

(I-9) ひずみ速度を考慮した落橋防止連結板の衝撃破壊シミュレーション

○武蔵工業大学 学生会員 藤谷 健
武蔵工業大学 学生会員 小田切 亮
武蔵工業大学 正会員 皆川 勝

1. はじめに

平成7年の兵庫県南部地震では、高架橋において橋桁が落下するという被災や、落下には至らなかったが、多数の落橋防止構造、支承等の損傷の報告が行なわれており、実験も実施されている^{1) 2) 3)}。そこで本研究では、落橋時における落橋防止連結板の衝撃破壊解析を行い、落橋防止連結板の設計の見直しを目指して、その強度特性を数値解析により把握することを目的とする。

2. 鋼材の力学特性に及ぼすひずみ速度の影響

2-1. 静的条件に対する変化率^{4) 5)}

衝撃的荷重が構造物に作用すると載荷速度が大きいと、構造物の部材には、載荷速度に応じたひずみ速度が生じる。そして、材料の弾性係数や強度などの力学特性は、ひずみ速度の影響によって静的な載荷による材料の力学特性と異なることが知られている。その力学特性の変化を検討するためにS S41, S R24, S D30, S D35の4種類の鋼材について試験し、変化率で表している。その結果各変化率を与える式を表-1に示す。

表-1 鋼材の力学特性に及ぼすひずみ速度の影響

	変化率	係数
上降伏点	$f_{yud}/f_{yus}=10^{m+c_1}$	$m=b_1+a_1\log \dot{\epsilon}$ $a_1=0.3769, b_1=-0.2579, c_1=0.993$
下降伏点	$f_{yld}/f_{yls}=a_2+b_2\log \dot{\epsilon}$	$a_2=1.202, b_2=0.040$
引張強度	$f_{aud}/f_{aus}=a_3+b_3\log \dot{\epsilon}$	$a_3=1.172, b_3=0.037$
破壊ひずみ	$\epsilon_{yld}/\epsilon_{yls}=a_4+b_4\log \dot{\epsilon}$	$a_4=1.044, b_4=0.013$

2-2. 解析におけるひずみ速度

の評価⁶⁾

解析を行なう際は、ひずみ速度は部材内では一定とはならないが、ここでは、簡単のため部材内でのひずみ速度を一定として次のように定義した。

初期長さが L_0 、強制変位速度が V のときの、時間 Δt 当たりの伸びの量を ΔL とすると、

$\Delta L = V\Delta t$ となり、このときのひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は、

$$\dot{\epsilon} = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta t} = \frac{L_0}{\Delta t} = \frac{V\Delta t}{L_0\Delta t} = \frac{V}{L_0} \quad \text{と表わされる。}$$

今回の解析では、5000mm/sec の速度で強制変位を与えたので、このときのひずみ速度の影響を表-2、図-1に示す。また、解析ではパイリニア弾塑性性材と仮定したため、降伏荷重は上降伏点と下降伏点の平均をとってスケールした。

表-2 力学特性の比較(L=530 の場合)

	静的	V=5000(mm/sec)
降伏荷重(N/mm ²)	288	507.0
引張強度(N/mm ²)	436.5	527.3
破壊ひずみ	0.303	0.320
降伏後弾性係数(N/mm ²)	492.4	64.1

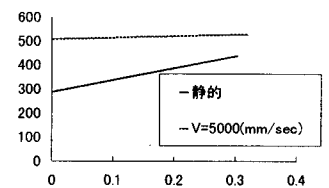


図-1

ひずみ速度による応力-ひずみ関係の変化

3. 解析概要

3-1. 解析モデル

解析モデルの形状及び寸法は、表-3に示す通りである。Type A, Type B, Type Cの3種類の形状の連結板を対象として、連結板の外径の相違による力学特性の変化を調べるためにType Aに関して、3通りの外径を設計した。そして、解析対象は図-2に示す通り連結板の1/4を対象とした。また、連結板の厚さは25mm、ピンの直径は45mmとした。

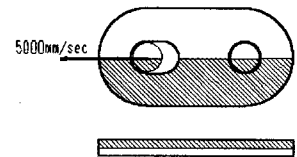


図-2 解析条件

キーワード：落橋防止連結板、ひずみ速度、吸収エネルギー

連絡先：武蔵工業大学工学部・〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 Tel 03-3703-3111 (3252) Fax 03-5707-2226

3-2. 解析方法

中心差分に基づく陽的時間積分法を用いた非線型動的応答解析のための汎用3次元有限要素解析プログラムであるLS-DYNA^{7) 8)}を用いて解析を行った。

載荷方法として、ピンに一定速度の強制変位を与えた。文献1)の桁間に生じる相対速度の大きさを概略的に把握するために行った橋脚-上部構造の非線型時刻歴応答解析の結果より得られた最大応答速度2220mm/sec(橋脚高さ20m)を参考にし、さらに、橋桁が逆位相で運動する場合には、この2倍程度見込んだ速度が生じると考え、5000mm/secの強制変位速度を与えた。また、ひずみ速度による材料定数の相違を考慮しないものについても解析を行った。

4. 解析結果及び考察

Type Aの外径の変化による伸び、吸収エネルギー、最大荷重を表-4に示す。その結果、当然であるが、径が太くなればそれぞれの値は増加しており耐荷力は増している。

表-5にひずみ速度を考慮した場合としない場合の吸収エネルギー、伸び、最大荷重を示す。それぞれを比較すると、伸びについてはひずみ速度を考慮した場合としない場合にはあまり差は見られなかった。最大荷重については、ひずみ速度を考慮した場合のときの方がかなり大きな値となった。その結果、吸収エネルギーもひずみ速度を考慮した場合の方が大きな値になった。

また、図-3、図-4には、形状の変化による荷重-変位曲線及び吸収エネルギーの変位に対する変化を示す。最大荷重という観点からは、ここで示した3つのTypeは、ほぼ同程度の値が得られているが、エネルギー吸収能力という点では、Type C、Type B、Type Aの順に優れていると言える。

表-4 Type Aにおける外径の変化による伸び・吸収エネルギー・最大荷重

外径(mm)	75	100	125
吸収エネルギー(KN/m)	6	11	22
伸び(mm)	20	22	30
最大荷重(KN)	490	879	1200

表-5 ひずみ速度を考慮した場合としない場合についての比較

	TypeA		TypeB		TypeC	
ひずみ速度	考慮する	考慮しない	考慮する	考慮しない	考慮する	考慮しない
吸収エネルギー(KN/m)	10.9	7.9	17.3	15.9	29.2	23.1
伸び(mm)	22	17	27	24	39	38
最大荷重(KN)	879	553	939	618	887	619

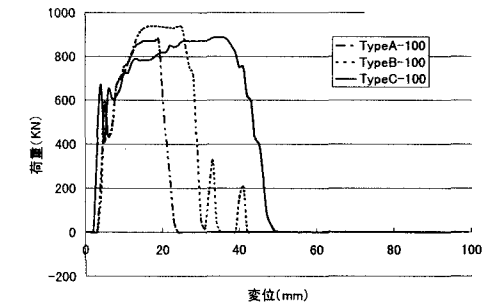


図-3 形状の変化による荷重-変位曲線

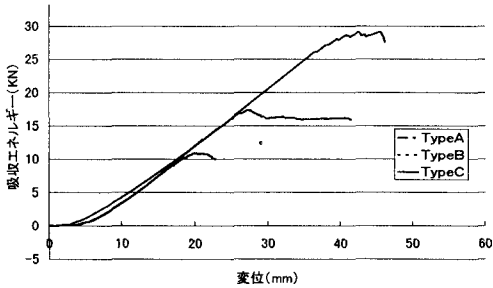


図-4 形状の変化による吸収エネルギー

<参考文献>

1) 長島文雄：落橋防止装置の衝撃応答特性および設計法に関する研究、文部省科学研究基金研究成果報告書、平成9年3月
2) 鈴木五月：鋼道路橋落橋防止装置連結板の耐荷力実験、構造工学論文集 vol.35A
3) 田嶋仁志：落橋防止連結板の衝撃破壊実験と強度特性、構造工学論文集 vol.44A、1998年3月
4) 構造物の衝撃挙動と設計法、土木学会構造工学シリーズ6、平成6年
5) 高速載荷を受ける鋼材の動的応力～ひずみ関係モデル、土木学会第45回年次学術講演会、平成2年9月
6) 山沢哲也：鋼・コンクリート部材の衝撃挙動に関する解析的研究、東京都立大学修士論文、平成8年
7) 株式会社日本総合研究所：LS-DYNA version 940 使用の手引き
8) 株式会社日本総合研究所：LS-DYNA version 940 USER'S MANUAL