

3 波連続で地震を受ける耐震補強された鋼製橋脚に関する解析的研究

愛知工業大学 学生会員 ○鈴木洋平 正会員 鈴木森晶
学生会員(在籍時) 飯田智仁 正会員 嶋口儀之 正会員 宗本 理

1. 序論

2016 年 4 月に発生した熊本地震では、震度 7 クラスの強振動が、ごく短期間に複数回観測された。気象庁による最大震度別地震回数表¹⁾によると震度 7 は 2 回、震度 6 は 5 回発生している。しかしながら、現行の耐震設計基準においてはこれらの地震外力について考慮されておらず、十分な検討が行われていない。

本研究では、耐震補強された鋼製橋脚(昭和 49 年竣工、平成 9 年耐震補強)の耐震性能を調べるために、1/3 スケールの実験供試体を用いて基本的な漸増繰り返し載荷実験を行ってきた。しかし、連続地震を想定した検討がされていない。

そこで複数回連続で地震力を受けた場合の、耐震補強された鋼製橋脚の最大応答変位および残留変位に着目し、道路橋示方書に定められている許容残留変位および本研究室で定めた損傷レベルを指標として複数回連続で地震を受けた鋼製橋脚の耐震性能の評価を行う。

2. 解析概要

1974 年(昭和 49 年)に竣工した矩形断面鋼製橋脚を、1996 年(平成 8 年)の道路橋示方書の基準²⁾を満たすよう耐震補強した矩形断面鋼製橋脚を H8 モデル(図-1)とし解析を行う。

有限要素解析プログラム「Abaqus/ver.6.14」を用いて動的解析を行う³⁾。図-5 にモデルの概要を表-1 にモデルの諸元を示す。

解析モデルは、鋼製橋脚の基部からコンクリート充填高さまでをシェル要素(S4R)によってモデル化を行う。それより上部は、はり要素(B31)とし、はり部の断面については図-1 の参考橋脚の補剛箱型断面と等価な無補剛箱型断面としてモデル化した。コンクリート充填部においては、コンクリートを鋼材に換算してモデル化を行った。上部工重量を変更することで地盤種の区別を行った。

解析モデルの材料特性に関しては、道路橋示方書に示されている公称値を使用する。モデルの材料構成則に関しては、ひずみ硬化型バイリニアモデルの応力-ひずみ関係を用いる。ひずみ硬化則は等方硬化則を適用させた。また、二次剛性は $E/100$ と設定した。

荷重条件は、はり要素頂部に上部工重量として、Mass 要素を作成し、その Mass 要素に対し、重力加速度および、地震動による加速度を慣性力として作用させる。力の作用方向は、鉛直方向 1 成分と、水平方向 1 成分として検討を行う。境界条件は、シェル要素下端部を、並進、回転方向の 6 自由度を拘束した。シェル部とはり部の拘束に Multi Point Constraint 拘束を使用し、はり部の最下部とシェル部の最上部を拘束した。

本解析で使用する地震波形は、道路橋示方書に示されている道

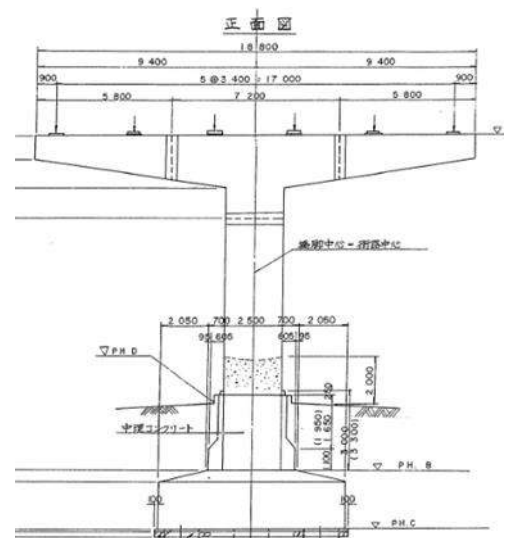


図-1 矩形断面鋼製橋脚 (H8 モデル)

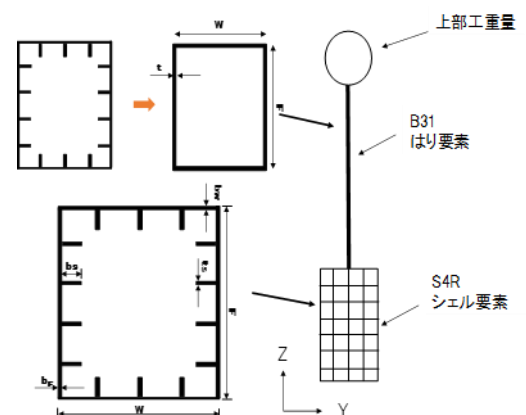


図-2 モデル概要

キーワード 鋼製橋脚 耐震性能 動的解析 連続地震 地震応答解析

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学 TEL (0565) 48-8121

路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形のレベル2地震動(タイプII)のI種地盤, II種地盤, III種地盤を用いる. 表-2に解析に使用する入力地震動を示す. 図-7に入力地震動のI種地盤の加速度波形を示す.

地震動的解析を行った際に, 応答変位が正または負の方向へ傾いた結果となることが多い. 本解析は, 3連続の地震動を入力した場合において安全側の評価を行うため, 応答変位が大きくなるように地震動の組み合わせた値とする.

そのため, 入力する地震動は, I種地盤の場合, I-1からI-3の正負を入れ替え, 対となる地震動I-1RからI-3Rの合計6波から3波使用する. II種地盤, III種地盤も同様に6波ずつ, 計18波から3波ずつ使用する.

3. 解析結果

図-3にI種地盤におけるH8モデルのW1, W2, W3における3波平均に使用した時刻歴応答波形を図-3に示す. 縦軸を応答変位とし横軸を時間とする. 表-3に解析結果の残留変位を示す.

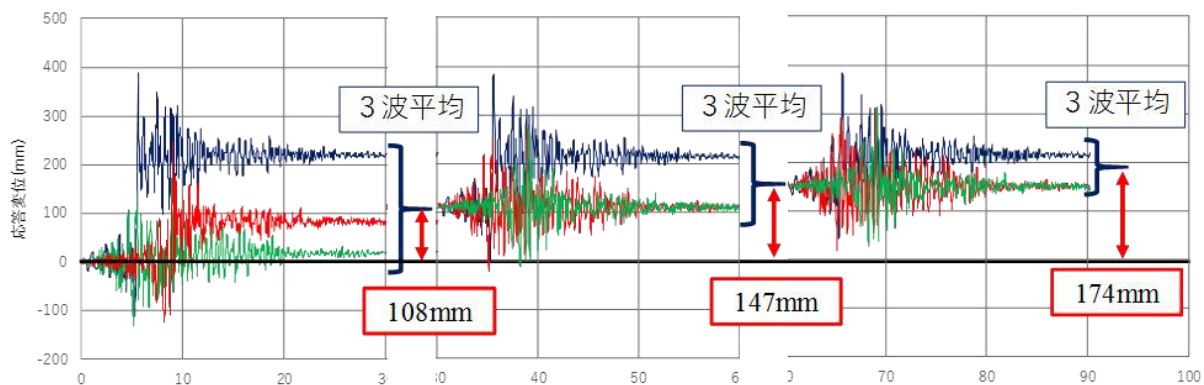


図-3 I種地盤-3波連続時刻歴応答変位

参考文献

- 1) 気象庁:最大震度別地震回数表
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/yoshin_kako.pdf
f (2017/3/31 アクセス)
- 2) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 1996.12
- 3) ABAQUS/Analysis User's Manual: Ver6.14, SIMULIA, 2014

表-1 モデル諸元

モデル名		H8		
要素		はり要素 (B31)	シェル要素 (S4R)	
断面形状		無補強部	補強部	コンクリート充填部
鋼種		SM490		
橋脚高さ H(mm)		14000		
上部工重量 M(N)		9.01×10^6	9.52×10^6	9.80×10^6
降伏応力 σ_y (MPa)		355		
ヤング率 E(GPa)		200		
ポアソン比 ν		0.3		
フランジ板幅	b_f (mm)	2500	2500	2500
フランジ板厚	t_f (mm)	25.5	31.5	32.0
ウェブ板幅	b_w (mm)	2000	2000	2000
ウェブ板厚	t_w (mm)	25.5	25.5	27.0
補剛材幅	b_s (mm)	-	-	200
補剛材板厚	t_s (mm)	-	-	27.0

表-2 入力地震動:(平成7年兵庫県南部地震)

地盤種	記録場所及び成分	呼び名	対となる波形
I種地盤	神戸海洋気象台地盤上 NS 成分	I-1	I-1R
	神戸海洋気象台地盤上 EW 成分	I-2	I-2R
	猪名川架橋予定地点周辺地盤上 NS 成分	I-3	I-3R
II種地盤	JR 西日本鷹取駅構内地盤上 NS 成分	II-1	II-1R
	JR 西日本鷹取駅構内地盤上 EW 成分	II-2	II-2R
	大阪ガス葺合供給所構内地盤上 N27W 成分	II-3	II-3R
III種地盤	東神戸大橋周辺地盤上 NS 成分	III-1	III-1R
	ポートアイランド内地盤上 NS 成分	III-2	III-2R
	ポートアイランド内地盤上 EW 成分	III-3	III-3R

表-3 残留水平変位(I種地盤)

	H8モデル残留変位 (mm)						
波形名称	I-1	I-1R	I-2	I-2R	I-3	I-3R	3波平均
W1	-223	223	19	-19	82	-82	108
W2	-36	218	113	62	109	49	147
W3	28	219	153	106	149	95	174