

コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の 弾塑性地震応答解析

名古屋大学工学部

学生員 ○子林 稔

名古屋大学工学部

正会員 宇佐美勉

名古屋大学工学部

正会員 鈴木森晶

1. 緒言

これまで、鋼製橋脚に対する復元力モデルの作成が行われてきたが、コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚に関しては、静的および準静的繰り返し実験、ハイブリッド応答実験の不足から、まだ完全なモデル化はされていない。そこで、本研究では、今年度名古屋大学で行われたコンクリート部分充填橋脚の静的および準静的繰り返し実験結果から復元力モデルを構築し、弾塑性地震応答結果を兵庫県南部地震において観測された地震波形を用いて行われたハイブリッド地震応答結果と比較し、その妥当性を示す。

2. 復元力モデルの構築

本論文で述べる復元力モデルは、鋼製橋脚の復元力モデルとして開発された2パラメータモデル[1]を基本としている。ただし、このモデルで用いられている2つのパラメータ α (剛性低下)、 β (強度劣化) のうち強度劣化を表現する β は用いず、剛性低下を表す α のみを用いる。

(1) 骨格曲線の決定

骨格曲線としては、Fig.1 に示すような負の勾配を持たないトリリニア型を採用した。図中の各々の値は以下のようにして求める。初期降伏荷重 H_y は、フランジ板の局部座屈を考慮したはり-柱の極限強度照査式から求められる荷重である[2]。 δ_y は H_y に対応する水平変位を表す。最大荷重 H_m は、静的実験または準静的実験の包絡線より得られた最大荷重点の値を使用する。 δ_m は、Fig.2 に示すように静的実験または準静的載荷実験の包絡線上で最大荷重に達する以前の水平荷重が(1)式から求められる H_a となる変位とする。

$$H_a = H_y + (H_m - H_y) \times a \quad (1)$$

ここで a は、最大応答変位と残留変位の両方がハイブリッド実験結果に近付くような値を模索して決定し、本研究では $a = 0.9$ とした。原点とこれらの二点を結ぶことによって、初期剛性 k および一次剛性 k_1 を求める。また二次剛性 k_2 は、静的実験および準静的実験では最大荷重後、強度が低下し負の勾配となるが、兵庫県南部地震の地震波を入力したハイブリッド実験では、静的および準静的実験のように明瞭な負の勾配となるまでの大きな変位を生じさせるような結果は得られなかったため、本研究では、 k_2 を正負の勾配を持たない水平とした。

(2) 復元力特性の決定

a) 剛性低下

剛性低下とは、繰り返し載荷が進み除荷開始点が大きくなると、初期剛性より除荷域剛性が低下することを表現するものである。本モデルではFig.3に示すように、 $-\alpha H_y$ を目指すように除荷域剛性が低下する。ここで α は、次式で定義される。 b は α の値を決定するための定数で除荷開始点が一次剛性域の場合と二次剛性域の場合とは異なる値を用いている。

$$\alpha = \frac{b}{R_f^2} \quad (R_f \text{ はフランジの幅厚比パラメータ}) \quad (2)$$

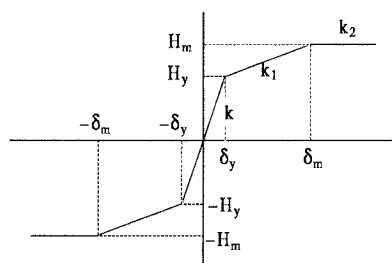


Fig.1 Definition of Skeleton Curve

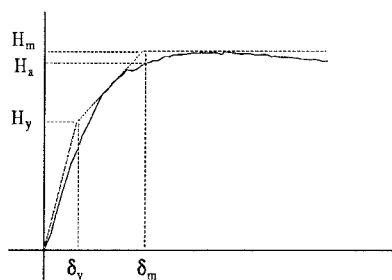
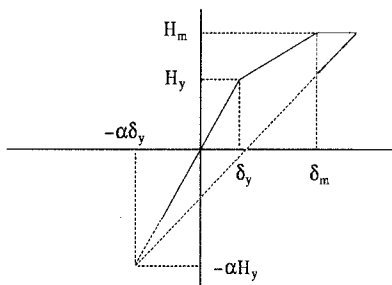
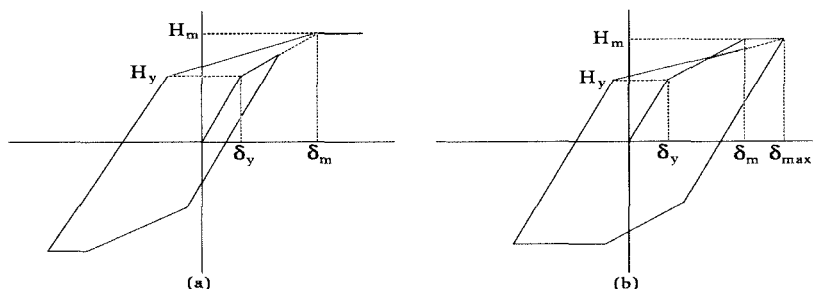
Fig.2 Definition of H_a 

Fig.3 Stiffness Degradation

b) δ_m の変更

変位 δ_m の値を以下のようなルールに従い変更する。初期の骨格曲線で設定した δ_m に到達する以前では、最大荷重点 (H_m, δ_m) を目指すような骨格曲線上を移動する (Fig.4(a))。過去に受けた最大変位を δ_{max} とし、この δ_{max} が一度でも δ_m を越えると、 δ_m をこの δ_{max} の値に更新し、以後新しい δ_m (即ち δ_{max}) を目指すような骨格曲線上を移動する (Fig.4(b))。

Fig.4 Shift of Maximum Displacement from δ_m to δ_{max}

3. 弾塑性地震応答解析および入力地震波

本研究では解析の対象をコンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚が水平地震動を受ける場合を考え、橋脚を1自由度系モデルに置き換えて、線形加速度法を用いて弾塑性地震応答解析を行った。入力地震波としては、兵庫県南部地震で観測された地震波のうち、I種地盤の神戸海洋気象台観測地震波 (以下 JMA)、II種地盤のJR警報地震計 (鷹取) [3] による観測地震波 (以下 JR-Takatori)、III種地盤の東神戸大橋観測地震波 (以下 Higashi-Kobe) を使用した。

4. ハイブリッド実験と弾塑性地震応答解析の比較

ハイブリッド実験と弾塑性地震応答解析を比較したものの例を Fig.5 に示す。対象とした供試体は、フランジの幅厚比パラメータ $R_f = 0.45$ 、柱の細長比パラメータ $\lambda = 0.25$ 、コンクリートの充填率は25%である。Fig.5 より最大変位および残留変位に関しては、ハイブリッド実験と弾塑性地震応答解析は非常に良く一致している。このことから本研究で構築した復元力モデルは妥当であると言える。その他の解析結果は講演当日に報告する。

5. まとめ

本研究では鋼製橋脚用に開発された復元力モデルを改良し、コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の復元力モデルを構築した。ハイブリッド実験と、この復元力モデルを用いた弾塑性地震応答解析の結果を比較したところ本復元力モデルの妥当性が示された。

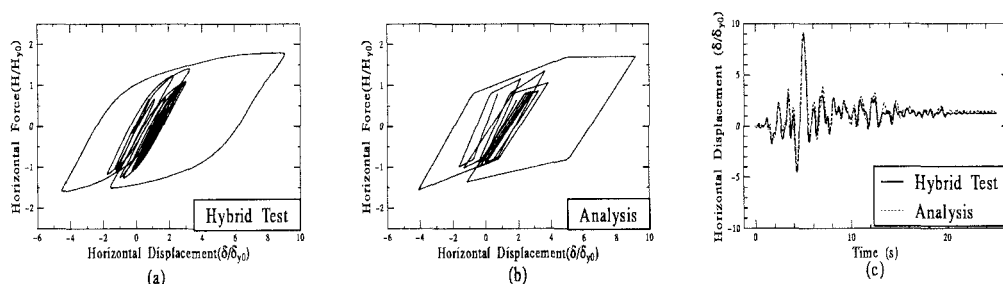


Fig.5 Comparison of Hybrid Test and Seismic Analysis with JR-Takatori NS Accelerogram

参考文献

- 鈴木森晶, 宇佐美勉, 寺田昌弘, 伊藤努, 才塚邦宏: 箱形断面鋼製橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析, 土木学会論文集へ投稿中
- 宇佐美勉: 鋼平面ラーメン構造物の極限強度評価式の実験データによる検証, 構造工学論文集 Vol.36A, pp79-88, 1990.3
- NAKAMURA, Yutaka: "Waveform and its Analysis of the 1995 Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake", JR Earthquake Information No.23c, Feb.1995, Railway Technical Research Institute