

I-234 コンクリートのひびわれを考慮したSRC高橋脚の動的応答解析

大成建設(株) 正会員 吉田 篤史
早稲田大学 正会員 依田 照彦

1. 序論

橋梁において、鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)構造の高橋脚が利用されるに伴い、橋脚の耐震性のみならず、橋梁そのものの耐震性を検討するうえからも、SRC高橋脚の地震時の変形性能を明確にする必要性が生じてきている。従来より、このような高橋脚に対しては、スウェイ・ロッキングモデルが適用され動的応答解析がなされてきたが、モデル化の妥当性については、検討の余地が残されていると思われる。そこで、本研究では、SRC高橋脚の動的応答特性をコンクリートのひびわれを考慮できる有限要素解析を用いて調べた。

2. 数値解析

2.1 解析モデル

SRC高橋脚の変形性能を特徴づけるものとしては種々の項目が挙げられるが、本研究では、下記の項目に着目して計算を行った。

- 1) コンクリートの剛度(特にひびわれによる影響)
- 2) 鋼材量(鉛直方向主材及び斜材、水平材)

この2点を検討するために以下の3ケースについて有限要素法を用いた地震応答解析を実施した。

Model 1: SRC高橋脚のコンクリート部分を三角形平面応力要素、鉄骨部分を梁要素(トラス)でモデル化した橋脚

Model 2: Model 1と解析モデルの諸元は同一であるが、すべての鉄骨部分を取りさった橋脚

Model 3: Model 1と解析モデルの諸元は同一であるが、すべての水平材、斜材を取りさった橋脚

2.2 コンクリートのひびわれに対する仮定

コンクリートの引張ひびわれを考慮し、本研究では次の様な仮定を設けた。

- 1) ひびわれが発生する以前では、コンクリートは完全弾性体とみなせる。
- 2) 引張ひびわれは主応力が、引張強度(本研究では設計基準強度の1/11)より大きくなったとき発生する。
- 3) ひびわれが発生した要素は以後ひびわれ面と直

角方向に引張力が作用する場合にはその方向の剛性を零とする。

2.3 モデル化及び入力波

本研究ではSRC高橋脚を図1のようにモデル化した。このとき、かぶりは防錆等の役割が強いことと、三角形要素の大きさ、形状等をそろえるために無視した。コンクリートの設計基準強度は240 kg/cm²とし鉄骨の形状寸法は既往の橋脚を参考に定めた。入力点は基盤面上水平方向

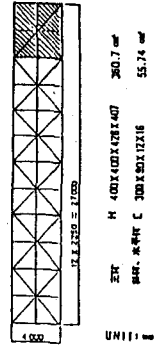


図1 解析モデル

に入力し残りの節点は水平、上下方向とも非拘束とした。また上部工の慣性力の影響をみるため、図1の斜線部分に橋脚の1/3の重量を付加した。減衰についてはレーリー・ダンピングを使用し減衰定数は文献(1)の実験結果より5%とした。

なお鉄筋については鉄骨と同様に梁要素としてモデル化できるがFEM解析の煩雑さを避ける意味とSRC構造物の動的挙動は鉄筋よりも鉄骨に大きく影響されることを考え、鉄筋を独立した要素とは、みなさなかった。

入力波としては、El Centro波NS成分の0.01~5.12 sを最大加速度200gal, 400gal, 600galになるように正規化したものを用いた。

3. 結果及び考察

以上の解析手法を用いて動的応答解析を行い、固有振動数、ひびわれ発生状況、最大応答相対変位、最大応答絶対加速度、橋脚天端の水平方向の時刻歴応答変位を求めた。

3.1 固有値解析の結果

表1 固有値解析結果

次数	1	2	3	4
MODEL 1	2.883	20.95	26.17	87.89
MODEL 2	2.825	19.56	24.48	82.44
MODEL 3	2.851	20.92	26.18	87.89

19 Hz 以上であるため、今回の入力波の場合では第1次モードが卓越したと思われる。

3.2 動的応答の解析

図2にひびわれ発生状況を、図3～a, bに高さ
と最大変位の関係を、図4～a, bに高さ
と最大加速度の関係を、図5に入力波600gal
のときのModel 2の天端の水平方向時刻歴
変位応答を示す。

図3、図4にみられるようにModel 1とModel 3
の応答解析結果はほとんど変わらない。このことより
斜材及び水平材の影響は振動モードとしてせん断振
動モードが卓越した場合に大であるので、今回のS
R C高橋脚の場合には曲げ振動モードが卓越してい
るものと思われる。

ひびわれ発生状況をみると、どのモデルにおい
ても入力加速度が大きくなるにつれて、ひびわれの
入る要素数が増加するが、ひびわれの入る要素数の
増率はModel 2が一番大きい。

さらに、Model 1、3では斜め引張りひびわれが
ほとんど発生していないにも拘らず、Model 2では
入力加速度が大になるに伴い斜め引張りひびわれが
多数発生することより、Model 2においては斜め引
張りひびわれが橋脚自体の安定性に大きく影響を及
ぼしていることが分かる。図5より、Model 2の
600galの場合には橋脚が崩壊に至るような大きな
変形が生じていることが観察できる。なおModel 1
では、入力波200galの場合にはひびわれは生じな
かった。

高さ
と加速度の関係をみると高さ20.0 m ぐら
いまではModel 2の方が応答値が小であるがこれ
より高くなると逆転する。また入力加速度が大に
なるとつれModel 2の最大変位がModel 1,3に
比べて、非常に大なのに対し、加速度応答はそれ
ほど大きな差は生じない。このことから、コン
クリートにひびわれが入ったとしても橋脚が大
きく振動するだけで、加速度応答に大きな変化
は生じないと判断できる。

4. 結論

- (1)コンクリートに、ひびわれが発生してい
ないとき、あるいは、ほとんど発生してい
ないときのS R C高橋脚の動的応答は
コンクリートに支配される。
- (2) S R C高橋脚では、鉄骨は斜め引
張りひびわれが生じるのを防ぐ効果を持つ。
- (3) コンクリート構造物の耐震性を検討
する場合、コンクリートのひびわれが構
造物の強度に及ぼす影響が大きいので、
ひびわれを考慮できる本研究の解析モ
デルの有用性は大きいと思われる。

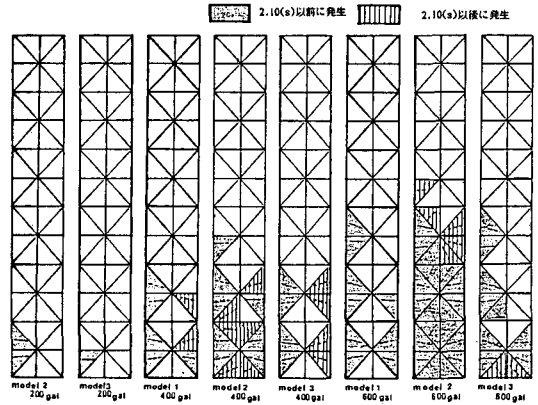


図2 ひびわれ発生状況

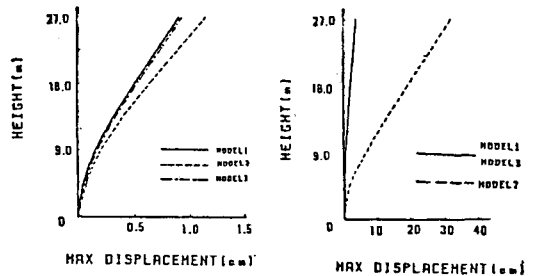


図3～a 高さ
と最大変位の関係(200gal)

図3～b 高さ
と最大変位の関係(600gal)

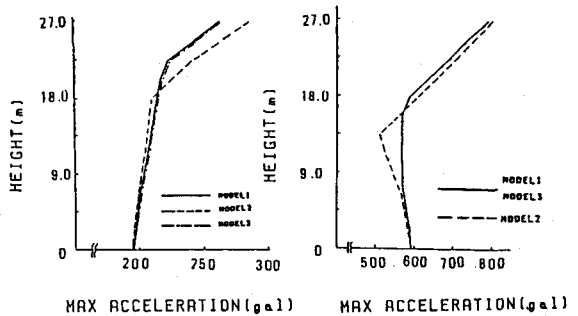


図4～a 高さ
と最大加速度の関係(200gal)

図4～b 高さ
と最大加速度の関係(600gal)

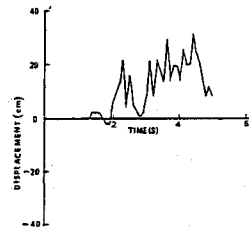


図5 Model 2 天端水平方向時刻歴変位(600gal)

参考文献

- 1) 石原, 中村ほか: 鉄骨鉄筋コンクリートの靱性に関する研究, 日本道路公団試験所報告, 1980, 1
- 2) 太田: 繰返し荷重下における鉄筋コンクリート橋脚の挙動に関する研究, 土木学会論文集, 1979, 1