

履歴衝突を考慮した PC はりの破壊限界落下高さの推定法

防衛大学校 学生員○竹本憲介 正会員 香月 智 フェロー 石川信隆

1. 緒 言

耐衝撃部材の性能，特にその破壊限界を知る手段として重錘落下衝突実験を用いることが多い．これには，単一載荷と繰り返し載荷があるが，限界落下高さを求めるには，単一載荷では多くの供試体を消費し，繰り返し載荷では履歴荷重に依存する難点がある．そこで本研究は，はりの高速変形解析を行い，得られる動的限界吸収エネルギーを基に履歴衝突をも考慮した限界落下高さを推定する手法を提案し，実験結果との比較により考察したものである．

2. 限界落下高さの推定式

図-1 のようなはりに対する重錘落下衝突実験において，ひずみエネルギーと運動エネルギー以外のエネルギー消費を無視できるものとする，次のエネルギー保存則が成立する．

$$E = U_L + U_B = \text{const} \quad (1)$$

ここで， E ：重錘のポテンシャルエネルギー（衝突エネルギー）， U_L ：局部または緩衝材のエネルギー， U_B ：はりの変形吸収エネルギー．

実験開始時には，重錘のポテンシャルエネルギーが最大で，ひずみエネルギーは 0 であることから，実験中の保存エネルギーは，次のようになる．

$$E = U_L + U_B = E_0 (= mgH^0) \quad (2)$$

ここで， m ：重錘の質量， g ：重力加速度， H^0 ：初期落下高さ．

続いて，落下後のはりの最大変位状態において，重錘の速度が 0 になると仮定すると，図-1(b)のような変形状態となり，エネルギーの釣り合いは次のようになる．

$$U_B + U_L = E_0 - E_e, \quad E_e = -mg\delta_m \quad (3)$$

ここで， E_e ：重錘の速度が 0 の時のポテンシャルエネルギー， δ_m ：最大変形量．

いま仮に， U_L が U_B に対して，また， E_e が E_0 に対して十分に小さく無視できる場合に式(3)は次式となる．

$$U_B = E_0 \quad (4)$$

ところで，はりの抵抗力と変位の関係を図-2 のようにモデル化できるものとする，限界吸収エネルギー U_f は，次式となる．

$$U_f = \int_0^{\delta_f} R \cdot d\delta \quad (5)$$

ここで， U_f ：破壊限界吸収エネルギー， δ_f ：破壊限界変位．

また，一度の落下で，はりが破壊に至らない場合における最大変位までの吸収エネルギー U_B は，次式となる．

$$U_B = \int_0^{\delta_m} R \cdot d\delta \quad (6)$$

この時に，はり内部においてなされた塑性変形エネルギーを損傷エネルギー U_d とすると，次式が得られる．

$$U_d = U_B - U_r \quad (7)$$

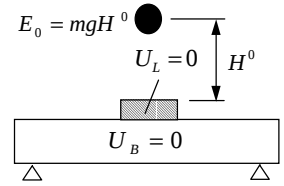
ただし， U_r ：復元エネルギー ($= -\int_{\delta_m}^{\delta_r} R \cdot d\delta$)．

そこで，過去において数回の衝突履歴を受けたはりの蓄積損傷エネルギーは，次式によって求められる．

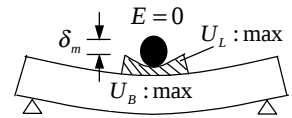
$$(U_d)_{np} = \sum_{i=1}^{np} (U_{Bi} - U_{ri}) = \sum_{i=1}^{np} (E_{0i} - U_{ri}) \quad (8)$$

ただし， np ：過去の衝突回数．

よって， $np+1$ 回目における破壊限界衝突エネルギーは破壊限界吸収エネルギーから蓄積損傷エネルギーを差し引く



(a)初期の状態



(b)最大変形時

図-1 エネルギー関係

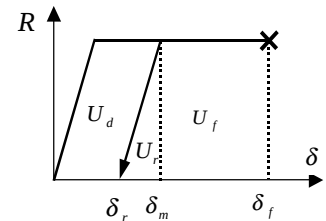


図-2 はりの抵抗力～変位関係

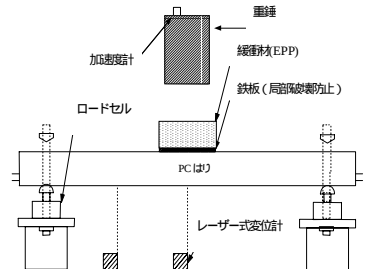


図-3 PC はりの重錘落下衝突実験

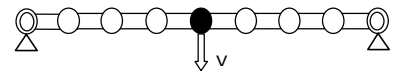


図-4 高速変形解析モデル

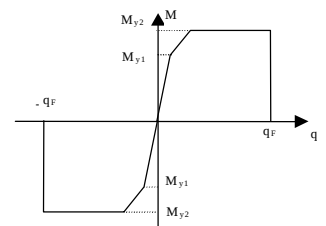


図-5 はり要素の曲げモーメント～回転角関係

キーワード 履歴衝突，破壊限界吸収エネルギー，破壊限界落下高，高速載荷解析

連絡先 〒289-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 電話(0468)41-3810 FAX(0468)44-5913

- 1)高橋芳彦, 大野友則, 太田俊昭, 日野伸一: 衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリートはりの弾塑性挙動に及ぼす材料のひずみ速度効果, 構造工学論文集, vol.37A, pp.1567~1580, 1991.3.
- 2)園田佳臣, 小林直行, 石川信隆, 佐藤紘志: ひずみ速度効果を考慮した PC はり部材の動的曲げ耐力と変形性能, 構造工学論文集, vol.38A, pp.1455~1465, 1992.3.