

コンクリート床版の押抜きせん断強度に関する部材係数

(株)ピー・エス 正会員 ○藤岡 靖
 山口大学工学部 正会員 松尾栄治
 山口大学工学部 正会員 浜田純夫

1. はじめに

コンクリート標準示方書は終局限界状態設計法に基づいており、面部材の押抜きせん断強度式で用いられる部材安全係数は 1.3 とされているが、この値は経験によるものであり理論的根拠に乏しい。一方、性能照査設計法の導入により設計の自由度が増せば、各構造形式に適した強度算定式が用いられる可能性もあり、安全係数の再検討は必要不可欠である。本研究では部材安全係数の根拠を確率統計的に求めることを目的に、種々の提案式に対して確率分布関数を適用し、その妥当性について論じた。

表-1 実験供試体の詳細一覧

供試体 NO.	実験者	辺長 (cm)	床版厚 (cm)	スパン (cm)	有効厚 (cm)	圧縮強度 (N/mm ²)	辺長 (cm)		載荷周長 u (cm)	鉄筋比 ρ (%)	実験値 (kN)
							a	b			
1	浜田	100×100	13.0	80×80	10.5	31	10	10	40	0.54	194.0
2		100×100	13.0	80×80	10.5	29.4	10	10	40	0.61	220.5
3		100×100	13.0	80×80	10.5	33.3	10	10	40	0.68	240.1
4		100×100	10.0	80×80	7.5	33.2	10	10	40	0.76	144.1
5		100×100	10.0	80×80	7.5	32.5	10	10	40	0.86	156.8
6		100×100	10.0	80×80	7.5	32.7	10	10	40	0.95	154.8
7		100×100	10.0	80×80	7.5	36.6	10	10	40	1.35	171.5
8		100×100	10.0	80×80	7.5	35.5	10	10	40	1.69	200.9
9		100×100	13.5	80×80	9.9	38.5	10	10	40	1.01	240.1
10		140×140	13.0	120×120	10.5	50.7	10	10	40	0.44	148.0
11		140×140	13.0	120×120	10.5	50.7	10	10	40	0.44	151.9
12		140×140	13.0	120×120	10.5	50.7	10	10	40	0.68	222.5
13		140×140	13.0	120×120	10.5	50.7	10	10	40	0.68	224.4
14		160×160	15.0	150×150	12.0	58	20	20	80	3.37	669.3
15		160×160	15.0	150×150	12.0	59.9	20	20	80	3.37	625.2
16		160×160	15.0	150×150	12.0	49.4	30	30	120	2.11	656.6
17		160×160	15.0	150×150	12.0	47.3	30	30	120	2.11	699.7
18		160×160	15.0	150×150	12.0	20.4	10	10	40	0.99	235.2
19		160×160	15.0	150×150	12.0	20.4	10	10	40	0.99	241.1
20		120×140	10.0	100×100	7.5	21.7	10	10	40	0.88	160.7
21		120×140	10.0	100×100	7.5	34.6	10	10	40	0.88	163.7
22	角田ら	65×65	10.0	50×50	7.2	15.1	5	5	20	0.466	115.4
68		220×220	20.0	200×200	17.0	51.9	30	30	120	3.372	735.0
69	松井ら	80×310	7.1	/	5.8	23.8	15	4.5	39	0.628	100.0
86		235×660	22.0	/	18.1	46.8	60	30	180	1.116	989.8

2. 耐力算定式と確率分布関数

本研究で対象とした RC 床版の押抜きせん断強度算定式は、土木学会コンクリート標準示方書[1]、ACI 式[2]、角田式[3]、松井式[4]、松井修正式[5]である。角田式はコンクリート圧縮強度の平方根と床版耐力がほぼ比例するという考えから成り立っており、土木学会式は角田式に基づいている。松井式は押抜き部分の角度を実験により決定し、それに応じた破壊直前の応力分布を仮定することで算定されており、修正松井式は筆者らにより応力分布範囲などを変更したものである。ACI 式はこれらのうち最も簡単に表記されているという特徴を有する。各式の詳細については参考文献を参照されたい。

算定式の評価においては実験データが多いほど判定の信頼性が大きくなる。ここでは角田らの 47 体、松井らの 18 体および本学の 21 体、合計 86 体の床版データを対象とした。このデータをもとに先述の算定式により得られた計算値に対する実験値の比を確率変数とし、この値が各確率密度分布関数に従うと仮定して求めた破壊確率から部材安全係数を算出した。ここで用いた確率密度分布関数としては、最も代表的であり平均値周辺での信頼性が高い正規分布関数、平均値から離れた範囲での適合性がよいといわれる Weibull 分布関数および指数分布関数とした。ここでは正規分布関数を中心に論じる。

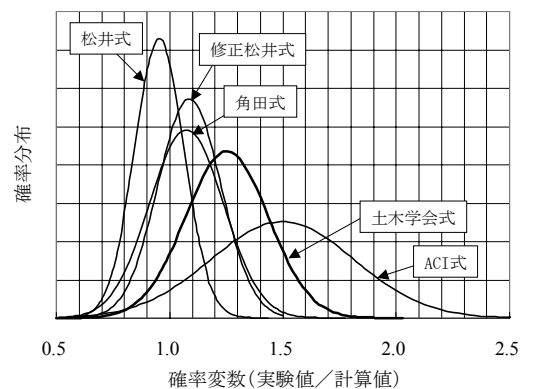


図-1 各算定式による計算結果の正規分布

3. 確率分布関数に対する評価

図-1 に破壊確率の正規分布状況を、図-2 に累積破壊確率の計算結果例を示す。また、表-2 に各算定式の平均値およびばらつきを示す。これらによれば松井式は最も標準偏差が小さく、実験値に近い。また、ACI 式が最も

キーワード：RC 床版，押抜きせん断強度，部材係数，破壊確率，確率分布関数

連絡先（〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9349 FAX 0836-85-9301）

安全側の値を示す結果となった。示方書式は角田式を簡略したものであるため、その分ばらつきは大きくなる。しかし、コンクリート強度そのものが 15%程度の変動係数を示すことを考慮すれば、18%の変動係数は小さいばらつきと判断できる。ACI式は平均値が 1.5 と大きいものの、21%の変動係数にとどまっている。現行の部材係数 1.3 を破壊確率に相当させると、算定式により当然異なり、0.4%（示方書式）から 4.5%（松井式）の範囲になった。

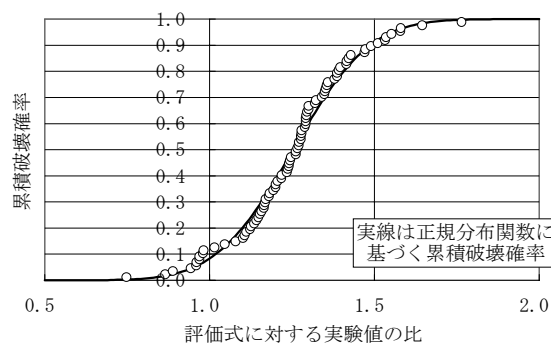


図-2 正規分布関数による計算結果の例 (土木学会式の場合)

4. 各算定式に対する部材係数

表-3 に各破壊確率に対する部材係数を示す。これらは各算定式においてそれぞれの分布関数を適合させた。Weibull 分布関数において係数を求める際には、全データ数 86 個を 3 分割してそれぞれの平均値を代

表-2 各算定式による平均値とばらつき

土木学会式		ACI式		角田式		松井式		修正松井式	
計算値	実/計	計算値	実/計	計算値	実/計	計算値	実/計	計算値	実/計
平均値	1.253	平均値	1.498	平均値	1.074	平均値	0.954	平均値	1.087
標準偏差	0.183	標準偏差	0.317	標準偏差	0.162	標準偏差	0.109	標準偏差	0.139
変動係数	0.146	変動係数	0.211	変動係数	0.151	変動係数	0.115	変動係数	0.128

表点として分割和法を用いた。指数関数においては関数形の単調減少という特徴から危険側半数のデータのみに適応して係数を求めた。いずれの分布関数も破壊確率 50%の部材係数はほとんど同じ値を示している。しかしながら、破壊確率が小さいと関数の間に差が生じる算定式もある。正規分布関数に着目すると、土木学会式および ACI 式は安全側にあり、土木学会式はばらつきが小さい分、ACI 式より実験値に近い。一方、破壊確率が 1%程度になると両式はほぼ同じ値の部材係数を用いる必要がある。

表-3 各算定式における破壊確率と各関数に従って求めた部材係数の関係

破壊確率	JSCE			ACI			角田式			松井式			修正松井式		
	正規分布	Weibull 分布	指数分布	正規分布	Weibull 分布	指数分布	正規分布	Weibull 分布	指数分布	正規分布	Weibull 分布	指数分布	正規分布	Weibull 分布	指数分布
50%	0.798	0.796	0.779	0.668	0.668	0.636	0.931	0.943	0.942	1.048	1.042	1.022	0.920	0.927	0.912
5%	1.052	1.086	1.088	1.026	1.063	1.066	1.240	1.188	1.220	1.292	1.359	1.347	1.166	1.158	1.192
1%	1.209	1.247	1.304	1.317	1.313	1.366	1.436	1.251	1.414	1.429	1.569	1.575	1.310	1.231	1.389
0.1%	1.454	1.427	1.612	1.929	1.609	1.795	1.744	1.287	1.692	1.620	1.861	1.900	1.521	1.279	1.669

5. 結論

- (1)破壊確率を 1%程度に考えるならば、コンクリート標準示方書における部材係数は 1.3 と考えてよい。
- (2)確率分布関数として、正規分布関数は比較的小さい値に対してもデータとよく一致しており、破壊確率が 1%程度 の議論においてはこの関数を用いても差し支えないと判断できる。

【参考文献】

- [1] 平成 8 年度版コンクリート標準示方書設計編, p.100, 土木学会
- [2] ACI Committee 318 : Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83), ACI, 1983.
- [3] 角田与史雄, 井藤昭夫, 藤田嘉夫 : 鉄筋コンクリートスラブの押抜きせん断耐力に関する実験的研究, 土木学会論文報告集第 229 号, pp.105-115, 1974.9.
- [4] 前田幸雄, 松井繁之 : 鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力の評価式, 土木学会論文集第 348 号/V-1, pp.133-141, 1984.8.
- [5] S. Hamada and E. Matsuo : A Study on the Evaluation for the Punching Shear Strength of PC Slabs, Int'l Workshop on Punching Shear Capacity on RC Slabs-Proceedings, pp.449-456, Stockholm, 2000.