

三次元格子モデルを用いた RC 構造物の耐震損傷評価

株式会社オリエンタルコンサルタンツ マウロリカルドウシマン

1. はじめに

兵庫県南部地震を境に、RC橋脚など大規模にコンクリート構造物の耐震基準類が改訂された。その基本的な考え方は、非常に大きな地震力を受けた場合、構造物に弾性的な挙動を期待するのではなく、主鉄筋降伏以降の塑性変形を許容することでエネルギー吸収を図ろうとするものである。さらに、地震工学の進歩により、非線形動的解析を実用的な設計に応用することが可能になった。実際の構造の地震時応答は、二次元の骨組みモデルを適用されているが、実際の地盤の動きは複雑であり、実際の構造物は三次元の挙動を呈する。RC構造物の三次元的挙動を正確に評価することが必要で、実務上では単純な解析モデルを開発することが重要である。これまでの研究は、より簡便な解析モデルを開発するために、二次元格子モデル¹⁾に着目してきた。本目的は三次元格子モデルを用いた解析手法を提案することであり、三次元格子モデルの開発は、二次元格子モデルを拡張したものである。格子モデルではRC部材を軸力のみを伝えるトラス要素に離散させているので、力の流れが特定でき、部材内部のせん断伝達機構を評価することによって、曲げとせん断を同時に評価できることが特徴として挙げられる。

2. 解析モデル

格子モデルでは、図-1に示すように、コンクリートは曲げ圧縮部材、曲げ引張部材、斜め圧縮部材、斜め引張部材、端部垂直部材、アーチ部材に離散化される。また、補強筋は水平部材(軸方向鉄筋)、垂直部材(スターラップ)にモデル化される。

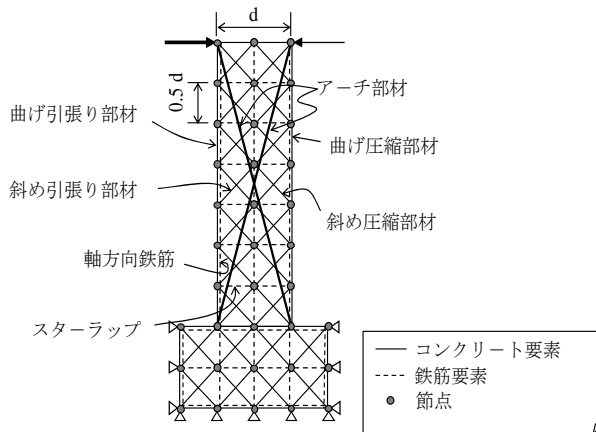


図-1 RC柱に対する二次元格子モデルの概念

このトラスによるせん断伝達機構のモデル化には、コンクリートの斜め圧縮部材と斜め引張部材を、軸方向鉄筋に対して45度と135度方向に規則的に配置している。そのため、一見トラス部材の角度を固定したモデルに見えるが、トラス部材に加え、アーチ機構として端部節点以外で変位が独立な細長いアーチ部材を組み込むことにより、斜めひび割れ発生後、マクロ的な圧縮力の方向の変化に対応させることができる。ただし、RC部材のせん断耐荷機構を適切に評価するためには、部材全体の耐荷機構を適切に把握した上でアーチ部材の配置を定めていく必要がある。

図-2は、格子モデル¹⁾におけるRC柱断面の区分の概念図である。ウェブコンクリート部分を、図-2に示すように、トラス部分とアーチ部分に区分する。それぞれの要素の幅は、アーチ部分は bt 、トラス部分は $b(1-t)$ ($0 < t < 1$)となる。

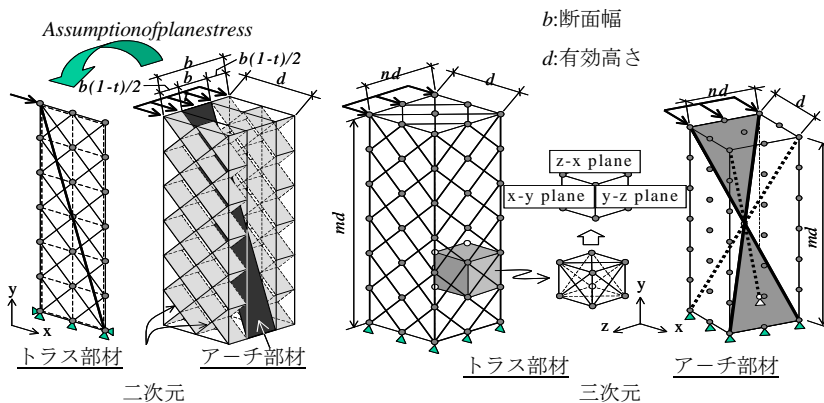


図-2 二次元および三次元格子モデルのコンクリート部材のモデル化

3. 単柱式 RC 橋脚の非線形動的解析

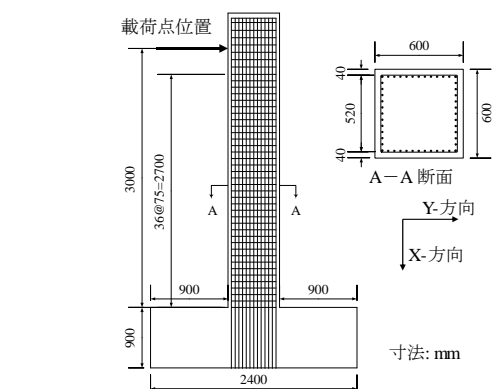


図-3 振動台実験で対象とした供試体の概要

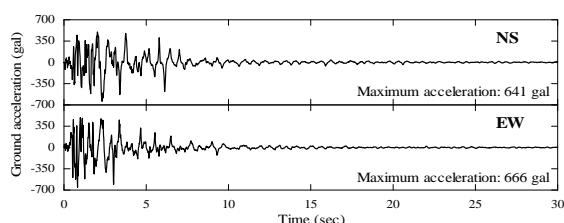


図-4 平成7年兵庫県南部地震において鷹取駅で記録された地震動

今回解析対象とした、RC 橋脚を用いた振動台実験²⁾の概要を以下に示す。振動台実験では、RC 橋脚の上部に重量 332.4kN の単純桁を有する構造系を用いている。このとき、桁に作用する慣性力が RC 橋脚に作用する水平方向力となる。実験に用いられた供試体は、単柱式の矩形断面 RC 橋脚であり、その供試体寸法及び配筋図を図-3 に示す。振動台に入力された地震動は、平成7年兵庫県南部地震において鷹取駅で観測された EW 成分記録 NS 成分記録である。その波形を図-4 に示す。

本研究では、格子モデルを用いた非線形動的解析の結果と振動台加振実験による結果を比較することで、本解析結果の妥当性を検証することを目指している。図-5 は振動台加振実験、三次元格子モデル解析によって得られた RC 橋脚の応答変位を比較したものであり両者は概ね一致する。図-6 は振動台加振実験、三次元格子モデル解析によって得られた柱の応答変位時刻歴を表しており、12 秒以降の応答変位振幅が実験結果よりも小さくなっていることがわかる。これは実験結果と解析結果の RC 橋脚の剛性に違いがが原因として考えられる。実験で観察された曲げ圧縮側の軸方向鉄筋の座屈を解析において考慮していないために、軸方向鉄筋が圧縮力に抵抗しつづけていることが考えられる。また圧縮応力下のコンクリートの除荷、再載荷時の剛性に初期剛性を用いているために、大きな変形を受けた場合、実際より高い剛性で評価していること等が考えられる。

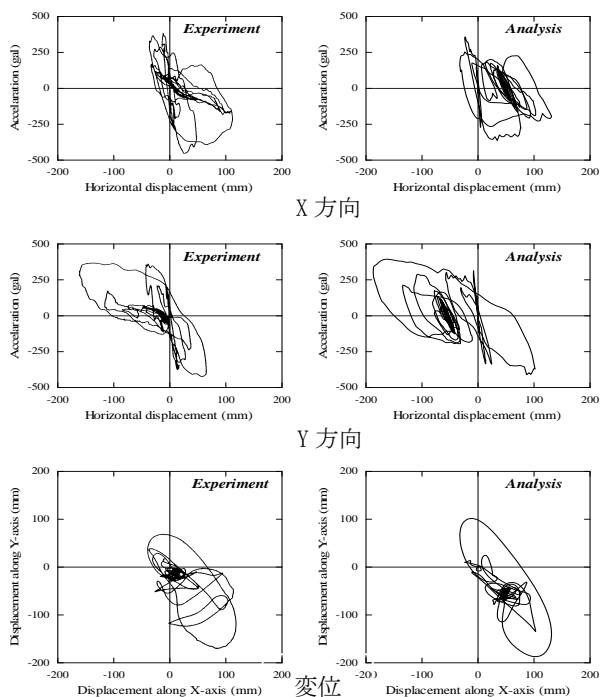


図-5 振動台加振実験、三次元格子モデル解析によって得られた柱の応答変位関係

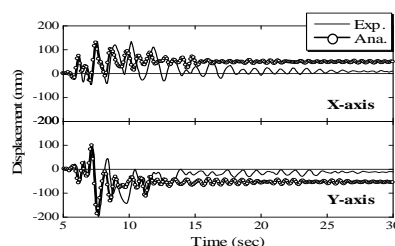


図-6 振動台加振実験、三次元格子モデル解析によって得られた柱の応答変位時刻歴

4. まとめ

- ・ 参本研究では、三次元格子モデルを用いた RC 橋脚の解析手法を提案し、RC 橋脚における動的解析への適用性を検証した。
- ・ 本モデルを適用した動的格子モデル解析によって得られた RC 橋脚の最大応答変位は、RC 橋脚を用いた振動台実験結果とよく一致し、精度の高い予測可能なモデルであることを検証した。

参考文献

- 1) 三木朋広, 二羽淳一郎: 三次元格子モデルを用いた鉄筋コンクリート部材の非線形解析, 土木学会論文集, No. 774/V-65, pp.39-58, 2004年11月
- 2) 運上茂樹, 西田秀明, 長屋和宏: 正方形断面を有する鉄筋コンクリート柱の水平二方向加振振動台実験, 土木研究所資料, 第3871号, 2002年7月