

## RC 床版の実験データに基づく安全係数 Safety Factor Based on Failure Probability of RC Slabs

毛 明傑\* 浜田純夫\*\* 河野博幸\*\*\* 福島邦治\*\*\*\*  
Mingjie MAO Sumio HAMADA Hiroyuki KAWANO Kuniharu HUKUSHIMA

\*工修 山口大学大学院設計工学専攻 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1)  
\*\*工博 Ph.D. 山口大学教授 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1)  
\*\*\* 山口小野田レミコン株式会社 (〒756-0815 山口県小野田市高栄 3-7-1)  
\*\*\*\* 株式会社日本ピーエス 設計部 (〒812-0025 福岡県福岡市博多区店屋町 1-31)

Several studies related to punching shear strength have been carried out in the country and other countries. These researchers proposed equations of punching strength based on only own test data. That is, the data for the specimen size, loading plates and other parameters were limited. Specifications and codes have been also based on these research..

In the present study nearly 300 test data are collected from the papers published in the world. Based on these data safety factors for slab member are proposed to the specifications and codes.

*Key Words: RC slab, punching shear strength, relative error, safety factor*

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート部材のせん断破壊機構は、曲げ破壊と比べると非常に複雑であり、現在まで多くの研究や調査がなされているにも関わらず、まだ不明な点も多く、十分な研究が行われている訳ではない。

橋梁床版の様に種々の床版の中で最も単純な鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版と略）に直接局部的な集中荷重が作用する場合、荷重直下のコンクリート部分が押抜きせん断破壊を生じることに対して、体系的な押抜きせん断破壊理論がいまだに確立されていないのが実情である。

床版の場合には押抜きせん断による破壊を降伏線理論で解明しようとした時代もあったが、現在はあくまで押抜きせん断破壊としてとらえられている。しかしながら、床版の押抜きせん断破壊機構には理論的に解明するには多くの不確定要因が存在し、また多くのパラメータが互いに影響を及ぼしあうため、このせん断強度算定式はよりのせん断耐力の算定式以上に複雑でもある。

押抜きせん断破壊でRC床版が破壊したとき、主要因のパラメータは床版有効厚さ、コンクリート強度、鉄筋比、載荷板の大きさや形状および載荷周長が考えられた。しかし、床版の押抜きせん断耐荷力に関する多くの研究は静的押抜きせん断破壊機構の解明には至らなかった。

これまでの床版の算定式の提案は各研究者によって異なった床版の実験データや載荷条件に基づいており、各算定式は特定の条件下において提案されている。このため、床版の押抜きせん断耐力に影響する様々なパラメー

タの適用範囲に関してなお検討する余地がある。例えば、床版は1つのパラメータを変えると算定式に基づく計算結果と実験結果との間にばらつき大きく生じることがある。これは、各提案者が自分の実験データを中心に用いて算定式を提案するために式の精度は一定条件に限られていることによるものである。これまで、Gardner<sup>1)</sup>は発表された算定式<sup>1)</sup>の中に床版実験データ数が最も多く、海外の実験データのみ138体で算定式を導いた。我が国では角田も本人の実験供試体<sup>2)</sup>60体を含めるとともに海外の実験供試体の合計114体の床版実験データを用いて耐力評価式を導いた。

RC床版の押抜きせん断破壊機構の解明および算定式の精度、計算できるパラメータの範囲についてさらにできるだけ多くの実験データを用いて検討する必要がある。

我が国においても多くの実験が行われながら、余り発表がなされず、角田が集中的に実験を行い<sup>2)</sup>、1974年にその結果を発表した。さらに、松井は道路床版を対象に評価式を1984年に発表した<sup>3)</sup>。また、著者の一人浜田は我が国の実験結果および自身の実験結果<sup>4)</sup>に基づいて現行示方書<sup>5)</sup>、ACI Building Code<sup>6)</sup>などに対する安全係数を求めた。

従来から多くの押抜きせん断強度の算定式が提案されているが、それぞれが各自の実験結果に基づき、また各国の設計示方書<sup>7)8)9)</sup>も過去の示方書式の継続とそれぞれの国における実験結果に基づくものが多い。そこで筆者らは国内外で行われた実験データを集め、各国の設計示方書式の評価を行うことを目的とした。また、算定式によれば、適用性の限界値を定めた式も多く、さらに複

雑な式に基づいて計算しなければならないものもある。

そこで本研究は、様々な文献より得られた国内外の研究者を実験した供試体と既往著者ら実験した供試体計297体を収集し、現在用いられている床版の押抜きせん断耐力算定式に対して評価を行うとともに、各算定式の安全係数を求めた。

## 2. 床版実験に関するデータベースに対する評価について

床版に関する実験データを集めることは必ずしも容易なことではない。比較的入手しやすい論文に限られる。

しかしながら300近くの実験データを集めることができた。これらのデータを表-1に示すが、実験データは研究者によって大きく異なることがわかる。コンクリート強度に関しても、低強度のみの供試体の実験あるいは高強度のみの実験もある。床版の寸法についても一定の大きさで実験を行っている場合と、角田のように異なった寸法を用いている場合とがある。供試体の形状について、本研究で集めた実験データは正方形、長方形および円形3種類があり、円形供試体に対して検討することが海外に限らず、我が国では秋山は1982年にも円形RC床版の押抜きせん断耐力に関する研究を発表した<sup>10)</sup>。しかし、その

表-1 RC床版のパラメータとそれぞれの実験結果

供試体 No.	実験者	床版寸法 (cm)	コンクリート強度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉄筋比 (%)	床版厚 (cm)	有効厚 (cm)	載荷板周長 (cm)	載荷板辺長		実験値 (kN)
								a (cm)	b (cm)	
1 2	Graf	150×150	15.6 ~15.7	0.6 ~1.1	不明	27.1 ~47.3	120.0	30.0	30.0	1164.2 ~1662.1
3 ~27	Elstner	183×183	12.7 ~50.5	1.2 ~7.0	15.0	11.4 ~11.8	101.6 ~142.4	25.4 ~35.6	25.4 ~35.6	301.8 ~578.6
28 29	Scordelis	183×183	19.4 ~27.9	2.5	不明	10.8	132.0	33.0	33.0	466.5 ~484.1
30 ~42	Moe	183×183	20.5 ~26.1	0.1 ~1.5	15.2	11.4	60.8 ~122	15.2 ~30.5	15.2 ~30.5	311.6 ~432.2
43 ~57	Yitzhaki	φ116~ φ171	12.3 ~28.7	0.5 ~2.0	不明	7.8 ~10.9	42.2 ~118	10.5 ~29.5	10.5 ~29.5	98.0 ~306.7
#58 ~76	Gardner	φ38.1~ φ112	13.2 ~52.1	0.7 ~5.0	10.2 ~15.2	7.3 ~12.3	36.0 ~72.0	9.0 ~18	9.0 ~18	107.4 ~356.6
*77 ~95	Mowrer	122×122	15.5 ~53.8	1.1 ~2.2	7.6	5.1	40.6 ~162.6	10.2 ~40.6	10.2 ~40.6	79.2 ~184.6
96 ~98	Bazant	φ40.64	47.9 ~52.9	2.6 ~4	10.2	7.8	360.0	102.0	102.0	228.9 ~309.6
99 ~111	Menetrey	不明	16.1 ~40.6	0.2 ~2.0	15.0 ~45.0	12.1 ~39.7	42.5 ~159.5	10.6 ~39.9	10.6 ~39.9	107.0 ~1370.0
112 ~136	Kinnunen	152×152 ~183×183	23.9 ~31.9	0.4 ~2.3	15.0 ~24.0	10.0 ~20.1	17.7 ~106.4	4.4 ~26.6	4.4 ~26.6	183.0 ~558.0
137	Pralong	180×180	31.6	0.7	18.0	16.2	106.3	26.6	26.6	366.0
138 ~147	Regan	150×150 ~180×180	31.4 ~43.6	0.8 ~1.0	不明	11.8 ~20	19.2 ~88.8	4.8 ~22.2	4.8 ~22.2	170.0 ~825.0
148 ~150	Van	不明	29.0 ~36.5	0.15	15.0	11.4	88.8 ~255.2	22.2 ~63.8	22.2 ~63.8	375.0 ~592.0
151 ~155	Corley	213×213	18.7 ~25.5	0.15	14.6	11.1	81.2 ~101.6	20.3 ~25.4	20.3 ~25.4	243.8 ~334
#156 ~172	Marzouk	150×150	30.0 ~80.0	0.5 ~2.4	9.0 ~15.0	7.0 ~12.0	60.0 ~120.0	15.0 ~30.0	15.0 ~30.0	178.0 ~560.0
#173 ~196	Akiyama	不明	21.7 ~24.6	0.3 ~3	不明	4.0 ~9.5	39.2 ~348.0	9.8 ~87	9.8 ~87	62.7 ~981.5
197 ~201	Umehara	110×110	22.8 ~40.1	0.2 ~0.8	12 ~15	8.5 ~11.5	120.0	30.0	30.0	202.9 ~402.8
*202 ~204	Higashi— Yama	148×100	33.5 ~43.4	1.3	6.0 ~6.5	4.4 ~4.7	28.0 ~46.0	10.0 ~13.0	4.0 ~10.0	96.7 ~104.3
205 ~207	Suehiro	不明	51.2 ~52.3	0.6 ~1.8	15.0 ~20.0	12.0 ~16.2	354.0	89.0	89.0	267.5 ~563.5
208 209	Nagai	200×200	19.6	1.0	15.0	12.0	101.2	25.3	25.3	362.6 ~392
210 ~230	Hamada	100×100 ~150×150	20.4 ~60	0.4 ~3.4	10.0 ~15.0	7.5 ~12.0	40.0 ~120.0	10.0 ~30.0	10.0 ~30.0	144.1 ~699.7
231 ~277	Kakuta	65×65 ~220×220	15.1 ~51.9	0.5 ~3.4	10.0 ~15.0	7.5 ~12.0	20.0 ~120.0	5.0 ~30.0	5.0 ~30.0	115.4 ~735.0
#278 ~295	Matsui	不明	23.8 ~46.8	0.8 ~1.3	7.1 ~22	5.8 ~18.1	39.0 ~180.0	15.0 ~60.0	4.5 ~30.0	100.0 ~989.8
296 ~297	Yamada	200×200	21.6 ~26	0.6 ~1.5	20.0	16.3	120.0	30.0	30.0	441.0 ~658.0

結果は鹿島建設技術研究所年報に発表されたため、多くの研究者は目にする事ができなかった。全供試体の中に海外で実験した内約20体の供試体は床版の中央下面から荷重をかけた。また載荷板の形状は正方形、長方形および円形3種類である。実験供試体のデータの中でコンクリートの物性および寸法についても表に記述した。

本研究におけるデータベースは国外の実験データが2/3、国内が1/3となっている。どちらかといえば、著者が国内の研究者であるため、割合としては国内のデータにかたよりがちである。

### 3. 設計用算定式と主なパラメータ

これまで、提案された算定式は実験結果から求められる場合が多い。床版の押抜きせん断強度は理論的に求めることが極めて困難である。従って算定式は実験データに頼らざるを得ない。一方、曲げ終局強度のように応力一ひずみ分布からほぼ理論的に求めることができる強度に対しては理論値が実験結果により検証できる。結果的には曲げ強度の評価式はどの研究者も、また設計示方書もほとんど同じ算定式が用いられている。

設計用算定式は許容応力設計法時からほとんどの示方書に記載されていた。その当時最も簡単な式で、コンクリート床版に作用するせん断応力は $V/bod$  ( $b_o$ は載荷板辺長から $d/2$ 離れた位置における周長)で与えられており。このせん断応力が許容応力以下であることが要求されていた。ACIのBuilding Codeにおいては今でもこの式に近い算定式が与えられている。土木学会のコンクリート標準示方書も平成14年に改訂されるまでの許容応力設計法ではこの式と同等の式が用いられた。

限界状態設計法の普及とともに終局限界耐力に近い算定式が用いられるようになった。我が国の土木学会コンクリート標準示方書<sup>9)</sup>では角田の式<sup>2)</sup>を簡易化し、修正した式が用いられた。

表-2にRC床版の押抜きせん断強度における各国の設計指針として使用される設計式を示す。これらの式をそれぞれ要因パラメータで比較したものである。表-2からわかるようにそれぞれの式で同じパラメータでの大きい差異がある。例えば、コンクリート強度は1/3乗、1/2乗および2/3乗が適用されている。1/3~2/3乗の意味を考えればその影響度が判別できる。強度の1/3乗は余り強度には関係しないことを示している。つまり、 $f'_c=20\text{N/mm}^2$ と $f'_c=40\text{N/mm}^2$ の1/3乗と2/3乗を比較すれば、 $(40)^{1/3}/(20)^{1/3}=1.26$ となり、また $(40)^{2/3}/(20)^{2/3}=1.59$ となる。同じ強度の推定式でも異なった影響を示している。

さらに各算定式において使用される床版諸元のパラメータは、当然に各提案者によってそれぞれ異なっており不同である。ACIは、床版のせん断耐力はコンクリート強度と床版寸法および載荷板周長で、評価式を提案した。鉄筋比はせん断耐力に主な影響要因ではないことを考慮して、算定式におけるパラメータとして使っていない。同様に、ほとんどの算定式にはコンクリート強度、有効厚さ、載荷板寸法3つのパラメータを用いている。床版の押抜きせん断強度に影響を与える曲げ耐力の効果も考慮し、鉄筋のダウエル効果、鉄筋比、鉄筋配置の位置などによってせん断耐力に影響を与えるという報告もある<sup>11)</sup>。多くの算定式は鉄筋比も主なパラメータとして提案されている。

載荷板に関しては(周長+ $\pi d$ )としていれば有効厚さの半部の位置での周長を示している式が多い。これに対して、BS式、CEB-FIP式および土木学会式はこの周長の他に載荷周長も含めている。

### 4. 各算定式に対する評価と安全係数

式の評価方法の検証には2つの方法がある。従来からよく用いられているのは算定値 $V_{cal}$ と実験値 $V_{ex}$ の比、つまり $t_f=V_{ex}/V_{cal}$ を確率関数として、そのばらつきを検討するも

表-2 各国RC床版の押抜きせん断耐力示方書式

研究者	算定式	パラメータ
ACI式	$V = 0.083(2 + 4/\beta_c)\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$ $V = 0.083(\alpha_s d/b_o + 2)\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad \text{3式中から最小値}$ $V = 0.33\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$	$V$ : 押抜きせん断耐力 $f'_c$ : コンクリート圧縮強度 $d$ : 床版有効厚さ $b_o$ : 載荷板周長+ $4d$ $p$ : 鉄筋比, 係数: $\alpha_s = 30$ $\beta_c$ : 載荷板長辺と短辺の比 $u = 4(c + 3d)$ : 円形載荷板 $u = 4(b + 3d)$ : 正方形載荷板 $c$ : 円形載荷板直径 $w = \pi(c + 4d)$ : 円形載荷板 $w = 4(b + \pi d)$ : 正方形載荷板 $b$ : 載荷板周長 $r_b = 1.3$ $k = 1.6 - d$ ただし $d$ (m)
BS式	$V = 0.79ud(400/d)^{1/4}(100p \cdot (f'_c/0.78)/25)^{1/3}$	
CEB-FIP	$V = 0.18wd \cdot \xi(100p \cdot f'_c)^{1/3} / 1.5$ <p style="text-align: center;">ただし <math>\xi = 1 + (200/d)^{1/2}</math></p>	
Eurocode2	$V = d\pi(b + 3d)0.035k(1.2 + 40p)f_c^{2/3}$	
土木学会式	$V = \beta_d \beta_p \beta_r f_{pcd} u_p d / r_b \quad \text{ただし} \quad f_{pcd} = 0.2\sqrt{f'_c}$ $\beta_d = \sqrt[3]{1/d}, \beta_p = \sqrt[3]{100p}, \beta_r = 1 + 1/(1 + 0.25b/d)$	

のであった。一方、 $V_{cal}$ と $V_{ex}$ の誤差と $V_{cal}$ との比は誤差比と定義した。すなわち、 $t_2=(V_{ex}-V_{cal})/V_{cal}=V_{ex}/V_{cal}-1$ も確率関数として用いることができる。また $t_1$ と $t_2$ の関係は $t_1=1-t_2$ となり、1だけ座標移動したものにすぎない。

表-3に実験値 $V_{ex}$ と算定値 $V_{cal}$ の比を耐力比 $t_1$ として、それらの平均値、標準偏差および変動係数を示す。土木学会式、BS式の耐力比の平均値が1.0に近く、他の式より精度が良いことがわかる。また、ACI式、CEB-FIP式、土木学会式の耐力比の平均値が1.1以上になっており、安全側の値を示している。EC2式の耐力比の平均値が2.0を超える、安全すぎる値になっている。

本研究では各国の示方書式の算定精度を検討するため、今回集めた供試体は123体の国内供試体と174体の海外供試体を2つに分けて、各算定式による計算を行った。表-4と表-5に国内外の供試体における計算結果を示す。この結果によれば、土木学会式は角田らの研究成果に基づいて提案されているが、角田は国内と海外で実験した供試体が約半分ずつ用いて算定式を提案するため、土木学会式は国内外の供試体においての変動係数がほぼ同一となっている。すなわち、全供試体に対して土木学会式による計算結果は変動係数が小さく、ばらつきが各示方書式の中で最も小さいことがわかる。海外の算定式は外国の実験データのみ利用し、式を提案するため、日本の供試体に対しての変動係数が大きくなり、計算精度がよくな

表-3 各算定式によって計算結果(全供試体)

算定式	平均値	標準偏差	変動係数(%)
土木学会式	1.18	0.25	21.4
ACI式	1.42	0.36	25.1
BS8110-85	1.05	0.21	19.7
CEB-FIP式	1.46	0.29	19.7
Eurocode2	2.12	0.54	25.3

表-4 各算定式によって計算結果(国内の供試体)

算定式	平均値	標準偏差	変動係数(%)
土木学会式	1.23	0.27	22.2
ACI式	1.48	0.40	26.8
BS8110-85	1.13	0.25	21.9
CEB-FIP式	1.56	0.34	21.8
Eurocode2	2.22	0.61	27.6

表-5 各算定式によって計算結果(海外の供試体)

算定式	平均値	標準偏差	変動係数(%)
土木学会式	1.14	0.23	20.1
ACI式	1.38	0.32	23.1
BS8110-85	1.00	0.15	15.4
CEB-FIP式	1.38	0.21	15.5
Eurocode2	2.06	0.47	22.8

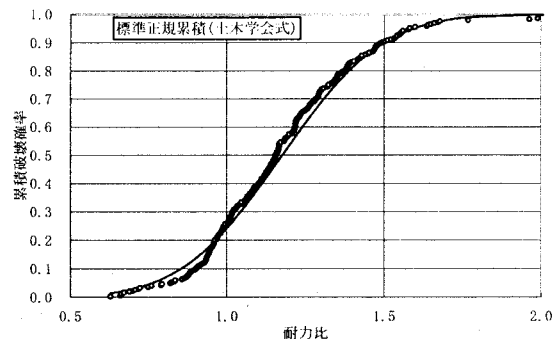


図-1 土木学会式による計算結果

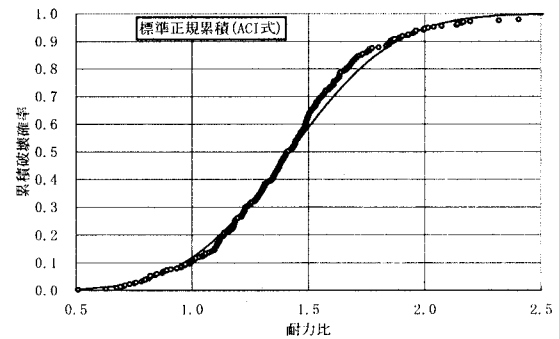


図-2 ACI式による計算結果

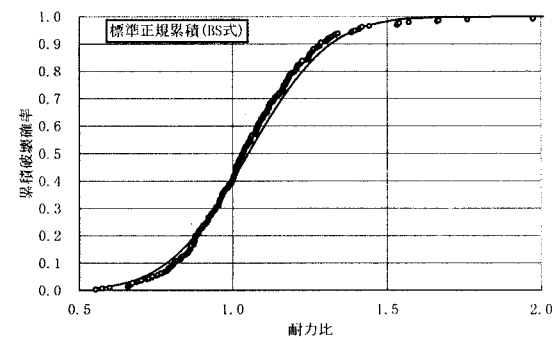


図-3 BS式による計算結果

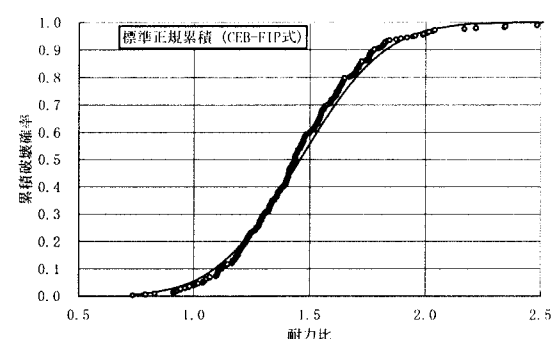


図-4 CEB-FIP式による計算結果

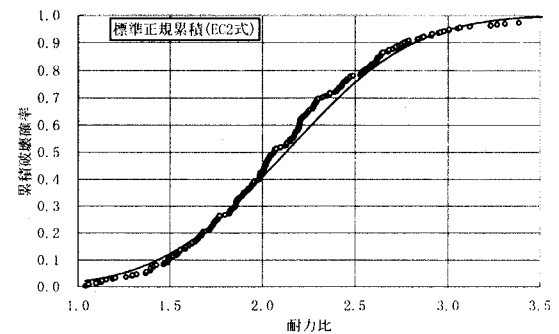


図-5 Eurocode2式による計算結果

い式もある。

また、全供試体において各算定式の変動係数がほとんど20%を超え、算定式の変動係数はやや大きく、供試体の類別別に対して計算精度も異なる。すなわち、各算定式は世界における数多くの供試体を用いて再検討する必要がある。

算定式の精度を検討するためには床版の破壊確率を的確に把握し、その確率関数に基づき安全係数をもとめるべきである。すなわち、破壊確率を適切に求めることが重要となる<sup>12)13)</sup>。本研究においては耐力比が、確率関数に従うものとして正規分布による破壊確率を求めた。

正規分布は、次のような破壊確率  $F(t_i)$  で表される。

$$F(t_i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t_i} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dx \quad (1)$$

ここに、 $\mu$  および  $\sigma$  は分布のパラメータであるが、これらは直接、耐力比の平均値と標準偏差で表す。各算定式の  $\mu$  および  $\sigma$  は表-3に示す。

耐力比を確率変数として、これらが正規分布に従うと仮定して、式(1)を用いて破壊確率を算出した結果を図-1~5に示す。各算定式から得られた破壊確率に対する安全係数の一つである部材係数を表-6に示す。部材係数とは強度解析における部材耐力等の算定式の不確実性、部材寸法のばらつきの影響、部材の重要度等を考慮した安全係数である。すなわち、確率変数が1以下であれば床版は破壊すると考え、求めようとする破壊確率における確率変数が1になるようにした値を部材係数とし、算定式中で安全係数として除す値と定義する。つまり正規分布関数においては、求めた確率変数の逆数が部材係数となる。本研究では破壊確率1%、5%、10%について部材係数を算出した。その結果を表-6に示す。この結果によれば、土木学会式は正規分布関数で算出した安全係数は、破壊確率5%では約1.31となる。海外の算定式における破壊確率5%では、ACI式は約1.20、BS式は約1.41、CEB-FIP式は約1.02など結果を得た。小さいものでEC2式は約0.81という結果になった。コンクリート部材などは破壊確率を5%として部材係数を算出する場合が一般的である。コンクリート標準示方書では1.3の材料係数を用いている。本研究で求めた部材係数はほぼ等しい値が得られた。従って、

表-6 各算定式の部材係数

各式の部材係数	1%	5%	10%
土木学会式	2.519	1.314	1.172
ACI式	1.695	1.200	1.038
BS8110-85	1.764	1.410	1.276
CEB-FIP式	1.269	1.016	0.918
Eurocode2	1.149	0.808	0.698

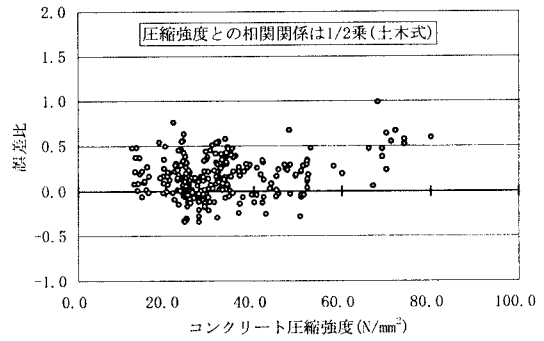


図-6 圧縮強度と誤差比(土木学会式)

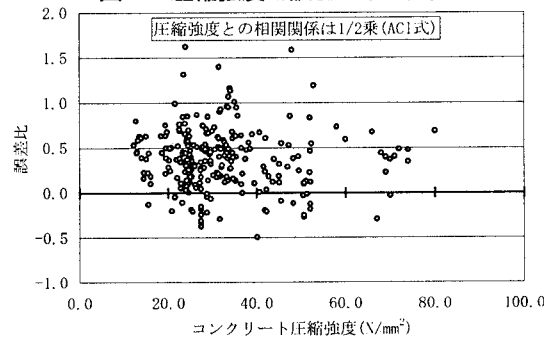


図-7 圧縮強度と誤差比(ACI式)

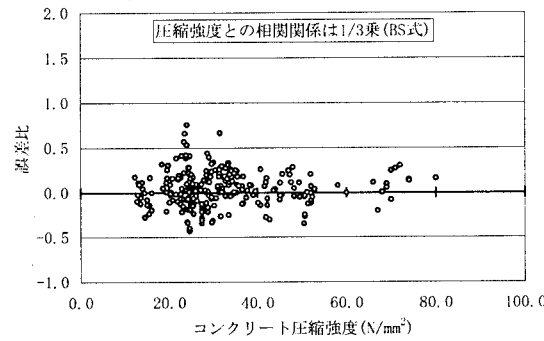


図-8 圧縮強度と誤差比(BS式)

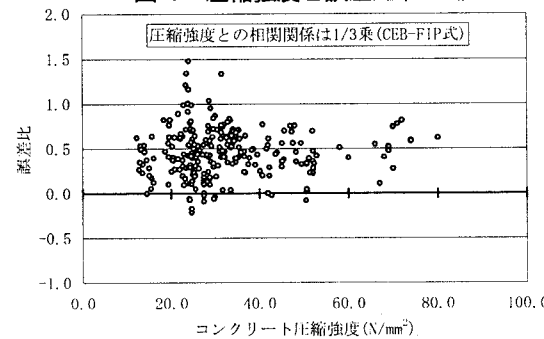


図-9 圧縮強度と誤差比(CEB-FIP式)

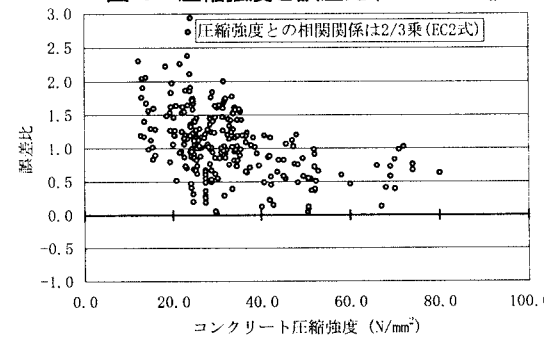


図-10 圧縮強度と誤差比(Eurocode2式)

現行示方書で用いられている部材係数1.3は適切であると考えられる。また現行で用いられた押抜きせん断耐力算定式に対して、本研究で求めた部材係数を用い精度を改善することができると思える。

床版の押抜きせん断強度に及ぼすコンクリート強度は圧縮強度によるものではなく、引張あるいはせん断強度によるものと思えることができる。この引張あるいはせん断強度と圧縮強度との関係を知る必要がある。もっとも、この強度は主応力が圧縮を受けている部分と引張を受け、場所によってはひび割れをともなっている部分とは異なると思えることができる。このように部分的に異なる強度を有すると考えられるが、この強度が、圧縮強度の1/3乗、1/2乗および2/3乗のべき乗で提案されている。そこでそれらの提案式に基づき、コンクリート圧縮強度と誤差比との関係を図-6~10に示す。この結果によれば、圧縮強度との相関関係は1/3乗の式が最もよく合うと思えることができる。1/3乗と2/3乗のコンクリート強度では先に述べているようにコンクリート強度の影響度が異なる。その影響度を示す感度は次式で与えられる。

$$V_1 = f_c^{1/3} R_1 \quad \frac{\partial V_1}{\partial f_c} = \frac{1}{3} f_c^{-2/3} R_1 \quad (2)$$

$$V_2 = f_c^{2/3} R_2 \quad \frac{\partial V_2}{\partial f_c} = \frac{2}{3} f_c^{-1/3} R_2 \quad (3)$$

上式(1)および(2)において、 $f_c=30\text{N/mm}^2$ の時 $V_1=V_2=1$ であるとする、 $R_1=0.322$ 、 $R_2=0.1036$ となる。従って $\partial V_1/\partial f_c = 0.0111$ 、 $\partial V_2/\partial f_c = 0.0222$ となり、感度は当然ながら強度の2/3乗は1/3乗の2倍となる、このように強度の感度が異なり、1/3乗とすると強度には大きい影響を与えないことを意味することになる。

## 5. まとめ

本研究は国内外で実験した297体の供試体を用い、5つの各国の設計式に対して検討を行ったものである。以下に、得られた結論をまとめる。

- 1) 現行で各国設計指針として用いられたRC床版の押抜きせん断強度算定式には、国内外の供試体によって計算精度が異なる。式は検討するため、全世界の実験データを集めることが必要である。
- 2) 現行コンクリート標準示方書における部材の破壊確

率を5%として考えている。部材係数は1.3が妥当である。

- 3) 計算精度が低い算定式に対しても、本研究により適切な安全係数を求めることで対処できる。
- 4) コンクリート圧縮強度の1/3乗とするとき、強度には大きい影響を与えないことより、1/3乗の算定式は圧縮強度との相関関係が最もよく合う。

## 参考文献

- 1) N. J. Gardner and Xiao-yun Shao : Punching Shear of Continuous Flat Reinforced Concrete Slabs, ACI Structural Journal, Vol.93, No.2, pp218-229, Mar-Apr 1996
- 2) 角田與史雄, 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, No.229, pp105-115, 1974.9
- 3) 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, 土木論文集, 第348号/V-1, pp133-141, 1984年8月
- 4) 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, 土木学会論文集 No.676/V-51, 51-63, 2001.5
- 5) 土木学会式: 2002年制定, コンクリート標準示方書【構造性能照査編】 pp73-75
- 6) ACI Committee 318 : Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83) ACI 1983
- 7) BS 8110-85 "Structural Use of Concrete", British Standards Institute, London, 1985
- 8) Comite' Euro-International du Beton : "CEB-FIP Model Code 1990", CEB Bulletin of Information, No213/214, Lausanne, Switzerland, May 1993
- 9) Eurocode 2, "Design of Concrete Structural-Part 1 : General Rules and Rules for Buildings" (ENV 1992-1-1), December 1991
- 10) 秋山暉, 村田俊彦, 新川隆夫: リング状の集中荷重を受ける鉄筋コンクリート円形スラブの押抜きせん断耐力に関する実験的研究, 鹿島建設技術研究所年報第30号, 1982.
- 11) 小柳冷: 鉄筋コンクリートスラブの押抜きせん断とその設計上の取扱い, コンクリート工学, Vol.19, No.8, 1981
- 12) 伊藤学, 亀田弘行訳: 土木・建築のための確率・統計の基礎
- 13) 篠崎信雄=著: 統計解析入門 サイエンス社