

高周波加熱法による単位水量の迅速推定の信頼性について

全国生コンクリート工業組合連合会 正会員 ○辻本 一志
 全国生コンクリート工業組合連合会 正会員 伊藤 康司
 全国生コンクリート工業組合連合会 正会員 鈴木 一雄

1. 目的

コンクリート構造物の耐久性を確保するために、荷卸し地点において生コンクリートの単位水量を検査するケースが増えつつある。しかし、この単位水量の検査においては、生コンクリート自体の単位水量の変動とサンプリングを含めた単位水量の迅速推定方法の誤差を完全に分離できておらず、全体のばらつきで合否の判定が行われているケースもある。そこで、生コンクリート工場の工程管理で最も多く採用されている高周波加熱法¹⁾における試験誤差について検討した。

2. 測定における不確かさ

2. 1 不確かさについて

一般に、試験誤差とは、測定値と真の値との差であるが、この場合の真の値は容易に把握できず、誤差を正確に求めることは困難と考えられる。これに対し、不確かさは、真の値が存在する範囲を示すものであり、測定された結果の信頼性をいかに確保するかという具体的な手法として、近年 ISO の分野では導入されつつある²⁾。そこで、高周波加熱法の試験誤差を“測定における不確かさ”を参考に解析し、当該試験方法の信頼性について検討を行った。

2. 2 使用機器に起因する誤差

使用機器に起因する誤差要因としては、乾燥前後の試料の質量を測定する電子はかりの精度と高周波加熱装置の器差の影響があげられる。これらのうち、電子はかりの精度については、ISO/IEC 17025 の認定を取得している校正機関の校正結果 $\pm 0.1\text{g}$ を用いた。なお、高周波加熱装置の器差については、試験員の測定技術に起因する誤差の実験と併せて実施したため、後述 2. 5 で示す。

2. 3 材料の物性に起因する誤差

高周波加熱法では、試料の乾燥前後の質量差をもとに単位水量を推定するため、モルタル中の細骨材の吸水率が変動すると直接推定値に影響を及ぼす。仮に単位水量の推定計算に用いた吸水率と実際の吸水率とに 0.1% の誤差を生じたとすると、単位細骨材量 800kg/m^3 のコンクリートでは、推定値に 0.5kg/m^3 程度の誤差が生じる。また、細骨材中に 5mm 以上の粒子（過大粒）や粗骨材中に 5mm 以下の粒子（過小粒）が含まれる場合には、ウェットスクリーニングして得られたモルタルの配合が示方配合と異なり、推定値に誤差を生じる。これらが単位水量の推定値に及ぼす影響は、過大粒及び過小粒 1% あたり 1kg/m^3 程度である³⁾。

2. 4 サンプリングに起因する誤差

コンクリートをウェットスクリーニングした場合、粗骨材、ふるい及びモルタルの受皿にモルタルが付着するため、その前後ではモルタルの配合が変化する。表 1 は単位水量を 185kg/m^3 とし、水セメント比を 40、50 及び 60% に変化させた 3 配合のコンクリートについて、試

表 1 付着モルタルを構成する材料

示方配合		付着モルタル		
W/C(%)	S/C	M _w *	W/C(%)	S/C
40	1.6	13.5	48.8	0.9
50	2.0	14.4	54.8	1.1
60	2.5	14.6	70.8	1.4

*表中 M_w は、付着モルタル中の水量(g)を示す。

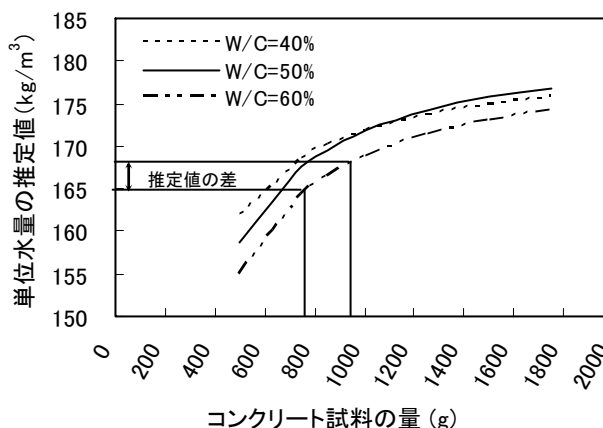


図 1 コンクリート試料の量と単位水量の推定値との関係(計算値)

キーワード フレッシュコンクリート、単位水量、迅速測定、高周波加熱法、試験誤差、不確かさ

連絡先 〒273-0012 千葉県船橋市浜町 2-16-1 全国生コンクリート工業組合連合会 Tel.047-433-9492

験器具及び粗骨材に付着するモルタル中の各材料の割合を洗い分析により求めた結果³⁾である。なお、ウェットスクリーニングしたコンクリートの量は 850g である。また、図－1 は表－1 をもとに、ウェットスクリーニングするコンクリートの量と単位水量の推定値との関係の計算によって求めたものである³⁾。図－1 において、単位水量の推定値はウェットスクリーニングするコンクリートの量が多くなるほど大きくなり、配合上の単位水量に近づく。これは、コンクリート量の増加にとともに器具に付着するモルタルの影響が小さくなるためである。そこで、ウェットスクリーニングするコンクリートの量が 850±100g の範囲で変動したと仮定し、その最小値 750g と最大値 950g との単位水量の推定値の差を求めると、水セメント比 40% が 2.4g/m³、50% が 3.1kg/m³、60% が 3.3kg/m³ となる。

2. 5 試験の繰返し及び試験員の測定技術に起因する誤差

何らかの測定を行う場合には、測定を繰り返すことによって結果に変動を生じる。また、複数の試験員が同一の方法を用いて測定を行った場合においても、得られる結果に変動が生じる可能性がある。そこで、高周波加熱法における繰返し誤差及び個人誤差について検討を行った。表－2 は単位水量を 180 (配合 1)、190 (配合 2) 及び 200kg/m³ (配合 3) とした 3 種類のコンクリートについて、単位水量の迅速推定を 1 バッチのコンクリートから 3 回ずつ行った結果を示したものである。表－2 において、繰返し測定における推定値の変動量は、これを標準偏差で示した場合 0.10～1.05kg/m³ であった。なお、この結果 (標準偏差) には、コンクリートのサンプリング及びウェットスクリーニング起因する推定値の変動を含んでいる。つぎに表－3 は、生コンクリート工場において製造したコンクリートの単位水量を、6 人の試験員が同時に推定した結果を示したものである。試験は、1 人の試験員がウェットスクリーニングによって採取した 6 人分のモルタルから、それぞれの試験員が試料を分取して行った。表－3 において、6 人の推定値の変動 (標準偏差) は 2.52～2.99kg/m³ となった。なお、試料の加熱乾燥には同メーカ、同一型式の高周波加熱装置を 6 台用いた。したがって、表－3 に示す結果には個人誤差の他に高周波加熱装置の器差の影響も含まれている。

2. 6 不確かさの見積もり

2. 1～2. 5 をもとに、高周波加熱法における測定の不確かさを求めた結果は表－4 に示すようであって、それぞれの不確かさの二乗和の平方根として求めた合成標準不確かさは 3.34kg/m³ となった。一般に不確かさの算出にあたっては、測定値の分布を 95% の水準で信頼すると考え、合成標準不確かさに 2 を乗じて拡張不確かさとして示す。したがって、本実験により求められた高周波加熱法の拡張不確かさは 6.8kg/m³ となる。なお、この結果は主要な誤差要因のみを用いて算出したものであるため、他の要因の採否についても検討する必要がある。

3. まとめ

高周波加熱法の信頼性を“測定における不確かさ”を用いて解析した結果、拡張不確かさは 6.8kg/m³ であった。

参考文献

- 1) 日本建築学会：まだ固まらないコンクリートの単位水量の試験方法（加熱乾燥法），コンクリートの早期迅速試験方法集，pp.28-30，1988.3
- 2) 吉兼亨，鈴木一雄：単位水量の迅速推定における誤差について，生コン技術大会研究発表論文集，Vol.11，pp.75-80，2001
- 3) 辻本一志，鈴木一雄：試料採取時のウェットスクリーニングが単位水量の推定値に及ぼす影響，コンクリートの試験方法に関するシンポジウム報告集，第 2 編，pp.41-44，2003.11

表－2 繰返し誤差

試験 No.	単位水量推定結果 (kg/m ³)		
	配合 1	配合 2	配合 3
1	160.0	169.8	179.4
2	158.9	167.7	179.5
3	158.6	168.8	179.6
平均	159.2	168.8	179.5
標準偏差	0.74	1.05	0.10

表－3 試験員の測定技術に起因する誤差

試験員	単位水量推定結果 (kg/m ³)		
	1 バッチ目	2 バッチ目	3 バッチ目
A	179.2	187.7	185.0
B	185.8	187.9	186.0
C	183.8	186.0	186.2
D	180.9	181.1	181.8
E	186.7	187.2	185.5
F	185.6	185.8	180.1
平均	183.7	186.0	184.1
標準偏差	2.99	2.53	2.52

表－4 高周波加熱法における測定の不確かさ

要因	不確かさ (標準偏差)	換算式	標準不確かさ
はかりの精度	±0.1g	→0.3kg/m ³	(0.3/√3)×2
細骨材の吸水率	±0.1%	→0.5kg/m ³	0.5/√3
過大粒・過小粒	±1%	→1kg/m ³	1/√3
サンプリング量	±100g	→1.65kg/m ³	1.65/√3
繰返し誤差	1.05		1.05
個人誤差	2.99		2.99
合成標準不確かさ			3.39
拡張不確かさ (包含係数 k=2)			6.8