

I-232 アーチ形状を有するロックシェッドの弾性衝撃挙動

室蘭工業大学 正員 松 岡 健 一
 室蘭工業大学 正員 岸 徳 光
 開発土木研究所 正員 中 野 修
 日大生産工学部 正員 能 町 純 雄

1. はじめに

道路交通網の安全施設の一つとして、雪崩、崩落土砂、落石等による交通障害を防止するためのスノウシェッドあるいはロックシェッドがある。このようなシェッドの設計は通常の土木建築構造物のそれと異なり落下重量の数十倍あるいは数百倍程度の衝突衝撃荷重を合理的に評価する必要がある。緩衝材としての敷砂厚の効果や衝撃力の算定に関する研究が種々行われているが、現在のところ現場の状況を判断して経験的に設計が行われているようである。

これまでのロックシェッドに関する研究成果^{1)~6)}は敷砂部の衝撃緩和に関するものと構造体として平屋根構造を想定し検討しているものがほとんどであり、構造体の形状が衝撃波動伝播特性に与える影響等について検討しているものは少ないようである。現在設置されている実構造もほぼ板厚1 m前後の鉄筋コンクリート平板構造となっているようであるが、ロックシェッドの断面形状によって衝撃力の分散効果や応力波動の伝播特性を把握することは工学的に意味のあるものと考えられる。

本文では、ロックシェッド構造を対象としてシェッドの断面形状が動的応答特性に与える影響を検討するために、平板構造を基本として道路幅員方向に一樣で走行方向に連続なアーチ形を有する構造（図-1）を想定し、そのライズ比を種々変化させた場合について検討をおこなった。

解析方法に関しては構造系が比較的単純であるため種々考えられるが、ここでは応答性状の概略を知るところに注目しているのでアーチを折線近似し、幅員方向の境界条件を両端単純支持と仮定し有限帯板理論を適用して解析を行っている。

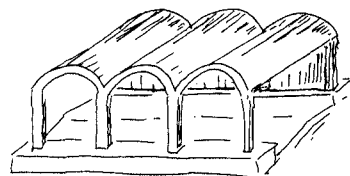


図-1 アーチ形ロックシェッド概形図

2. 解析理論

ここで扱う有限帯板要素法の理論的な考え方は、奥村等⁷⁾あるいは中村の研究⁸⁾に基づいており詳細については彼らの研究成果に譲るものとし、以下では弾性衝撃応答解析への応用についての概要を示す。図-2に示すような任意薄板要素において、局所座標系を $x-y-z$ 、対応する変位を u, v, w 、回転角を θ とする。要素内の y 方向の変位関数は、面内変形に関しては線形、面外変形に関しては三次放物線の関数を仮定して、次のようにおく。

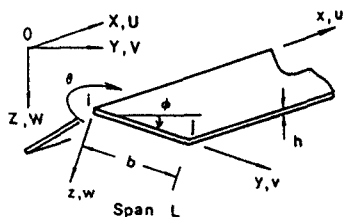


図-2 任意一薄板要素

$$u = (1 - \eta) u_i + \eta u_j \quad \dots(1) \quad v = (1 - \eta) v_i + \eta v_j \quad \dots(2)$$

$$w = (1 - 3\eta^2 + 2\eta^3) w_i + (3\eta^2 - 2\eta^3) w_j + b(\eta - 2\eta^2 + \eta^3) \theta_i + b(-\eta^2 + \eta^3) \theta_j \quad \dots(3)$$

ただし、 $\eta = y/b$ であり、サフィックス i, j はそれぞれ i 点、 j 点の境界物理量を意味するものとする。さらに面内変形に関しては平面応力問題を、面外変形に関しては薄板の曲げ問題を仮定して求められる動的基礎微分方程式に上式(1)~(3)を用いてガラーキン法を適用すると、 x と時間 t に関する線形連立偏微分方程式が得られる。両端単純支持を仮定して x 方向に有限Fourier変換を施して整理すると像関数に関する運動方程式が求められる。運動方程式の解析は基準関数ベクトルを導入し、モーダルアナリシス法を用いて行っている。

3. 解析モデルおよび材料定数

ロックシェッドの形状効果を検討するために、ここでは一対辺単純支持矩形平板を基本にして連続アーチ構造のクラウン部の高さを変化させた場合について解析を行った。解析モデルは連続構造体から道路走行方向に60m

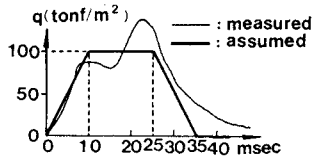


図-3 入力波形分布

を取り上げ、幅60m、スパン10m、板厚50cmのRC製の構造体を仮定した。また、衝撃荷重に関しては、吉田等が応答解析に用いた中間的な入力波分布モデルを用い、載荷幅を $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ としてスパン中央部に載荷するものと仮定した。図-3に入力波の時間方向分布図を示す。解析は基本構造としての矩形板の他、1アーチスパンを20mとしクラウン部の高さを $f=1\text{ m}, 2\text{ m}, 3\text{ m}, 5\text{ m}, 10\text{ m}$ と変化させて行った。図-4に部材断面の概要を示している。解析は図-4に示すように対称荷重載荷の場合と偏心荷重載荷の場合について検討を行っている。

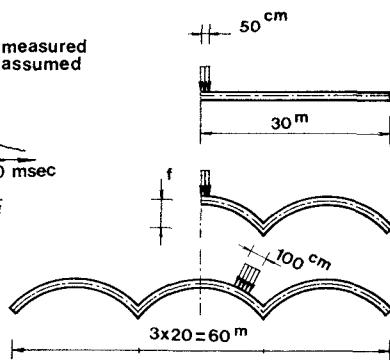


図-4 部材断面および載荷状態図

Table 1 Results of the max. moment M_Y under the symmetric loading.

	static load	dynamic load
plate	1.000	1.037
$f=1\text{ m}$	0.902	1.011
$f=2\text{ m}$	0.824	0.947
$f=3\text{ m}$	0.787	0.887
$f=5\text{ m}$	0.760	0.850
$f=10\text{ m}$	0.716	0.792

Values are ratio to the max. M_Y of plate under the static load.

Table 2 Results of the max. displacement w under the symmetric loading.

	static load	dynamic load
plate	1.000	1.010
$f=1\text{ m}$	0.645	0.813
$f=2\text{ m}$	0.386	0.585
$f=3\text{ m}$	0.288	0.439
$f=5\text{ m}$	0.222	0.314
$f=10\text{ m}$	0.191	0.250

Values are ratio to the max. w of plate under the static load.

4. 数値解析結果

形状効果に関する検討は、最大断面力（断面方向モーメント M_Y 、軸力 S_X ）および最大たわみについて、矩形板上に静的載荷した場合の応答に対する比を用いて行うこととした。表-1に断面方向モーメント M_Y に関する解析結果を静的載荷と動的載荷の場合について並列して整理している。表より静的および動的載荷いずれも f の増大とともに数値が減少していることがわかる。表-2には、最大たわみについて示しているが、アーチ作用によって f の増大と共に曲げモーメントに比べ応答値が著しく低減し、 $f=10\text{ m}$ の場合には、静的で0.191、動的でも0.250となっている。ここには偏心載荷の場合における結果を示していないが、モーメントに関しては対称荷重載荷とほぼ類似の傾向を示し、またたわみに関しては対称荷重載荷に比し低減の割合が多少小さくなっているようである。一方、面内軸力 S_X に関しては、最大でも75ton/m程度であるためRC製であることを考慮すると、設計的にはほとんど無視できる値であるものと考えられる。

5. まとめ

ロックシェッド構造を対象としてシェッドの断面形状が動的応答特性に与える影響を検討するために、平板構造を基本として道路幅員方向に一様で走行方向に連続なアーチ形を有する構造について検討をおこなった。解析はサンドクッションを介して同一な衝撃荷重が載荷されるものと仮定して行った。施工性等種々問題があるものと考えられが、本数値解析結果よりアーチ形状を仮定する場合は平板に比し、かなり応答値を低減化できることが明らかになった。

6. 参考文献

- 1) 鋼材倶楽部 鋼材倶楽部研究報告,1973.4. 2) 吉田博,梶谷浩,鈴木哲 土木学会論文集,第352号,1984.12. 3) 岡田憲治,中松俊裕 第23回北海道開発局技術研究発表会,1979.2. 4) 芳村仁,三上隆,運上茂樹,若林学 土木学会北海道支部論文報告集,第42号,1986.2. 5) 園田恵一郎,小林治俊,鈴木輝男 第1回落石の衝撃力およびロックシェッドの設計に関するシンポジウム論文集,1983.7. 6) 岸徳光,吉田紘一,松岡健一,能町純雄 構造工学論文集,Vol.34A,1986.3. 7) 奥村敏恵,坂井藤一 土木学会論文報告集,第176号,1970.4. 8) 中村秀治 土木学会論文報告集,第223号,1974.3.