

I - B 124

非線形動的解析による鉄筋コンクリート橋脚の耐震安全性の評価

広島工業大学大学院 学生員 ○長谷川 賢路

広島工業大学工学部 正 員 中山 隆弘

広島工業大学大学院 正 員 坂手 道明

広島工業大学専門学校 正 員 岡田 毅

広島工業大学大学院 学生員 井上 陽介

1. はじめに

阪神・淡路大震災以降、鉄筋コンクリート橋脚（RC 橋脚）の耐震安全性を向上させるため、合理的な設計法が検討されている。著者らは既に地震力を慣性力とする簡便法を用いて、主鉄筋、配力鉄筋の強度および鉄筋量と橋脚の耐震性の関係、さらには材料強度と橋脚の耐震性との関係を検討し、主な結論として、配力鉄筋径を大きくすることにより、橋脚の耐震性が向上することを明らかにした。²⁾

本研究では、より正確に地震力を扱うことができる非線形動的解析による RC 橋脚の耐震安全性の評価結果と、簡便法によるそれとを比較・検討することを目的とした。

2. 解析概要

本研究では、前報²⁾ 同様に、実在する鉄筋コンクリート橋脚を参考にして、図1に示すような解析モデルを用いた。その主筋径および帯筋径については表1に示すような組み合わせを考え、さらに材料強度については、表2に示すように、コンクリートの設計基準強度および鉄筋の降伏強度を組み合わせず解析を行った。

簡便法は動的な地震力を静的な慣性力に置換して解析する方法³⁾であり、今回の解析では、橋脚の建設地点の地域区分をB、地盤種別をI種、橋の重要度を1級として慣性力を算定した。一方、非線形動的解析は地震力を直接用いて解析する方法である。今回は簡便法と同一条件となるように、

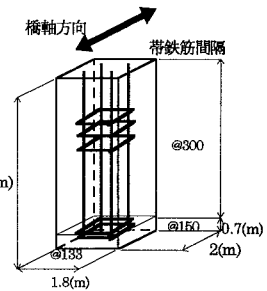


図1 鉄筋コンクリート橋脚モデル

表1 解析ケース（鉄筋径）

(1)主筋径固定、帯筋径変化				(2)主筋径変化、帯筋径固定			
CASE番号	主筋 径 間隔 (mm)	帯筋 径 間隔 (mm)		CASE番号	主筋 径 間隔 (mm)	帯筋 径 間隔 (mm)	
1-1				2-1	D25	133	D25
1-2	D25	133	D19	2-2	D29	133	D25
1-3			D22	2-3	D32		
1-4			D29	2-4	D35		

表2 解析ケース（材料強度）

鉄筋強度変化、コンクリート強度変化					
強度(kgf/cm ²)	A	B	C	D	E
鉄筋	2970	3000	3030	3080	3110
コンクリート	210	240	270	300	350

入力地震波として神戸海洋気象台で観測され、振幅調整されたI種地盤用の地震波を用いた。履歴復元力モデルは武田モデル、直接積分法としてはニューマークのβ法を用い、βの値を1/4とした。

地震力に対する橋脚の安全性は、式(1)に示す安全率 FS_1 、 FS_2 で評価できる。これらは橋脚の形状と配筋状態から決定される地震時保有水平耐力 Pa と、簡便法による地震時慣性力 Pe_1 、あるいは非線形動的解析による水平力 Pe_2 の比で表される。すなわち、これらの安全率 FS_1 、 FS_2 の大きさによって、橋脚の耐震安全性のレベルはある程度評価できる。

3. 解析結果および考察

1) 帯筋径と安全率との関係

両解析法による帯筋径および材料強度と安全率との関係を、それぞれ図3、図4に示す。これらの図より、解析法によらず、帯筋径が大きくなるにつれて安全率は上昇する傾向にあることが確認できる。ただ、簡便法により計算した安全率の方が、非線形動的解析による安全率よりもかなり低い値を示すことが分かる。さらに簡便法を用いた場合、安全率が帯筋径の変化に極めて敏感であることも明らかである。

$$FS_1 = \frac{Pa}{Pe_1} \geq 1.0 \quad FS_2 = \frac{Pa}{Pe_2} \geq 1.0 \quad (1)$$

キーワード：鉄筋コンクリート橋脚 耐震設計法 非線形動的解析 安全率

〒731-5143 広島市佐伯区三宅2丁目1-1 広島工業大学工学部建設工学科 TEL (082) 921-3121 FAX (082) 923-7083

2) 主筋径と安全率との関係

主筋径と安全率との関係については、解析法によらず、主筋径が大きくなるにつれて安全率が低下する結果が得られた。また、主筋径が安全率に及ぼす影響は、前述した帯筋径の場合と同様である。

3) 材料強度と安全率との関係

材料強度と安全率との関係も、解析法によらず、材料強度が高くなるにつれて安全率が低下することが確認できた。また、この場合にも、材料強度と安全率との関係については、1)および2)と同様の結果が得られた。

4) 考察—両解析法と安全率との関係—

図3と図4を比較すれば、簡便法と非線形動的解析により算出した安全率と、鉄筋径および材料強度との関係に同様の傾向が見られることが分かる。しかし、値や感度についてはかなりの差異が認められる。これは簡便法による地震時慣性力 Pe_1 の算出法と、非線形動的解析による水平力 Pe_2 の算出法の違いにあると考えられる（図5参照）。すなわち、式(3)に示す Pe_1 の計算式では、式(5)で算出される橋脚の変形性能を表す許容塑性率 μ を計算する過程で、降伏状態と終局状態の不確定性に関する安全係数 $\alpha = 1.5$ が導入されている。この安全係数の導入により、許容塑性率 μ が計算上の値よりは小さく評価され、その結果地震時慣性力 Pe_1 はかなり安全側に評価される。一方、式(6)で示すように、非線形動的解析による水平力 Pe_2 の算出では、安全係数を考慮していない地震力によって、水平力 Pe_2 が算出される。このことが両解析法による安全率の値に大きな差を与えているものと考えられる。

なお、地震時保有水平耐力 Pa の算出においても、地震時慣性力 Pe_1 の算出時と同様、安全係数 $\alpha = 1.5$ が導入されている。すなわち、簡便法では耐力と外力の両方に安全係数を考慮して安全性の照査が行われる。それに対して今回の非線形動的解析では、耐力にのみ安全係数を考慮して安全率が計算されている。安全率を用いたこれらの安全性の照査法については、構造信頼性工学的視点よりさらなる検討が必要であると考えている。

4. まとめ

本研究では、非線形動的解析によって、地震時の鉄筋コンクリート橋脚の挙動を解析し、簡便法による解析結果との比較・検討を行った。今後は主として安全係数や安全性評価法に対する問題について、より検討を進めたい。

なお、本研究は文部省私立大学ハイテク・リサーチ・センター整備事業の一環として実施されたものであり、関係各位に本紙面を借りてお礼申し上げます。

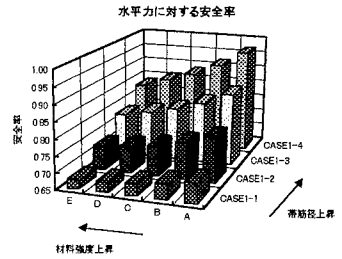


図3 安全率の変化（簡便法）

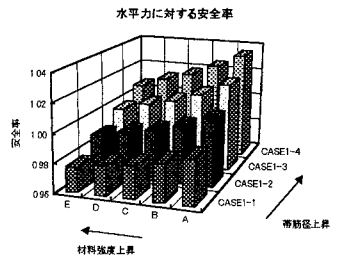


図4 安全率の変化（非線形動的解析）

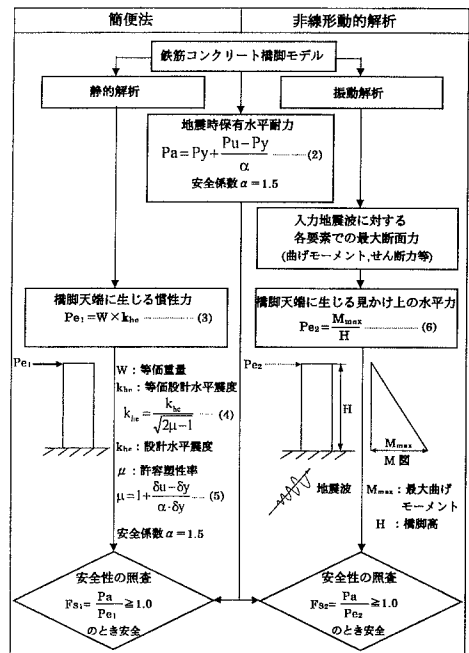


図5 安全性照査の流れ

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，1996年12月。
- 2) 井上陽介，中山隆弘，坂手道明：鉄筋コンクリート橋脚の合理的耐震設計に関する基礎的研究，平成9年度土木学会年次学術講演会講演概要集，1997年9月、I-B136
- 3) 日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係仕様」の準用に関する参考資料(案)，1995年6月。