

高速引張時の落橋防止版の強度解析

名古屋工業大学 正員○小畑 誠

名古屋工業大学 正員 後藤芳顯

名古屋工業大学 正員 松浦 聖

1 はじめに

地震時において橋梁の上部構造の橋台または橋脚からの逸脱、落下を防ぐもののひとつとしては図1に示すような落橋防止装置がある。それはその構造からも明かなように、外力には主として連結板によって抵抗することを想定している。道路橋示方書には設計の詳細が与えられていないが、著者らはこれまでに、これについてのひとつの考え方として連結板の塑性変形も許した範囲で落橋防止装置の耐荷力を算定する方法を示し、静的と見なされる外荷重については実験、解析の両側面から連結板の耐荷力についてその詳細にわたって明かにしてきた。^{1,2)}

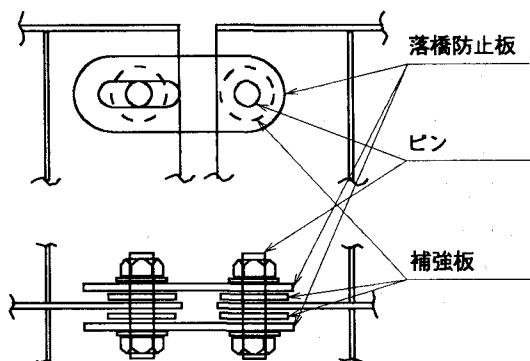


図1 落橋防止装置

しかしながら、現実の外荷重は地震によってもたらされるものであり必然的に大きな変形速度をとまなうものである。しかも通常の構造用鋼材が常温においてさえ無視し得ないひずみ速度依存性を見せることから、高速引張り時の連結板の耐荷力特性を静的なものとの関連を解明しておくことは重要である。本報告ではこの点について特に解析的な側面から検討を加えることを目的とする。

2 解析の概要

ここでは著者らが2分の1模型を用いて行った連結板の高速引張り破断試験³⁾に対応する解析を行う。変形速度としては初期に200mm程度の距離にあるピンがピン間速度秒速1000mm/s前後で離れていく場合に連結板に生ずる程度のものを扱うことになる。これは鋼材中を伝わる弾性波の速度に比べて十分に小さいと見なせる範囲にあることとピン間速度自体は一定であることから、簡単のために本解析では慣性の影響を無視した定式化を行う。この程度の変形速度でより重要なのは材料の構成方程式のひずみ速度依存性、すなわち広い意味での粘性である。

変形解析は文献2)で用いた有限の回転を含む大変形を考慮したものである。変形率テンソルは次のように表すことができる。

$$D_{ij} = D_{ij}^e + D_{ij}^p \quad (1)$$

ここで D_{ij}^e は弾性変形部分であり通常の増分型弾性を仮定し応力の変化率と線形な関係があるものとする。一方 D_{ij}^p は塑性変形部分でありここでは最も一般的なものの一つとしてべき乗則を用いる。すなわち

$$D_{ij}^p = \eta \left(\frac{\tau}{\tau_Y} \right)^m \frac{\tau_{ij}}{\tau} \quad (2)$$

ここに τ_Y は通常の時間非依存性の塑性流れ理論における降伏応力に対応するもので、時間非依存流れ理論同様のべき乗硬化則を満たすものとする。また τ はいわゆる相当応力、 τ_{ij} は偏差成分を表す。 η はひず

み速度と同じ次元を持つ材料定数である。これからわかるように、この流れ理論にはいわゆる降伏条件はない。数値解析法としては三角形一次要素で離散化した有限要素法を用いる。mには通常50~1000の大きな値が入るので数値計算に際しては文献(4)で用いた考え方で増分を修正している。数値解析は文献(2)と同様に連結版の約4分の1の部分を対象とし、計算に用いた材料定数については次のとおりである。なおピンと連結板接触部の摩擦は考慮していない。

$$E=20000\text{kgf/mm}^2, \quad \nu=0.3$$

$$\tau_y^0 = 30\text{kgf/mm}^2, \quad \tau_y = h(\alpha + \varepsilon^p)^n \quad h=80\text{kgf/mm}^2, \quad n=0.22, \quad \alpha=1.16 \times 10^{-2}$$

$$m=200, \quad \eta=0.002 \quad (\tau/\tau_y \leq 1.004), \quad m=45, \quad \eta=0.005 \quad (\tau/\tau_y \geq 1.004)$$

3 結果とまとめ

解析結果は図2、3にそれぞれ最大荷重時付近での連結版の変形状態と実験での破断形状を示す。図2には相当塑性ひずみの分布も同時に示している。表1は最大荷重とそのときの伸びを実験結果と比較したものである。また図4は荷重ピン間変位曲線である。ピン間変位速度が上昇するに従い最大荷重とその時の変位ともに静的な場合に比べて上昇しているが、解析結果もその傾向を良く表し、定量的にも両者の値良く一致している。また図2に見えるように大きなひずみは中央部に発達し、連結版が中央で破壊する状態と良く対応しておりこの解析によって、この程度の引張速度での連結板の強度および破壊の状態を詳細に検討できることがわかる。

表1 最大荷重と変位

ピン間速度 (mm/s)	最大荷重(tonf)		変位(mm)	
	実験値	解析値	実験値	解析値
0.200 (静的)	33.9	33.2	51.5	64.0
250.0	38.6	38.6	84.5	75.0
500.0	38.6	39.7	89.8	75.0

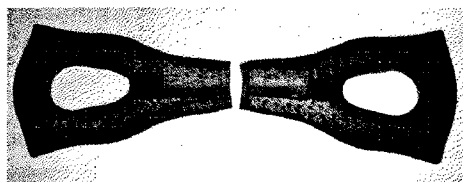
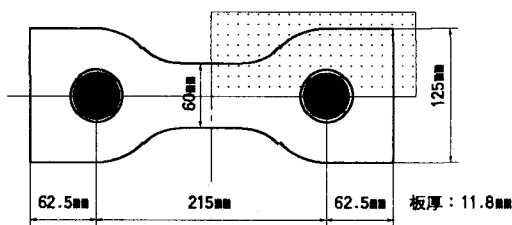


図3 供試体の破断形状

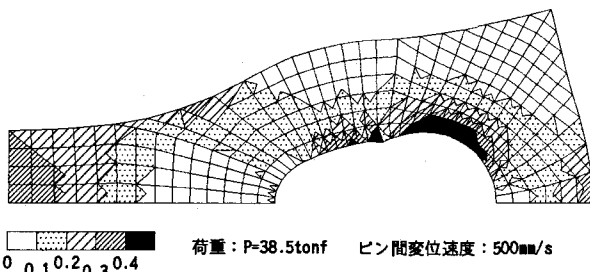


図2 変形状態とひずみ分布

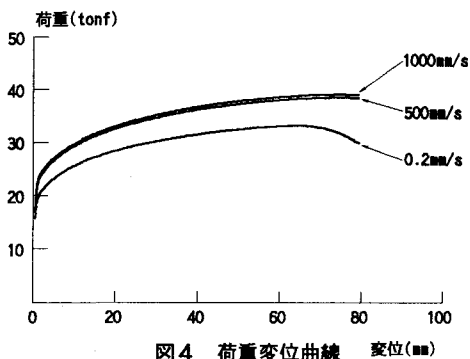


図4 荷重変位曲線

参考文献

- 1) 鈴木五月、後藤芳顯、松浦聖：構造工学論文集、Vol.35A, pp.1011-1018, 1989
- 2) 小畑誠、後藤芳顯、鈴木五月、松浦聖：土木学会論文集 I / 14 No.422, pp.295-302, 1990
- 3) 小畑誠、後藤芳顯、松浦聖、藤原英之：準備中
- 4) S. Nemat-Nasser and M. Obata: Proc. Roy. Soc. Lond., A407, pp.343-375.