孔あきジベルを用いたアルミニウム合金製伸縮装置の動的挙動に関する研究

早稲田大学大学院	学生会員	○塚本	宏樹
早稲田大学		澤田	和幸

早稲田大学 フェロー 依田 照彦

<u>1. はじめに</u>

道路橋の伸縮装置は、車両の走行による繰り返し荷重を直接受けるという厳しい状況にあり、衝撃による損傷事例は少なくない.既往の研究より静的荷重載荷時における伸縮装置に発生する応力、変位状態を 再現できることが確認できた.本研究では有限要素汎用コード DIANA を用い、車両の輪荷重と走行時に作 用する摩擦力の影響を考慮した動的解析を行う.その際、衝撃係数を考慮しない設計荷重の静的解析結果 と動的解析結果を比較し、その変位と応力から衝撃係数(i=1.0)の有効性について検討を行う.

2. 解析方法

(1) 解析対象モデル: 概略図を図 2.1 に示す. ア ルミニウム, コンクリート部には 8 節点ソリッド要素, アルミニウムとコンクリート接触部には界面要素を使 用し,要素数の合計は約 10000 である.フィンガー2 枚の間にジベルが 1 枚ある形状が最小単位であるが, 左右対称であるため,その半分のフィンガー1 枚,ジ ベル 1/2 枚の形状を解析対象モデルとする.

(2) 材料特性値:表 2.1 に材料特性値を示す.動 的解析時に必要となる Rayleigh 数は以下の式を用いて 算出した.

$$a_{0} = 2\omega^{(1)}\omega^{(2)} (h^{(1)}\omega^{(2)} - h^{(2)}\omega^{(1)}) / [(\omega^{(2)})^{2} - (\omega^{(1)})^{2}]$$

$$a_{1} = 2(h^{(1)}\omega^{(2)} - h^{(2)}\omega^{(1)}) / [(\omega^{(2)})^{2} - (\omega^{(1)})^{2}]$$

ここに,減衰定数 h=0.05,1 次,2 次の振動モード 時の固有振動数ω₁=53.9(×1000^{0.5}Hz),ω₂=188(× 1000^{0.5}Hz)を用いて a₀=4.19, a₁=4.13×10⁻⁴ とした.界 面要素の構成則については既往の研究で得られた値 を用いた.

(3) 固定条件: 図 2.2 に示すように,実際の据付状 況を考慮し,モデルの底面のみ 3 方向完全固定(青 色),対称性を考慮し切断面 Z 軸方向固定(赤色)と した.

(4) 載荷荷重:パルス波形状は台形で,図 2.3 に示す. 解析時間は 0.001 秒ごと 250 ステップとした.

計算例①:自動車の輪荷重10tfは接地面積を基に

キーワード 伸縮装置,応力解析,振動,衝撃係数

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16-05 早稲田大学 依田研究室 TEL 03-5286-3399



表 2.1 材料特性值

材料	ヤング係数(N/mm ²)	ポアソン比	密度(kN/m³)
アルミニウム	7.25×10^4	0.345	27.0
コンクリート	30.0×10^4	0.167	23.0



換算した **4.6kN/mm² をフィンガー先端から 200mm** までの(図 **2.2** ピンク色)に分布荷重として載荷する.

計算例②:①の鉛直方向の輪荷重に加え,図2.2 に示すようX 軸の+方向に摩擦係数 *μ* =0.5 を乗じた摩擦力 2.3kN/mm² を作 用させる.

計算例③:①の鉛直方向の輪荷重に加え,摩擦力をX軸の-方向に作用させる.

3. 解析結果

結果を表 3.1 と表 3.2 に示す. ここで前者は図 3.1 に示すフ ィンガー先端部変位の最大箇所,後者はフィンガー先端のはね 返り変位最大箇所の結果である.表内の括弧書きは,静的解析 における衝撃なしの設計荷重との比である.また,記載されて いる変位はフィンガー先端部,応力計算箇所は特に応力集中が 見られる箇所とし,図 3.2 にその部位の名称を示す.

<u>4.考察</u>

衝撃を考慮した設計荷重は、考慮しない設計荷重の2倍に設定されているが、これは衝撃係数 i=1 を乗じているためである.動的解析において垂直・水平方向とも最大値相当の値を想定したが、表 3.1 からわかるように、動的解析結果は静的解析結果の2倍以下である. その結果、道路橋伸縮装置の設計指針で定められた、衝撃係数 i=1 が妥当な値であることが確認できた.



図 3.1 フィンガー先端部変位と時間



表 3.1 静的解析と動的解析における変位最大箇所での結果の比較

	静的解析		動的解析				
計算部位	設計荷重	設計荷重	①の場合	②の場合	③の場合		
	(衝撃あり)	(衝撃なし)	(0.013 秒)	(0.013 秒)	(0.013 秒)		
変位(mm)	1.02	0.502	0.72 (1.43)	0.53 (1.06)	0.92 (1.83)		
フィンガー付け根部 (N/mm²)	48	23.8	33.1 (1.39)	25.7 (1.08)	40.9 (1.72)		
ジベルフィレット部(N/mm²)	58.8	27.8	42.3 (1.52)	28.3 (1.02)	57.9 (2.08)		
フェイス・ジベル接触部(N/mm ²)	63.4	29.7	44.8 (1.51)	30.4 (1.02)	61 (2.05)		

表3.2動的解析におけるはね返り変位最大箇所での結果

計算部位	 ①の場合 	(0.031s 時)	②の場合	(0.031s 時)	③の場合	(0.031s 時)
変位(mm)	0.365	(0.73)	0.275	(0.55)	0.464	(0.92)
フィンガー付け根部 (N/mm²)	-18.7	(-0.79)	-15	(-0.63)	-22.7	(-0.95)
ジベルフィレット部(N/mm ²)	-10.9	(-0.39)	-8.9	(-0.32)	-14.1	(-0.51)
フェイス・ジベル接触部(N/mm²)	-7.68	(-0.26)	-6.19	(-0.21)	-9.99	(-0.34)

参考文献

1) Teruhiko Yoda • Mamiko Hayashi: Design of Expansion Joints with Perforated Dowels Under Impact Loading, Tianjin University, 2008.07

2)日本道路公団: 鋼製フィンガージョイント設計指針,2000.3

3)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I共通編 Ⅲコンクリート橋編,2002年3月.