

低振動を用いた高流動コンクリートの気泡除去に関する研究

九州工業大学 学 橋本 潤平
九州工業大学 正 山崎 竹博

九州工業大学 正 出光 隆
九州工業大学 学 日比野 誠

1. まえがき

近年、フレッシュコンクリートの施工性能改善を目的として高流動コンクリートの開発が進められている。

高流動コンクリートとは高変形性と材料分離抵抗性を兼ね備えた自己充填性を有するコンクリートと定義される。高流動コンクリートの配合選定および施工上のポイントは、本質的に相反する変形性と分離抵抗性をバランスさせて、所要の自己充填性を如何に付与するかにある。また、これらの要求性能は、打設部位の形状、配筋密度、打設方法等の施工条件ごとに定まる自己充填レベルによって異なる。

粗骨材の材料分離を抑制するためコンクリートの粘性を上げると、充填性の低下やコンクリート表面の気泡増加などの問題が生じる。そこで、本研究では高流動コンクリートに適した低振動を加えることにより、コンクリート表面の気泡を除去し材料分離が小さく自己充填性の高いコンクリートの施工方法について検討した。

2. 実験方法

打設時にフレッシュコンクリートの試験として、スランプフロー試験、空気量試験を行った。締固め試験は、振動台の振動が定常状態になった後、φ15×30cmの円柱型枠を振動台に押し当てて行った。コンクリート供試体側面の仕上げ状況の相違を見るため、気泡除去効果のある油性タイプの離型剤を使用した。締固め時間および振動台の電流周波数を変化させて締固めを行い、硬化後表面気泡発生率を計測した。

表面気泡の測定には1cm升目を印した透明な気泡測定用シートを図1のように供試体に巻き付け、升目の交点と気泡が重なっている点の個数を数えた。気泡発生率は次式によって算出した。

$$K = A / 940 \times 100 \quad (\text{式-1})$$

ただし K：気泡発生率(%), A：測定した気泡個数, 940：全交点数

また、図2に示すように供試体を縦に切断し、上、中、下部の三カ所で最大寸法5mm以上の骨材の個数を測定し、粗骨材の材料分離を評価するために無振動の供試体と比較した。材料分離は式-2で求めた。

$$S_u = \frac{N_L - N_U}{\Sigma N} \times 100 \quad (\text{式-2})$$

ただし、 S_u ：粗骨材分離率(%), N_L ：下段の粗骨材個数

N_U ：上段の粗骨材個数, ΣN ：全段の合計個数

使用したコンクリートの配合を表1に示す。使用配合は、従来使用してきた締固め不要コンクリートを参考にして粘性を下げ、降伏値をやや大きくする目的で粉体量、減水剤量を減らし、単位水量を大きくした。

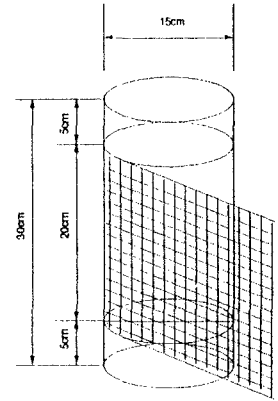


図1 気泡測定方法

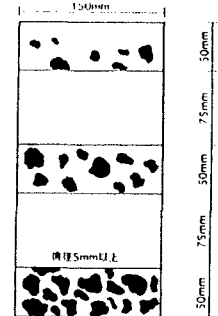


図2 供試体の骨材分離状況

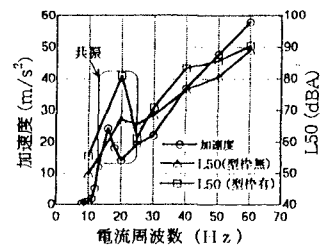


図3 電流周波数と加速度の関係

3. 実験結果

電流周波数を普通コンクリートでは60Hz,45Hz,30Hzとして、高流動コンクリートでは30Hz,10Hzとして振動締めを行った。この時振動台の加速度と周波数の関係を図3に示す。電流周波数が60,30,10Hz

の時、加速度はそれぞれ58,22,1m/s²であった。実験に使用したコンクリートの打設時のスランプフロー値と空気量を表2に示す。コンクリートの締め固め度は振動加速度の他、加振時間によっても異なる。ここでは加振時間を普通コンクリートで20,40,60秒、高流動コンクリートで10,20,30秒と変化させた。このとき、加振時間と気泡発生率の関係を図4に示す。また粗骨材の分離の程度を各断面の最大寸法5mm以上の骨材数から、式-2の様に計算した。普通コンクリートと高流動コンクリートの粗骨材分離率と加振時間の関係を図5に示す。

図4から気泡発生が少なくなる普通コンクリートの適切な締め固め時間は40秒と考えられるが、電流周波数30Hzでは気泡発生が45Hzの時の2倍に達し、締め固めには45Hz以上の電流周波数が必要となる。一方、高流動コンクリートでは電流周波数10Hzでは気泡除去効果は見られず、30Hzでは30秒で除去効果が表れた。これらの締め固めによる粗骨材の分離の傾向を図5に示す。同図から電流周波数10Hz以外の締め固めでは締め固め時間の増大にともない粗骨材の分離が大きくなることが判った。しかし高流動コンクリートであっても電流周波数10Hzでは粗骨材の分離は起こらず気泡発生率も一定である結果を得た。その原因として10Hzでは加速度が1m/s²と小さく締め固め効果が無いと考えられる。以上の結果から、本実験で使用した高流動コンクリートに最適な締め固め時間は電流周波数30Hzでは粗骨材の分離率を10～15%以下とすれば締め固め時間は10秒以下となる。

4. 結論

高流動コンクリート側面の気泡除去を目的として締め固め方法を検討した結果、本配合の高流動コンクリートでは低振動締め固め用にスランプフロー値を小さくしており、結果として側面の気泡発生が少なかった。その理由として締め固め不要コンクリートに対し粘性が低下し降伏値がやや増加したコンクリートになったことが上げられる。そのため締め固めに必要最小限の振動を加えるだけでよく、粗骨材の分離率を10～15%以下とすれば締め固め時間は10秒以下でよい結果を得た。

表1 コンクリートの配合表

コンクリートの種類	粗骨材の最大寸法 [mm]	水粉体比 W/B [%]	細骨材率 s/a [%]	単位量 [kg/m ³]					減水剤 P×[%]
				W	C	S	G	F	
普通コンクリート	20	51	49	185	402	829	955	0	0
高流動コンクリート		31	50	165	250	746	901	250	1.2

表2 コンクリートの性質

高流動コンクリート	電流周波数 (Hz)	スランプフロー値 (cm)		空気量 (%)
		20秒後	最終値	
	30	623	699	4.4
	10	601	665	3.0
普通コンクリート	電流周波数 (Hz)	スランプ (cm)		空気量 (%)
		60	45	
	60	7.5	1.5	
	45	5.7	1.95	
	30	8.2	2.0	

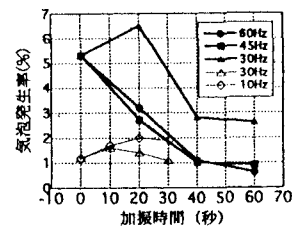


図4 加振時間と気泡発生率の関係

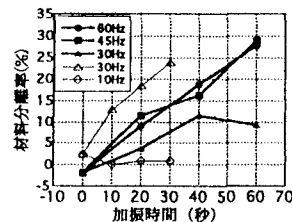


図5 加振時間と材料分離率の関係