

東北大学 学生員 ○ 香取匡貴

同 同 小出英夫

同 正 員 尾坂芳夫

1. はじめに

現行設計法でつくられたコンクリート構造物の安全性を、定量的に評価しておくことは、限界状態設計法の確立のために極めて有意義なことである。本研究では、地震荷重をうける道路橋の橋脚断面を対象に、曲げ破壊をおこす確率を水準型の検証方法で求めることにより、現行設計法の有する破壊に対する安全性を確率論的に評価することを目的とする。その際、外力としては地震による慣性力と活荷重を考へ、道路橋のスパン・橋脚高・橋脚の幅が破壊確率に及ぼす影響を調べ、さらに、部材にじん性が付与された場合についても考察する。

2. 解析対象構造物

解析対象構造物は、表1のように建設省制定土木構造物標準設計¹⁾の道路橋橋脚24種とした。

3. 入力データ

(a) 荷重 構造物の耐用年数は50年とし、地震の影響は図1のように構造物に慣性力として作用させる。その時、地震荷重 $S(t)$ は、(1)式で表せる。

$$S(t) = (D(t) + L(t)) \frac{Q(t)}{980} \quad (1)$$

$S(t)$: 地震荷重, $D(t)$: 死荷重(上部工+下部工), $L(t)$: 活荷重

$Q(t)$: 地震の最大加速度

$D(t)$, $L(t)$, $Q(t)$ は図2のように、その発生間隔・間隔の変化は時間によつて変わるものとし、その大きさもある分布をもつものとする。地震の発生、死荷重・活荷重の間隔の変化は単純ポアソン過程とし、平均の変化回数を地震は、仙台における最近100年間のデータより6.10/年とした。死荷重は舗装・防護欄等の変化より4年、活荷重は日単位の変動を考へて1%/とした。地震の最大加速度の分布関数は、Gutenberg-richterの式と減衰則から考えられる式 $\eta(G) = A G^{-B}$ $G \geq G_0 = 5 \text{ gal}$ (η : 度数, G : 地震の最大加速度, A, B : 定数) より、(2)式を導いた。

$$F(G) = \frac{G^{1-b} - 20^{1-b}}{860^{1-b} - 20^{1-b}} \quad b = 2.9307 \quad (2)$$

ここで、加速度の範囲は仙台での最近100年のデータより20 gal以上、そして岡本氏による震央直上における加速度とマグニチュードの関係と、マグニチュードの上限値8.6より最大値も860 galとした。死荷重は正規分布とし平均値は解析対象構造物の死荷重をそのまま平均値とし、変動係数はばらつきが小さいことを考へて5%とした。活荷重は、極値I型最大値分布³⁾とし、土研資料⁴⁾設計活荷重に関する研究⁴⁾を用い、通常走行時に対するデータを用いて、スパンごとに平均値と変動係数を決定した。また、上限値を設定しその値には完全装滞時のデータを使つた。(表2)

(b) 耐力 Whitney の理論より曲げ耐力算定式も導いた。その時関与する確率変数としては、コンクリート圧縮強度・鉄筋降伏点

表1 解析対象構造物

橋脚の種類	陸上張出し式橋脚
柱断面形状	矩 形
上部工形式	PC (ポストテン) 橋
スパン L (m)	20, 30, 40
橋脚高 H (m)	9, 12, 13, 15
橋脚の幅 B (m)	9.2, 12.0, 14.8
橋脚断面の幅 b (m)	3.0 ~ 8.0
橋脚断面の高さ h (m)	1.5 ~ 1.9
引張鉄筋 α (%)	0.34 ~ 1.12

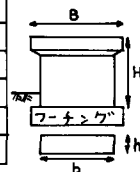


図1

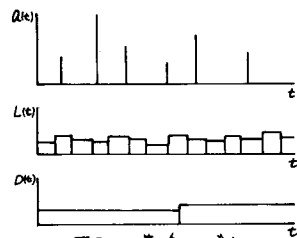


表2 活荷重データ

スパン(m)	平均値(t)	上限値(t)	変動係数(%)
20	36.1	82.0	20
30	39.1	100.0	
40	40.6	118.0	

$F(G)$: 地震の最大加速度の確率分布関数

表3 耐力データ

	分布関数	平均値	変動係数
コンクリート圧縮強度	正規分布	210 kg/cm ²	15 %
		3900 kg/cm ²	10 %
鉄筋降伏点強度			
軸力			
死荷重・活荷重			5 %

強度・軸力であるが、そのデータを表裏に示した。こゝで軸力については前記のデータよりその値を決定した。

4. 破壊確率の計算

破壊確率 P_f は、(3)式で表される数値積分によつて求める。

$$P_f = \int_0^{\infty} f_s(x) \cdot F_R(x) dx \quad (3)$$

$f_s(x)$: 荷重の確率密度関数, $F_R(x)$: 耐力の確率分布関数

こゝに必要な耐力と荷重の確率分布は、シミュレーションによつて求める。

5. 分布関数へのあてはめ

以上のデータを用い、シミュレーションによつて耐力と荷重の2つの分布を求めた結果、耐力については正規分布で近似できた。地震荷重については、50年最大値分布を求めるために、図3の二重指数確率紙を用いて検討した結果、平均値より大きい方でよくあう極値型最大値分布で近似した。プロットした点はシミュレーションによる点で、グラフ中の線は近似による線である。

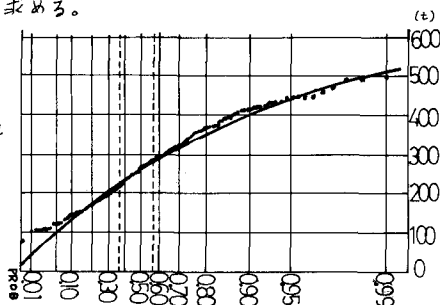


図3 分布関数の推定

図4に、シミュレーションによる結果をヒストグラムにして表し、あわせて近似による分布関数を荷重と耐力それぞれについて表した。

6. 結果と考察

図5は、橋脚の高さを横軸にとり橋脚の幅が、12m, 14.8mのときの破壊確率の変化を見たものである。この図より、耐用年数50年の破壊確率は、スパン・橋脚高・橋脚の幅とはあまり関係せず、 $P_f = 0.6 \sim 0.7$ の範囲でばらついていることがわかる。

次に、部材にじん性がある場合の破壊確率の変化を求める。じん性がある場合、そのみぎけの耐力 R' は、(4)式で表せる。

$$R' = R \sqrt{2\mu - 1} \quad (4)$$

R : 耐力, μ : 塑性率

図6は、横軸に塑性率をと、たときの破壊確率の変化を表したものである。これより、部材にじん性がある場合、その塑性率によつて破壊確率は大きく減少し、しかもばらつきが大きくなつていくことがわかる。

7. まとめ

以上より次のことが言える。現行設計の道路橋橋脚は、軸力と曲げによる断面力に対してスパン等の変動には破壊確率はほぼ一樣だが、じん性があると破壊確率はかなりのオーダーで小さくなり、そのばらつきが大きくなる。

【参考文献】

1) 「建設省制定土木構造物標準設計第6~12巻(橋台・橋脚)

の手引き」建設省土木研究所編 2) 岡本繁三: 「日本列島大地震図譜」オーム社 昭和43年

「シミュレーションに基づく道路橋設計法荷重の評価」土木学会論文報告集第286号 1977年6月

重に関する研究—交通荷重の実際と橋梁設計への適用— 昭和46年11月

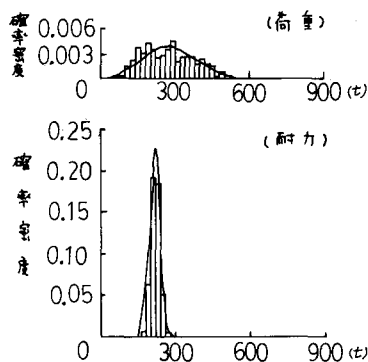


図4 ヒストグラムと分布関数

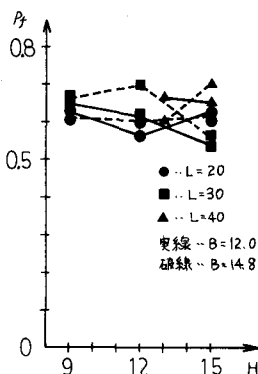


図5 橋脚高と破壊確率の関係

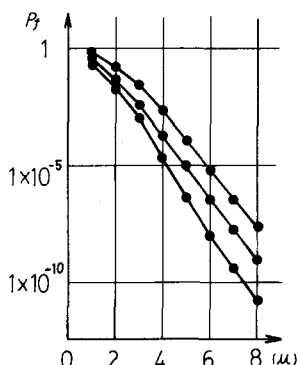


図6 塑性率と破壊確率の関係

3) 藤野陽三, 伊藤孝, 遠藤元一;

4) 土研資料 第701号 「設計法荷