

強震動データと三次元解析を活用したダム施設の地震時安全確認の効率化

弘前大学 フェロー会員 ○有賀義明
リアルタイム地震情報利用協議会 藤縄幸雄 野田洋一
J P ビジネスサービス 正会員 浅賀裕之 依田昌宏

1. まえがき

地震被害を受けた際に社会的に大きな影響を及ぼす構造物や施設に関しては、大地震の際に損傷の程度や状況を迅速かつ正確に把握し、地震直後の安全確認や安全・安心情報の発信等をタイムリーに的確に行うことが必要である。ダム施設や電力施設は、重要な社会基盤施設であり、所定以上の震度の地震が発生した場合は、所定の時間内に臨時点検を行い、その結果を関係機関等に報告することが必要となる。

過去の地震被災事例を踏まえると、大地震の際には、どんな地震が発生したのかを認識するのに時間がかかること、どんな被害が発生したのかを把握するのに時間がかかること、地震や防災に通じた技術者が現場にはいないことが多いこと、地震被害が大きいほど責任と権限の所在が複雑になり迅速な意思決定ができない場合が多いこと等の課題があると考えられる。

そこで、これらの課題を解決するための手法のひとつとして、大地震時の安全確認の効率化に役立てるために、精緻な三次元解析法¹⁾と強震動データ等を連携して活用することによって、地震時の損傷を即時的に評価し、臨時点検の効率化や情報発信の円滑化を図るための手法について検討した。

2. 強震動データと三次元解析の連携活用の基本概念

地震時損傷の即時的評価の基本概念を図-1 に示す。提案法は、大きく、平時の事前評価、地震動到達直前の直前評価、地震直後の直後評価の3つの段階で構成されている。平時の事前評価では、図-2 の上段に示したように、想定される様々な条件下で三次元解析を行い、それらの評価結果をDB化し、大地震の際に活用するものである。地震動到達直前の直前評価は、緊急地震速報が配信された場合に、緊急地震速報に基づいて対象地点の地震動条件を即時的に推定し、推定した地震動条件に最も近似した事前評価結果を抽出して活用するものである。地震直後の直後評価は、地震観測によって記録された強震動データを用いて三次元解析を行い、実際に観測された強震動を用いて実証的な解析評価を行なうものである。

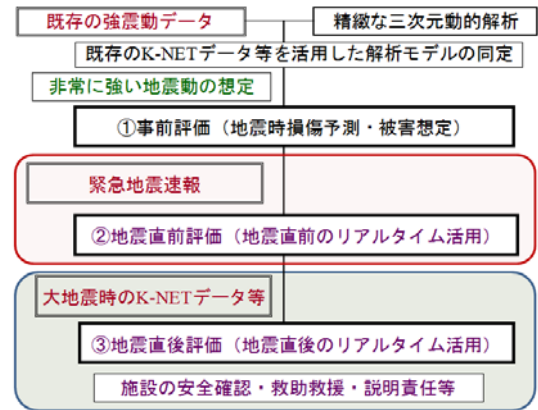


図-1 強震動データと三次元解析を連携させた即時的地震損傷評価の全体概要

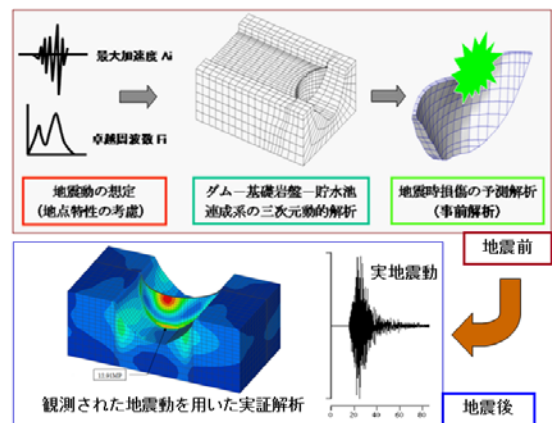


図-2 地震前評価と地震後評価の概念

3. 基礎的なケーススタディ

提案法の適用性を検討するために、洪水吐のコンクリートピアを想定して、基礎的な事例解析を行った。

実際の運用の際には、強震動データのダウンロードは自動的に行われることを前提としているが、ここに示す事例では、2008年6月14日8時43分に発生した岩手・宮城内陸地震（M7.2）の際にK-NETの一観測点（IWT010）で観測された強震動データを（独）防災科学技術研究所のHPからダウンロードして用いた。

キーワード：ダム、洪水吐、三次元解析、緊急地震速報、K-NET、強震動データ、臨時点検

連絡先：〒036-8561 弘前市文京町3、弘前大学大学院理工学研究科地球環境学専攻 Tel・Fax 0172-39-3608

一関観測点の位置を図-3 に示す．また，一関観測点で記録された，強震動の時刻歴波形を図-4 に示す．



図-3 K-NET 一関観測点の位置

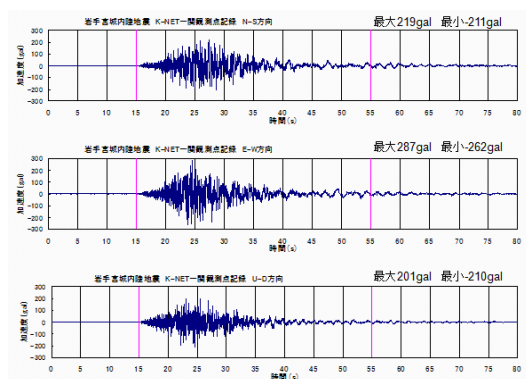


図-4 一関観測点で記録された K-NET データ

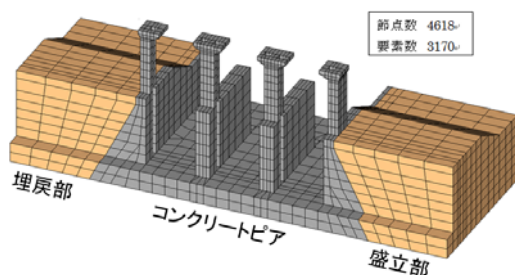


図-5 三次元解析モデル

解析に用いた，三次元 FEM モデルを図-5 に示す．この解析モデルは，3 門のローラゲートを有する洪水吐のコンクリートピアを模擬したものであり，ピアの高さは 34m である．解析モデルの側方は粘性境界，下方は剛基盤とした．ピアの動的物性値は，せん断弾性係数 $9,375 \text{ N/mm}^2$ ，密度 2.4 g/cm^3 ，ポアソン比 0.20，減衰定数 3%（ピア上部は 2%）とした．地盤部（盛立部、埋戻部）の動的物性値は，せん断弾性係数 119 N/mm^2 ，密度 1.76 g/cm^3 ，ポアソン比 0.30，減衰定数 8%とした．

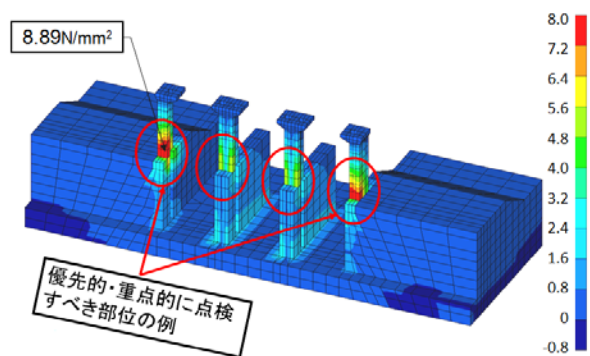


図-6 地震時引張応力の評価例（単位： N/mm^2 ）

解析結果の一例として，地震時引張応力の分布を図-6 に示す．この解析事例では，最大引張応力はピア中間部の鉛直方向で 8.89 N/mm^2 となった．入力地震動の最大加速度は，下方基盤で 287gal，ピアの最大加速度応答は頂部のダム軸方向で 2167gal であった．ダムコンクリートの地震時の引張強度は，一般的に $3 \sim 5 \text{ N/mm}^2$ 程度（静的圧縮強度の 10%を動的圧縮強度と想定し，地震時の強度は 3 割増と想定）と想定されるので，例えば， 5 N/mm^2 程度を超えたエリアを優先的に臨時点検すべき箇所と位置付けて対処する考え方が可能であると考えられる．現場の担当者がこうした図面を参照することによって，特に専門的な知識がない場合でも，どこを優先的に重点的に点検すれば良いのかを認識することが可能になると考えられる．そして，大地震直後の臨時点検，安全確認の効率化につながるものと考えられる．

三次元解析による応力や変位の評価情報は，平時，緊急地震速報を受信した際の地震動到達直前，強震動データが観測された際の地震直後等に自動的に配信することが可能である．

4. あとがき

2007 年新潟県中越沖地震では，地震直後の安全・安心情報の円滑かつ適切な発信が大切であることが認識された．ダム施設や電力施設など，社会的に影響度の大きな施設に関しては，大地震時に，緊急対応の信頼性が問われることになると考えられるので，平素から地震災害の抑止軽減に向けた努力が大切である．緊急地震速報，強震動データ，精緻な三次元解析技術等を連携して活用することによって，より効率的・合理的な緊急対応が可能になるものと考えられ，普段の地震防災の啓発・教育・訓練などにも有用であると考えられる．

参考文献

- 1) 有賀義明，曹増延，渡邊啓行：強震時のジョイントの非連続的挙動を考慮したアーチダムの三次元動的解析に関する研究，土木学会論文集 No. 759/I-67，pp.53-67，2004