

I - B186

衝撃を受ける四辺単純支持矩形床版への荷重時間方向分布による影響

専修大学北海道短期大学 正員 三上敬司 室蘭工業大学 フェロー 松岡健一
室蘭工業大学 正員 岸 徳光 北海道大学 フェロー 能町純雄

1. まえがき

衝撃実験より求められる場合では衝撃力波形から近似的に三角形や台形形状で仮定した衝撃荷重を矩形床版等に作用させ、その動的挙動を検討している研究が一般的には多く行われている。一方、重錘落下による衝撃力を評価している研究成果はあまり多く見当たらないことから、著者等は重錘落下による四辺単純支持矩形床版の衝撃挙動に関して検討してきた^{1),2)}。両者の比較している研究成果についても前述と同様にあまり多く検討されていないようである。

そこで、本論文では Mindlin 板理論より解析的に求めた重錘衝撃力と力積一定として三角形および台形形状で近似した衝撃荷重を四辺単純支持矩形床版に作用させ、その場合の全支持反力および x 方向せん断力について比較検討する。なお、表-1に示したように、仮定した三角形および台形の荷重時間方向分布は4タイプである。

2. 理論解析

図-1に示したように、質量 M 、半径 r_a の平底剛体が四辺単純支持された矩形床版の中央点に落下した場合と荷重時間方向分布を図-2に示した三角形および台形形状に近似した場合の衝撃挙動について Mindlin 板理論を用いてモード解析する。矩形床版は境界条件が四辺単純支持であり、弾性定数 E 、ポアソン比 ν 、密度 ρ 、 x 方向の辺長を a 、 y 方向の辺長を b 、床版厚を d とする。なお、解析過程の詳細については文献2)を参照のこと。次に、Hertz の弾性接触論による床版の局部変形を $\delta_0 = KP$ ($K = (1-\nu^2)/E r_a$)、初期条件を時間 $t=0$ で初速度 V_0 とすると、Hertz の弾性接触論を考慮に入れた衝撃力に関する積分方程式は次式となる。

$$KP(t) + \frac{1}{\rho d} \sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\phi_{mn}(\xi_0, \eta_0) \phi_{mn}(x, y)}{N_{jmn}^2 \omega_{jmn}} \int_0^t P(\tau) \sin \omega_{jmn}(t-\tau) d\tau + \frac{1}{M} \int_0^t P(\tau)(t-\tau) d\tau = V_0 t \quad (1)$$

ここで、 N_{jmn}^2 ：ノルム、 ω_{jmn} ：固有振動数、 ρ ：床版の密度、 $\phi_{mn}(x, y)$ ：たわみの振動モード形である。

3. 数値計算例

本論文では、室蘭工業大学に行われた四辺単純支持された RC 床版の衝撃実験のデータに基づいてパラメータを設定した。従って、床版はスパン $a=b=1.25m$ 、密度 $\rho=2.5t/m^3$ 、ポアソン比 $\nu=0.2$ 、弾性定数 $E=2.785 \times 10^6 tf/m^2$ で、重錘は質量 $M=0.07t$ 、半径 $r_a=0.075m$ である。Mindlin 板理論における位相速度は波長が長くなるとレーレー波に漸近することより平均せん断係数 $\kappa^2=0.83$ を決定した。また、

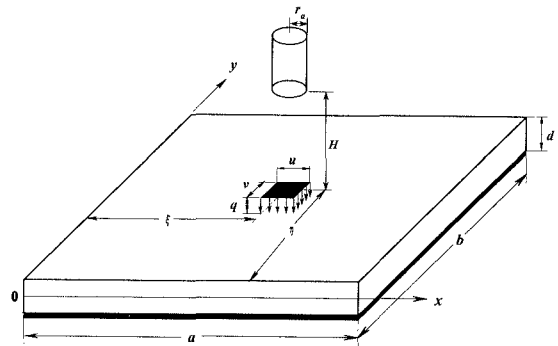


図-1 衝撃を受ける四辺単純支持矩形床版

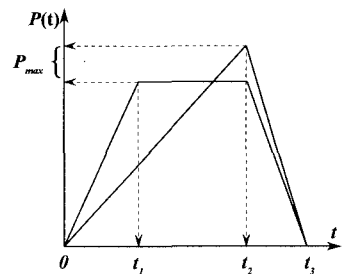


図-2 三角形および台形形状の荷重時間方向分布

キーワード：Mindlin 板理論、矩形床版、衝撃力、動的挙動

連絡先（〒 079-0197 美咲市光珠内町・Tel 01266-3-0249・Fax 01266-3-4071）

表-1 力積を一定とした場合の4種類の荷重タイプ

荷重タイプ	t_1 (msec)	t_2 (msec)	t_3 (msec)	P_{max} (tf)
Type I	0.2	0.4	1.215	11.682
Type II	0.2	0.4	1.333	10.784
Type III	-	0.335	1.215	13.604
Type IV	-	0.335	1.533	10.784

1) 式の Fredholm 型積分方程式を数値解析するには simpson1/3, 3/8積分則を用いて数値積分した. 時間刻みは $t=0.1$ μsec で, Fourier 級数の m および n は重錘衝撃力 300 項目で, 全反力とせん断力は 150 項目で, 仮定荷重における全反力とせん断力の場合は 200 項目で収斂した. なお, 集中荷重とした場合の全反力およびせん断力は Fourier 級数の収斂がよくないので, 重錘の底面積と等価面積とした等分布矩形荷重に置き換えると, その荷重幅は $u=v=13.3\text{cm}$ となる.

力積は図-3における重錘衝撃力の時刻歴応答波形を時間で積分して求めた. この力積が一定となるように4種類の衝撃力波形を設定した荷重時間および最大衝撃力を表-1に示している. Type I と III は重錘衝撃力の衝撃作用時間 $t_3=1.215\text{msec}$ と同値で, Type II と IV は重錘衝撃力の最大値 $P_{max}=10.784\text{tf}$ と同値である. 図-4 は各衝撃荷重を作用した場合の全支持反力の時刻歴応答を示している. 衝撃初期における負および正の最大全反力は重錘衝撃力の場合では $-12.72, 19.4\text{tf}$ となり, Type I と III の場合ではこの値に対して約 1.1 ~ 1.26 倍となりやや大ききな値を示している. Type II と IV の場合ではこの値に対して約 0.92 ~ 1.1 倍となり, 重錘衝撃力の場合とほぼ等しいことがわかる. しかし, Type I と III の場合では時間的には大差がなく, Type II と IV の場合では重錘衝撃力の場合より衝撃作用時間が長くなるために若干時間的な差が生じている. 図-5 は各衝撃荷重を作用した場合の x 方向せん断力の時刻歴応答を示している. せん断力の場合も反力の場合と同様に荷重時間や衝撃荷重の大きさによる影響を受けていることがわかる. 特に, 載荷点近傍 ($x=0.725\text{m}$) では, 荷重時間, 大きさおよび形状による影響を受けていることがわかる.

4. あとがき

本論文では, 平底重錘が四辺単純支持された矩形床版の中央に落下した場合の重錘衝撃力と力積一定として時間方向分布を三角形や台形で近似した衝撃荷重を床版に作用し, この場合の支持部全反力と x 方向せん断力について比較検討した. 本解析の結果より, 全支持反力および x 方向せん断力の場合は荷重時間方向分布の影響を受けることがわかった.

参考文献

- 1) 三上敬司・松岡健一・岸徳光・能町純雄: 重錘落下による四辺単純支持矩形床版の弾性衝撃応答解析, 第52回年次学術講演会概要集第1部(B), pp.356~357, 1997. 2) 三上敬司・松岡健一・岸徳光・能町純雄: 重錘落下による四辺単純支持矩形床版の動的挙動, 土木学会北海道支部論文報告集第54号(A), pp.68~73, 1998.

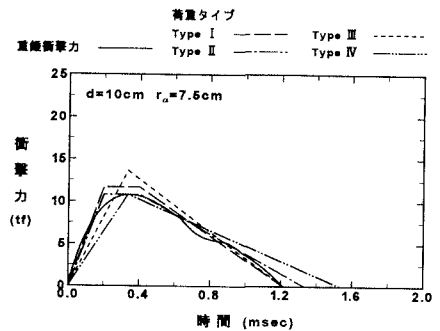


図-3 衝撃力の時刻歴応答波形

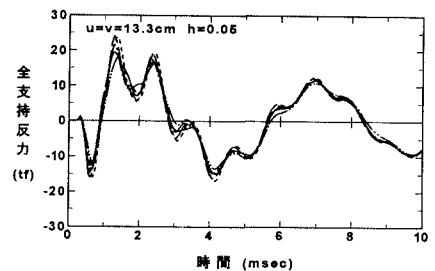
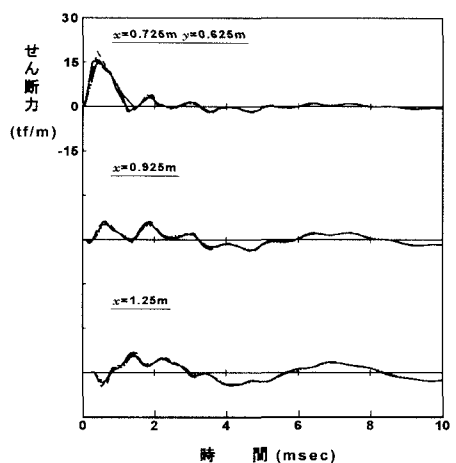


図-4 全支持反力の時刻歴応答

図-5 x 方向せん断力の時刻歴応答