

大型 RC 梁の性能照査型耐衝撃設計法の確立に資する設計式の提案

寒地土木研究所 正会員 ○今野 久志 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

寒地土木研究所 正会員 石川 博之 寒地土木研究所 正会員 岡田 慎哉

1. はじめに

本研究では、静的曲げ耐力の異なる 9 種類の大型 RC 梁に対して、衝撃実験結果との比較検討により妥当性が検証されている解析手法および解析モデルを用いて、数値解析によるパラメータスタディを実施した。その結果を統一的に整理取りまとめることにより、大型 RC 梁の比較的広範囲な限界状態に対応可能な性能照査型耐衝撃設計法に資する設計式を提案したので報告するものである。

2. 数値解析による大型 RC 梁のパラメータスタディ

図-1 には、解析用大型 RC 梁の形状寸法および配筋状況を示している。大型 RC 梁は、梁幅 1.0 m、梁長 9.0 m、純スパン長 8.0 m を固定とし、静的曲げ耐力が異なるように梁高および軸方向鉄筋量を調整している。表-1 には、解析ケース一覧を示している。ケース名は、P の後ろに断面の種類、ハイフンの後ろにコンクリート標準示方書に基づいて算定した静的曲げ耐力の概略値を表示している。本数値解析では、各種大型 RC 梁に対して損傷程度の異なる応答値データの取得や質量比 W/B の影響を検討することを目的に、重錘質量や入力エネルギーをパラメータとしている。本数値解析に用いた構造解析プログラムは、解析手法に有限要素法を用いた非線形衝撃応答解析用汎用コード LS-DYNA (ver.970) である。解析対象は、構造体および荷重の対称性より 1/4 モデルとし、鉄筋には梁要素、その他は 8 節点の 3 次元固体要素としている。材料構成則モデルについては、コンクリートは完全弾塑性体のバイリニアモデル、鉄筋は塑性硬化係数を考慮した等方弾塑性体モデルとしている。

3. 数値解析結果

図-2 には、質量比 $W/B=1.25$ における RC 梁の残留変位と入力エネルギーの関係を示している。各 RC 梁ともに入力エネルギーが増加することで残留変位はほぼ線形に増大する傾向を示している。また、同一の入力エネルギーに対しては静的曲げ耐力の大きい RC 梁ほど残留変位が小さくなる傾向が示されている。なお、図中の直線は残留変位と入力エネルギーの関係について原点を通る直線で近似した結果である。残留変位 δ (mm) は、近似直線の勾配を α とし、入力エネルギーを E (kJ・m) とすると式 (1) で与えられる。

$$\delta = \alpha \cdot E$$

(1)

ここで、勾配 α は単位エネルギー当たりの残留変位に関する N^{-1} の単位を有する指標（以後、残留変位係数）である。

図-3 には、質量比を $W/B=0.1$ から 1.25 まで変化させた場合の

PD-610 における残留変位と入力エネルギーの関係を示している。図より、同一の入力エネルギーに対しては、質量比が大きい方が残留変位も大きくなるのがわかる。

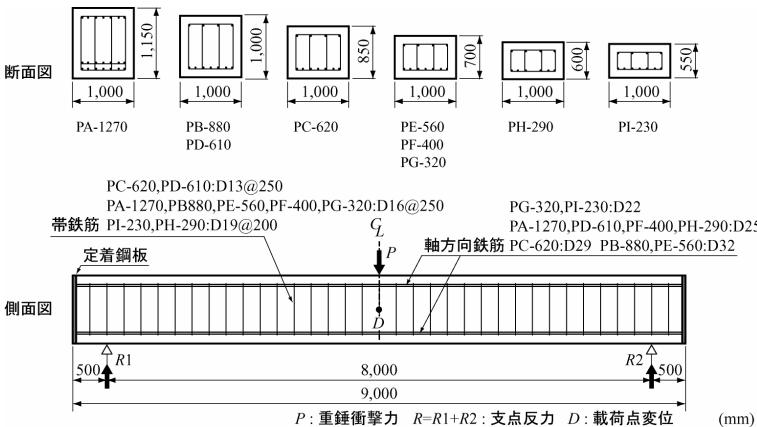


図-1 解析用大型 RC 梁の形状寸法および配筋状況

表-1 解析ケース一覧

ケース名	静的曲げ耐力 Pusc(kN)	静的せん断耐力 Vusc(kN)	せん断余裕度 α_{sc}	重錘質量 W(t)	梁質量 B(t)	質量比 W/B	入力エネルギー E(kJ)
PA-1270	1,269	3,264	2.57	2, 28.7	23	0.09, 1.25	98, 147, 196, 245, 294
PB-880	881	2,882	3.27	2, 5, 20, 25	20	0.1, 0.25, 1.0, 1.25	49, 98, 147, 196, 245
PC-620	621	1,794	2.89	2, 21.25	17	0.12, 1.25	49, 98, 147, 196, 245
PD-610	613	2,002	3.27	2, 5, 10, 20, 25	20	0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 1.25	49, 98, 147, 196, 245
PE-560	556	2,032	3.65	2, 17.5	14	0.14, 1.25	49, 98, 147, 196, 245
PF-400	397	1,880	4.74	2, 17.5	14	0.14, 1.25	19.6, 39.2, 58.8, 78.4, 98
PG-320	320	1,821	5.69	2, 17.5	14	0.14, 1.25	19.6, 39.2, 58.8, 78.4, 98
PH-290	292	2,348	8.04	2, 15.0	12	0.17, 1.25	19.6, 39.2, 58.8, 78.4, 98
PI-230	234	2,104	8.89	2, 13.7	11	0.18, 1.25	19.6, 39.2, 58.8, 78.4, 98

キーワード 大型 RC 梁, 数値解析, 残留変位, 質量比, 性能照査型耐衝撃設計

連絡先: 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 (独)寒地土木研究所 TEL.011-841-1698

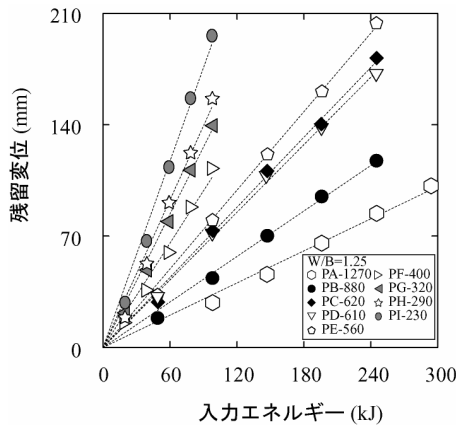


図-2 残留変位と入力エネルギー
の関係 (W / B = 1.25)

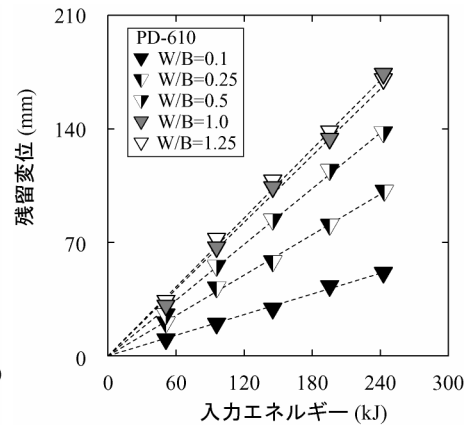


図-3 残留変位と入力エネルギー
の関係 (PD-610)

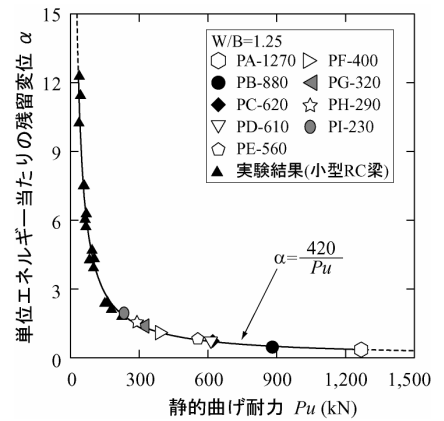


図-4 各種 RC 梁の残留変位係数 α
と静的曲げ耐力の関係

4. 性能照査型耐衝撃設計法に適用可能な設計式の提案

図-4 には、図-2 より求めた残留変位係数 α と静的曲げ耐力 P_u (kN) の関係を、過去に実施した小型 RC 梁の衝撃荷重実験結果を統一的に整理して求めた近似曲線 ($\alpha = 420 / P_u$...式 (2))¹⁾ とともに示している。図より、近似曲線は質量比 $W/B = 1.25$ の大型 RC 梁の解析結果と非常に整合がよいことが分かる。これは上記近似曲線が同程度の質量比 (平均で 1.23) における小型 RC 梁の実験結果を対象として整理されたためと考えられる。

次に、質量比が異なる場合の大型 RC 梁の静的曲げ耐力と α の関係を表す近似曲線を求めるために、質量比 W/B に関する残留変位の補正係数 β の算出を試みる。

図-5 は、図-3 の PD-610 に対する数値解析結果の質量比 W/B と残留変位 δ に対して、質量比 $W/B = 1.25$ の場合の残留変位を 1.0 としたときの相対残留変位と質量比の関係を示している。これらの値より近似曲線は以下のように示される。

$$\beta = 0.288 \ln(W/B) + 0.9605 \quad (3)$$

式 (2) に対して、質量比に関する補正係数を考慮すると、式 (4) が得られる。

$$\alpha = \beta \cdot 420 / P_u \quad (4)$$

図-6 には、式 (4) より質量比を $W/B = 0.1$ から 1.25 までの間で変化させた場合の静的曲げ耐力と α に関する近似曲線を示している。質量比に関して補正した近似曲線は、数値解析結果とよく整合していることがわかる。

以上の結果より、式 (1) と式 (4) を用いて整理すると、式 (5) が得られる。

$$P_u = 0.42 \cdot \beta E / \delta \quad (5)$$

すなわち、想定する入力エネルギーに対して、残留変位を各種の限界状態に対応して規定すると、その規定値を満足する RC 梁は、式 (5) より得られる静的曲げ耐力を有する RC 梁を断面設計することで設計可能となる。

5. まとめ

本研究により得られた結果を要約すると、以下のとおりである。

- 1) 大型 RC 梁の性能照査型耐衝撃設計法の確立に資する設計式は、静的曲げ耐力を P_u (kN)、質量比に関する補正係数を β 、入力エネルギーを E (kJ)、残留変位を δ (m) とすると、以下のように示される。

$$P_u = 0.42 \cdot \beta E / \delta$$

参考文献

- 1) 岸 徳光, 三上 浩: 衝撃荷重載荷時に曲げ破壊が卓越する RC 梁の性能照査型耐衝撃設計法に関する一提案, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.1251-1260, 2007.3.

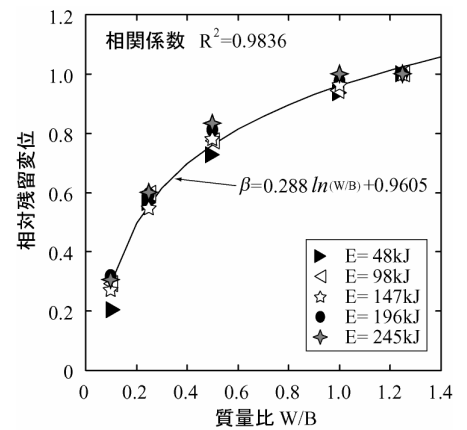


図-5 相対残留変位と質量比の関係

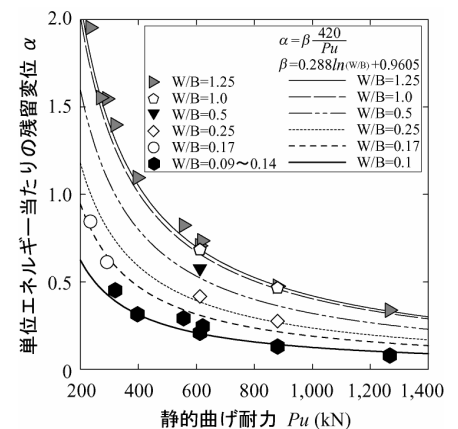


図-6 質量比を考慮した大型 RC 梁の
 α と静的曲げ耐力の関係