

16. 衝撃

取りまとめ：園田佳巨（九州大学）

論文題目：“衝撃荷重を受けるRC梁の最大応答変位の解析的評価”

著者：藤掛一典，リー ビン，サム スーン
掲載：Vol. 55A, pp. 1204-1214, 2009年3月

◆討議 [園田佳巨（九州大学），榎谷 浩（金沢大学）]

- ・平面保持の仮定は、応力の軟化領域まで考えた時に大丈夫でしょうか。
- ・完全塑性衝突の仮定の現実とのズレはどのように考えておられますか。
- ・解析において材料の速度効果を考慮されていますが、考慮しない場合との違いはどの程度あったのでしょうか。
- ・動的応答について解析と実験の比較は行っていないのでしょうか。

◆回答：

- ・平面保持の仮定に基づく本モデルを用いた解析結果は、本研究で定義しました終局状態までは実験結果と比較し良好な一致を示しますことから、平面保持の仮定は妥当であると考えております。
- ・実際に衝突現象を細かく見ますと、衝突体と被衝突体は最大変位に到達するまでに何度も衝突と離反を繰り返すと考えられます。したがって、衝突後に衝突体と被衝突体が一体になって運動するとした完全塑性衝突の仮定にはいささか問題があるようにも思われます。しかしながら、衝突開始から被衝突体であるRC梁が最大応答変位に到達するまでをマクロ的に平均化して考えますと完全塑性衝突の仮定に特に問題はないものと考えております。衝突現象によって発生する衝突エネルギーの損失を考えてみますと、完全塑性衝突の妥当性がはっきりすると思えます。
- ・材料のひずみ速度効果を考慮した場合としない場合で最大曲げ耐力に関して20%程度違いが認められました。
- ・動的応答については急速曲げ載荷実験を行い、解析と実験結果の比較を行っております。その結果、本研究の中で提案させて頂いた計算モデルを用いて載荷速度の影響を考慮した荷重 - 変位関係を求めることが可能になりました。

論文題目：“衝撃荷重が作用するPC梁部材のせん断耐荷性状に及ぼす載荷幅の影響”

著者：黒田一郎，吉村太郎，山本佳士，古屋信明
中村佐智夫
掲載：Vol. 55A, pp. 1215-1224, 2009年3月

◆討議 [園田佳巨（九州大学），岸 徳光（室蘭工大）]

- ・「限界落下高さ」を定義されていますが、どのようにロックシェッドの設計などに利用されるつもりですか（載荷幅によって変わることが懸念されます）
- ・載荷幅（エッジ）部分の位置をパラメータとした評価・検討の方が良いのではないのでしょうか

◆回答：

- ・ご指摘のとおり、本論文で定義した限界落下高さは、載荷幅によって変化します。本論文の目的の一つは、限界落下高さに及ぼす載荷幅の影響について考察することであり、同様の研究の積み重ねによって載荷幅の影響が適切に把握できるようになれば、限界落下高さも設計に活かせる指標となりうると考えます。
- ・緩衝材があることによって落石寸法と同程度まで載荷幅が大きくなるのが想定されます。載荷幅が大きくなれば、載荷幅（エッジ）部分が支承に近くなる訳ですが、その場合でも荷重の中心位置はあくまで載荷幅の中心（落石の中心）です。即ち、緩衝材の有無に関わらず、荷重の中心位置は不変です。そこで、載荷幅（エッジ）部分の位置をパラメータとするよりも、荷重の中心位置から支承までの距離をパラメータとした評価・検討の方がより合理的であると判断いたしました。

論文題目：“RC梁の繰り返し重錘落下衝撃挙動に関する数値シミュレーション”

著者：岸徳光，今野久志，三上浩
掲載：Vol. 55A, pp. 1225-1237, 2009年3月

◆討議 [園田佳巨（九州大学），榎谷 浩（金沢大学）]

- ・鉄筋とコンクリートの付着条件はどのようにされていますか。
- ・繰り返し衝撃に関する数値解析の具体的な目的・用途を教えてください。

◆回答：

- ・簡易に解析を行うため完全付着と仮定しております。
- ・単一載荷に対する耐衝撃設計法は現在種々検討されていると思いますが、繰り返し衝撃荷重載荷時の設計法の確立に向けた検討は少ないと判断されます。本研究は、繰り返し衝撃荷重載荷時も含めた鉄筋コンクリート梁の耐衝撃設計法の確立に向けた検討であると認識しております。本研究結果、鉄筋コンクリート梁に関する繰り返し衝撃荷重載荷時の変位波形、最大変位、残留変位、荷重

除荷後の自由振動性状を精度良く予測可能であることが明らかになっておりますので以下のような用途が考えられます。すなわち、

- 1) 残留変位で各限界状態を規定することができますと、性能照査型設計法に基づいた限界の衝撃荷重を精度良く特定可能であります。その衝撃荷重は、単一衝撃荷重と繰り返し衝撃荷重を問わずに対応可能であります。
- 2) 鉄筋の作用応力も適切に評価できるものと推察されますことより、準静的な考え方に基づいて鉄筋応力から準静的に換算した作用荷重を逆算することができます。従って、吸収エネルギーも評価可能になります。各限界状態を吸収エネルギーから規定することができますと、吸収エネルギー的な観点からも限界の衝撃荷重を精度良く特定可能になると考えられます。

論文題目：“円柱形鉄筋要素導入型三次元個別要素法によるRCはりの衝撃応答解析”

著者：原木大輔，香月智，藤掛一典
掲載：Vol. 55A, pp. 1238-1249, 2009年3月

◆討議 [園田佳巨 (九州大学)]

- ・鉄筋とコンクリートの付着特性を決めておられるが、個別要素の配置に依存するのではないのでしょうか。また、付着を考慮するケースとしないケースでどれくらい解析結果は異なるのでしょうか。

◆回答：

- ・配置依存性は確かにありますが、周囲の球形要素は円柱形要素の配置に応じて接触する半径であるとの仮定を用いて接触力（法線方向および接線方向）を求めますので、依存性はかなり緩和されていると考えています。
- ・付着を考慮しない解析を行うと、鉄筋内部の球形要素（コンクリートを表現）が、拘束力が法線方向バネだけになるため、主鉄筋と補強筋で構成される拘束領域からはみ出るような挙動が先行し、はりの抵抗力は小さくなります。

論文題目：“RCはりの衝撃特性と性能評価に関する実験的研究”

著者：橘紗代子，榎谷浩，中村佐智夫
掲載：Vol. 55A, pp. 1261-1272, 2009年3月

◆討議 [園田佳巨 (九州大学) , 藤掛一典 (防衛大学校) , 安藤智啓 (防衛省技術研究本部)]

- ・はりの最大変位の推定式の中に含まれる係数は、任意の条件下で決定できるのでしょうか（実規模ではどうなるのでしょうか）
- ・平均衝撃力と最大応答変位のデータを回帰していますが、逆比例の関係にないデータも含まれているようにも思われます。試験体の破壊状況等を考慮して回帰式を求めたのでしょうか。
- ・平均衝撃力を用いて評価式を定式化しているのはなぜでしょうか。最大衝撃力や力積といったパラメータも示されていましたが、これらのパラメータでは定式化できないということでしょうか。
- ・敷砂緩衝材がある場合の評価式も示されていますが、この式は砂厚によって変わるのででしょうか

◆回答：

- ・論文中に提案している係数は、本研究で行った実験結果に基づいて求めた係数です。よって厳密には本実験の範囲内で有効なものですが、本提案式は他の研究者の実験結果ともよく一致していることを確認しています。今後、大規模なはりや様々な支持条件での実験を行ってその適用性の検証をさらに進めたいと考えています。
- ・論文の図-16にある実験結果を衝突エネルギー別にしますと衝突エネルギーが3750Jの実験結果は逆比例関係を明確に示していることがわかります。他の衝突条件の実験結果については、実験結果の数が不十分ですが、それぞれの衝突エネルギーに対して同様な逆比例の関係にあると仮定し、回帰式を求めています。なお、いずれの試験体も曲げひびわれが卓越した破壊状況でした。

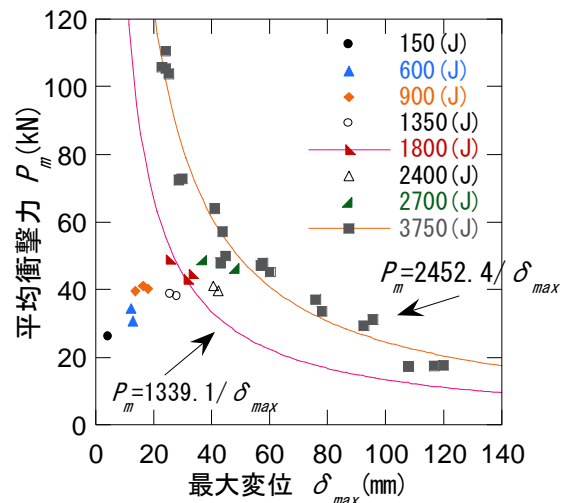


図-16 最大変位と平均衝撃荷重