

低強度コンクリート部材の耐震性能評価に関する基礎的研究 (その1)

準会員 ○川上 裕佳*1 正会員 高月 行治*2 準会員 藤原顕太郎*1
正会員 根口 百世*3 正会員 南 宏一*4

低強度コンクリート 調査設計 応力度-ひずみ度関係
耐震性能 圧縮強度 ヤング係数

1. はじめに

現在、日本建築防災協会などで発行されている既存鉄筋コンクリート造建築物耐震診断基準¹⁾では、その適用される建物のコンクリート圧縮強度として 13.5 N/mm² が下限値として示されている。つまり、コンクリート圧縮強度が 13.5 N/mm² 未満のもの [以下、低強度コンクリートという] については、耐震診断の対象外とされている。その理由の一つは、低強度コンクリートの研究が十分に行われておらず、その力学的性質が明確でないことが挙げられる。

本論では、低強度コンクリートの調査設計を確立し、低強度コンクリートを安定して製造できるようにした上で、低強度コンクリート部材の力学的な性質を実験的に確認することを目的とする。

2. ある県の既存 RC 造学校校舎のコンクリート強度

図-1 は、ある県の既存 RC 造学校校舎におけるコンクリート圧縮強度の分布を示したもので、施工時に定められた設計基準強度 F_c の範囲が 13.5~21.0 N/mm² のものを表している。図中の破線はコンクリート圧縮強度 $\sigma_B = 13.5$ N/mm² を示しており、この線よりも左側のものは低強度コンクリートと分類される。圧縮強度 σ_B の下限値は、設計基準強度 F_c の値によらず、耐震診断基準で示されているコンクリート圧縮強度の下限値 13.5 N/mm² を下回っており、その最小値は 8.6 N/mm² である。

図-2 は、9 期にわたって施工されたある学校校舎におけるコンクリート強度の分布を示したものである。75 本のコンクリートコアのうち、低強度コンクリートとなっているものは 14 本である。14 本の低強度コンクリートコアの内訳は、1959 年に施工されたものが 5 本、1960 年に施工されたものが 4 本、1965 年に施工されたものが 4 本となっており、この 3 年に集中していることが特徴としてあげられる。また、1966 年以降は、建設年が新しくなるほど、コンクリート強度が大きくなっている。

3. 低強度コンクリートに対する基本的な考え方

低強度コンクリートになっている原因としては、いくつかの点が考えられるが、1) 所定のものより、水の量が多いこと、2) セメントそのものの性能が粗悪になってい

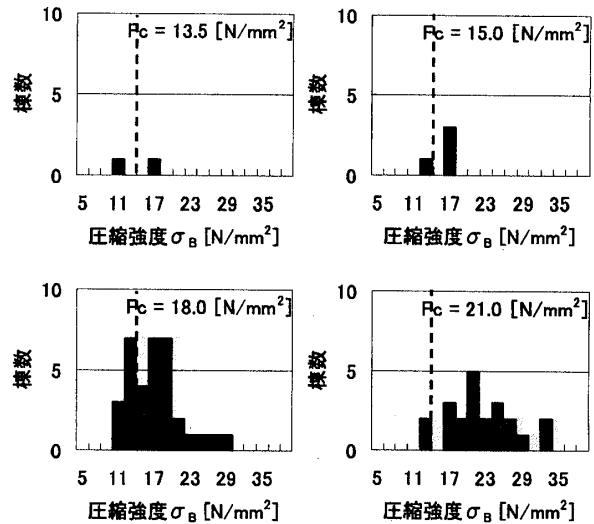


図-1 コンクリート圧縮強度の分布

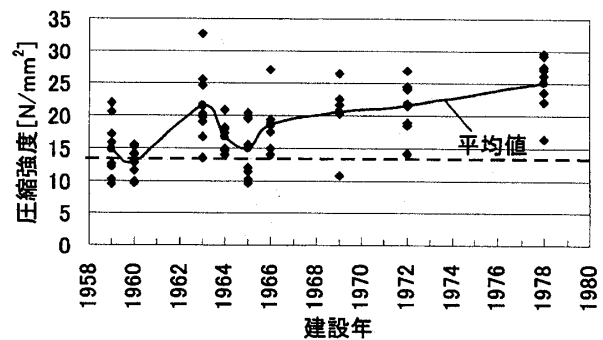


図-2 ある学校における建設年別コンクリート強度

表-1 山本の調査³⁾

圧縮強度 [N/mm ²]	4.20	7.68	13.90
セメント [kg/m ³]	93	141	201
石粉 [kg/m ³]	164	119	62
水 [kg/m ³]	167	169	171
水セメント比 [%]	180	120	85
水結合材比 [%]	65		
粗骨材最大寸法 [mm]	25		
細骨材率 [%]	48.6		
空気量 [%]	4±1		
スランプ [mm]	180		

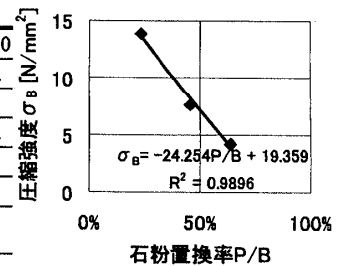


図-3 石粉置換率 P/B と 圧縮強度 σ_B の関係

表-2 実験計画

調合 No.	A1	A2	A3	B0	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3
石粉置換率 [%]	0	0	0	0	20	40	60	0	0	0	0	42	57	72
水セメント比 W/C [%]	70.0	90.0	120.0	65.0	81.3	108.5	162.6	70.0	90.0	120.0	131.6	112.0	151.2	232.6
水結合材比 W/B [%]	70.0	90.0	120.0	65.0	65.0	65.0	65.0	70.0	90.0	120.0	131.6	65.0	65.0	65.0
細骨材率 s/a [%]	53.0	54.3	55.4	51.4	51.2	50.9	50.6	51.8	53.3	54.6	54.6	50.3	50.1	49.9
スランプ [mm]	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180

表-3 調合表 単位: [kg/m³]

調合 No.	A1	A2	A3	B0	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3
水 W	195	195	195	205	205	205	205	205	205	205	225	210	210	210
セメント C	279	217	162	315	252	189	126	293	228	171	171	188	139	90
石粉 P	0	0	0	0	63	126	189	0	0	0	0	136	184	233
細骨材1 S1	567	596	625	530	527	522	514	543	575	604	604	509	504	501
細骨材2 S2	392	414	433	370	364	362	359	375	400	420	420	353	351	348
粗骨材1 G1	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
粗骨材2 G2	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
混和剤 A	2.79	1.302	1.296	2.52	2.52	2.52	2.52	2.34	1.82	1.37	1.37	2.59	2.59	2.58

ること、3) 上記の 1)と 2)が組合わされた状態になっていること、の 3 点に着目して低強度コンクリートの製造に関する基礎実験を行う。すなわち、1)の問題については、水セメント比を変数にして、実験を行う。2)の問題については、セメントに石粉〔炭酸カルシウム、CaCO₃〕を混ぜて、人工的にセメントの性能を劣化させたものを使用して実験を行う。3)の問題については、水セメント比と石粉の量を変数にして実験を行う。

山本らの研究³⁾では、低強度コンクリートの製造に石粉〔CaCO₃〕を混入して、人工的にセメント強度を低下させる手法を用いている。本研究では、水セメント比を増加させる方法と、石粉を混入する方法について実験を行うものとする。

表-1 に示す山本ら³⁾の調合より、図-3 のような関係が求まり、コンクリート強度 σ_B と石粉置換率P/Bの関係を1次回帰式で求めると

$$\sigma_B = -24.254P/B + 19.359 \quad [\text{N/mm}^2] \quad (1)$$

ここに、P: 石粉量

B: 結合材量, $B = C + P$

で示される。この式を用いて、コンクリート強度に対する石粉置換率を推定することができる。

4. 実験計画

図-3 および(1)式で示した関係と既往の研究^{2), 3)}を基にして、Aシリーズ~Dシリーズを計画した。実験計画の一覧を表-2に、調合表を表-3に示す。

Aシリーズは、単位水量を 195 kg/m³と一定とし、石粉を混合せず、水セメント比 W/C を変数とした場合である。

Bシリーズは、単位水量を 205 kg/m³と一定とし、石粉置換率を変数とした場合である。

Cシリーズは、単位水量を 205 kg/m³と一定とし、石粉を混合せず、水セメント比 W/C を変数とした場合である。ただし、C4 では、単位水量の影響を調べるために 225 kg/m³として実験を計画した。

Dシリーズは、Aシリーズ~Cシリーズの実験結果に基づき、コンクリート圧縮強度とセメント水比の関係を求め、その結果から、コンクリート強度に対する水セメント比を求め、実験式の有効性を検証するものである。Dシリーズでは、Bシリーズの結果をベースに、単位水量を 210 kg/m³とし、15, 10, 5 N/mm²の3種類の圧縮強度が得られるように計画した。

各試験体の標準試験体は、直径 100 mm、高さ 200 mm の円筒形供試体として、それぞれ 6 本作製し、材齢 1 週で 3 本、材齢 4 週で 3 本の圧縮強度試験を行う。圧縮試験については、コンプレッソメータおよび検長 30 mm の W.S.G.によって応力度-ひずみ度関係を求める。

謝辞

本研究は、(社)日本コンクリート工学協会中国支部に設置された「低強度コンクリートに関する特別研究委員会」における研究課題の一つとして行われました。低強度コンクリート製造に際しまして、広島県東部生コンクリート協同組合をはじめ、多くの方々にご協力をいただきました。ここに記して深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築防災協会: 2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート建築物の耐震診断基準・耐震改修設計指針・同解説, 2001
- 2) 山本泰稔: 低強度コンクリート構造に関する調査・研究資料, 第30回建築士事務所全国大会(埼玉), 2005
- 3) 山本泰稔, 片桐太一, 秋山友昭, J.F.トンプソン: 低強度コンクリート中における接着系アンカー筋の荷重伝達能力, コンクリート工学年次論文集, 第22巻, Vol.1, pp.553-558, 2000
- 4) 日本建築学会: 建築材料実験用教材, 丸善, pp.38-39, 2000
- 5) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 丸善, 2002

*1 福山大学工学部建築学科

*2 高月ナマコン

*3 福山大学大学院博士課程地域空間工学専攻・修士(工学)

*4 福山大学工学部建築・建設学科 教授・工博

Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Fukuyama Univ.

TAKATSUKI Ready Mixed Concrete

Course of Regional Space Planning and Systems Eng., Doctoral Program, Grad. School, Fukuyama Univ., Ms. Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Eng., Fukuyama Univ., Dr. Eng.