

RC 橋脚の耐力・変形特性に及ぼす二方向載荷履歴の影響

大阪市立大学大学院工学研究科(堺市) 学生員 ○北田 裕久

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 大内 一

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 角掛 久雄

(株)オガノ 正会員 島田 功

1．目的

地震時保有水平耐力法に基づく道路橋脚の耐震設計では、橋軸方向、橋軸直角方向それぞれ独立に検討されている。しかし、二方向地震力を同時に受けた場合に損傷がより大きくなることが予想され、一方向載荷との違いを明らかにする必要がある。

そこで、本研究では三次元非線形 FEM 解析ソフト FINAL を用い、試設計した RC 橋脚を対象として載荷履歴を変化させた二方向交番載荷の解析を行い、一方向載荷との耐力・変形特性の差を明らかにする。

2．解析概要

本研究では図 - 1 に示すような橋脚を想定している。保有水平耐力法に基づき配筋を決定した。その詳細を図 - 2(a)に示す。解析では図 - 2(b)に示すように単純化した。

RC 橋脚の解析を行う前に、汎用ソフトがいかに拘束力に対してコンクリートの特性を捉えているかを星隈ら¹⁾が実施した一軸圧縮試験結果と比較することで確認した。表 - 1 に対象とする供試体を、図 - 3(a)に解析モデルを示す。軸対称性から帯鉄筋で挟まれる 1/4 モデルとしている。図 - 3(b)に拘束力と最大圧縮応力との関係を示す。 f_{yh} は解析における最大圧縮応力時での帯鉄筋の最大軸方向応力をとっている。解析結果は道示式と同程度となり、拘束効果の影響を捉えることができています。

RC 橋脚の解析で用いる材料定数などを表 - 2 に示す。支持条件は底面を全固定とした。荷重条件は柱上部の天端に面荷重として 1MPa を軸方向載荷した後に天端の断面中央点で水平方向荷重を変位制御で載荷した。載荷履歴は図 - 4 に示す 3 種類のパターンとした。変位振幅は斜め方向のドリフト角 0.5% まで変位させた後に、1%、2%、3%、4%、5% と整数倍していった。なお、1% 当たり水平変位は 100mm である。ループは象限載荷（赤シリーズ）を x 正側から開始した後に、象限載荷（青シリーズ）を y 正側から開始する軌跡を辿るものとした。

キーワード RC 橋脚、二方向地震力、載荷履歴、三次元非線形 FEM 解析

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3 丁目 3 番 138 号 大阪市立大学大学院工学研究科 TEL06-6605-2723

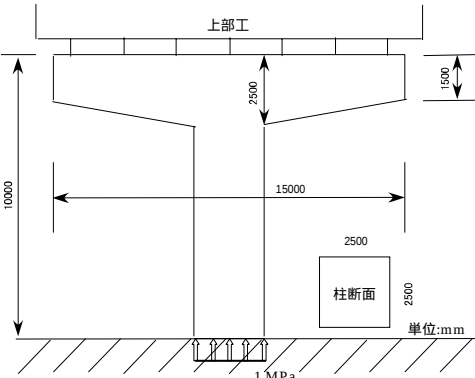


図 - 1 試設計橋脚図

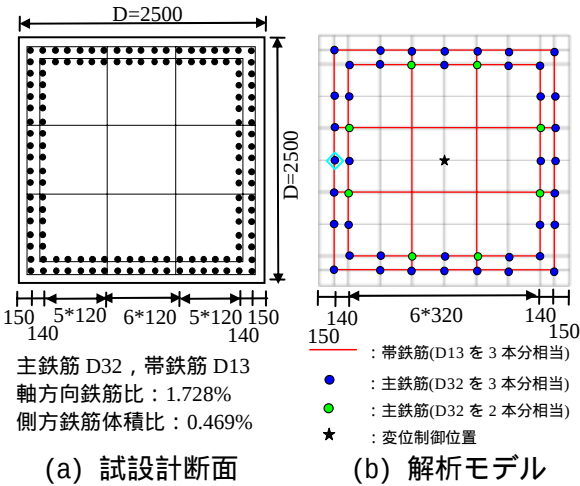


図 - 2 橋脚断面図(単位 mm)

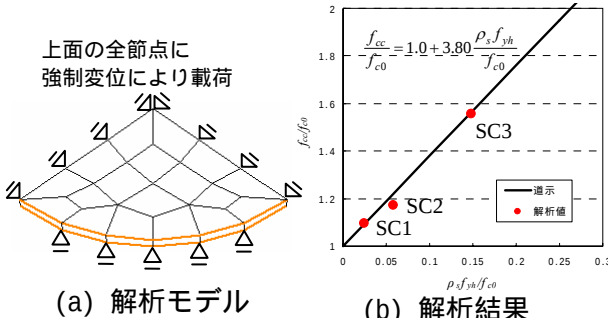


図 - 3 拘束効果と最大圧縮応力との関係

表 - 1 対象供試体

供試体名	供試体寸法	コンクリート	帯鉄筋		
			径(mm)	間隔(cm)	体積比(%)
SC1	φ 200	18.5	SR235 φ 6	15	0.39
SC2	h=600			10	0.58
SC3				5	1.17

表 - 2 材料諸元

単位	コンクリート	主鉄筋	帯鉄筋
弾性係数	GPa	23.5	200
ポアソン比		0.167	0.3
圧縮強度	MPa	21.0	-
引張強度	MPa	1.75	-
降伏強度	MPa	-	300
ひずみ硬化率	%	-	0.1
使用要素	Solid	Truss	Beam
破壊基準	Ottesen	一軸応力-ひずみ	
応力-ひずみ関係	修正Ahmad ²⁾	バイリニア型	

3. 水平力 - 水平変位関係

得られた荷重 - 変位の関係を図 - 5 に示しており, その包絡線を図 - 6 に示す. (a)では

- 象限载荷における x 方向変位に, (b)では

- 象限载荷における y 方向変位に着目する. 図中には比較のため一方向载荷の結果も示す. 最大耐力は一方向载荷の場合にはドリフト

角 1.41%程度で現れており, - 象限载荷においても概ねその傾向となっているが, - 象限载荷においては早期に最大耐力に達した. 三角载荷と矩形载荷における最大耐力は同程度となっているが,

十字载荷における耐力はそれらと比較して低下する結果となった. これは三角载荷と矩形载荷での各サイクル最大耐力は x , y 各方向载荷時に決定するのに対し, 十字载荷は対角方向载荷によっているためである. 次に終局変位について考える. 今, これを最大荷重の 80%耐力まで低下する点で定義する. 一方向载荷ではドリフト角 3.54%までは最大耐力の 80%まで低下することはなく, 終局変位に達していない. - 象限载荷のうち三角载荷はそれ程の低下は見せなかったものの, その他の载荷ではドリフト

角 2.83%で終局変位に達する. - 象限载荷では各载荷ともドリフト角 3.54%で終局変位に達する. 以上より二方向载荷により終局変形性能は低下する可能性があるといえる.

4. 塑性ヒンジ長

図 - 2 の 位置に配置された主鉄筋に着目し, 基部から 1.0D(2500mm)区間でのひずみ分布を図 - 7 に示す. 最大ひずみが生じる高さは三角载荷 > 矩形载荷 > 十字载荷の順であるが, 0.4 ~

0.6D(1000 ~ 1500mm)の範囲が塑性ヒンジ区間にあると考えられる. 本試設計橋脚の場合, 道示において塑性ヒンジ長は 0.5D(1250mm)となっており, 同程度の結果となった.

5. まとめ

得られた結果を以下に示す.

- 1) 終局変位は二方向载荷により低下する可能性がある
- 2) 塑性ヒンジ長は 0.4 ~ 0.6D の範囲にあり, 道示に従って設計した今回の試設計橋脚の塑性ヒンジ長 0.5D とほぼ一致する

参考文献: 1) 星隈順一, 川島一彦, 長屋和宏: 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に用いるコンクリートの応力 - ひずみ関係, 土木学会論文集, No. 520/V-28, pp. 1-11, 1995

2) 長沼一洋: 三軸圧縮下のコンクリートの応力 ~ ひずみ関係, 日本建築学会構造系論文集, No. 474, pp. 163-170, 1995

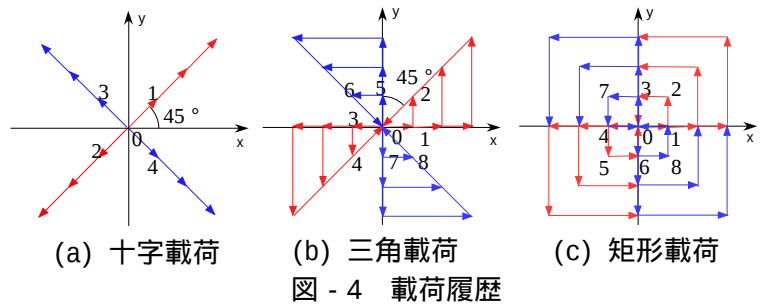


図 - 4 载荷履歴

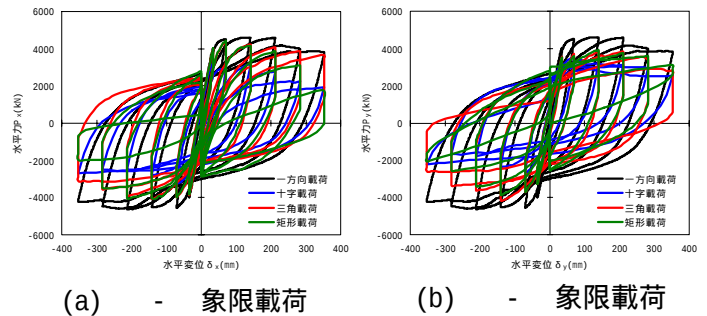


図 - 5 $P - \delta$ 関係

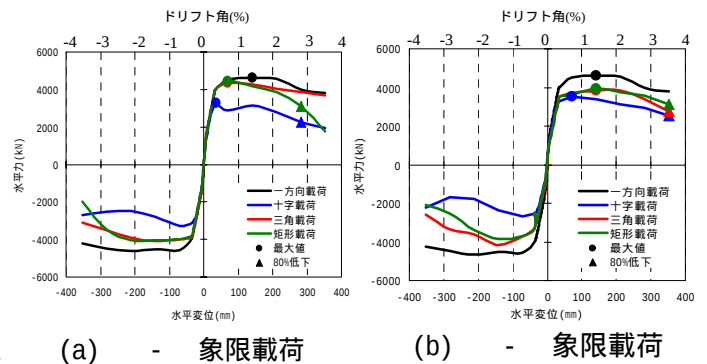


図 - 6 $P - \delta$ 関係 (包絡線)

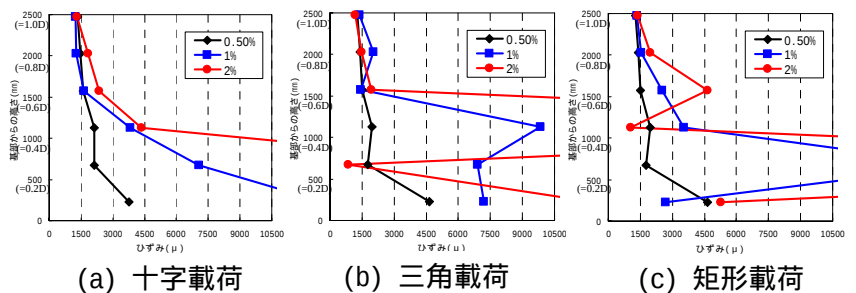


図 - 7 ひずみ分布