこのようなコンクリートの不均一性を包含したうえでの減衰係数であって、精度よく振動エネルギーを推定するためには空けき率の変化過程を導入した減衰係数の表示が必要であろう。

以上より、式(1)により任意の場所および時間における振動エネルギーを推定するためには、伝達係数および材料減衰係数の検討がさらに必要である。

参考文献: 1) 村田、川崎、振動締固めの評価方法に関する研究、セメント技術大会講演要集昭和62年

表1 コンクリートの配合^{**}

コンクリートの種類	NO	G _{max} (mm)	スラグ(%)	エア(%)	W/C	S/A	単位量 (kg/m ³)						摘要 (使用材料)
							水w	セメントC	粗骨材G _{TS}	細骨材G _{FG}	混和剤AE	流注	
普通	PL2	20	2	-	53	48	163	308	912	995	-	-	C→NC
	PL6	20	6	-	53	48	171	323	896	971	-	-	S→大井川産陸砂
	PL10	20	10	-	53	48	180	340	878	956	-	-	G→青梅産碎石
	PL14	20	14	-	53	48	187	353	862	942	-	-	2005
AE	FB4	20	4	4.0	50	45	140	250	861	1071	0.63	-	C→NC or FCB
	NC12	20	12	4.0	50	45	160	320	819	1037	0.80	-	S→若津産陸砂
	FB14	25	15	4.6	53	44	154	290	803	1035	0.73	-	G→鬼怒川産川砂利
	FB6	25	3	4.8	53	43	165	311	767	1032	0.77	-	(G _{max} =25mm), 津波産
	FB12	25	11	4.1	53	43	180	340	738	996	0.85	-	碎石2005(G _{max} =22mm)
	NC14	20	14	4.7	53	46	163	308	838	990	0.77	-	普通コンクリート同G
流動化	FB10	20	12	4.0	50	45	140	250	861	1071	0.63	5.0	C→FCB
	FB10	25	11	3.9	53	44	143	270	823	1061	0.68	4.5	S→若津産陸砂
	FB14	25	14	4.3	53	44	143	270	823	1061	0.68	6.0	G→鬼怒川産川砂利
	FB10	25	11	4.4	53	43	163	307	770	1037	0.77	4.6	砂利(G _{max} =25mm), 津波
	FB14	25	14	3.9	53	43	163	307	770	1037	0.77	6.1	鬼怒川産川砂利2005(G _{max} =20mm)
	FB14	25	14	3.9	53	43	163	307	770	1037	0.77	6.1	鬼怒川産川砂利2005(G _{max} =20mm)

^{**} コンクリートは種類により練り混ぜ方法が異なる。

表2 内部振動機の無負荷時と挿入時の振動性状

種類	NO	無負荷時			挿入時(比)		
		α (g)	f (Hz)	a (cm)	α (g)	f (Hz)	a (cm)
普通	PL2	91.0	199	0.057	54.5(0.60)	95(0.98)	0.036(0.63)
	PL6	90.0	198	0.057	54.0(0.60)	97(0.99)	0.035(0.61)
	PL10	82.0	180	0.063	46.6(0.57)	179(0.99)	0.036(0.57)
	PL14	77.5	180	0.059	44.1(0.57)	179(0.99)	0.034(0.58)
AE	FB4	110.3	195	0.072	69.0(0.63)	84(0.94)	0.051(0.71)
	NC12	96.3	202	0.059	57.8(0.60)	92(0.95)	0.039(0.66)
	FB6	92.3	201	0.057	51.7(0.63)	90(0.95)	0.040(0.70)
	FB12	91.2	198	0.058	53.8(0.59)	86(0.94)	0.039(0.67)
流動化	NC14	91.5	199	0.057	57.0(0.62)	86(0.93)	0.041(0.72)
	FB10	99.0	202	0.060	59.4(0.60)	92(0.95)	0.040(0.67)
	FB14	95.6	202	0.058	58.2(0.61)	93(0.96)	0.039(0.67)
	FB10	89.1	196	0.058	55.4(0.62)	84(0.94)	0.040(0.67)
	FB14	90.2	198	0.057	54.4(0.60)	89(0.95)	0.037(0.68)

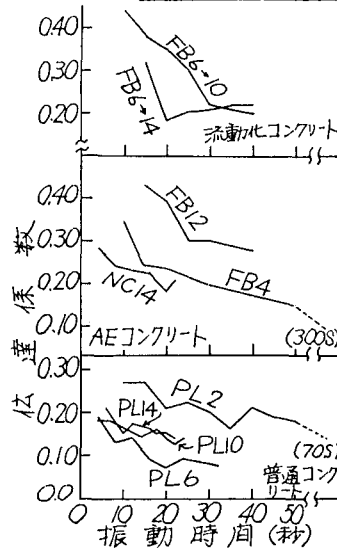


図2 伝達係数の推移

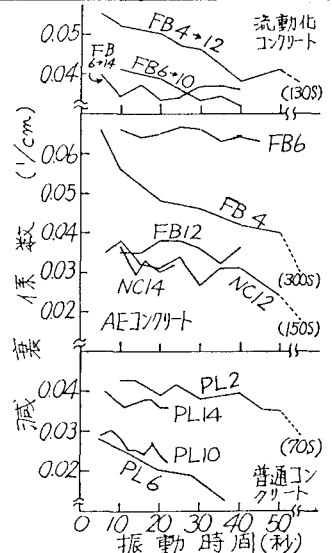


図3 減衰係数の推移