

I-297 二層円柱を伝播する応力波速度に関する実験

北見工業大学 正員 大島 俊之
 日大生産工学部 同 能町 純雄
 北見工業大学 同 三上 修一
 シン航空写真 佐藤 直俊

1. まえがき

応力波の伝播、散乱現象を応用して構造物の内部状態を推定し、構造物の健全度評価を実施するためのデータを得ようとする場合、複合材料部材の応力波速度の解析、応力波の伝播、散乱の解析など現状では多くの困難な未解決の問題がある。本研究ではこれらの解析データの蓄積を目的として実験により二層同心円柱の応力波速度に関する基礎的実験を行ったので報告する。本研究の実験では超音波発信受信装置を用いているのでP波入力による速度解析である。一般に応力波速度は伝播する波の波長と部材の断面の大きさの比により分散することが知られており、本研究では実験供試体の寸法を変化させて応力波の伝播速度の変化を検討した。

2. 実験概要

図1には本研究で用いたブロックダイアグラムを示している。また表1には実験に用いた供試体の断面諸元を示している。供試体は鉄筋とモルタルの二層同心円柱であり、モルタルのみの応力波速度は別途求める。供試体の長さはいずれも30cmである。入力センサーは共振周波数の異なる3種類のものを用いた。入射は内層の鉄筋からPulse Generatorにより導入した。

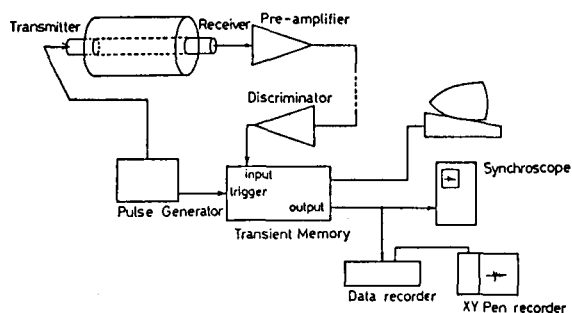


図1 ブロック図

3. 実験結果

表2には得られた応力波の結果の一例を示している。これらはモルタル（外層）と鉄筋（内層）の二層同心円柱を軸方向に伝播する応力波速度である。表中 η は外層に対する内層の体積比、 ρ^* 、 E^* 、 C^* は二層複合円柱のそれぞれ平均換算密度、弾性係数、およびBar Velocity $C^* = (E^* / \rho^*)^{1/2}$ である。また C_{test} は実験から得られた伝播速度である。 h は外層の肉厚、 a は内層の半径であり、 ℓ_1 、 ℓ_2 はそれぞれ受信した観測波形のスペクトル解析により得られた1次と2次のピーク振動数から求めた応力波の波長である。表2から伝播する応力波の波長 ℓ が円柱断面半径 a に比較して相対的に大きくなり a / ℓ が大きくなると C_{test} 鉄筋のみのP波速度 $C_p = 5.950 \text{ km/sec}$ に漸近していることがわかる。次に図2

表1 供試体

番号	供試体径	鉄筋径	番号	供試体径	鉄筋径
No 1	300	50	No13	150	50
No 2		36	No14		36
No 3		25	No15		25
No 4		16	No16		16
No 5	250	50	No17	100	36
No 6		36	No18		16
No 7		25	No19		13
No 8		16	No20		9
No 9	200	50	No21	50	25
No10		36	No22		16
No11		25	No23		13
No12		16	No24		9

単位 (mm)

のように複合円柱表面の中間地点に受信センサーを配置し、鉄筋から入射された応力波が外層表面にどのように伝達されるか検討した結果の一例を図3に示している。図2についての計算より経路L1を外層のP波速度で伝播する時間をT1、経路L2および経路L3をそれぞれ内層および外層のP波速度で伝播する時間をT3とする。また実験から得られた到達時間をTとする。したがって $T1/T$ (Δ 印)、 $T3/T$ ($\circ$ 印)の値がそれぞれ1に近づく

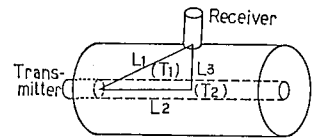


図2 中間位置での測定

表2 応力波速度の結果

AE901S → AE904S

番号	η (%)	$\rho \cdot 10^3$ (kg/m ³)	E^* (GPa)	C^* (km/sec)	C_{test} (km/sec)	h/l_1	h/l_2	a/l_1	a/l_2
1	2.792	2.2654	39.811	4.192	5.792	3.257	4.046	0.6534	0.8115
2	1.447	2.1881	37.515	4.141	5.880	4.428	3.608	0.6054	0.4933
3	0.695	2.1449	36.231	4.110	5.770	5.002	1.920	0.4549	0.1745
4	0.285	2.1214	35.530	4.093	5.273	3.877	2.366	0.2185	0.1333
5	3.954	2.4254	39.353	4.028	5.772	2.556	3.195	0.6345	0.7931
6	2.053	2.3180	36.058	3.944	5.827	3.744	4.555	0.6260	0.7618
7	0.989	2.2580	34.216	3.893	5.812	3.851	2.948	0.4253	0.3256
8	0.406	2.2250	33.204	3.863	5.042	4.413	2.335	0.3001	0.1588
9	6.163	2.2586	39.764	3.935	5.809	1.953	3.968	0.6448	1.3105
10	3.162	2.3997	34.454	3.789	5.890	2.903	3.490	0.6278	0.7549
11	1.536	2.3082	31.577	3.699	5.825	3.111	1.148	0.4401	0.1624
12	0.629	2.2571	29.972	3.644	5.463	3.155	2.366	0.2717	0.2038
13	10.486	2.7943	50.672	4.258	5.783	1.388	1.741	0.6649	0.8338
14	5.458	2.5104	41.960	4.088	5.563	2.125		0.6478	
15	2.617	2.3499	37.036	3.970	5.776	1.643	0.942	0.3170	0.1818
16	1.078	2.2630	34.369	3.897	5.093	2.152	1.192	0.2493	0.1381
17	11.267	2.8558	48.795	4.134	5.759	1.239	1.012	0.6258	0.5113
18	2.222	2.3468	32.790	3.738	4.599	1.479	0.897	0.2590	0.1571
19	1.473	2.3046	31.466	3.695	4.530	1.420	0.989	0.1962	0.1366
20	0.703	2.2613	30.103	3.649	4.048	1.631	1.275	0.1493	0.1167
21	19.873	3.2467	68.979	4.609	3.602	0.611	0.432	0.4918	0.3473
22	8.117	2.5713	48.904	4.361	4.576	0.632	0.439	0.2518	0.1750
23	5.330	2.5217	38.289	3.897	4.630	0.925	0.423	0.2777	0.1268
24	2.571	2.3664	33.408	3.757	3.981	1.156	0.535	0.2208	0.1021

くと実験による T が $T1$ 、 $T3$ にそれぞれ漸近することを意味する。図の横軸は外層の肉厚 h

を示す。図3の結果は内層の円柱の直径 $2a$ が 16mm の場合についての結果である。図3より $T1/T$ は h が大きくなるにつれ1に漸近するとともに $T3/T$ は h が小さくなるほど1に漸近する状況がわかる。以上の結果より鉄筋から入射された応力波の伝播速度が部材断面の大きさと応力波の波長の比により変化する状況が実験的に確かめられた。

4. あとがき

本研究ではP波入射による応力波速度の解析を行ったが、今後は波形全体の解析についても検討したい。本研究は文部省科学研究費 一般研究(c) の補助を受けて行った。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 松岡、菅田、能町、木田：構造工学論文集、Vol.32A、p641-648、1986
- 2) 菅田、松岡、岸、能町：土木学会北海道支部論文報告集、Vol.41、p73-76、1984

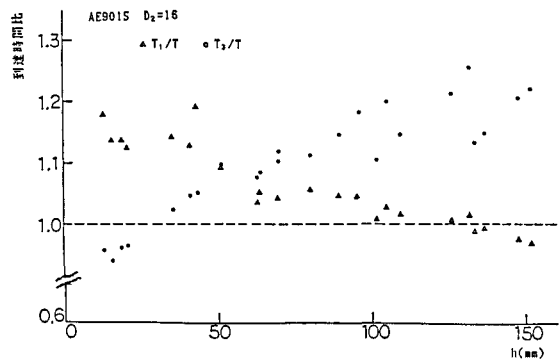


図3 到達時間の変化