

UC-win/F-RAME(3D)最新解析事例4 特集2

UC-win/F-RAME(3D)は、2005年にVer.1.05～Ver.1.07、2006年にVer.2.00をリリースし、設計実務で求められる機能を中心に改良、拡張を重ねています。また、当社の「UC-win/F-RAME(3D)解析支援サービス」による設計実モデルへの適用事例も多くの実績が挙がってきています。ここでは、月刊誌「橋梁と都市プロジェクト」(橋梁編集委員会刊)に連載された「～土木構造物における3次元解析、動的解析、非線形解析など解析技術適用の事例とその効果～」(第14回)の図表抜粋を最新解析事例4として紹介いたします。また、2007年6月リリースしたVer.2.01の改良の概要を解説いたします。

第14回 水平2方向地震動を受ける鉄筋コンクリート橋脚の地震時挙動

記事概要抜粋

1.はじめに

地震動は多方向から作用し、その時、構造物は様々な方向に振動する3次元的な複雑な挙動となる。橋梁の場合、橋軸方向と橋軸直角方向に同時に地震動が作用するため、橋脚などの柱部材は、本来、2軸曲げ作用下の部材としての評価が望ましい。2軸曲げ作用下の性能を把握し反映させることは、現実の挙動を正確に反映した安全性評価を可能にするため、防災等の観点からは非常に重要なことと考える。また、水平2方向荷重による2軸曲げ作用下の鉄筋コンクリート部材は、1方向荷重が作用する場合に比べて耐力が低下し、破壊性状がより厳しくなることが実験的にも確認されており、これまでの事例でも解析的にそれを確認してきた。

そこで、今回は、実際の地震と同様に、水平2方向(橋軸方向と橋軸直角方向)同時に地震動を受ける鉄筋コンクリート橋脚の挙動について、基本的な応答特性を整理したい。まず、実際の地震動と同様に、水平2方向(橋軸方向と橋軸直角方向)同時に地震動を入力した動的な非線形解析を、多数の強震記録により実施し、その最大応答値を現行の動的照査方法(=橋軸方向と橋軸直角方向別々に作用させる)と比較する。次に、水平2方向地震動の入力方向を様々な角度させた感度解析を行い、その時の最大応答値のばらつきについて考察する。

本検討は、2軸曲げ作用下の非線形応答を評価する必要があるため、ファイバー要素の利用可能な「UC-win/F-RAME(3D) Ver.2」を用いる。

2.解析手法の概要

(1)解析対象

図-1に示す、円形断面を有する鉄筋コンクリート単柱橋脚を解析対象とする。なお、レベル2地震動に対し、道示Vの地震時保有水平耐力法を満足する様、断面寸法と配筋を決定している。

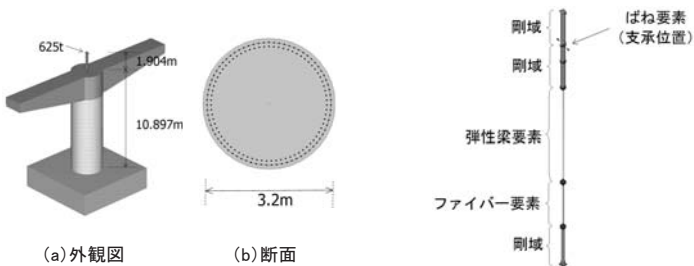


図-1 解析対象

(2)解析モデルと解析手法

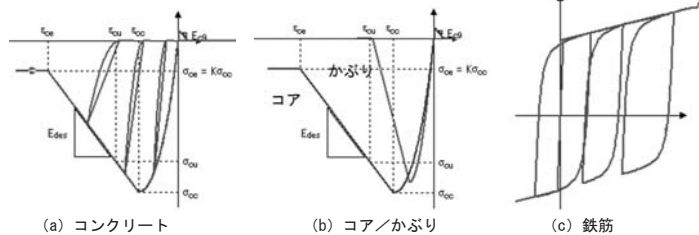


図-3 ファイバー要素に適用する材料履歴モデル

3.水平2方向地震動の与え方に関する検討

(1)入力地震動の作用方法

(2)動的解析結果

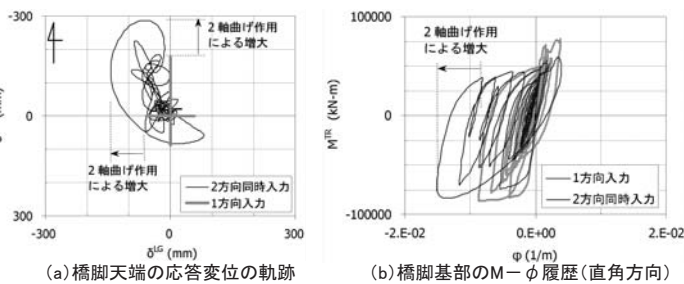


図-6 時刻歴結果(兵庫県南部地震)

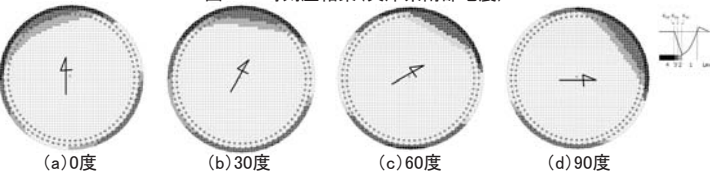


図-13 各入力方向における最大圧縮ひずみの分布(兵庫県南部地震)

4.水平2方向地震動の入力方向に関する検討

5.まとめ(以降省略)

UC-win/F-RAME(3D) Ver.2.01

Up&Coming '07
新録の号掲載

今回の改訂では、主にファイバー要素に関連する機能追加・改善を行いました。

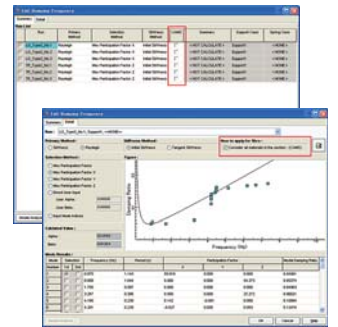
●ファイバー要素への粘性減衰作用

鉄筋コンクリート部材をファイバー要素でモデル化した場合、現行版では鉄筋だけに粘性減衰(Rayleigh型/要素別剛性比例型)を作用させていました。つまり、ファイバー要素ではコンクリート部分に粘性減衰は作用させていませんでした。

今回の改訂では、ファイバー要素断面内のコンクリート部分にも粘性減衰を作用させるオプションを追加しました(図1)。このオプションを使用すると、コンクリート部分に限らず、断面内にある全ての材料に対して、粘性減衰を作用させることができます。

このオプションを用いるかどうかは解析者の判断に委ねられますが、このオプションを用いる利点は、M-φ要素やM-θモデルのような部材レベルでの非線形要素と材料レベルで非線形特性を与えたファイバー要素とで、両者に作用させる粘性減衰(厳密には剛性行列に乗じる係数)を同じにすることができるようになったことです。これにより、要素の違いに着目して比較結果を考察しやすいようになると思います。

これに関連して、現行版には整合のとれていない処理がありました。ファイバー要素内の鉄筋だけに粘性減衰を作用させるとき、その鉄筋ヒステリシスの種類は「F3D」と「COM3」が対象となっており、「バイリニア」「トリリニア」は対象外となっていました。同様に、粘性減衰を作用させる鋼板ヒステリシスの種類は「F3D」だけであり、それ以外の「バイリニア」「トリリニア」は対象外となっていました。今回の改訂では、全ての鉄筋ヒステリシス、全ての鋼板ヒステリシスに対して粘性減衰を作用させるように統一しました。



▲図1 ファイバー要素に適用する粘性減衰オプション

●鋼部材のひずみ照査

ファイバー要素でモデル化した鋼部材を対象とした、ひずみによる照査機能を追加しました。この照査機能は、「鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン」(宇佐美勉編著・日本鋼構造協会編、2006年9月1日、技報堂)に準拠しています。

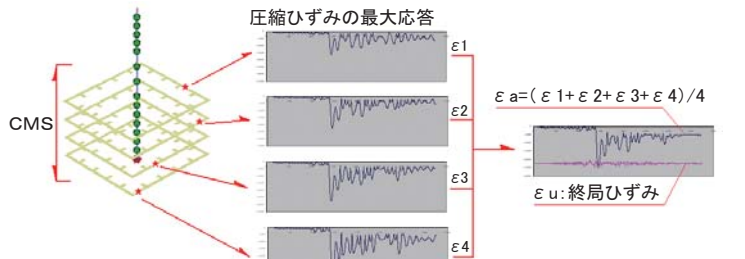
ひずみ照査方法は、鋼製橋脚をはじめとして、桁橋、ラーメン橋、上路式アーチ橋、中落式アーチ橋、斜張橋、吊橋などのあらゆる鋼構造物に対する耐震性能照査に適用可能です。

入力方法は、同基準で定める最も厳しい部材セグメント(CMS: Critical Member Segment)に該当するいくつかのファイバー要素を1つのグループに含めること、そのグループに対して終局ひずみの算出式の選択とそれに必要なパラメータの入力です(図2)。

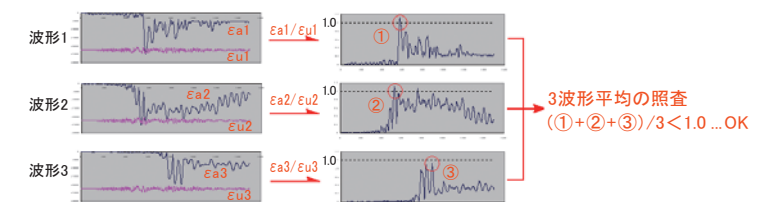
照査の流れは、CMSに含まれる各ファイバー要素に生じた圧縮側最大応答ひずみを部材軸方向に平均したεaを、プログラムが自動算出した終局ひずみεuで照査するというものです(図3)。

結果は、テキスト形式(*.csv)で出力します。道路橋示方書V耐震設計編に基づいた3波形の地震動に対する平均応答値の照査にも対応しています(図4)。

▲図2 入力画面



▲図3 鋼部材のひずみ照査



▲図4 3波形に対する平均照査

●変形後の3次元グラフィックスを3ds形式でファイル出力

「3ds」は「3D Studio」のデータ形式で、さまざまな3Dグラフィックス作成ソフトでサポートされているファイル形式です。現行版では変形前のモデルを3ds形式でエクスポートする機能があります。今回は荷重を受けて変形したモデル状態をエクスポートできるようになりました。計算を実行した後の結果モードで出力可能になります。固有値解析結果のモード図もこの形式で出力できます。