

衝撃弾性波による大型供試体を用いた内部欠陥探査の基礎実験

Inside Void Survey of Concrete Structure by Elastic Wave Analysis

佐藤陽 小坂明 齋藤修次

You Satou Akira Kosaka Syuji Saitou

株式会社 コサカ技研 (Kosakagiken Co.Ltd)

極壇 邦夫

Kunio Gokudan アイテックス技術協会 (iTECS Association)

長さ 1500 × 幅 1200 × 高さ 450mm の端部から 600mm に擬似的な欠陥として、幅 5mm の鉛直空洞を設けたコンクリート試験体を作成した。鉛直空洞は幅 1200mm を横断しているが、面積は 300 × 300mm, 300 × 250mm, 300 × 200mm, 300 × 100mm, と段階的に小さい。底部の 100mm には空洞は存在しない。空洞探査を目的に、1500mm, 120mm, 450mm の 3 方向から厚さと透過 P 波速度を測定した。MEM 厚さスペクトル、透過 P 波速度から等高線分布を作成し比較検討した結果を報告する。

keyword 衝撃弾性波 鉛直空洞 MEM 厚さスペクトル 透過 P 波速度

1. はじめに

コンクリート内部の空洞は内部欠陥である。空洞よりも、ジャンカやコールドジョイントのように空気量を多量に含む形で存在する事が多い。構造物の曲げ剛性はヤング係数 E と断面 2 次モーメント I の積 EI で表される。表面近傍の空洞は耐久性を低下させ、内部の空洞は曲げ剛性を低下させるので避けなければならない。コンクリートの内部欠陥を探査する方法として、弾性波速度に着目したサイズミックトモグラフィ法（弾性波 CT）があるが、測定方法や高度の解析技術が必要とされ難解である¹⁾。

今回の実験は、コンクリート内部の空洞を弾性波解析の MEM 厚さスペクトルおよび透過 P 波速度の 2 つを組み合わせ探査可能か実験で確認する事である。空洞を横断すると、透過 P 波速度は速度低下する、MEM 厚さスペクトルでは厚さ異常値となると仮定した。ところが、実験では予想と異なる結果となったので報告する。

弾性波速度と MEM 厚さスペクトルへの空洞の影響

縦弾性波 (P 波) の速度は、縦弾性係数 E 、密度 ρ 、ポアソン比 ν とすると、

$$V_P = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad Z = \sqrt{E\rho} = \rho C \quad (1)$$

波を伝える物質の力学的な性質は、物質の慣性を示す定数 (密度) と変形に比例する力の定数 (弾性定数) で表される。コンクリート構造物の内部に空洞が存在すると弾性係数と密度が変化するため、弾性波速度は低下する。しかし、構造物内部の空洞の大きさおよび深さと弾性波速度の低下割合は明確に分かっていない。

多重反射が成立するとき、厚さを D 、P 波速度を V_P 、共振周波数 f_0 とすると

$$D = \frac{V_P}{2f_0} \quad (2)$$

両者とも弾性波速度が関係する事、特に厚さの測定ではハンマーの入力波長との関係で側面からの反射波による波形周期の乱れ、内部の微小気泡の影響などによる周波数の変動により、虚の計測厚さが現れる事があるので注意が必要である。

2. 実験内容

供試体は、1500 × 1200 × 450mm の立方体で設計強度 24MPa の鉄筋コンクリートである。空洞は F から 600mm に、深さ 300mm を基準として空洞高さを 300, 250, 200, 100mm と階段状に設置 (写真-1 参照)。

空洞探査は入力波長の影響を受けると考え、鋼球ハンマーは、15mm, 44mm, 63mm およびダイトランのインパルスハンマーを使用した。透過 P 波速度は、AB, CD, EF とはさんで測定、厚さ測定は両面を挟む方法と片面からの測定を併用した。測定装置は iTECS-6 を使用し、透過 P 波速度のサンプリングレートは 1 μs である。

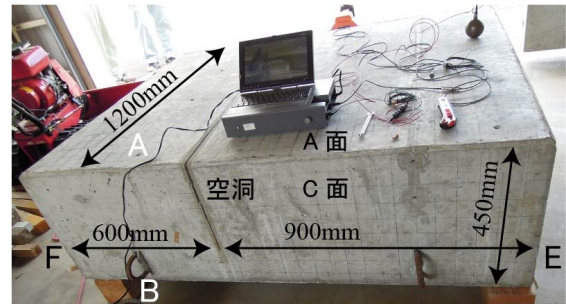


写真-1 供試体の概要

3. 実験結果および考察

3-1. 空洞と透過 P 波速度

表-1 の黒枠線は空洞で、ピンクは低速度範囲 20%, 黄色は高速度範囲 20%, 青色は中間 60% である。表面近傍の深さ 5-10cm で、P1 側には空洞が存在するので速度低下は妥当だが、P23 側の表面には存在しないのに速度低下は顕著。空洞を通過する透過 P 波速度が低下しない理由は不明。底面は空洞が無いので弾性波速度は速い。表-1 の透過 P 波速度の平均速度は 4151m/s である。

表-1 空洞横断 (1500mm) の透過 P 波速度 (m/s)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23
深さ 5cm	3842	3816	3926	3961	4042	4077	4056	4097	4087	4115	4135	4098	4048	4114	4091	4030	4042	3935	3943	3968	3942	3885	3956
深さ 10cm	3896	3972	3940	4068	4097	4129	4154	4128	4044	4177	4131	4135	4189	4091	4147	4124	4065	4086	4081	4044	3937	3989	3925
深さ 15cm	4026	4073	4119	4134	4161	4155	4218	4225	4217	4237	4231	4185	4166	4157	4128	4000	4164	4153	4166	4144	4115	4085	4035
深さ 20cm	4098	4099	4214	4196	4260	4310	4290	4243	4288	4311	4280	4240	4229	4192	4212	4242	4157	4166	4237	4197	4155	4119	4074
深さ 25cm	4177	4115	4208	4272	4339	3650	4237	4342	4307	4330	4293	4284	4263	4274	4275	4248	4255	4267	4281	4248	4201	4151	4077
深さ 30cm	4231	4232	4250	4319	4323	4311	4343	4353	4348	4382	4344	4288	4282	4257	4251	4310	3806	4215	4292	4204	4169	4131	4112
深さ 35cm	4277	4281	4316	4318	4395	4373	4344	4329	4396	4326	4375	4341	4380	4334	4270	4316	4290	4266	4254	4216	4209	4230	4229
深さ 40cm	4214	4250	4338	4356	4395	4403	4356	4413	4381	4412	4414	4368	4357	4308	4313	4319	4252	4236	4245	4225	4173	4138	4159

表-2 空洞平行 (1200mm) の透過 P 波速度 (m/s)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29
深さ 5cm	4201	4213	4216	4282	4305	4337	4355	4343	4412	4396	4363	4367	4337	4396	4381	4408	4383	4399	4398	4368	4377	4348	4323	4347	4322	4328	4271	4240	4217
深さ 10cm	4244	4270	4280	4403	4323	4399	4399	4258	4442	4456	4448	4431	4387	4440	4266	4421	4409	4395	4360	4443	4433	4413	4456	4425	4422	4114	4305	4308	4221
深さ 15cm	4230	4328	4371	4398	4404	4446	4490	4471	4429	4468	4454	4464	4513	4519	4215	4483	4451	4458	4464	4470	4420	4491	4496	4490	4500	4452	4401	4305	4267
深さ 20cm	4276	4363	4444	4389	4470	4478	4487	4522	4499	4524	4521	4495	4494	4519	4529	4506	4378	4426	4443	4505	4519	4511	4518	4492	4460	4476	4392	4334	4305
深さ 25cm	4332	4372	4476	4488	4501	4514	4478	4555	4530	4537	4518	4410	4533	4479	4494	4484	4482	4455	4532	4522	4483	4487	4522	4506	4466	4435	4416	4333	4248
深さ 30cm	4329	4395	4442	4435	4525	4570	4506	4505	4528	4510	4509	4494	4498	4529	4506	4515	4466	4417	4519	4522	4480	4478	4468	4583	4471	4382	4364	4270	4233
深さ 35cm	4437	4378	4340	4422	4492	4447	4547	4175	4524	4387	4500	4459	4515	4515	4479	4540	4494	4340	4472	4519	4444	4363	4405	4405	4374	4363	4349	4322	4360
深さ 40cm	4410	4226	4360	4332	4396	4314	4356	4392	4367	4362	4401	4385	4486	4298	4217	4382	4442	4320	4389	4412	4211	4314	4318	4374	4329	4293	4335	4284	4297

表-3 鉛直方向 (450mm) の透過 P 波速度 (m/s)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29
L01	5081	4866	4688	4837	4874	5090	4891	4824	4870	4832	4715	4684	4763	4883	4832	3540	4767	4841	4887	4874	4891	4820	4908	4664	4879	4816	4865	4904	4751
L02	4978	4891	4812	4832	4862	4858	4952	5086	4755	4917	4795	4715	4991	5054	4883	4874	4703	4715	4826	4816	4820	4816	4860	4763	4991	4896	4832	4934	4569
L03	4934	4982	4874	4952	4917	4943	5058	5090	4982	4973	4934	4930	5004	5036	4719	4464	4913	4824	4870	5004	4943	4913	4883	4908	4913	4783	4891	4908	4487
L04	4887	5072	4982	4891	4891	4965	5077	5208	5114	5137	4978	5165	5137	5151	5018	4849	5018	4939	4982	5018	4996	4921	4987	5022	4921	5036	4870	4960	4874
L05	4791	5031	5040	5077	4987	5090	5095	5132	5058	4982	5049	5004	5180	5175	5142	5013	5027	4824	4991	4965	4996	4982	4891	4939	4973	5049	4853	4900	4837
L06	4804	4904	5100	4947	4926	5036	4947	4930	4921	5068	5007	5165	5247	5151	5161	5194	4982	5137	5242	4934	5045	5128	5063	5009	4292	5018	4904	4921	4978
L07	4684	4849	4956	5018	4996	4991	5018	5146	4830	4828	5175	5109	5165	5072	5095	5018	5083	5123	5109	4832	5072	5128	4982	5022	4917	4849	4913	4965	4934
L08	4991	4930	4887	4965	4960	5068	5022	5118	5081	5063	5077	5104	5175	5058	5054	5128	5128	5184	5090	5063	5058	5027	5036	4934	4812	4723	4862	4996	4816
L09	4828	4987	4887	5027	5000	5049	5004	5142	5013	5027	5109	5109	4965	4991	4930	5027	5054	5018	5063	4991	5036	4978	4982	4866	4767	4808	4891	4845	4879
L10	4845	4921	4956	5004	5077	5009	5058	5118	5165	5218	5156	5184	5068	5123	4987	5090	5068	5018	5090	5114	5009	5090	5104	5063	4808	4808	4711	4771	4688
L11	4866	4824	5049	4947	5013	5058	5049	5018	5049	5156	5018	5184	5068	5123	4987	5090	5068	5018	5090	5114	5009	5090	5104	5063	4808	4808	4711	4771	4688
L12	4921	4982	5045	4982	5077	5104	5128	5170	5068	5142	5095	5009	5027	5081	5058	5086	5095	5068	5040	4660	4845	4996	4965	5049	4812	4779	4660	4779	4626
L13	4812	4837	5009	4779	4926	4987	5180	5213	5204	5009	5184	5118	5049	5090	5036	5170	5058	5000	5086	4917	4036	5022	5004	4987	4832	4715	4703	4715	4637
L14	4913	5000	4804	5058	4952	4978	5049	5194	5123	5151	5058	5090	5086	4991	5000	5036	5090	5132	5049	4969	4956	4973	4891	4978	4763	4715	4649	4641	4626
L15	4858	4987	4879	5142	5049	4891	4991	5161	4978	5058	4921	5068	4978	4947	5004	4996	5013	5009	5018	5205	4870	4930	5013	4996	4841	4787	4622	4676	4577
L16	4926	5040	5058	5068	5123	5128	5137	5204	5151	5063	5022	5199	5095	5109	5109	5123	5018	5018	5170	5114	5031	4913	5095	5146	4969	4832	4759	4723	4596
L17	4887	4965	4952	4969	5077	5068	5104	5100	4991	4921	4952	5077	4926	5004	5031	5058	4908	4982	5123	5013	4973	4956	5058	5000	5000	4837	4849	4599	4577
L18	4965	5013	5100	5045	5090	5004	5156	5004	5009	5000	4917	5040	4904	4973	4996	5142	5027	4934	4969	5036	4913	4982	4965	5123	4913	4973	4703	4707	4676
L19	4882	5027	4947	4930	4987	4960	4996	5058	4947	4934	4862	5063	4824	4943	5049	5090	4934	4913	5063	5013	4965	4891	4896	5036	4870	4874	4743	4603	4618
L20	4917	4930	4887	5036	5013	4799	4991	5095	5013	4921	4921	4812	4913	4614	4969	4991	4917	5013	5013	5027	4934	4926	4921	4891	4887	4921	4845	4752	4592
L21	4739	4787	4727	4879	4879	4771	4900	4862	4812	4828	4787	4751	4866	4611	4719	4991	5009	4544	4294	4883	4874	4866	4845	4795	4841	4711	4845	4759	4664
L22	4711	4816	4822	4879	4926	4856	5031	5027	4874	4791	4735	4699	4731	4832	4755	5022	4930	4845	4917	4874	4783	4755	4791	4787	4739	4771	4592	4529	4294
L23	4660	4695	4684	4832	4883	4769	4791	4820	4723	4731	4637	4596	4656	4735	4870	4879	4896	4688	4879	4799	4751	4611	4672	4637	4707	4711	4759	4555	4630

表-2 は、空洞と平行で弾性波経路 1200mm の透過 P 波速度である。左右端部で上部と下端に低速が見られる。周辺の弾性波は、空気に接しているため自由境界面である。自由境界面の弾性波速

度は棒と等価で、ポアソン比 0.2 では 5.4% 遅くなる。表-2 の平均透過 P 波速度は 4409m/s。表-3 は、鉛直方向厚さ 450mm の透過 P 波速度である。低速度は、自由境界面の周辺部分にほぼ集中している。この供試体は、中央に高速度の範囲が存在する事から推測するとヤング係数は均質では無い。これは締め固め不良による微小空隙が原因と思われる。表-3 の平均透過 P 波速度は 4934m/s。

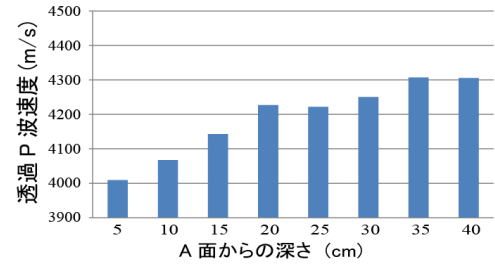


図-1 深さと平均透過 P 波速度 (空洞横断)

図-1 に空洞を横断する深さごとの平均透過 P 波速度 (弾性波経路長 1500mm) を示した。深さ 30cm までは階段状空洞で、25cm30cm は全部空洞でつながっている。この図からは空洞よりも深さによる影響が大きいように見える。

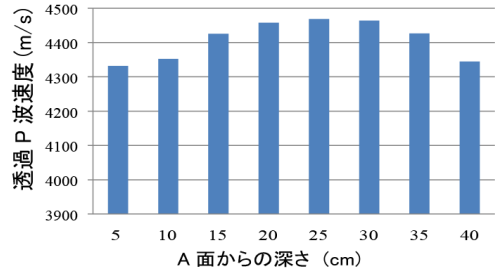


図-2 深さと平均透過 P 波速度 (空洞平行)

図-2 は空洞と平行の平均透過 P 波速度 (弾性波経路長 1200mm) を示した。空洞が無いと深さの中央の弾性波速度が速く上端下端の自由境界面に接する速度は遅い。中央速度が速く上端下端は遅いパターンが普通とすると、図-1 は空洞面積に比例しない偏りはあるが、影響は受けていると推量される。

3-2. 空洞と MEM 厚さスペクトル

多重反射波が成立すると仮定して式 2 により計測厚さを求めた。測定波形の周期は、初期と終期ではかなり変化した。側面反射波、表面波反射の影響を軽減するため、厚さ 450mm では解析時間を約 4 ミリ秒に制限した。

表-4 空洞横断 (1500mm) の計測厚さ (mm)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
深さ 5cm	668	655	640	674	668	646	1836	1382	1392	1382	1382	1392	1865	1856	1836	1836	1836	1313	1856	1836	1865
深さ 10cm	662	654	1816	670	987	1816	1836	1856	1856	1856	1382	1865	1865	1856	1836	1816	1816	1826	1826	1836	1846
深さ 15cm	652	1786	1786	1786	1806	1806	1846	1382	1382	1382	1372	1372	1865	1885	1865	1826	1826	1826	1836	1846	1846
深さ 20cm	1777	1786	1806	1777	1796	1806	1856	1382	1382	1382	1372	1905	1372	1885	1885	1856	1846	1865	1856	1846	1372
深さ 25cm	1786	1796	1796	1816	1816	1836	1875	1392	1382	1382	1372	1372	1895	1895	1885	1885	1875	1865	1875	1856	1856
深さ 30cm	1806	1806	1826	1836	1846	1856	1875	1520	1372	1382	1372	1372	1885	1895	1481	1865	1875	1865	1895	1856	1856
深さ 35cm	1816	1826	1836	1836	1836	1836	1481	1490	1510	1520	1530	1382	1538	1510	598	1481	1481	1836	1332	1332	1856
深さ 40cm	1836	1836	1846	1846	1846	1846	1481	1490	1500	1520	1520	1530	1520	1500	1490	1481	1490	1490	1846	1323	1332

表-5 空洞平行 (1200mm) の計測厚さ (mm)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	
深さ 5cm	1480	1050	1050	1050	1050	610	1240	1240	1110	750	620	580	620	620	1300	930	630	1020	740	740	740	1140	1130	1140	770	770	770	770	770	
深さ 10cm	1480	1480	1480	820	1230	610	1130	1250	890	1120	620	620	870	620	940	510	1020	780	740	740	740	1140	1140	1140	670	670	670	770	1540	
深さ 15cm	1470	1470	1490	1240	1240	1250	1130	1250	1140	770	860	870	870	620	860	780	1490	1120	1130	1130	1140	1140	670	670	670	1560	1560	1560	1560	1560
深さ 20cm	1480	1470	1480	1480	1240	1240	1250	1250	1130	1140	860	860	620	860	860	1490	1490	910	1120	1130	1130	1260	1140	1140	670	1130	1550	1540	1560	
深さ 25cm	1480	1480	1470	1490	1240	1250	1130	1130	1140	1140	860	860	620	860	860	890	1490	1500	1110	1120	1130	1130	1140	1140	1260	1130	1550	1540	1540	
深さ 30cm	1470	1490	1480	1500	1500	1240	1260	1130	1130	1140	620	1150	860	860	860	860	1500	1100	1130	1130	1130	1250	1250	670	1560	1560	1550	1550	1550	
深さ 35cm	1490	1490	1480	1490	610	610	1260	1250	1260	760	860	620	620	860	860	860	870	680	680	680	1130	1130	1140	1140	670	670	1540	1540	730	
深さ 40cm	1480	1470	1470	1480	1210	1050	680	1250	590	760	540	1150	870	870	870	640	520	680	680	680	680	730	730	1130	670	670	1520	730	730	

表-6 表面 A から (450mm) の計測厚さ (mm)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29
L01	517	497	503	499	497	510	618	533	536	536	543	540	497	498	499	504	508	399	504	514	527	517	510	512	510	508	509	514	497
L02	524	520	508	505	499	541	543	329	393	534	532	544	544	500	441	444	517	553	551	417	413	408	524	524	656	450	445	490	486
L03	530	526	436	433	638	485	484	392	390	358	491	540	491	442	449	519	528	540	700	428	424	409	478	677	666	445	446	535	480
L04	527	529	432	430	429	484	485	389	390	485	484	473	432	516	454	458	459	404	704	425	482	415	480	483	480	438	402	529	525
L05	519	528	434	430	426	487	487	388	481	471	482	479	306	512	437	463	460	655	709	486	413	411	679	673	484	439	485	478	527
L06	521	528	481	482	508	489	360	314	313	404	359	358	506	506	456	461	462	389	444	693	410	407	306	308	666	439	318	319	526
L07	524	528	502	515	305	360	357	411	408	360	361	359	506	501	507	459	461	388	678	415	414	414	412	585	452	366	663	472	524
L08	532	531	511	509	512	482	357	360	410	361	517	513	509	413	363	362	461	675	418	417	416	415	414	416	415	412	413	664	526
L09	411	416	414	451	515	461	412	412	409	403	456	455	417	453	451	454	459	679	421	419	420	417	414	414	412	411	671	418	527
L10	534	417	449	447	447	411	410	409	407	401	453	449	448	448	449	450	455	677	676	665	420	418	414	411	319	410	671	334	528
L11	532	442	442	440	444	448	404	402	707	396	444	445	447	446	439	439	438	449	541	335	527	414	489	301	437	438	440	404	537
L12	480	439	437	442	443	451	399	401	400	398	444	442	444	447	441	438	438	684	545	401	411	379	299	299	380	434	438	392	488
L13	478	439	439	401	446	450	402	705	400	443	444	443	447	449	444	441	442	677	669	416	679	414	488	482	299	435	443	404	493
L14	533	410	451	451	449	454	412	412	407	335	449	451	448	451	452	446	443	419	418	419	420	419	415	486	320	417	331	415	537
L15	538	414	456	456	454	414	413	414	410	398	451	454	453	452	455	455	453	466	419	420	421	419	418	412	411	412	667	418	532
L16	541	412	413	409	512	414	417	415	415	411	359	509	508	414	361	362	467	384	421	419	418	418	416	415	413	363	364	671	536
L17	540	532	540	496	505	354	355	415	414	411	360	504	500	364	455	457	452	656	662	417	417	416	412	387	307	367	490	486	483
L18	539	494	486	483	424	488	360	481	311	363	361	507	501	501	507	368	453	449	363	658	318	320	304	305	302	487	488	487	480
L19	431	482	438	478	479	483	483	477	476	472	364	399	479	497	451	449	447	449	454	650	476	482	481	479	482	480	484	480	477
L20	534	533	482	482	432	480	481	481	479	478	478	482	490	497	644	449	445	653	647	421	424	481	483	481	481	482	399	356	548
L21	528	530	439	436	434	482	384	481	483	480	485	484	488	647	448	449	540	388	641	423	425	480	479	482	663	362	401	363	552
L22	522	527	439	436	548	545	385	545	545	539	538	540	544	437	442	447	446	641	639	551	543	543	479	658	530	448	518	519	491
L23	523	519	513	509	508	516	539	538	540	538	538	539	541	541	544	543	542	550	644	626	407	402	527	525	517	510	521	507	520

表-4 は空洞を横断する (測定厚さ 1500mm) の計測厚さである。色分けは透過 P 波速度と方針を変え、実寸長を重視して、 $1500 \pm 50\text{mm}$ を青色、1551 以上をピンク、1449 以下を黄色とした。空洞の無い下端中央に実寸長と一致する領域があり、左端上部は空洞までの厚さ 600mm 超、中央に過小計測厚さが分布している。

表-5 は空洞と平行の (測定厚さ 1200mm) の計測厚さである。両端と P18 の空洞付近に計測厚さが過大のピンク、中央の過小計測厚さは、表 3 の弾性波速度が高速度の影響と推測されるが、コアを採取して確認しないと実態は不明である。

表-6 は表面 A からの (測定厚さ 450mm) の計測厚さである。上下左右の端部と P18 の空洞付近に過大計測厚さのピンク、過小厚さも存在するが、解析時間を 4 ミリ秒に制限すると実寸長の 450mm が多数観測される。

図-3 に深さ 25cm (測定厚さ 1200mm) の計測厚さのヒストグラムを示した。測定点 17,18 の空洞の影響で計測厚さは過大となっている。1 と 29 の両端は自由境界面で実際の弾性波速度は遅いため、弾性波速度一定で計算する計測厚さは厚くなる。

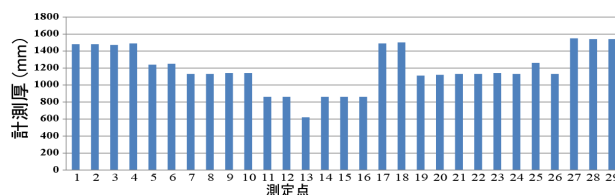


図-3 深さ 25cm の計測厚さ (厚さ 1200mm)

図-4 は A から厚さ (測定厚さ 450mm) のヒストグラムである。測定点 18,19 は空洞の影響で計測厚さは過大である。図-3, 図-4 の結果は、測定面に方眼を設け多数点を測定し、厚さ分布とヒストグラムを作成すると鉛直空洞を探查できることを示唆している。

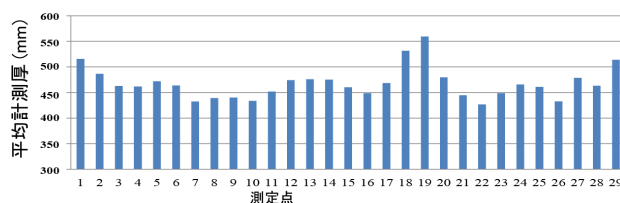


図-4 厚さ 450mm の平均計測厚さ

4. まとめ

大きさの異なる空洞を設置した供試体を製作し、衝撃弾性波の透過 P 波速度と MEM 厚さスペクトルを測定し、平面分布とヒストグラムにより検討した結果は次のとおりである。

1. 今回の実験では、空洞を横断する透過 P 波速度は空洞の面積に比例した速度低下は示さない。空洞の影響よりも打設面上部の速度が最も遅い結果となった。空洞と平行な透過 P 波速度は、深さの中央付近で速く上端下端では遅く、中央凸の山型となった。上端下端は空気に接する自由境界面で拘束を受けないので弾性波速度は遅くなるといわれていることと一致した。
2. これまでの実験では透過 P 波速度は空洞により速度低下した。今回の測定で速度が低下しない原因は、深さ 600mm に 300mm 平方よりも小さい空洞、局所的な微小気泡の存在、供試体の側面反射などが影響していると思われる。視点を変えた測定が望まれる。
3. 厚さ測定を平面表示し、供試体のヤング係数のばらつきを把握できた。周辺部分は自由境界面のため計測厚さは厚くなっている。
4. 多重反射波による厚さ測定は、空洞では厚さの異常値となった。過大厚さが多数であるが過小厚さになる場合もある。多数点を測定し平面分布とヒストグラムを検討すると内部の空洞を探查できると考えられる。

参考文献

- [1] 鈴木章紘, 田村泰弘, 小原久敏, 極檀邦夫: 弾性波トモグラフィによるコンクリート構造物の内部空洞探查, 日本非破壊検査協会, 平成 20 年度秋期大会講演概要集, 107-110, 2008