ＣＧによる鉄筋コンクリート製高欄の衝撃破壊シミュレーション

山口大学大学院　学生員　○森山　薫　　山口大学工学部　正会員　中村秀明
山口大学大学院　学生員　松本　剛　　山口大学工学部　正会員　宮本文穂

１．はじめに

計算機性能の急速な向上により，Computer Graphics(ＣＧ)技術は様々な分野で利用されるようになった．本研究では，ＣＧを効果的に利用することにより，鉄筋コンクリート製高欄（以下ＲＣ高欄）の衝撃破壊挙動の解析結果を視覚的に評価する方法を提案する．そして，ＲＣ高欄の耐衝撃性向上を考慮した自動設計に向けて，補強筋の配置方法あるいは補強筋量等の変更による耐衝撃性の改善効果を明らかにするため，本研究で開発した視覚化ソフトを用いることにより，効果的な補強筋の配置方法等を検討することを可能にした．

２．衝撃破壊挙動解析[1)]

本研究におけるＲＣ高欄の衝撃破壊挙動解析手法として，６節点８面体の立体要素を用いた３次元弾塑性有限要素解析法を用いる．本解析手法では，ＲＣ高欄の対称性を考慮してＲＣ高欄の 1/2 部分のみについて解析を行い，時間ステップごとの変位や応力を計算する．入力する衝撃荷重は，三角形近似した衝撃荷重波形を用い，高欄が破壊に至った後に衝撃荷重を低下させるものとした．

３．ＲＣ高欄の衝撃破壊挙動視覚化ソフトの開発

ＲＣ高欄の耐衝撃性を比較するための視覚化ソフトを開発し，ＲＣ高欄の衝撃破壊挙動を連続的に画面上に表示することにより，ソフトな衝撃荷重下での破壊モードである，曲げ破壊や押し抜きせん断破壊に至るＲＣ高欄の変形状態や応力分布の時間変化を明確に捉えることが可能となる．本研究で開発した視覚化ソフトの主な機能として，以下を実現した．

①衝撃荷重下における異なるＲＣ高欄モデルの破壊挙動を同時に２つのＣＧとして同一画面上に表示させる．この２つのＲＣ高欄は，背面である最下層を各コンクリート要素を示す四角形の面の集合として捉え表示する．

②時間ステップごとの変形状態を連続的に表示することにより，ＲＣ高欄の変形・破壊状態の推移をアニメーションとして捉える．

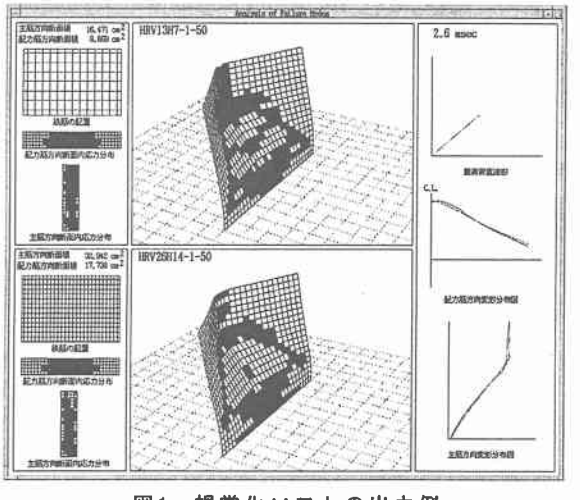


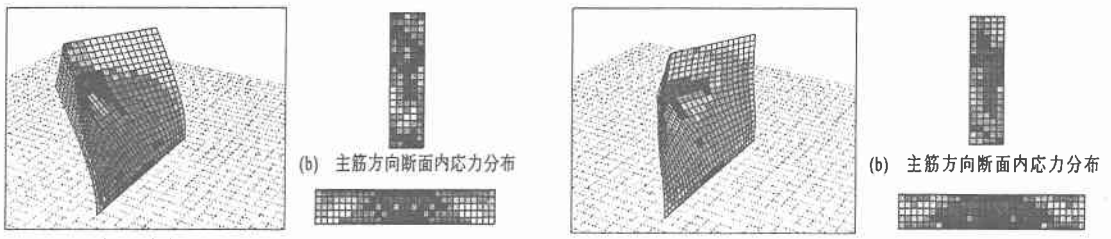
図１　視覚化ソフトの出力例

これらの機能により，異なる鉄筋配置や鉄筋量，あるいはコンクリートの特性や厚さをもつＲＣ高欄の破壊挙動を比較でき，鉄筋やコンクリートの材料特性や補強筋量を変更することによる効果を容易に比較検討することができる．ＲＣ高欄の補強筋量を変化させた場合の破壊時変形モード等を比較した本視覚化ソフトの出力例を，図１に示す．

４．ＣＧによるＲＣ高欄の衝撃破壊シミュレーション

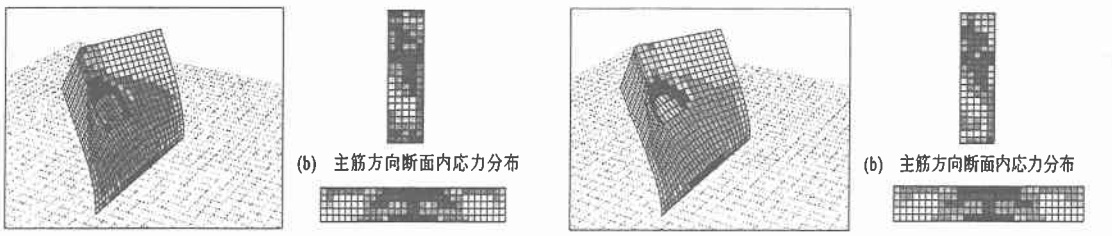
ソフトな衝撃荷重下におけるＲＣ高欄の破壊モードとして，曲げ破壊，曲げ→押し抜きせん断破壊，押し抜きせん断破壊の３種類の破壊モードを対象とし，本視覚化ソフトを用いることにより各破壊モードを視覚的に捉えることを実現した．その結果の一例として，D13 鉄筋を主筋方向に 13 本，配力筋方向に 7 本配置したＲＣ高欄モデルＡに対して載荷速度を変化させたＲＣ高欄の破壊挙動解析を行い，本視覚化ソフトにより評価した結果，図 2 に示すように，載荷速度 25tf/msec のときは曲げ破壊モード，100tf/msec のときは押し抜きせん断破壊モードとなることが明らかとなった．次に，ＲＣ高欄の補強筋の配置および量を変更して

同様の解析を行い，各種のＲＣ高欄に対する解析結果を本視覚化ソフトにより比較することで，ＲＣ高欄の耐衝撃性向上を考慮した自動設計を行うための補強筋の効果的な配置方法を検討した．まず，補強筋の配置や量を変更することにより，補強筋を増加させたときの耐衝撃性に及ぼす効果を検証した．すなわち，ＲＣ高欄モデルＡに対して，補強筋量を一定量増やしたモデル，つまり主筋方向に６本増やしたＲＣ高欄モデルＢと，配力筋方向に４本増やしたＲＣ高欄モデルＣについて解析を行い，本視覚化ソフトで評価を行った．その結果，載荷速度 25tf/msec において，ＲＣ高欄モデルＡと補強筋の量を増やしたＲＣ高欄モデルＢの破壊時変形状態および断面内応力分布を比較すると，図 2(1)と図 3(1)に示すように，ＲＣ高欄の変形量はＲＣ高欄モデルＢの方が全体的に小さくなっており，補強筋量を増やすことは変形制御の面からの耐衝撃性を改善できるといえる．また，ＲＣ高欄モデルＢ，Ｃを比較すると，図３に示すように，破壊モードに明確な違いはみられなかったが，図４に示した載荷部断面変形分布により，ＲＣ高欄モデルＢの方が変形が小さいことがわかる．したがって，耐衝撃性改善効果は，主筋量を増やした方が大きくなることが明らかとなる．



(1) 載荷速度 25tf/msec　　(2) 載荷速度 100tf/msec

図2　破壊時におけるＲＣ高欄モデルＡの変形状態と断面内応力分布



(1) ＲＣ高欄モデルＢ　　(2) ＲＣ高欄モデルＣ

図3　破壊時における変形状態と断面内応力分布（載荷速度25tf/msec）

５．結論

本研究で得られた主な結果を以下にまとめて示す．

①本研究で開発した視覚化ソフトにより，２種類のＲＣ高欄の変形状態，断面内応力分布等の時間的変化をアニメーション的に同時に表示することにより，ＲＣ高欄の破壊挙動の比較を容易に行うことが可能となった．

②本研究で開発した視覚化ソフトは，補強筋の量および配置間隔を変更したＲＣ高欄の耐衝撃性向上効果を検証することに有効であり，本視覚化ソフトを用いることにより，補強筋の配置間隔等による効果を定量的に捉えることができ，ＲＣ高欄の耐衝撃性改善を目ざした自動設計への適用が可能である．

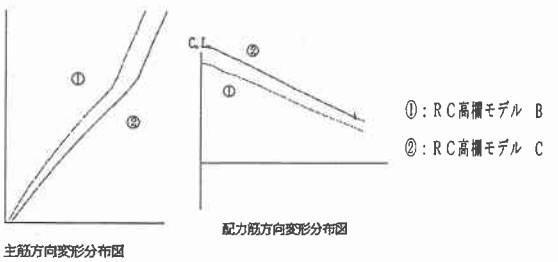


図4　載荷部断面変形分布

参考文献

1)北山篤：コンクリート構造物の衝撃破壊特性と耐衝撃性評価に関する解析的検討，神戸大学大学院自然科学研究科修士論文，1996．2.