

## 表面波試験法によるアスファルト舗装の構造評価

東京電機大学 学生会員 ○横田 明之 鹿島道路(株)技術研究所 正会員 東 滋夫  
東京電機大学 フェロー会員 松井 邦人 東京電機大学 正会員 小林 利雄

### 1.はじめに

舗装構造の評価のための非破壊試験法として、FWD試験機が世界的に標準試験機の地位を確立しつつある。しかし、試験機だけでは十分ではなく、測定したたわみデータから舗装を診断するシステムの確立が重要である。これまで、多くの方法が提案され、議論されてきたが結論に至っていない。一方、舗装構造評価の別法として、表面波試験法の可能性が注目されている。欧米では、本試験の舗装への適用に関して研究が進んでいるものの、わが国では舗装に関してこの種の研究は皆無に近い。本研究では、舗装に適用できる表面波試験法を確立することを目指している。そして、FWD試験と比較し、両試験の良否を明らかにすることを目的としている。

### 2.SASW 試験

半無限弾性体を伝播する波には、実体波(S波・P波)と表面波(レイリー波・ラブ波)がある。特に表面に鉛直な動荷重が作用する場合、レイリー波は全エネルギーの約70%にもなる。レイリー波の特徴は表面に沿って伝播し、その深さ方向の範囲は、ほぼ1波長であることが知られている。そのため層状構造の場合、周波数により伝播速度が異なるという分散性が観察される。SASW試験では、この分散性により、層状構造の層厚と各層の弾性係数を推定している。解析の流れは次の順序で行なう。

発振子(インパルスハンマー等)で舗装表面に衝撃を与え、受信子で表面波を測定する

測定した波形データのスペクトル解析を行なう

波長と位相速度の関係より分散曲線を描く

分散曲線の形状より各層の層厚を推定する。層厚の推定深度には、以下の提案式を使用した

$$D = 0.5\lambda(\text{文献}) \quad D = 0.3\lambda(\text{文献})$$

$$D = 0.2\lambda$$

表面波をS波と仮定し、弾性係数を求める。弾性係数は以下の式で推定する

$$E = 2(1+\nu)G \quad (1)$$

$$V_S = \sqrt{G/\rho} \quad (2)$$

### 3.試験方法

解析に使用したデータは、2001年12月4日に鹿島道路テストピットで測定した加速度波形である。試験断面は、A交通・D交通、2断面で測定を行なった。インパルスハンマーで加振を行ない、載荷点から一直線上に5個の加速度計を $L_2=30\text{cm}$ 間隔に並べ、それぞれの加速度計を両面テープで固定し測定を行なった。載荷点と一番近い加速度計との距離(以後、載荷間距離と称し)を $L_1=30,60,90\text{cm}$ として、一箇所につき10回載荷した。ch1側からの載荷を正方向、ch5側からの載荷を逆方向として、2パターンの載荷を行なった。また、同じ条件でランマー・タガネによる載荷も行なった。タガネ載荷は、高周波測定のため、鋼材を敷いてその上から加振を行なうものとする。SASW試験の概要は、図1に示し、試験断面は図2に示す。また、各層の層厚は既知であり、密度・ポアソン比は、仮定し図2に記す。

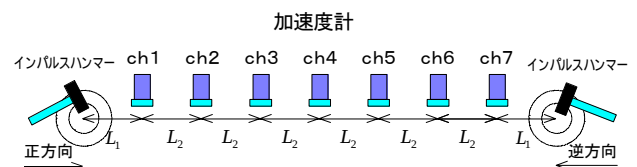


図1 SASW試験概要

| 【A交通断面】 |                                                                    | 【D交通断面】 |                                                                    |
|---------|--------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------|
| 表層      | $t = 5.1\text{cm}$<br>$v_1 = 0.35$<br>$\rho_1 = 2.3\text{g/cm}^3$  | 表層      | $t = 5.9\text{cm}$<br>$v_1 = 0.35$<br>$\rho_1 = 2.3\text{g/cm}^3$  |
| 上層路盤    | $t = 9.3\text{cm}$<br>$v_2 = 0.35$<br>$\rho_2 = 1.9\text{g/cm}^3$  | 基層      | $t = 10.3\text{cm}$<br>$v_1 = 0.35$<br>$\rho_1 = 2.3\text{g/cm}^3$ |
| 下層路盤    | $t = 24.4\text{cm}$<br>$v_3 = 0.35$<br>$\rho_3 = 1.8\text{g/cm}^3$ | 上層路盤    | $t = 8.4\text{cm}$<br>$v_2 = 0.35$<br>$\rho_2 = 1.9\text{g/cm}^3$  |
| 路床      | $v_4 = 0.40$<br>$\rho_4 = 1.8\text{g/cm}^3$                        | 上層路盤    | $t = 15.3\text{cm}$<br>$v_2 = 0.35$<br>$\rho_2 = 1.9\text{g/cm}^3$ |
|         |                                                                    | 下層路盤    | $t = 18.2\text{cm}$<br>$v_3 = 0.35$<br>$\rho_3 = 1.8\text{g/cm}^3$ |
|         |                                                                    | 路床      | $v_4 = 0.40$<br>$\rho_4 = 1.8\text{g/cm}^3$                        |

図2 試験断面

キーワード：舗装、SASW試験法、FWD試験法、層弾性係数、層厚、分散曲線

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 TEL：0492(96)5731 内線(2734)、FAX：0492(96)6501

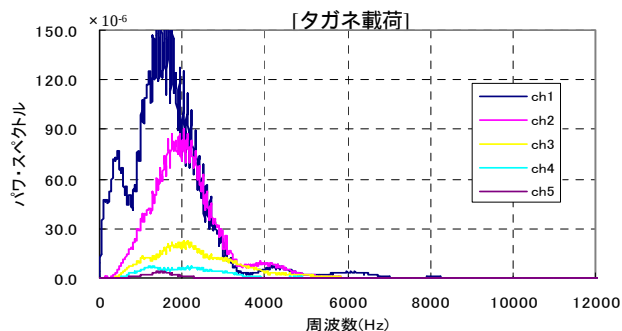
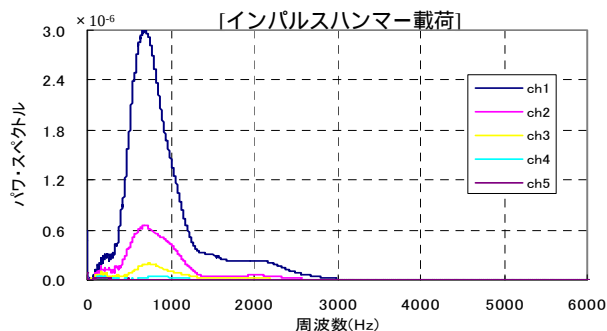


図3 パワ・スペクトル[A 交通断面]

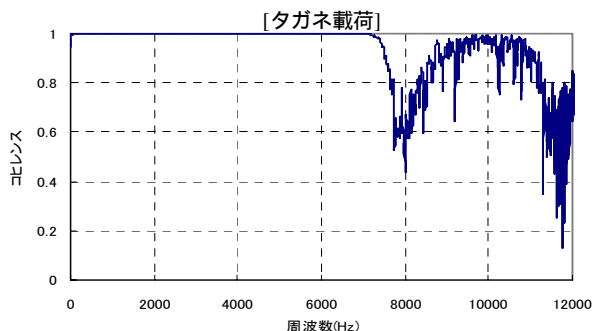
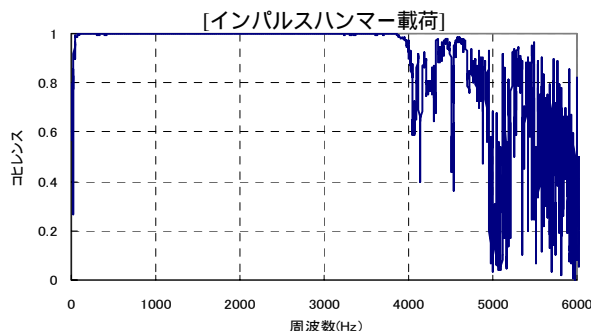


図4 コヒレンス関数[A 交通断面]

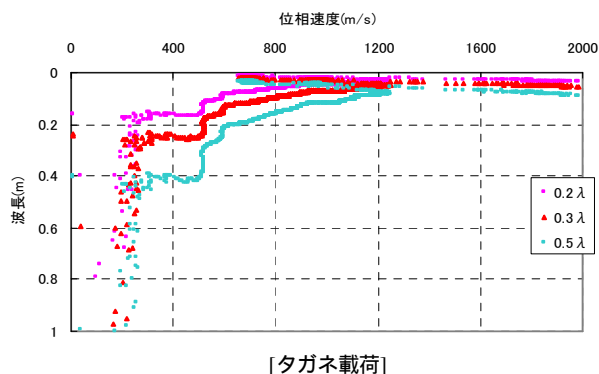
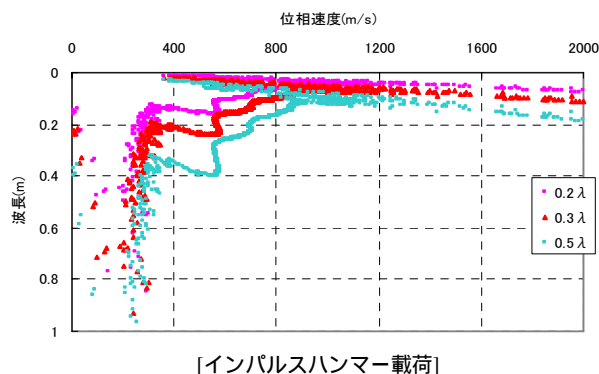


図5 波長と位相速度の関係[A 交通断面]

| ハンマー載荷 | 弾性係数<br>(FWD載荷) | 弾性係数<br>(SASW載荷) | 層厚真値   | 層厚(0.2λ) | 層厚(0.3λ) | 層厚(0.5λ) |
|--------|-----------------|------------------|--------|----------|----------|----------|
| 表層     | 5610 MPa        | 9703 MPa         | 51 cm  | 50 cm    | 65 cm    | 100 cm   |
| 上層盤    | 317 MPa         | 2514 MPa         | 93 cm  | 100 cm   | 130 cm   | 225 cm   |
| 下層盤    | 153 MPa         | 1524 MPa         | 244 cm | 150 cm   | 230 cm   | 400 cm   |
| 路床     | 63 MPa          | 367 MPa          | *****  | *****    | *****    | *****    |

| タガネ載荷 | 弾性係数<br>(FWD載荷) | 弾性係数<br>(SASW載荷) | 層厚真値   | 層厚(0.2λ) | 層厚(0.3λ) | 層厚(0.5λ) |
|-------|-----------------|------------------|--------|----------|----------|----------|
| 表層    | 5610 MPa        | 9703 MPa         | 51 cm  | 50 cm    | 60 cm    | 100 cm   |
| 上層盤   | 317 MPa         | 1847 MPa         | 93 cm  | 100 cm   | 150 cm   | 250 cm   |
| 下層盤   | 153 MPa         | 1264 MPa         | 244 cm | 170 cm   | 250 cm   | 400 cm   |
| 路床    | 63 MPa          | 202 MPa          | *****  | *****    | *****    | *****    |

#### 4. 解析結果

各載荷間距離のデータを使用して解析を行なった結果、A 交通・D 交通同様に L1=90cm の場合には、どの CH のデータを用いて解析させても安定した分散曲線を得られることから、載荷間距離 L1=90cm のデータを使用する。図3にパワースペクトル、図4にコヒレンス関数、図5に波長と位相速度の関係をそれぞれ示す。

#### 5. まとめ

(1) 今回の試験で、測定した波形データを用いて求めた分散曲線から、容易に舗装の断面図を推定することができた。真値と比較して、深度の提案式は、 $0.2\lambda$  が有

効であると思われる。

(2) 載荷間距離 L1 は、90cm 以上であることが望ましい

(3) 今後、本試験の信頼性を高める上で FEM を用いた数値シミュレーションやインバージョン手法による理論の整備が必要である。

#### 参考文献

- [1] W.Heukelom and C.R.Foster.:Dynamic Testing of Pavements. Journal of the soil Mechanics and Foundation Division of ASCE, Vol.86, No. SMI, Feb, 1960
- [2] M.E.Szendrei and C.R.Freeme:Road responses to Vibration Tests. Journal of the soil Mechanics and Foundation Division of ASCE, Vol.96, No. SM6, Nov.1970, pp2099-2124