

I-5 荷重の組合せに関する一考察

東北大学 学生員 ○石田雅博
東北大学 学生員 工藤光弘
東北大学 正 員 鈴木基行

1. はじめに

一般に現行示方書で記述されている設計用荷重の組合せは、永久荷重と変動荷重に、1つの偶発荷重を加えたものであり、同時に2つ以上の偶発荷重が考慮されることはほとんどない。しかしながら複数の偶発荷重の組合せについても、各荷重の統計的特性さらには耐用期間内における同時発生確率を求めることにより、設計上考慮すべき組合せであるかどうかを判断する必要がある。そこで本研究では、典型的な偶発荷重である地震荷重と風荷重とを対象として、発生頻度、継続時間および荷重強度等の各荷重の特性を統計的に検討し、さらにそれらを基にシミュレーションを実行することにより、両荷重の同時発生確率について検討を行うことを目的とする。なお、シミュレーションにおいては対象地域を仙台とした。

2. シミュレーションによる解析

構造物の耐用年数を50年とし、その期間内における同時発生回数を求めるにあたっては、各荷重を発生頻度、継続時間の2個の確率変数でモデル化した。確率変数のパラメータは以下のように決定した。

(1) 地震荷重の発生頻度：平均して τ 年（=10, 20, 30, 40, 50）に1回発生するような地震を想定した。それに対応する地震の規模は、工藤¹⁾による震源域内のひずみエネルギー蓄積状態を考慮した地震危険度解析を用いて、マグニチュードの τ 年最大値分布を推定した。

(2) 地震荷重の継続時間：地震動の継続時間については、マグニチュードの τ 年最大値分布の期待値と総合技術開発プロジェクト²⁾において求められた(1)式を用いて、各発生頻度 τ 年に対応する継続時間のサンプルデータを得た。評価地点は仙台における地震観測所の設置位置とした。

$$T_d = 0.0208 \cdot 10^{0.274M} \cdot \Delta^{0.394} \quad \dots \dots (1)$$

T_d ：継続時間(sec) M ：マグニチュード Δ ：震央距離(km)

図-1は、 $\tau=50$ 年の地震に対して得られた継続時間のデータの相対度数を示したものであり、継続時間の分布形は対数正規分布とした。

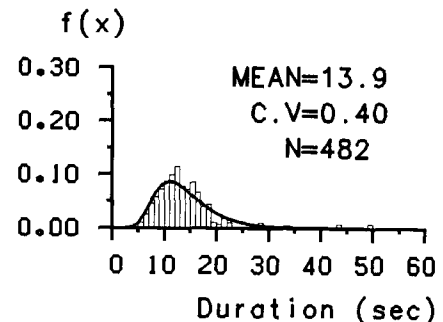


図-1 地震の継続時間の相対度数

(3) 風荷重の発生頻度：年最大10分間平均風速を構成する要因として、台風、冬季間の季節風および春風等が挙げられる。一般に、台風は上陸すると構造物に被害を与える可能性が極めて大きく、また他の要因による強風よりも継続時間が短いとされている³⁾。したがって、台風は他の要因による強風と区別して解析を行う事が妥当であると思われる。そこで、本解析では風荷重を台風と台風以外の強風とに分類し、1940年から1989年までの気象庁の年最大10分間平均風速の記録⁴⁾を基にして、仙台における台風の発生頻度を平均して8回/50年とした。また、他の要因による強風の発生頻度は42回/50年とした。

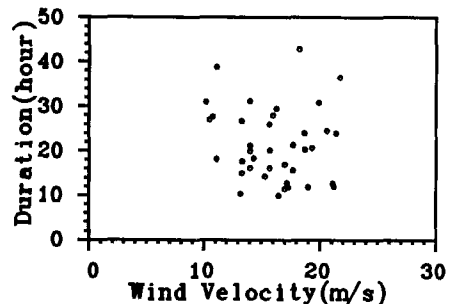


図-2 年最大平均風速と継続時間の関係

(4) 風荷重の継続時間：継続時間の算定にあたり、仙台

管区気象台の風速の自記紙を利用した。自記紙の時間軸上を10分間毎に区切り、各10分間の最大風速をその間の代表風速として解析に使用した。風荷重の継続時間を評価する際には、年最大平均風速を示した時点の最大代表風速に対して、その前後に自己相関係数を求めた。前後の自己相関係数が0に低下した段階で、強風が発生し収束したと判断し、自己相関係数が前後それぞれ0に低下するまでの時間を合計して、継続時間とした。図-2は仙台における1939年から1981年までの年最大10分間平均風速と継続時間との関係を示したもので、相関係数は-0.113であり両者の間には相関性を有していないことが分かる。また、図-3は仙台における年最大10分間平均風速の継続時間の度数分布である。分布形は完全に対数正規分布にあてはまるものではないが、継続時間は非負であることも考え併せて対数正規分布とした。以上、シミュレーションに用いるパラメータをまとめて表-1に示す。ただし、パラメータの推定には最尤法を用いた。

3. 解析結果および考察

本研究では、地震荷重と風荷重について荷重強度に対応した発生頻度および継続時間を定め、同時発生回数を求めた。各組合せについて1万回のシミュレーションを行った結果を表-2に示す。何れの組合せについても同時発生する回数は極めて小さく、現行示方書の妥当性を反映する結果が得られた。また、同表にはWenの提案した平均同時発生回数の算定式⁵⁾によって求めた回数も示したが、比較的精度良く近似できることが判明した。

4. むすび

本研究では、地域を仙台に限定して地震荷重と風荷重とに関する同時発生確率についてシミュレーションにより検討を行った。今後、他の地域についても同様の検討を行うつもりである。謝辞：風速自記紙の収集にあたっては、仙台管区気象台観測課の方々にお世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 工藤光弘, 鈴木基行, 尾坂芳夫: 統計確率論的手法による地震危険度解析, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集, I-504, 1990.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 丸善, pp.104-125, 1980.
- 3) 岡内功, 伊藤学, 宮田利雄: 耐風構造, 丸善, pp.21-30, 1977.
- 4) 気象庁: 気象庁年報 全国気象表, 1940-1989.
- 5) Yi-Kwei Wen: Statistical combination of extreme loads, ASCE, ST5, pp.1079-1093, 1977.

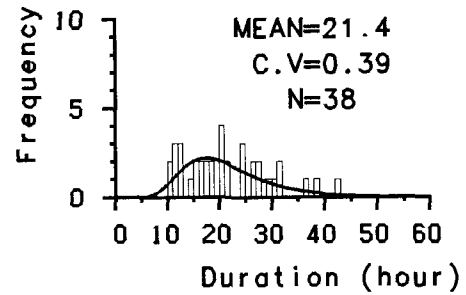


図-3 年最大10分間平均風速の継続時間に関する度数分布

表-1 発生頻度と継続時間に関するパラメータ

荷重 種類	発生頻度		継続時間		
	TYPE	μ	TYPE	μ	C.V
地震荷重	ボアソン到着	1回/10年	対数正規分布	11.1(sec)	0.39
		1回/20年		12.0(sec)	0.40
		1回/30年		12.9(sec)	0.40
		1回/40年		13.4(sec)	0.40
		1回/50年		13.9(sec)	0.40
台風	到着	8回/50年		17.8(hour)	0.14
台風以外		42回/50年		22.0(hour)	0.40

表-2 耐用期間中における平均同時発生回数(シミュレーション1万回)

荷重 種類	地震荷重					
	発生頻度	1回/10年	1回/20年	1回/30年	1回/40年	1回/50年
台風	シミュレーション	0.0022	0.0003	0.0005	0.0005	0.0005
	Wenの式	0.0016	0.0008	0.0005	0.0004	0.0003
台風以外	シミュレーション	0.0125	0.0066	0.0033	0.0031	0.0020
	Wenの式	0.0105	0.0053	0.0035	0.0026	0.0021