

I - 440

落橋防止装置連結部材の衝撃応答に関する一考察

東京都立大学 正 長嶋 文雄 福山コンクリート (元東京都立大学院生) 金 忠

同 上 正 成田 信之 東京都立大学 学 池田 学

1. はじめに

道路橋示方書(耐震設計編)では新潟地震における昭和大橋の被害を教訓として落橋防止構造装置を設置するように定めている。しかし、細部構造についての規定がないため、各道路公団・公社毎に設計方法が異なっているといった指摘がなされている¹⁾。落橋防止装置を設置した後、明らかに落橋防止装置が効いて落橋をまぬがれたといった報告例は見受けられず、各公団・公社の基準の不統一を解決するような有効な経験上の知見は得られていない。

本研究は、補強板・ピン・耐震連結板からなる落橋防止装置の衝撃応答特性を重力場における動的応答解析を通して明らかにし、設計外力に関する基礎資料を得ることを目的としたものである。

2. 重力場における衝撃応答解析の概要

落橋防止構造としては、(i) 可動支承部の移動制限装置、(ii) 桁端部から下部構造頂部縁端までの桁の長さの確保、(iii) 落橋防止装置などがある。従って、詳しくは3者の相互の効果を加味した検討をすべきであるが、本研究では「落橋防止装置」のみに注目し、橋桁の片端がなんらかの理由により橋脚から逸脱した場合を想定し、重力場における落下、そして落橋防止装置が働き出すまでの動的応答解析を行った。解析には、3次元非線形衝撃応答解析ソフト(JDYNA3D)を用いた。解析モデルとしては、耐震連結構造を含む橋梁全体系を3次元ソリッド要素でモデル化したものを用いた。解析対象は、図-1(a)、(b)に示すような支間30m、4主桁の道路橋(Ⅰ断面合成桁橋)とし、解析条件として、ピンと連結板・ウェブ・補強板の間にスライド面を設定する、対称性を利用して桁1本の半分(ハッチ部分)を解くことにする、8節点ソリッド要素で離散化する(図-2参照)、材料非線形性(降伏後の弾性係数は降伏前の1/100とする)を考慮する、スライド面に対して速度によって指数関数的に変化する摩擦を考慮する、などを設定した。

3. シミュレーション解析結果

解析モデルは総要素数が1,065、総節点数が2,366となった。また、収束条件を満足させるための演算時間刻みは 4.5×10^{-7} 秒であった。図-3は0.0, 0.09, 0.18, 0.24秒の各時刻における橋桁全体の落下の様子

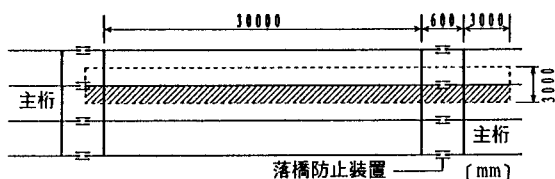


図-1 (a) 解析対象橋梁概略図

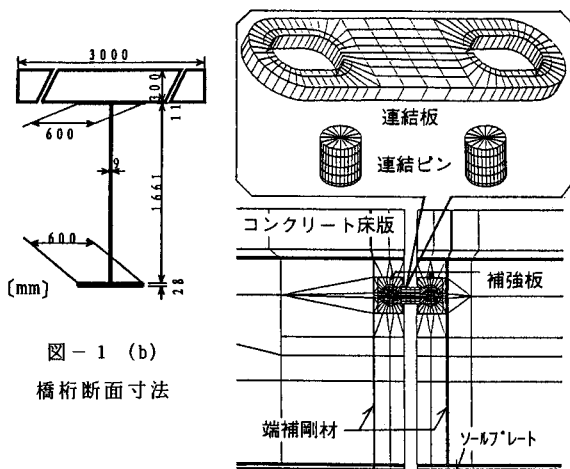
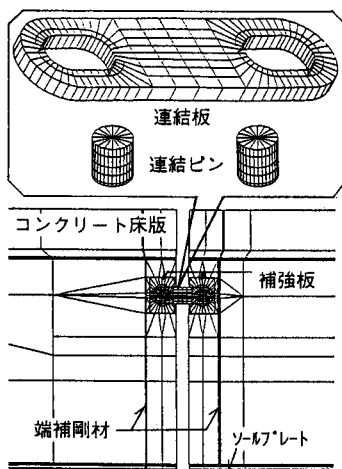
図-1 (b)
橋桁断面寸法

図-2 解析モデル図(部分)

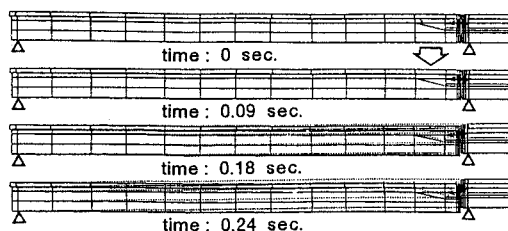


図-3 解析結果(橋桁落下挙動図)

を示したものである。連結ピンと連結板および腹板・補強板の接触が始まる（以後は簡単に「衝突」と呼ぶ）時刻はおおよそ0.18秒であり、その後約1秒間、0.27秒まで解析した。

図-4に衝突開始約0.03秒後の落橋防止装置の変形図を示す。図-5には運動エネルギー（k.e.）と歪みエネルギー（i.e.）の時刻歴を示す。0.18秒付近から落橋防止装置が効き始め、i.e.が急増し、k.e.は急変している。i.e.曲線において(P)、(Q)と記した箇所は、それぞれ連結ピン、連結板が塑性化して歪みエネルギーが急増したところを示している。k.e.が減少した後もi.e.が減らないのは残留歪みが存在するためである。

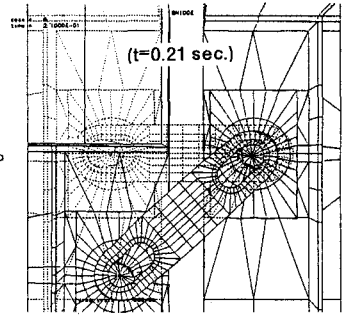


図-4 落橋防止装置変形図

図-6は連結板に生じた応力を、図中に示した3種類の応力度に断面積を乗じて示したものである。橋桁の自重Wは39.0

tonであり、設計で用いられるRdは18.5 tonとなる。応力の最大値 f_m は $2.7R_d$ 程度である。 $2^{1/2}R_d$ を用いて現行の許容応力度設計を行った場合、 f_m は部材の降伏荷重と最大荷重の間に位置することになる。

4. 簡易算定法

運動エネルギーは図-7に示す幾何形状と左端支点を中心とした桁の回転運動から、表-1に示した各式により概算することができる。ここで、h:連結ピンまでの高さ、 ℓ :桁端から連結ピン中心までの距離、a:連結ピン中心間距離、u:垂直変位、 v^* :垂直速度、g:重力の加速度である。

桁端の落下速度は $v^* = (3gu)^{1/2}$ であり、従って、自由落下速度よりも $(3/2)^{1/2}$ 倍速い速度で落下することになる。ピン中心間隔Xを求め、X-aがクリアランスに達した時衝突が開始する。その時刻tを式(e)に代入すると運動エネルギーの最大値を概算することができる。図-5に式(e)を用いて計算した曲線を示した。

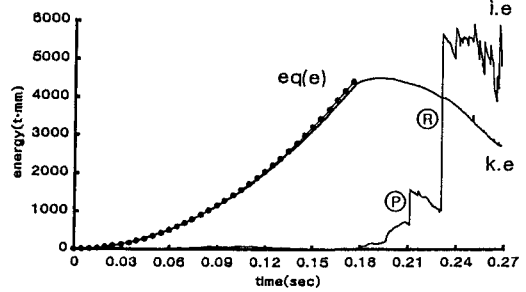


図-5 運動エネルギーと歪みエネルギーの時刻歴

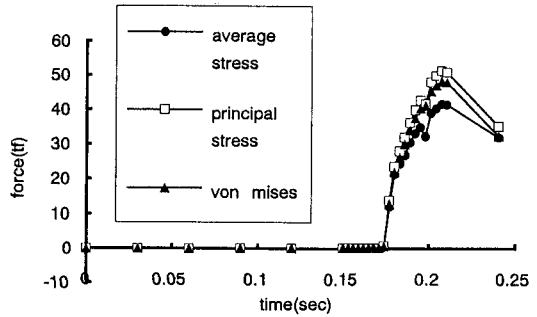


図-6 連結板に発生する応力

(a)-1	$\gamma_1 = \tan^{-1}(h/\ell)$
(a)-2	$\gamma_2 = \{\pi - \theta\}/2$
(a)-3	$\gamma_3 = \{\pi + \theta\}/2 - \gamma_1$
(a)-4	$\alpha = \pi/2 - (\gamma_1 - \gamma_2)$
(b)	$X = [\delta^2 + a^2 - 2\delta a \cos \gamma_3]^{1/2}$
(c)	$v^* = [3gu]^{1/2}$
(d)	$t = 2[(\ell\theta)/(3g)]^{1/2}$
(e)	$E_k = (3/8)Wgt^2$

表-1 数式リスト

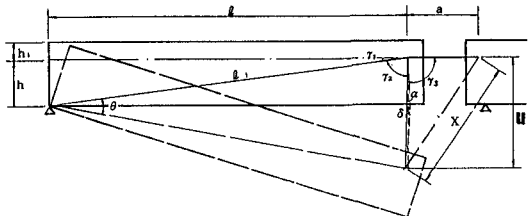


図-7 簡易算定法における説明図

5. まとめ 橋桁落下時における運動エネルギーと歪みエネルギーの変化特性が明らかになり、エネルギー吸収機構を把握することができた。また、衝突時の運動エネルギーを概算する簡略式を作成した。落橋防止装置の合理的な設計法としては、エネルギーによる方法または衝撃係数による方法が考えられる。

参考文献1) 鋼橋技術研究会W/G B7'W-7: 落橋防止装置設計の現状について（成果報告書）、平成3年4月。