

RC 床版の押抜きせん断強度算定式に関する部材安全係数

山口大学大学院 学生員 ○楊 秋寧
山口大学工学部 正会員 松尾栄治
(株)ピー・エス 正会員 藤岡 靖
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構造性能照査編では、面部材の押抜きせん断強度の設計式中の部材係数を 1.3 としているが、この値の論理的な根拠は示されていない。部材係数は設計算定式が異なれば必然的に異なった値になる。筆者らは部材安全係数の根拠を確率統計的に求めるために、各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てきた[1]。その際に対象とした床版供試体のデータ数は国内の 86 体であった。本研究ではさらに算定式および床版データを国内外から収集・追加し[2]、その安全係数の変化について考察を行った。

2. 算定式と床版データおよび確率分布関数

RC 床版の押抜きせん断耐力算定式は、現在までに多くの研究者により提案されている。本研究では、表-1 に示す 12 種類の算定式に対して、表-2 に示す総計 297 体の床版実験データを照合した。すなわち計算値に対する実験値の比を確率変数として、3 種類の確率密度分布関数を用いて求めた破壊確率から部材安全係数を算出した。ここでは正規分布関数の結果を中心に論じる。

3. 正規分布関数による結果

表-3 に各算定式による確率変数の平均値およびばらつきを示す。また、図-1 ~2 に、平均値と標準偏差から求めた正規分布を示す。平均値が 1 に近いほど算定式の適合性がよく、標準偏差が小さいほど精度がよいと判断できる。

表-1 対象とした算定式一覧

算定式	時期
Moe の提案式	1961
Yitzhaki の提案式	1966
角田らの提案式	1974
※ACI	1983
松井らの提案式	1984
※BS8110-85	1985
※CEB-FIP 1990	1990
※日本建築学会	1991
※Eurocode2	1992
Gardner の提案式	1996
(筆者らによる) 松井修正式	1996
※土木学会式	2002
※=各国の示方書	

表-2 床版供試体の一覧

No	実験者	圧縮強度 (N/mm ²)	床版厚 (mm)	スパン (mm)	有効厚 (mm)	鉄筋比 p	載荷周長 (mm)	実験値 (kN)
1	浜田	20.4	100	80	75	0.004	400	144.1
21		60.0	150	150	120	0.034	1200	699.7
22	角田	15.1	100	50	72	0.005	200	115.4
68		51.9	200	200	170	0.033	1200	735.0
69	松井	23.8	71		58	0.006	390	100.0
86		46.8	220		181	0.012	1800	989.8
87	Graf	15.6		150	271	0.006	1200	1162.1
88		15.7			473	0.011	1200	1664.2
89	Elstner	12.7	152	183	114	0.012	1016	301.8
113		50.5			118	0.070	1424	546.8
114	Scordelis	19.4		183	108	0.025	1320	466.5
115		27.9						484.1
116	Moe	20.5	152	183	114	0.010	608	311.6
128		35.2				0.015	1220	432.2
129	Yitzhaki	12.3		φ116	78	0.005	422	98.0
143		28.7		φ171	109	0.020	1180	306.7
144	Gardner	13.2	102	φ38.1	73	0.007	360	107.4
162		52.1	152	φ68.6	123	0.050	720	356.6
163	Mowere	15.5	76		51	0.011	406	79.2
181		53.8				0.022	1626	184.6
182	Bazant	47.9	102	φ40.64	78	0.026	360	228.9
184		52.1				0.040		309.6
185	Menetrey	16.1	120		105	0.002	425	107.0
197		40.6	450		397	0.020	1595	1370.0
198	Kinnunen	23.9	150	151.5	100	0.004	177	183.0
222		31.9	240		201	0.023	1064	558.0
223	Pralong	31.6	180		162	0.007	1063	366.0
224	Regan	31.4		150	118	0.008	192	170.0
233		43.6			275	0.010	888	825.0
234	Van	29.0	150		114	0.015	886	375.0
236		36.5					2552	592.0
237	Corley	18.7	146		111	0.015	812	243.8
241		25.5					1016	334.0
242	Marzouk	30.0	90	150	70	0.005	600	178.0
258		80.0	150		125	0.024	1200	560.0
259	秋山	21.7		90	40	0.003	392	62.7
282		24.6			95	0.030	3480	981.5
283	梅原	36.8	120		85	0.008	1200	202.9
287		40.1	150		115	0.002		402.8
288	東山	34.3	60		44	0.013	280	98.7
290		43.4	65		47		460	104.3
291	末弘	51.2	150		120	0.006		267.5
293		52.3	200		162	0.018	354	563.5
294	永井	19.6	150		120	0.010	1012	362.6
295								392.0
296	Yamada	21.6	200	200	163	0.006	1200	441.0
297		26.0				0.015		658.0

Yitzhaki 式、角田の式、BS 式、CEB-FIP 式、Gardner 式は極めて適合性がよい。また、角田の式、CEB-FIP 式、建

築学会式、松井式などが他式と比較して精度がよい。また、EC2 式や ACI 式はかなり安全側を示すことがわかった。

4. 破壊確率と部材係数の関係

表-4 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 3 種類の分布関数を適合させた。正規分布関数における算出結果は、破壊確率 5% では 1.24 となる。RC 床版は脆性破壊を示すため破壊確率は 1% 程度で論ずる必要があると考えられる。

土木学会式において破壊確率 1% で約 1.49 という値が得られた。一方、コンクリート標準示方書ではコンクリート設計強度を規格値に示し、1.3 の材料係数を用いている。算定式中においてそのコンクリート強度の平方根を用いるため、この材料強度に関する安全係数は約 1.14 となる。この材料係数と部材係数 1.3 を含めれば式全体が考慮する安全係数は約 1.49 となり、本研究で得られた値とほぼ等しい。従って、現行示方書で用いられている部材係数 1.3 は破壊確率 1% に相当すると考えられる。データ数が 86 個のとき[1]と比較すると、いずれの関数を用いても、またいずれの破壊確率においても、部材安全係数が大きくなった。これは、海外の実験データを多数追加したことにより、載荷方法や載荷板形状の違いが影響したものと考えられる。

表-4 算出した部材係数の一例

破壊 確率	JSCE			ACI			角田			松井			修正松井		
	正規	Weibull	指数	正規	Weibull	指数	正規	Weibull	指数	正規	Weibull	指数	正規	Weibull	指数
50%	0.88	0.86	0.89	0.70	0.70	0.68	1.03	1.02	1.05	1.26	1.19	1.29	1.09	1.06	1.11
5%	1.24	1.25	1.25	1.17	1.22	1.19	1.43	1.46	1.44	1.79	1.79	1.79	1.61	1.65	1.62
1%	1.49	1.39	1.50	1.61	1.62	1.55	1.71	1.67	1.71	2.16	1.92	2.14	2.01	1.89	1.97
0.1%	1.93	1.48	1.86	2.81	2.20	2.07	2.18	1.84	2.09	2.82	1.97	2.65	2.77	2.07	2.48

5. 結論

- (1) 現行示方書における部材安全係数は、「材料係数を 1.3、破壊確率を 1% 程度」とするならば 1.3 で妥当である。
- (2) 正規分布関数は破壊確率の小さい部分に対しても比較的高精度を示しており、破壊確率 1% 程度の問題を扱う場合はこの関数を用いて照査してよいと判断できる。

【参考文献】

- [1] 浜田純夫、松尾栄治、藤岡 靖：実験結果に基づく RC 床版の押抜きせん断強度算定式の安全係数、土木学会論文誌 No.676/V-51, pp.51-63, 2001.5
- [2] 例えば、International Workshop on Punching Shear Capacity of RC slabs - Proceedings, 2000.6

表-3 各算定式における「実験値/計算値」の平均値とばらつき

提案式	Moe	Yitzhaki	角田	ACI	松井	BS	CEB	建築	EC2	Gardner	JSCE	山大
平均値	1.27	1.08	0.98	1.42	0.85	1.05	0.97	0.42	2.12	1.00	1.17	0.97
標準偏差	0.33	0.26	0.19	0.36	0.20	0.21	0.19	0.13	0.54	0.21	0.25	0.26
変動係数	0.26	0.24	0.19	0.25	0.24	0.20	0.20	0.32	0.25	0.21	0.21	0.27

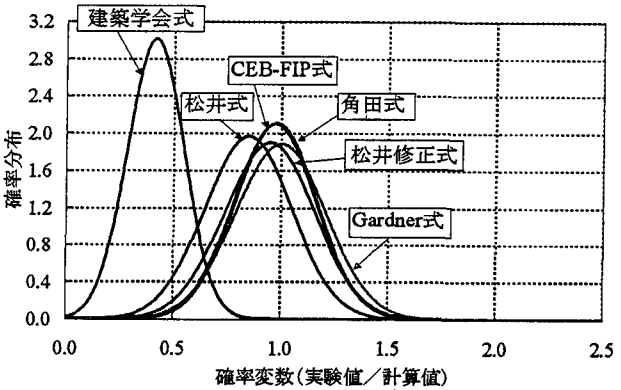


図-1 各算定式による計算結果の正規分布(その 1)

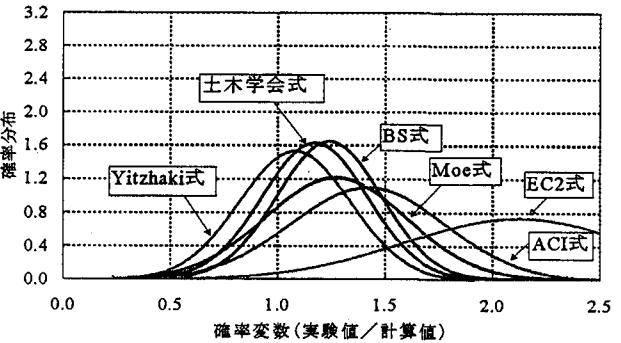


図-2 各算定式による計算結果の正規分布(その 2)