衝撃荷重を受ける RC 版の動的応答に関する数値解析的検討

<u>1. はじめに</u>

本研究の目的は,数値解析を用いて衝撃的荷重が RC 版に及ぼ す影響を検討することである.著者らは将来的に,衝撃的荷重を 受けるコンクリートのミクロな現象を材料構成則化し,コンクリ ート系橋梁床版のマクロな動的応答を数値解析的に明らかにする ことを視野に入れている.そこで,材料構成則の構築の前段階と して,載荷速度を変えて RC 版の 3 次元有限要素解析を行うこと で,衝撃荷重を受ける版構造物の動的応答について考察した.

<u>2. 解析モデルの構築と解析条件</u>

解析モデルは、図-1 に示すとおり、既往の研究で行われた RC 版の重錘落下実験¹⁾の供試体とした.寸法は2000×2000×180mm であり、D16 の鉄筋を150mm 間隔で格子状に配置した単鉄筋 RC 版である. 拘束条件は4辺支持のケースとした.

本検討では、衝撃荷重を模擬するため、載荷速度をパラメータ とし RC 版の数値解析を行った. RC 版中央に荷重制御により 16kN ずつ、最大 800kN まで載荷した. 荷重の載荷速度は、静的 解析(1.6kN/sec)を基準として、それぞれ 100 倍、500 倍、1000 倍、5000 倍に設定した. 本検討では、衝撃荷重に対する挙動のみ を把握するため、対象の含水状態は考慮していない.

<u>3. 静的解析</u>

図-2 は RC 版下面中央における荷重一変位関係を示したもので ある.この図から 280kN 程度で最大耐力に達し,急激に荷重が低 下している事が確認できる.また実験値と比較すると,荷重一変 位関係の挙動や最大耐力が概ね一致している事がわかる.従って, 本研究で構築した解析モデルは,実験供試体を再現出来ていると 考えられる.

4.1 衝撃荷重を模擬した解析 荷重—変位関係

高速載荷時の解析結果について,以下の3点について分析した. 図-3は、各解析条件における RC版下面中央の荷重一変位関係を示したものである。静的解析と100倍のケースの荷重一変位関係は、ほぼ一致している結果となった。さらに早い500倍、1000倍、5000倍のケースにおいては、載荷速度の上昇に伴い初期剛性が上昇している事がわかる。また最大耐力も同様に、静的解析のケースと比較して大きい値を示している。また図-4は変位一時間関係



キーワード 高速載荷,鉄筋コンクリート版,3次元有限要素解析 連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-33 法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科 を示したものである.静的解析における最大耐力 285kN 時の変位 (3.6mm)を破壊基準変位とし、その変位に至るまでの時間を比較してい る.この結果から載荷速度が大きいほど、破壊基準変位に達する時間が 短く、変位も急激に伸びている事がわかる.従って本解析では、版の脆 性的な破壊が起きている可能性が示唆された.

<u>4.2 変形図</u>

さらに図-5 に高速載荷時における変形図を示す.静的荷重下では版 全体がたわむように変形しているが(図-2),高速荷重下では載荷地点が 陥没し,載荷点の周囲の要素がせん断変形を起こしていることが分かる. 以上のように,速い速度で荷重が作用した時,載荷初期においては高い 剛性を示すが,押し抜きせん断破壊のような破壊形態となり脆性的に破 壊する事が推測される.

4.3 ひずみ速度

ここで、載荷直下の要素におけるひずみの推移を図-6、7に示す. 圧縮ひずみは RC 版上面の要素を、引張ひずみは下面の要素を抽出している. 図-6 に着目すると、引張ひずみが急激に上昇した後、圧縮ひずみがピークを迎え変化している. これは引張鉄筋が降伏した後に、載荷直下のコンクリートが破壊に至ったものと推察できる. それに対して図-7では、引張ひずみの急増よりも前に圧縮ひずみがピークに至っている事が確認できる. つまり、載荷速度は、鉄筋の挙動が支配的となる引張側よりも圧縮のコンクリート強度への影響が大きいと推察される.

さらに圧縮ひずみが線形的に増加している区間の勾配をひずみ速度 と定義し,ひずみ速度を算出した.その結果,静的解析では 1.1× 10⁻⁵(1/sec),1000倍の載荷速度のケースでは 6.0×10⁻¹(1/sec)となった. 載荷速度の増加に伴いひずみ速度も増加する傾向にあるが,その増加割 合については両者は必ずしも一致しないことが示された.

これらを踏まえると本検討からは、載荷速度によるひずみ速度の増加, またひずみ速度の増加に伴い材料の強度や剛性が上昇する傾向が確認 された.既往の実験²⁾からも同様の傾向が得られており、構造物レベル の数値解析でも適用できると推測される.

<u>5. 結論</u>

- I. 本解析の条件下では,高速荷重下において RC 版は高い剛性を示 すが, 脆性的な破壊に到る可能性が示唆された.
- II. ひずみ速度が増加するに伴い, RC版の材料強度が上昇する傾向が 確認された.

参考文献

- 1) 岸徳光ら:支持条件の異なる RC 版の静的および衝撃荷重載荷実験, 構造工学論文集 Vol.56A, pp.1160-1168, 2010.3
- 2) 白井孝治ら:コンクリートの高温下における材料強度のひずみ速度 依存性,構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, pp.211-216,2000



図-5 変形図(1:100)



図-6 ひずみの推移(静的解析)

