

全生工組連 正会員 鈴木 一雄
 // // 伊藤 康司
 ヨコオ 堀江 涼

1. はじめに

本研究は、生コンクリートの製造工程における細骨材の表面水率管理を迅速に非接触で計測できるシステムの開発を目的に、高周波位相測定装置の水分計としての活用の可能性を試験室レベルで検討した結果を取りまとめたものである。

2. 高周波位相式水分計

1) 基本原理；高周波の空気中における伝播速度は光速 C に近似するが、比誘電率 ϵ_r および透磁率 μ_r の誘電体中では $C/\sqrt{(\epsilon_r \cdot \mu_r)}$ に減速される。一般に磁性体を除けば、 $\mu_r=1$ であって $\epsilon_r>1$ であるから誘電率 ϵ_r が既知の水分を含んだ物質に高周波を通して、その時間の遅れを計測すれば物質の水分が計測できることになる。時間の遅れを位相で表示すれば誘電率との関係は一般に次式で与えられる。

$$\theta = 2\pi\sqrt{(\epsilon_r)}/\lambda \quad (1)$$

ここに、 θ ；位相、 λ ；波長、 ϵ_r ；誘電率（試料の密度および水分量の関数となる）

2) 高周波位相式水分計；試作した装置は、写真に示すように導波管、小型振動機（最大2.6G）、発振器（周波数2.45GHz）、デジタル位相計、およびアイソレーターから構成されている。細骨材の表面水率の測定に用いる試料は容器、内径36.8mm、深さ89.6mmで容積約95mlのガラス製のものをを用いた。

3. 細骨材の水分測定

1) 実験条件の検討

細骨材の水分量の測定に先だって、試料の適正な充填方法を検討した。実験は含水状態を一定（表面水率1.52%）とした鹿島産陸砂を用いて、これを容器に軟らかく詰め全体を導波管にセットし、小型振動機を動作させて、振動によって試料の充填率を変化させて位相を測定した。結果は、図-1に示すようであって、高周波の位相は試料

の充填率に比例して大となる傾向を示した。次に、試料の充填率が一定となる締固め条件を検討する目的で、振動条件を変化させ充填率の推移を測定した。実験結果は図-2に示すようであって、試料表面の沈下量を基に計算した充填率の最終値は、締固め加速度によって81~83%となっている。充填率2%の相違は、図-1に併記した実験式から高周波の位相には実用上無視できる程度に小さい。また、安定した充填率を得るのに要する時間は、締固め加速度の相違にかかわらず3分間であったので、以降の実験では、試料の締固め加速度を2.58G、締固め時間は3分間とすることとした。

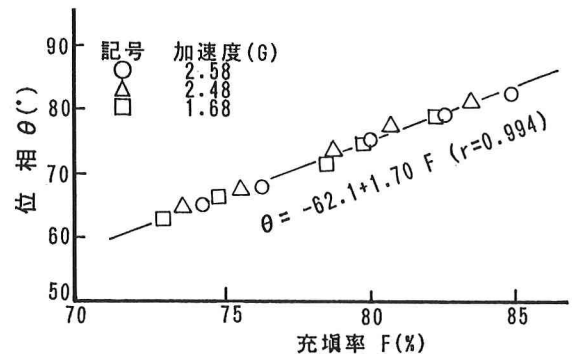
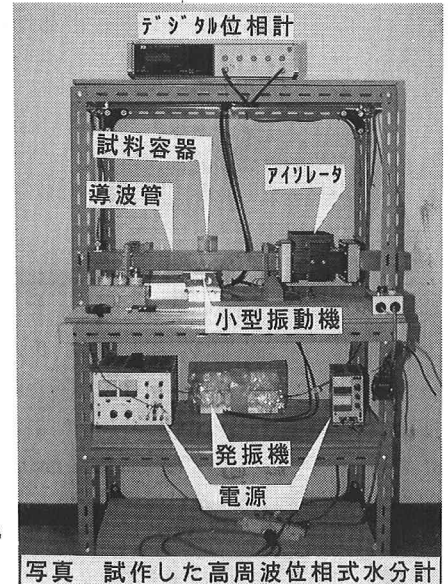


図-1 試料の充填率と位相との関係

2) 細骨材の表面水率の測定

表-1に示す細骨材を用いて、含水率を変化させ位相を測定した。測定結果の一例は図-3に示すようであって、位相 θ と試料の含水率との関係は2直線で示される。この場合の表面水率(q)は、図-3を参照して次式で与えられる。

$$q = a (\theta - \theta_0) \quad (2)$$

ここに、 a ；表面水を持つ領域における含水率と位相差との関係を示す直線の傾き、 θ_0 ；表乾状態における細骨材の位相($^{\circ}$)

種々の細骨材について測定した含水率と位相との関係を示す直線の傾き、表乾状態における位相および2直線の交点における含水率を表-1に併記した。表-1において表乾状態における位相は、吸水率が大きい人軽骨を除いて $45 \sim 59^{\circ}$ となっている。また、表面水を持つ領域における含水率と位相との関係を示す直線の傾きは、比重が大きいFNSの場合を除いて $10 \sim 13$ となっている。また、2直線の交点における含水率とJIS A 1109によって求めた吸水率とは、砕砂の場合を除いて比較的近似した値(比=0.86~1.09)となっている。

聞き取り調査の結果砕

砂の表乾判定は、熟練者と初心者との間で相違する場合があることが指摘されたので、砕砂を用いて骨材試験を15年間毎日行っている熟練者と経験の少ない試験者によって、JIS A 1109、官能および高周波位相式水分計のそれぞれによって表乾状態を判定して吸水率を試験した。結果は表-2に示すようであって、熟練者の官能によって判定した吸水率と高周波位相式水分計による結果は、比較的近似している。なお、高周波位相式水分計による表面水率の測定値の変動係数は、吸水率の大きい人軽骨の場合約8%と天然骨材の約4%より大となる傾向を示している。

以上より、高周波位相式水分計を用いることにより、細骨材の表面水率が約3分間で測定でき、これに用いる実験式を定める過程で、表乾状態を簡易に判定できる可能性が示された。

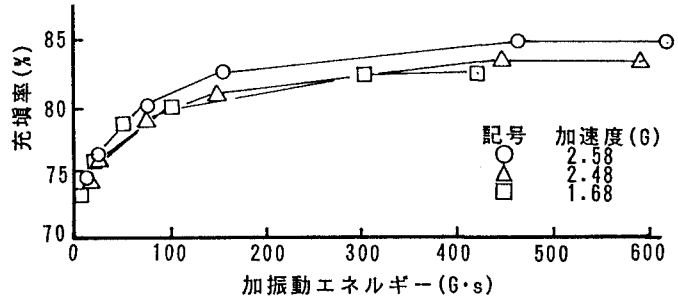


図-2 加振動エネルギーと充填率との関係

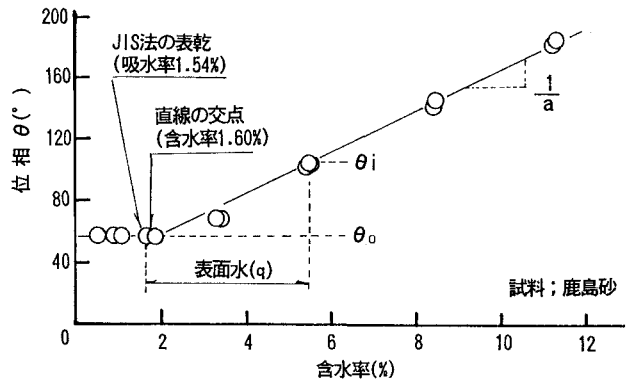


図-3 高周波位相式水分計による試験結果の一例

表-1 細骨材の物理試験結果および位相の測定結果

種類及び産地	表乾 比重	吸水率 P_j (%)	単位容 積質量 (kg/l)	実績 率 (%)	洗い 試験 (%)	位相 θ_0 ($^{\circ}$)	直線の 傾き a	P_u (%)	比= P_u/P_j
天然 鹿島	2.59	1.54	1.78	69.8	1.36	56.9	13.8	1.60	1.04
陸 津	2.59	2.27	1.67	66.1	—	57.7	13.1	2.20	0.97
木更津	2.59	2.43	1.57	62.2	1.86	58.4	13.7	2.21	0.91
鶴 巣	2.55	2.84	1.61	65.0	0.68	54.7	13.4	2.53	0.89
川 木 曾	2.56	2.01	1.56	61.8	1.7	50.8	12.8	2.19	1.09
砂 長 良	2.58	1.95	1.55	62.0	1.9	52.1	11.6	1.83	0.94
砂 海 岐	2.56	1.72	1.53	60.0	1.0	45.4	12.3	1.48	0.86
砂 八 代	2.57	2.26	1.55	61.5	1.91	46.3	10.4	2.19	0.97
砕 砂 石灰石	2.58	2.09	1.41	55.9	1.28	58.4	15.5	1.51	0.72
人軽骨 M社製	1.95	11.47	1.14	65.1	—	76.4	13.2	10.4	0.91
FNS T社製	3.04	2.34	1.86	62.6	6.5	59.2	6.32	2.11	0.90

注) P_j ；JIS法による吸水率、 P_u ；直線の交点における含水率、 θ_0 ；表乾状態の位相

表-2 砕砂の吸水率試験結果

試験者	経験年数	JIS法	官能	高周波
A	15年	2.09	1.63	1.51
B	2年	2.11	1.55	1.55
C	半年	2.63	2.05	1.50