論文 既存RC建物から採取した低強度コンクリートの物性

荒木 秀夫*1

要旨:竣工後46年を経過した2階建てRC造建物のコンクリートの物性について検討した。本建物の解体撤去に際し、各階の部材からそれぞれ16本のコンクリートコアを採取し、圧縮試験、割裂引張試験および中性化試験を実施した結果、以下のことが判明した。圧縮強度平均値は設計基準強度を下回り、特に2階は低強度コンクリートであった。ヤング係数はこれまでの研究と同様、圧縮強度と単位体積重量を用いた推定値を下回る値であった。割裂引張強度は欧米仕様に基づき供試体と加圧版間に緩衝材を設けたため、我が国で用いられる推定式による値を上回る結果となった。中性化は基準値を上回るものであった。

キーワード: 既存コンクリート, 応力ひずみ関係, ヤング係数, 割裂引張強度, 中性化速度係数

1. はじめに

我が国では巨大地震の発生に備えて全国規模で耐震診 断・改修を実施している。耐震診断基準¹⁾における RC 造建物の現地調査では各階・各工期毎にコンクリート強 度を調査することになっている。その結果に基づき既往 の評価式を用いて診断を行っているが、その評価式は新 設コンクリートに対するものを準用している。しかし, 竣工後長年月を経た既存建物におけるコンクリートの力 学的特性は実験室で作成されたコンクリートと同等では ないことは桝田等^{2),3)}, 山本等⁴⁾の研究によって示されて いるところである。筆者等が行った検討においても同様 な結果が得られている 5)。しかし、現行の既存建物耐震 性能評価ではこの相違について考慮されていない。コン クリートのヤング係数は建物の偏心率算定や, あと施工 アンカーの強度推定に使用される重要な力学的指標であ る。また、ヤング係数ばかりでなく割裂引張強度やその 他の評価式の導出にあたっては普通強度のコンクリート が用いられるのが一般的であり, 既存建物においてしば しば見られる低強度コンクリート 6,7)に対してもこれら 推定式の適用が可能かどうか検討する必要がある。

このような背景から、本研究は既存建物の耐震性評価の精度向上を目指して長年月を経たコンクリートの物性を把握することを目的としている。近年、継続使用不可と判断され、解体される建物のも多くある。このような建物が調査されることはほとんど無いが、今後の耐震診断・改修ための資料と考えると貴重なものである。本論文が対象とする建物は竣工後 46 年の教職員用共同住宅であるが、学校の統廃合に伴い、解体と判断されたものである。本建物の梁、壁からコンクリートを採取して圧縮試験、割裂引張試験、中性化試験を行った。柱についてはかぶりコンクリーの剥落、鉄筋の腐食等の劣化が激しいため、柱からの採取は断念した。圧縮試験から得られた応力度ひずみ度関係から圧縮強度、ヤング係数、

表一1 建物概要

用途	教職員用宿舎
竣工年	1971 年(築 46 年)
コンクリート設計基準強度	17.6N/mm ² (180kg/cm ²)
鉄筋	SR24 規格品相当
規模	地上2階
延べ床面積	70.2m² (各階面積 35.1mm²)
軒高	6,300 mm
スパン	1 スパン×1 スパン
基礎形式	独立基礎

圧縮強度時ひずみについて検討した。割裂引張試験では 欧米の仕様で求められている緩衝材を供試体と加圧版間 に挿入して実施した。得られた実験値について既往の評 価式との比較検討を行った。

2. 建物概要

今回調査の対象としたのは1971年竣工のRC造2階建て建物である。建物は瀬戸内海島嶼部にあり、海から約200m離れた高台に南面して立地している。北面はすぐ山となっている。延床面積約70m²の小規模な集合住宅である。表-1に建物諸元を示す。図-1にコア抜き位置および建物南面の外観を示す。室内側の仕上げはモルタル+プラスター仕上げ、室外側はモルタル+リシン吹きつけである。室内側の仕上げ厚さはほぼ一定であったが、室外側は大きくばらついていた。

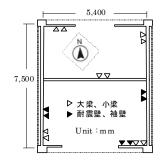




図-1 コア採取位置と対象建物

^{*1} 広島工業大学 工学部建築工学科 教授 工博 (正会員)

3. 調査概要

3.1 コアボーリング

コンクリートコアは1階及び2階の東西南北の大梁から隣り合って2本ずつ,室内中央の小梁から2本,東西面の耐震壁から2本ずつ,南面の袖壁から2本,各階当たり16本,合計32本採取した。同じ箇所で2本ずつ採取したのは圧縮試験用と割裂試験用である。コア径は100mmであり、いずれも部材貫通とした。構造図面による部材厚さ、採取本数は表-2に示すとおりである。採取したコンクリートコアは中性化の進行防止のためコア抜き直後に、ラップフィルムで養生した。

表-2 部材断面および

部材	部材幅	採取本数
東西南北面 大梁	300mm	16本
小梁	250mm	4本
東西面 耐震壁	150mm	8本
南面 袖壁	120mm	4本

3.2 供試体作成

抜き取ったコンクリートコアの仕上げ厚さを測定し、続いて大梁、小梁から採取したコンクリートコアを長さ200mm に整形した。壁から採取したコンクリートコアの長さはもともと200mm に満たないので、仕上げのみを除去した。圧縮試験用コアは両端面を研磨している。作成した供試体の大きさ、重量等をJISに準じて計測した。圧縮用、割裂用それぞれ16本である。

3.3 圧縮試験方法

圧縮試験は JIS A1108 に準じて行っている。検長区間 100mmのコンプレッソメーターと検長区間 60mmのストレインゲージを併用し、応力ひずみ関係を計測し、圧縮強度、ヤング係数、圧縮強度時ひずみを求めている。ひずみ計測を2種類としたのはストレインゲージでは最大強度に達する前にひび割れによりゲージが破損する場合があるためである。壁から採取した供試体は長さ100mm~150mmであったのでコンプレッソメーターは使用できないためストレインゲージのみでひずみを計測している。また、供試体の直径と長さの比が2に満たない

ものは、JIS A1107 に基づき強度補正を行っている。詳細は文献 7 を参照されたい。

3.4 割裂引張試験方法

コンクリートの割裂引張強度を求める方法は JIS A1113 に示されている割裂試験に準用している。JIS A1113 では対象とする供試体はモールドを用いて JIS A1132 に基づき作成されたものとしている。つまり、現行の JIS ではコア抜きした構造体コンクリートの割裂試験は行えないことになる。一方、国外の割裂引張試験 8),9)ではモールドにより作成された供試体もコア抜きされた供試体の両方を対象としている。加力方法における JIS との違いは加圧板と供試体の上下間に緩衝材(bearing strip or packing strip)を挿入することである。そこで本研究では欧米の加力方法に従うこととした。緩衝材の材質は文献 9)では thin plywood とされ、本試験の場合は合成木材(ベニヤ板:厚さ 3.2mm、幅 20mm、長さは試験体長+20mm)を使用して載荷している。また、載荷用鋼棒(bearing bar or plate)も使用している。

3.5 中性化試験

中性化試験は JIS A1152 に基づき行った。耐震診断における中性化深さ測定は圧縮試験用に抜き取ったコンクリートコアの表面で行う場合が殆どであるが、ばらつきも大きく、中性化の境界面が判然としないことも多い。そこで本研究では割裂試験後の供試体を用いて中性化深さを測定している。フェノールフタレインは JIS K8001に相当する水溶液を用いている。

4. 調査結果

4.1 試験結果概要

表-3 に力学的特性一覧を示す。本論文では 1 階と 2 階で大きな相違があったので別々に示すこととする。ヤング係数は JIS A1149 に基づいてストレインゲージによるひずみを用いて得られたものであり,圧縮強度時ひずみはコンプレッソメーターのひずみを用いている。単位体積重量においては各階に有意な差は見られないが 2 階の平均値が若干低く 20kN/m³を下回るものもあった。一方,圧縮強度は1階が17.3N/mm²であり,2階が9.54N/mm²

表一3 力学的特性一覧

階		単位体積重量 γ (kN/m³)	圧縮強度 σ _B (N/mm²)	ヤング係数 E _c (kN/mm²)	圧縮強度時歪 ε _{max} (μ)	割裂引張強度 σ _{st} (N/mm²)
1F	供試体数	16	8	8	5	8
	平均	21.2	17.3	13.9	3108	1.99
	標準偏差	0.424	4.23	11.5	420	0.401
	変動係数	0.020	0.245	0.827	0.135	0.202
2F	供試体数	16	8	8	5	8
	平均	20.9	9.54	9.82	3779	1.36
	標準偏差	0.59	1.34	2.6	835	0.187
	変動係数	0.028	0.140	0.265	0.221	0.138

と半分近い値となっている。2 階の圧縮強度最小値は 7.26N/mm² と非常に小さな値となったが、変動係数は 2 階の方が小さくなっている。耐震診断時に使われるコン クリート強度として圧縮試験から得られた圧縮強度の平 均値から標準偏差の 1/2 を差し引いた推定強度を用いる ことが多い。本建物の推定強度は 1 階で 15.2N/mm², 2 階で 8.87N/mm²となり、いずれもコンクリートの設計基 準強度 17.6N/mm² を下回っている。特に 2 階は 9N/mm² を下回る極低強度コンクリートの判定となった。推定強 度が 9N/mm² を下回るコンクリートの場合は,通常,診 断対象外となり、建て替えが必然となるケースである。 このような低強度コンクリートになる原因は水セメント 比が大きい貧配合のコンクリートである場合も指摘され ている⁷⁾。また、竣工年から推定すると現場練りコンク リートと考えられ、その熟練度による影響も考えられる。 ヤング係数も2階の値は1階の約7割の値になっている。 逆に低強度になると圧縮強度時ひずみは増加する傾向に ある。一般にコンクリート強度が増加すると強度時ひず みは増加する傾向にあるとされているが, 圧縮強度が 10N/mm² 以下の場合は圧縮強度が低くなると, 逆に強度 時ひずみが増加する傾向がある。割裂引張強度も1階と 2階の割合は約7割程度の値となっている。

4.2 単位体積重量と圧縮強度

新しく作成されるコンクリートに対し、無筋コンクリートの単位体積重量は実状によるとされ、特に調査をしない場合は23kN/m³が推奨されている¹⁰⁾。一方、既存建物から得られたコンクリートの単位体積重量と圧縮強度には下式の関係があるとされている¹¹⁾。

$$\sigma_B = 2.733\gamma - 36.282\tag{1}$$

 σ_B : 圧縮強度 (N/mm^2) γ : 単位体積重量 (kN/m^3)

本実験の単位体積重量と圧縮強度の関係を $\mathbf{20-2}$ に示す。 本実験で得られた単位体積重量は $21.2 \mathrm{kN/m^3}$ から $22.0 \mathrm{kN/m^3}$ の範囲に分布しており、その平均は $21.2 \mathrm{kN/m^3}$ である。また、1 階と 2 階では強度に明らかな違いがあ

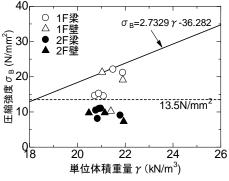


図-2 単位体積重量と圧縮強度の関係

るが単位体積重量に大きな相違はない。同図中に式(1)を 挿入しているが、得られた実験値は推定値をすべて下回 っている。本評価式は関東地方の既存建物から求められ たものであるが、評価式との違いは個別建物の特性か、 地域的な差に起因するかどうかは不明である。

4.3 ヤング係数と圧縮強度

耐震診断・改修 ¹⁾の過程でヤング係数が実際に計測されることはほとんどなく, RC 規準 (1991 年版) に示される圧縮強度が 40N/mm² 以下で比較的精度がよいされる評価式(2)を用いて求めるのが一般的である。

$$E_C = 21000 \times \left(\frac{\gamma}{23}\right)^{1.5} \times \left(\frac{\sigma_B}{20}\right)^{0.5} \tag{2}$$

 E_C : ヤング係数 (N/mm²)

本実験のヤング係数と圧縮強度の関係を図-3 に示す。 同図中に式(2)を挿入しているが、文献 ²⁾に従って単位体 積重量 γ には 23kN/m³ を用いている。既往の研究 ^{2)~5)}と 同様、実験値は評価式による値より低い結果となった。 図-4 に本実験で得られた単位体積重量と圧縮強度を用いて求めた推定値と実験値の比較を示す。桝田等 ²⁾は推定値と実験値の割合を 90%±15%としているが、本実験では 79%となり、それより低い値となっている。これは本建物の圧縮強度が 10N/mm² から 25 N/mm² の比較的低い領域に分布し、既往の文献 ²⁾の分布範囲と異なっていることに起因している。このようにヤング係数が推定値より低くなる理由として、長谷川等はコンクリートの長

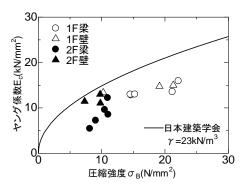


図-3 ヤング係数と圧縮強度の関係

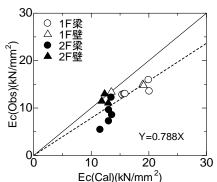


図-4 ヤング係数の推定値と実験値との比較

期使用による乾燥が主たる原因とし¹²⁾,早急に改善することを求めて久しいが,現在もこの式が耐震診断に使用されていることは問題があると言わざるをえない。

4.4 圧縮強度時ひずみと圧縮強度

圧縮強度時ひずみと圧縮強度の関係式はこれまでに数多く提案されてきている。Popovics 式 ¹³⁾に代表されるように、その多くは圧縮強度が増加するとともに強度時ひずみも増加するのが一般的である。一方、高強コンクリートに対応するように提案された村上式 ¹⁴⁾は圧縮強度 50/mm²以上の範囲においては増加するものの、この値以下では減少する。しかしながら、いずれの式も新しく打設されたコンクリートに対する評価式である。これらの式と長年月を経たコンクリートとの対応は文献 ⁷⁾に示される程度であり、ばらつきが大きいものの村上式との対応が良いとされている。

Popovics
$$\vec{\Xi}$$
 $\varepsilon_m = 767 \times \sqrt[4]{\sigma_R}$ (3)

村上式
$$\varepsilon_m = \sigma_B \times 10^3 / \left(E_c \left(1 - \frac{1}{n} \right) \right)$$
 (4)

$$n = \exp(0.0256\sigma_B)$$

 ε_m : 圧縮強度時ひずみ (×10⁻⁶)

本実験で得られたコンプレッソメーターによる強度時ひずみと圧縮強度の関係を図-5 に示す。供試体はコンプレッソメーターが装着可能な小梁、大梁からのものである。圧縮強度時ひずみは圧縮強度が増大するとともに減少する傾向であり、本実験の場合も村上式との対応が比較的良いことが分かる。特にコンクリート強度が低い領域では良い対応を見せている。これらの傾向は古いコンクリート及び低強度コンクリートの特性と考えられる。もともとPopovics式に代表される推定式は以上の普通強度のコンクリートを対象として提案されたものであり、15N/mm²以下の強度のコンクリートへの適用性はあまりないと考えられる。

4.5 割裂引張強度と圧縮強度

割裂引張強度と圧縮強度の関係もこれまでに数多く提

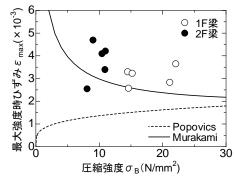


図-5 圧縮強度時ひずみと圧縮強度の関係

案されている。我が国では(5)式が文献 $^{15)}$ で用いられている。外国の評価式として ACI(6)式 $^{16)}$, CEB-FIB(7)式 $^{17)}$ を例示する。これらの式は他の力学的特性に関する評価式と同様,新しいコンクリートに対するものである。

$$\sigma_{st} = 0.33 \times \left(\sigma_R\right)^{0.5} \tag{5}$$

$$\sigma_{st} = 0.56 \times \left(\sigma_B\right)^{0.5} \tag{6}$$

$$\sigma_{st} = 0.3 \times \left(\sigma_B\right)^{\frac{2}{3}} \qquad \sigma_B \le 83 \tag{7}$$

 σ_{st} : 割裂引張強度(N/mm²)

これまでの既存建物調査例 5,7 7ではばらつきは大きいものの建築学会の評価式(5)を中心に分布していた。これは割裂引張試験において JIS A1113 に基づいて行われたものであり,緩衝材を用いていない。本実験の場合は試験方法で述べたように供試体と加圧板の緩衝材としてベニヤ板を使用している。図-6 に本試験の割裂引張強度と圧縮強度の関係を示す。上に掲げる推定式も同図に挿入している。本実験の結果は建築学会式を下回るものはなく,図-7 に示すように建築学会式による推定値の 1.4 倍程度の値となった。割裂引張試験における緩衝材の影響は過去にも検証 18,19)されており,特に小阪の実験 19 では緩衝材として合板を使用した場合と何も用いないものに対しての増加率は 1.5 倍を中心に分布することが述べられている。本実験でもほぼ同等の結果が得られていることが分かる。コンクリートの引張強度は靭性設計 15)

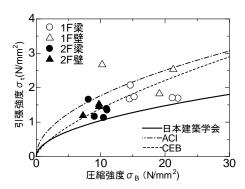


図-6 割裂引張強度と圧縮強度の関係

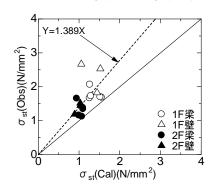


図-7 割裂引張強度の推定値と実験値との比較

における RC 部材のせん断ひび割れ強度推定に用いられるものであるが、JIS 対応の割裂試験による引張強度推定に(5)式を使用するかどうかは今後検討が必要である。

4.6 中性化速度係数と圧縮強度

中性化深さは耐震診断における経年指標¹⁾に直接影響 を与えるものである。本建物の中性化は進行しており, 最大で 70mm を超えるものもある。また, 2 階の南面, 西面の壁は全断面中性化している箇所もある。図-8 に その様子を例示する。中性化深さは式(8)に示すように建 物竣工後年数に依存するとされ、耐震診断において基準 となる中性化深さ推定は中性化速度係数 A として 3.73 を用いることが多い。この値と経過年数46年を使用して 求めた中性化深さは 25.3mm である。耐震診断では推定 中性化深さとして, 計測した中性化深さの平均値に標準 偏差の 1/2 を加えたものを使用している。この建物の推 定中性化深さは 53.2mm となり、基準値を大幅に上回っ ている。本建物の中性化速度係数と圧縮強度の関係につ いて室外側と室内側に分けて図-9に示す。なお、供試 体全長にわたって中性化しているものは供試体全長の半 分の長さを室内,室外それぞれの中性化深さとしている。

$$C = A\sqrt{t} \tag{8}$$

$$A = 23.8 \left(\frac{1}{\sqrt{f}} - 0.13 \right) \tag{9}$$

C:中性化深さ (mm)

A: 中性化速度係数($mm\sqrt{4}$)

t: 経年(46年)

f:標準養生4週強度 (N/mm²)

全体的な傾向はコンクリート強度が高くなるに従い、中 性化速度係数も低下する傾向がある。また、図中に長谷 川ら 20)によって提案されている屋外暴露試験に基づく 28 日圧縮強度と中性化速度係数の関係式(9)を挿入した。 室外側におけるモルタル仕上げ厚さは平均で 16.4mm で あるが、中性化速度係数は(9)式を中心に分布している。 式(9)は主として 20N/mm² 以上の圧縮強度のデータから 導き出されているが、本建物のような 20N/mm²以下の圧 縮強度に対しても、圧縮強度の低下に伴い、中性化速度 係数が上昇する傾向が見られる。また,室内側の中性化 速度係数は暴露試験によって求められた (9)式による推 定値より高くなる。室外側の中性化について方位との関 係を調べたものが図-10である。北面は山斜面に近接し ているためか中性化が進んでいないが、その他は方位の 影響はあまり受けていないことが分かる。次に中性化の 進行は仕上げ厚さの影響も受ける。図-11に仕上げ厚さ と中性化深さの関係を示す。中性化抑制の一つの目安と

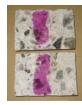






図 - 8 中性化の様子

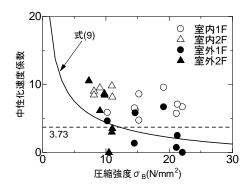


図-9 中性化速度係数と圧縮強度の関係

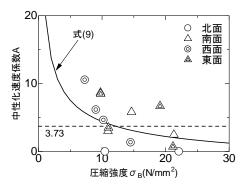


図-10 室外中性化速度係数と方位

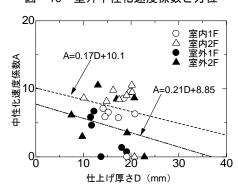


図-11 中性化速度係数と仕上げ厚さの関係

される 20mm の仕上げ厚さでも中性化が進んでいる箇所が多くあることが分かる。仕上げ厚さと中性化速度に明確な関係は見られないが、最小二乗法による相関をみると仕上げ厚が大きくなると中性化速度係数は小さくなる傾向にあることが分かる。

5. 結論

1971 年竣工の RC 造建物から採取したコンクリートの 物性について検討した結果以下のことが分かった。

1) 単位体積重量はほぼ 22kN/m³ であった。

- 2) 圧縮強度は大きくばらつき、1F、2F の平均値はそれぞれ $17.3N/mm^2$ 、 $9.54N/mm^2$ と大きく異なっていた。2F の推定強度が $8.87N/mm^2$ となり、 $9N/mm^2$ 以下の極低強度コンクリート建物の判定となった。
- 3) ヤング係数は RC 規準の推定式を下回り、その比率は約8割程度となった。
- 4) 圧縮強度時ひずみはコンクリート強度が低いほど大きくなる傾向が見られ、村上式に沿うものであった。
- 5) 割裂引張試験において緩衝材を使用したため引張強度は我が国の評価式より 1.4 程度大きくなったが, 欧米の評価式との整合性は比較的良好であった。
- 6) 本建物の中性化は基準値を大幅に上回った。室外の中性化速度係数は暴露試験よる推定式と整合性はあったが、室内ものはそれより高い値となった。また、北面の中性化は進行していないが、その他は方位の影響は大きくない。また、仕上げ厚さが大きいものほど中性化速度係数は小さくなる傾向があることを確認した。

謝辞

本研究の実施にあたり平成 29 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (B) 課題番号:16H04458 代表:広島工業大学・荒木秀夫) の助成を受けた。資料収集にあたっては広島県に協力いただいた。実験実施に当たっては広島工業大学平成 29 年度卒論諸君の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

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 リート造建築物の耐震診断基準・耐震改修設計指針 同解説, 2001.10
- 2) 桝田佳寛,友澤史紀,矢島善麿:実際のRC造建築物におけるコンクリート品質,その1 主として建物別圧縮強度について,日本建築学会論文報告集,No.311,pp.153-162,1982.1
- 3) 桝田佳寛, 友澤史紀, 矢島善麿: 実際の RC 造建築物におけるコンクリート品質, その 2 主として部位別・階別の圧縮強度について, 日本建築学会論文報告集, No.317,pp.155-163, 1982.7
- 4) 山本泰稔, 矢野武, 秋山友昭: 低強度 RC 造建物の耐震性能に関する研究, その 2 採取コアコンクリートの性質, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造IV, pp.711-712, 2008.9, その 3 採取したコアコンクリートの性質, 構造IV, pp.649-650,2008.9
- 5) 荒木秀夫,星川知毅:長年月を経た SRC 建物のコン クリートの力学的性能,日本建築学会技術報告集,

- 第 19 巻, 第 42 号, pp.562~566, 2013.6
- 6) 日本コンクリート工学協会中国支部:低強度コンク リートに関する特別研究委員会報告書,2013.7
- 7) 荒木秀夫: 1964 年に建設された RC 建物から採取したコンクリートの物性, 日本建築学会技術報告集, 第23 巻, 第53 号, pp.135-140, 2017.2
- 8) ASTM International, C496, Standard Test Method for Splitting Tensile Strength for Cylindrical Concrete Specimens
- British Standard 1881, Testing Concrete, Part 117.
 Method for determination of tensile splitting strength
- 10) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同 解説 一許容応力度設計法一,1991
- 11) 建築研究振興協会:既存建築物の耐震診断・耐震補 強設計マニュアル 2003 年版,増補版 2007
- 12) 長谷川寿夫, 杉山雅:構造体コンクリートの乾燥と 力学的性状に関する研究, その 1 強度が異なる場 合の部材の養生環境による差, 日本建築学会論文報 告集, No.295,pp.11-18, 1980.9
- S. Popovics: A Numerical Approach to the Complete Stress-Strain Curve of Concrete, Cement and Concrete Research, Vol.3, pp.583-599, 1973
- 14) 村上聖:鉄筋コンクリート梁の終局せん断強度算定式に関する一考察,日本建築学会構造系論文集, No.533,pp.143-150,2000.7
- 15) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建物の靱性保証 型耐震設計指針・同解説, 1999
- 16) ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (318-R99)," American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., pp.391, 1999
- 17) CEB-FIP Model Code for Concrete Structures 1990, "Evaluation of the Time Dependent Behavior of Concrete," Bulletin d' Information No.199, Comite European du Beton/Federation Internationale de la Precontrainte, Lausanne, pp. 201, 1991
- 18) 町田篤彦: コンクリートの圧裂試験関する基礎研究, 土木学会論文報告集,第 297 号,pp.99-112,1978
- 19) 小坂義夫,谷川恭雄:コンクリートの割裂引張り強度とパッドの品質との関係,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.75-76,1970
- 20) 長谷川拓哉,千歩修:文献調査に基づく屋外の中性 化進行予測,コンクリート工学年次論文集,Vol.28, No.1,pp.665-670,2006