

V-19

動的解析によるオーバーレイ厚決定の一手法

宮崎大学工学部 正員 ○横田 漢
同上 正員 藤本 廣

1. よえがき

最近、ダイナフレクト、ロードレイターなどの動的載荷試験により舗装面上のたわみ量を測定し、それを多層弾性地盤理論と組み合わせて、オーバーレイ厚が決定されている¹⁾。しかし、オーバーレイ厚決定の基礎となっている多層弾性理論はいずれも静的解析であり、厳密には多層弾性体の波動理論解析が正確なところである。だが、その厳密解は困難であり、近似解としてFEM、BEM解析などが考えられるが、地盤上のスラブの動的解析の一つの手法といえる。本研究は、半無限弾性体上のTimoshenko型スラブ（スラブの振動において、スラブのせん断変形と回転慣性を考慮したもので、以降T.Sと略称する）に周期荷重が作用する場合の理論解をオーバーレイ問題に適用したものであるが、具体的内容としてはまず、T.S理論解についてその特性を考察し、次に同理論解の実験的照査を検討したうえで、オーバーレイ厚決定手法を述べている。

2. T.S解の特性および実験的照査

円型等価荷重が周期的に半無限弾性体上の無限T.Sに作用する場合のスラブのたわみ w 、および半無限体の垂直応力 σ_z を荷重中心点において求め、それぞれ図-1、2に示す。図中、 Q_0 は無次元振動数、 E 、 E_1 はそれぞれ半無限体、スラブの弾性係数、 R は荷重半径、 P は荷重の合力を意味し、また、 $Z_2 = Z/H$ で Z は半無限体の表面からの深さ、 H はスラブ厚である。なお、実線は直交のスラブ(C.Sと略称)の解、点線はT.Sの解を表している。T.Sは $K = E_1/E$ が10（たわみ性舗装に相当）と10³（剛性舗装）の2例のみを示すが、 $K=10$ ではC.Sの解と大差なく、一本の実線で表わされている。しかし、 $K=10$ の場合は、 w はC.Sと比べて10~20%の増加、 σ_z は $Z=0$ で20%の増加、 $Z=5$ においても数%の増加が、それぞれ認められる。これは、 $K(E_1)$ が小さく場合は、せん断変形の影響が大きく現われるためであり、たわみ性舗装におけるT.S解析の必要性を示しているといえる。

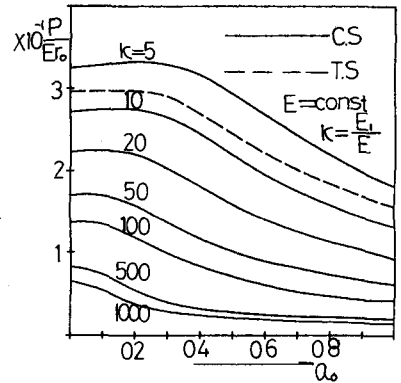


図-1. 荷重中心点におけるスラブのたわみ

図-3、4は、地盤上のRCスラブ（5m 正方形、厚さ15cm）の中心に起振機で上下方向に加振し、土圧計、加速度計などの測定によりえられたたわみと土圧を示すもので、それぞれスラブ中心における値を各振動数における起振力で除した1cm/s²あたりの大きさで表わしている。実線(I)は、実験結果を検証するため行ったバネ支持円板の強制振動の解、(II)は本理論の適用例である（Eとし、C.S解）。本理論解は、土圧に與しては実測値の2倍も大きく現われているが、たわみ量は実測値(I)の解とそれほど大差がなく、一応信頼出来るものとし、本理論はオーバーレイ問題に適用可能だと考えるべきとする。

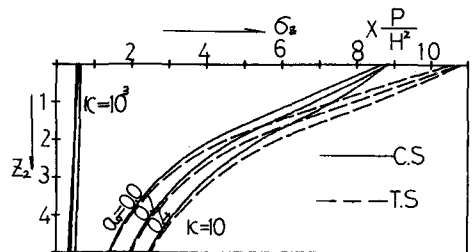


図-2. 荷重中心点における深さ方向の垂直応力

3. オーバーレイ厚決定手法

図-5は、スラブの弾性係数 E_1 は一定であり、地盤の弾性係数 E が変化する場合について、スラブ厚 $R_0 (=R/H)$ をパラメータとして求めた荷重中心点のたわみであり、舗装の弱体化が E と H の減少が生じている場合に利用出来

る。なお、 b_0 は無次元振動数、 w_a および w_m はそれぞれ許容たわみ量、 $\times 10^3$ とオーバーレイ時の測定たわみ量を意味している。剛性舗装を例にとり、オーバーレイ厚 ΔH を求める手順を説明する。いま、道路施工時の状態をA点とする。すなわち、コンクリートスラブの E_1 は既知とし、路盤以下路体の弾性係数 E を施工時に推定して、 $k_0 = E_1/E$ の値をえており、また、 k_0 より縦軸に平行線を引いて w_a -線との交点をAとし、Aを通る R_0 -線を求めてスラブ厚 R_0 を決定して行うとする。オーバーレイ時、 $b_0 = 0.02$ の振動数を加振したたわみ量 w_m をえ、またスラブ厚を測定し、 R_{0m} をえたとすれば、 w_m と R_{0m} との交点Bより横軸に垂線 BK_m を下した点 K_m が路体の弾性係数に相当する。弱化した路体に対する必要スラブ厚は、 w_a -線と BK_m との交点Cを通る R_{0r} 線の R の値より決まるととなる。従って、オーバーレイ厚は

$$\Delta H = r_0/R_{0r} - r_0/R_{0m} \quad (1) \text{より求められることとなる。}$$

いま、同図中の E_1 、 r_0 、 P などに数値を与え、 w_a 、 w_m および ΔH などの大きさを求めてみる。なお、 $b_0 = 2\pi f r_0 \sqrt{2C(1+\mu)S/E_1}$ と与えられており、 $b_0 = 0.02$ の値は、 $E_1 = 1.4 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、地盤のポアソン比 μ 、密度はそれぞれ、 $\mu = 1/4$ 、 $S = 1.8 \text{ g/cm}^3$ 、 $r_0 = 25 \text{ cm}$ 、振動数 $f = 25 \text{ Hz}$ の諸数値のちに設定されている。まず、 w_a の値について、いま、 $P = 20 \text{ tmt}$ と仮定し、図中より w_a の無次元量の大きさを14と読みとれば、 $w_a = \frac{P}{E_1 r_0} \times 14$ より約0.8mmとなる。同様に、 $w_m \div 1.4 \text{ mm}$ をえる。また、道路施工時の E および H の大きさは、図中より k_0 値を200と読み、 $E = E_1/k_0 = 700 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E = (50 \sim 60) \text{ CBR}$ の換係式³⁾を

援用すれば、 $\text{CBR} = 12 \sim 14$ となり、また、 $R_0 = r_0/H = 1.0$ より $H = 25 \text{ cm}$ 。これらの諸数値は、現行設計法の値と大体、合致する。最後に ΔH の大きさは、 R_{0r} 、 R_{0m} の値をそれぞれ、約0.9、1.25と読み、式(1)より、 $\Delta H = 77 \text{ mm}$ となる。

図-6は、舗装部分の弾性係数 E が減少して弱化が生じている場合に利用出来るグラフで、 ΔH を求める手法は図-5と同様である。

4. あとがき

地盤上のスラブの振動理論は、一応、オーバーレイ問題に適用可能であり、たわみ性舗装については、T.S解析が必要であることが認められた。すなわち、オーバーレイ厚決定手順については、C.S理論で説明したが、T.S理論によるオーバーレイ厚決定グラフについては、今後BEM解析とあわせて報告する予定である。

(参考文献) 1) 伊藤、佐藤、佐藤、土木学会論文報告集、第303号、1980、pp.109~118。2) 橋田、土木工学部研究報告、第19号、1973、pp.71~76。3) 土村幸治、舗装、vol.17, No.9, 1982、pp.12~21

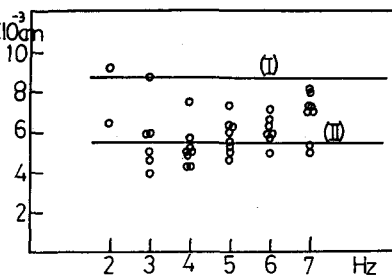


図-3. スラブ中心点におけるたわみ

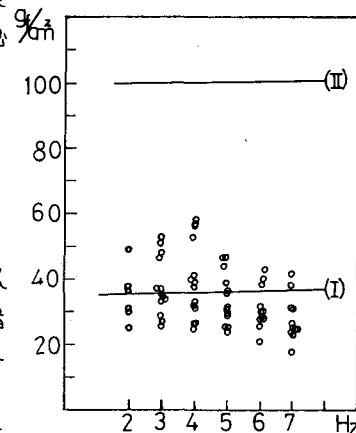


図-4. スラブ中心点における土圧

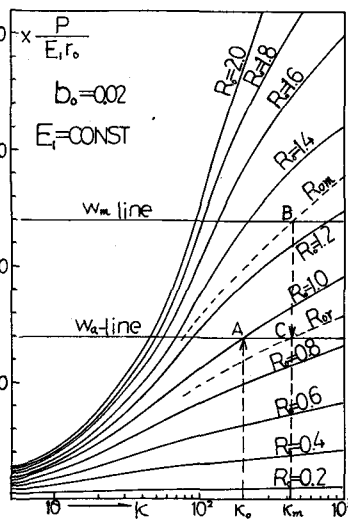


図-5. オーバーレイ厚決定曲線(E_1 =定)

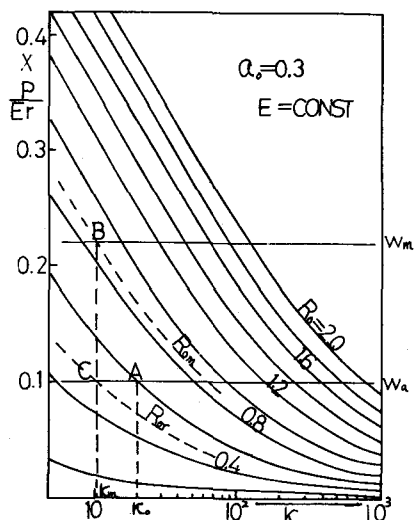


図-6. オーバーレイ厚決定曲線(E =定)