

# 論文 既存建築物の仕上げモルタル圧縮強度試験およびその評価に関する研究

篠崎 徹\*1・藤澤 正視\*2・阿部 秋男\*3・梅本 宗宏\*1

**要旨:** 本研究は、既存仕上げモルタルの圧縮強度試験とその評価について、小径コア供試体を用いて検討したものである。試験は、モルタルの模擬試験体を作製し、その試験体からコア供試体を採取した。コア供試体は、主にφ50 mm以下のものを採取し、小径コア供試体の採取径、高さ／直径との強度比、強度試験時のコア供試体端面の拘束状態など、コア強度に与える影響を検討した。その結果、既存の仕上げモルタル厚さ 15 mmから 30 mmの範囲では、コア供試体の採取径はφ35 mm程度が採取方法、加工成形、試験精度に関して比較的よい。また、モルタルコア強度の推定にも有効である。

**キーワード:** モルタル、小径コア、コア強度、圧縮強度、仕上げ

## 1. はじめに

既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震補強においては、補強工事中に騒音、振動、粉塵などが発生し、斫り解体した仕上げ材等を大量に搬出しなければならない。このため工事の期間や作業時間、工法などの制約が多くなり、また、撤去する仕上げ材の処理に多くの費用がかかることから、耐震補強工事が促進されない状況となっている。ここでは仕上げ材を撤去しないまま行う耐震補強工法の開発を前提に、仕上げ材のうち特にモルタルについて、撤去するか、しないかを判断するための指標として、モルタルの圧縮強度特性を把握することとした。しかしながら、既存建築物の仕上げモルタルについては、圧縮強度試験法や評価に関して、基準となる手法が確立されていないのが現状である。本研究では、既存鉄筋コンクリート造建築物の仕上げモルタルの圧縮強度を適正に評価する方法として、仕上げモルタル面から直接採取した小径のコア供試体により、モルタルの圧縮強度とその評価を実験的に検討した。

## 2. 仕上げモルタルの厚さ

既存の公共鉄筋コンクリート造建築物について、24 物件の耐震診断調査を行ったところ、仕上げモルタルの厚さは、図-1 に示すような分布範囲にあり、平均厚さは 21.4 mmで標準偏差は 8.8 mmであった。仕上げモルタルの標準的な工事仕様書の塗り厚（下塗り、中塗り、上塗り）を 15 mmから 18 mmとすれば、調査した仕上げモルタルの平均塗り厚は、全体的に多少大きな値である。

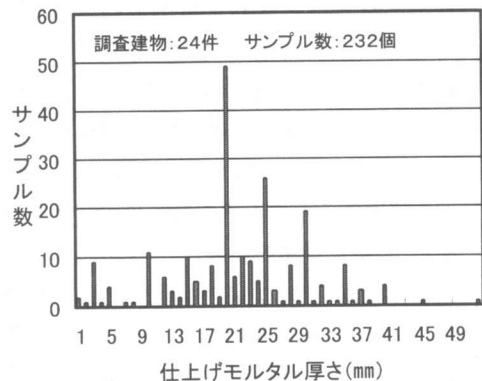


図-1 仕上げモルタルの厚さ調査結果

\*1 戸田建設(株)技術研究所材料グループ(正会員)

\*2 筑波技術短期大学助教授 建築工学科(正会員)

\*3 (株)東京ソイルリサーチつくば総合試験所室長(正会員)

### 3. 実験概要

#### 3.1 実験計画

既存建築物の調査結果から、本研究では評価する仕上げモルタルの厚さを約 15mm から 30 mm に設定し、この範囲におけるモルタル圧縮強度とその評価について検討した。しかしながら、小径のコア供試体によるモルタル圧縮強度については、コア供試体の形状・寸法、コア供試体の高さとの比、試験時の拘束状態など、圧縮強度に与える影響について不明な点があるため、下記の事項について検討した。

- 1) 小径コア供試体の採取径の相違が圧縮強度に与える影響
- 2) 小径コア供試体の高さとの比 (h/d) が圧縮強度に与える影響
- 3) 荷重時のコア供試体端面の拘束状態が圧縮強度に与える影響

実験における実験要因と水準を表-1 に示す。

#### 3.2 モルタルの調合

モルタルの使用材料を表-2 に、調合を表-3、4 にそれぞれ示す。既存の仕上げモルタルの圧縮強度は、高強度から低強度領域まで様々な状況が想定されるため、シリーズ I・II では、モルタルの調合を水セメント比 (W/C)=60~80% で、シリーズ III では、さらに低強度の W/C=78~120% とした。均一な品質のモルタル試験体を製作するため、細骨材としてシリーズ I・II ではセメント試験用の標準砂を、シリーズ III では陸砂と珪砂を用いた。さらにブリーディングを軽減するため石灰微粉を用いた。

#### 3.3 模擬試験体の作製

試験体の作製は、恒温高湿室 (20℃, 80%RH) で行い、モルタルの練混ぜは、シリーズ I・II がモルタルミキサ (容量 20 リットル) で、シリーズ III が強制パン型ミキサ (容量 100 リットル) で行った。フレッシュモルタルの性状は、フロー試験 (JIS R 5201) により確認した。

モルタル試験体の寸法とコア供試体の採取本数を表-5 に示す。シリーズ I・II のモルタル試験体は、コア供試体の採取本数とコア供試体の

表-1 実験の要因と水準

要因	シリーズ I・II	シリーズ III
水セメント比 (%)	60,70,80	78,115,120
コア採取径 (mm)	50,35,20	100,50,35,20
高さ/径 (h/d)	0.25,0.5,0.75,1.0,1.5,2.0	0.25,0.5,1.0,1.5,2.0
PTFE 使用の有無	PTFE 使用なし	PTFE 使用なし

表-2 使用材料

材料	シリーズ I・II	シリーズ III
セメント	普通ポルトランドセメント $\rho=3.16(\text{g}/\text{cm}^3)$	
水	水道水	
細骨材	標準砂 (セメント協会)	鹿島産陸砂 $\rho=2.59(\text{g}/\text{cm}^3)$
	石灰微粉 $\rho=2.71(\text{g}/\text{cm}^3)$	珪砂 (5-7 号) $\rho=2.66(\text{g}/\text{cm}^3)$ 石灰微粉 $\rho=2.71(\text{g}/\text{cm}^3)$
混和剤	AE 減水剤	AE 減水剤、消泡剤

表-3 モルタルの調合 (その 1)

シリーズ	記号	水セメント比 (%)	セメント: 砂 (容積比)	水 (kg)	セメント (kg)	細骨材 (kg)
I	S60	60	1:2.5	6.480	10.800	39.600
	S70	70	1:3.0	6.300	9.000	39.600
II	N70	70	1:5.25	4.096	5.856	30.018
	N80	80	1:6.0	4.680	5.856	34.306

表-4 モルタルの調合 (その 2)

シリーズ	記号	水セメント比 (%)	セメント: 砂 (kg)	水 (kg)	セメント (kg)	陸砂 (kg)	珪砂 5 号 (kg)	珪砂 7 号 (kg)	石灰微粉 (kg)
III	C80	78	1:4	20.0	25.7	44.1	15.73	12.3	6.96
	C115	115	1:7	20.0	17.4	55.0	20.98	17.7	6.95
	C120	120	1:7	21.6	18.0	57.4	21.92	18.5	6.95

表-5 試験体の寸法とコア供試体本数

シリーズ	試験体の形状・寸法	試験体数	コア本数
I	W450×L450×H120mm	4体	432本
II	W450×L450×H120mm	2体	216本
III	W450×L450×H210mm	9体	585本

最大採取高さ (h) が 100mm であることから幅 (w) 450mm×長さ (l) 450mm×高さ (h) 120mm とした。同様にシリーズ III は、コア供試体の最大採取高さが 200mm (φ 100mm) であることから幅 (w) 450mm×長さ (l) 450mm×高さ (h) 210mm とした。コア供試体高さは両端面を切断・研磨するために 120mm, 210mm とした。モルタル試験体から採取するコア供試体の直径は、表-6 に示す

ようにシリーズⅠ・Ⅱでは、採取径がφ50 mm、φ35 mmおよびφ20 mmの3種類とし、シリーズⅢでは、φ100 mm、φ50 mm、φ35 mmおよびφ20 mmの4種類とした。仕上げモルタルからのコア供試体の採取径としては、φ50 mmからφ20 mmを想定しているが、φ100 mmについても小径コア供試体強度との比較検討のために採取した。図-2に示すように、試験体からのコア供試体の採取位置、切断位置は、モルタルの打込み高さによる上下方向の強度差の影響を考慮して決めた。採取方法や加工精度による強度への影響を少なくするため、コア供試体の採取には定置型自動コア採取機を、コア供試体の切断には供試体回転装置付き切断機を用いた。コア供試体加圧端面の仕上げは、シリーズⅠ・Ⅱでは鉄粉を用いた回転式研磨機で、シリーズⅢでは回転式ダイヤモンド砥石で行った。

### 3.4 圧縮強度試験時の端面拘束

圧縮強度試験は、コア供試体の加圧端面と上下の耐圧盤との間にPTFE（四ふっ化エチレン樹脂、厚さ0.04 mm、動摩擦係数0.1）を使用した方法（以下、PTFEあり）と、使用しない方法（以下、PTFEなし）の2種類について行い、圧縮強度への影響を検討した。

## 4. 実験結果

### 4.1 フレッシュモルタルの性状

フレッシュモルタルのフローは、シリーズⅠ・Ⅱでは約150~165 mmで、シリーズⅢでは約120~130 mmであった。

### 4.2 圧縮強度への影響

#### (1) コア供試体の採取径の相違が圧縮強度に与える影響

採取する小径コア供試体の採取径を検討するため、コア供試体の採取径の相違が圧縮強度に与える影響について検討した。採取径のコア強度の比較は、JASS10T-102「敷モルタルの圧縮強度試験方法」からφ50 mmを基準にして比較を行った。図-3は採取径がφ50 mmのコア強度とφ35 mmのコア強度との関係を、また、図-4は採取径

がφ50 mmとφ20 mmのコア強度の関係を、図-5は同様に採取径がφ50 mmとφ100 mmのコア強度の関係を示す。いずれの採取径もコア供試体の高さとの比(h/d)が2.0の相似形で強度比較を行った。

コア供試体の採取径がφ50 mmとφ35 mmとのコア強度を比較すると、15 N/mm<sup>2</sup>から45 N/mm<sup>2</sup>の範囲では、両者には強度差はほとんど認められ

表-6 調合の種類とコア供試体の採取径

シリーズ	記号	モルタル強度 (N/mm <sup>2</sup> )	コア供試体の採取径(mm)			
			100	50	35	20
Ⅰ	S60	30		○	○	○
	S70	25		○	○	○
Ⅱ	N70	20		○	○	○
	N80	15		○	○	
Ⅲ	C80	25	○	○	○	○
	C115	20	○	○	○	
	C120	15	○	○	○	

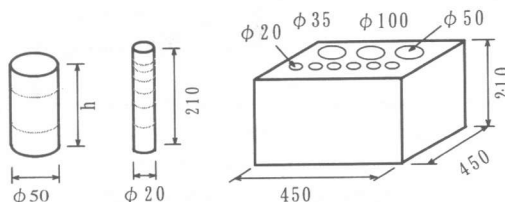


図-2 コア供試体の作製方法（例シリーズⅢ）

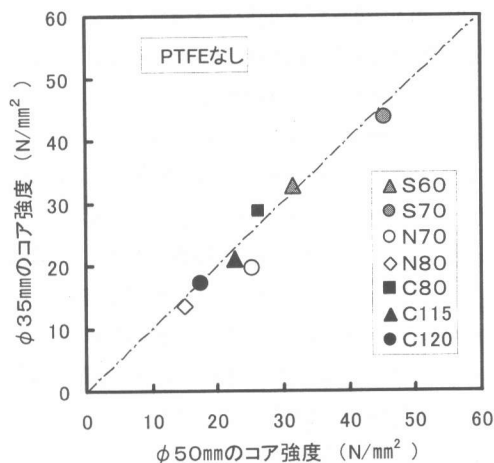


図-3 φ50 mm と φ35 mm のコア強度の関係

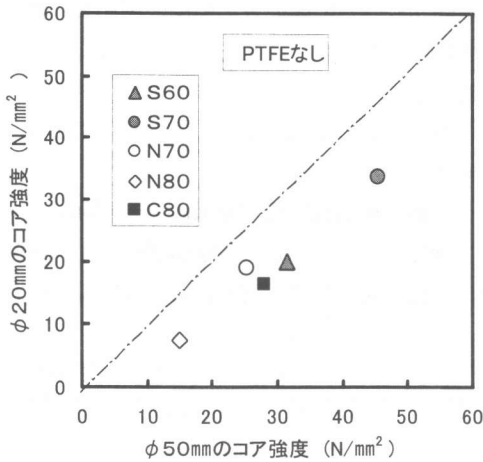


図-4 φ50mmとφ20mmのコア強度の関係

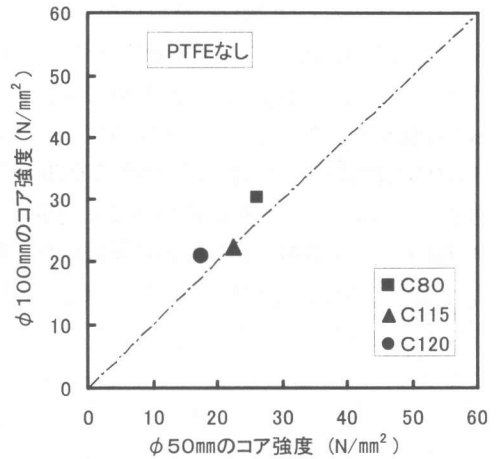


図-5 φ50mmとφ100mmのコア強度の関係

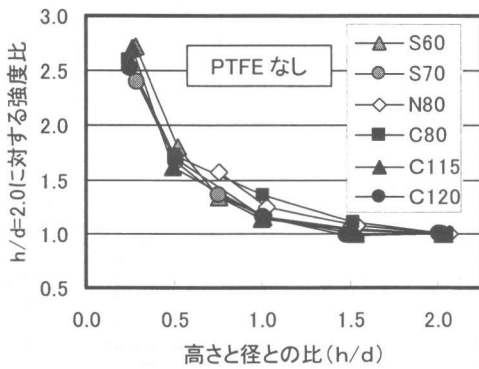


図-6 調合別の h/d と強度比の関係

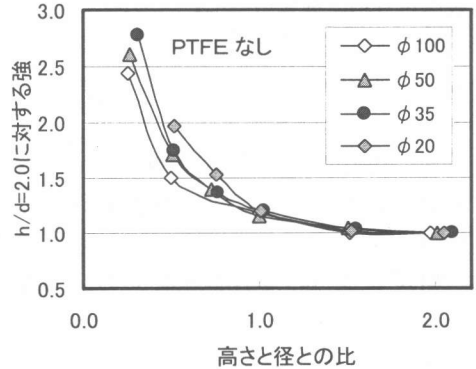


図-7 採取径別の h/d と強度比の関係

ない。同様に採取径がφ50mmとφ20mmとのコア強度を比較すると、φ50mmよりもφ20mmの方が約40%から30%程度低い値を示した。この強度差はコア強度が低い部分で顕著である。また、採取径がφ50mmとφ100mmとのコア強度を比較すると、φ50mmよりもφ100mmの方が少し大きくなる傾向にある。図-4で採取径がφ50mmのコア強度に対しφ20mmのコア強度が低下した原因として、コア供試体の直径が小さくなるとダイヤモンドビット穿孔による切削損傷(切削した砂が研磨材となりモルタル表面を研ぎ荒らす)すること、コア供試体の加圧断面積に対して周長切削面積との比が大きくなることなどが影響していると考えられる。

## (2) コア供試体の高さとの比が圧縮強度に与える影響

コア供試体の高さとの比がコア強度に与える影響を検討するため、図-6では調合別(強度別)のh/dと強度比との関係を、図-7では採取径別のh/dと強度比との関係を示す。各h/dに対する強度比はいずれもh/d=2.0を基準として求めた。h/dと強度比との関係はコア強度および採取径の大きさに関わらずh/dが2.0~1.0までは強度比の増加が緩慢で、h/dが1.0以下になると顕著に増加する。また、h/dが0.5以下になるとコア強度および採取径の大きさにより強度比の増加が異なる。

図-8に、コア供試体の高さとの比の関係を示す。仕上げモルタルの厚さを15mmから30mm

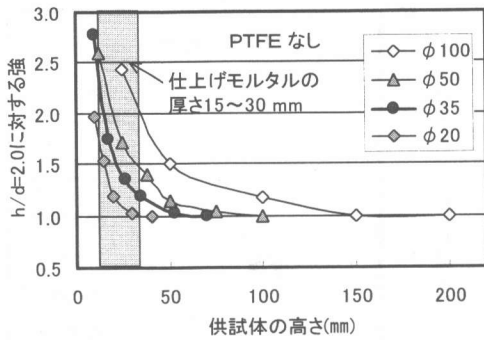


図-8 コア供試体の高さや強度比の関係

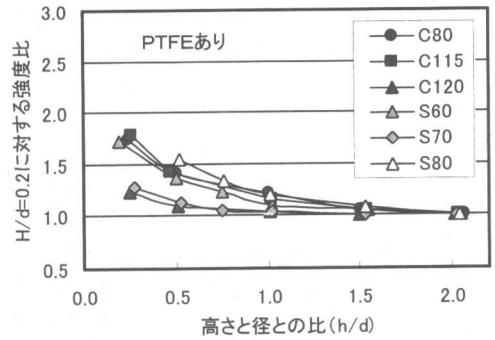


図-9 調合別の h/d と強度比との関係(PTFE)

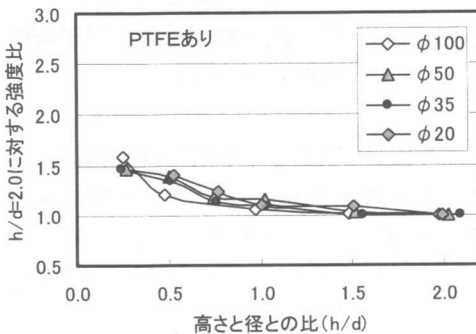


図-10 採取径別の h/d と強度比との関係(PTFE)

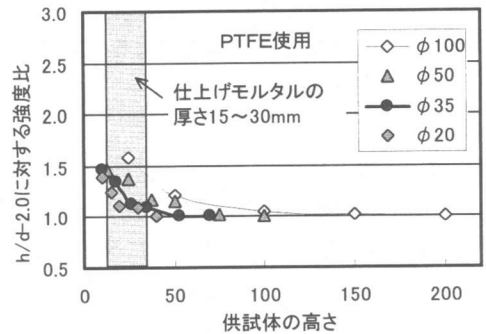


図-11 コア供試体の高さや強度比の関係(PTFE)

の範囲とすると、コアの採取径はコア供試体の高さによる強度補正を考慮して強度比の増加が比較的少ない  $\phi 35\text{mm}$  または  $\phi 20\text{mm}$  によるコア採取が有用であると考えられる。

### (3) 供試体端面の拘束の有無が圧縮強度に与える影響

PTFE を使用したときの調合別(強度別)の  $h/d$  と強度比の関係を図-9 に、採取径別の  $h/d$  と強度比の関係を図-10 に、コア供試体の高さや強度比の関係を図-11 に示す。PTFE を使用した場合、PTFE をしない場合(図-6、図-7 および図-8) に比較して、 $h/d$  が 1.0 以下でも強度比の増加は緩やかである。

採取径別に PTFE の有無によるコア強度の関係を図-12、図-13、図-14 に示す。採取径が  $\phi 50\text{mm}$  および  $\phi 35\text{mm}$  の場合は PTFE の使用の有無によるコア強度の差は殆ど認められない。 $\phi 20\text{mm}$  の場合は PTFE を使用するとコア強度が低下する傾向にある。PTFE を使用するとコア

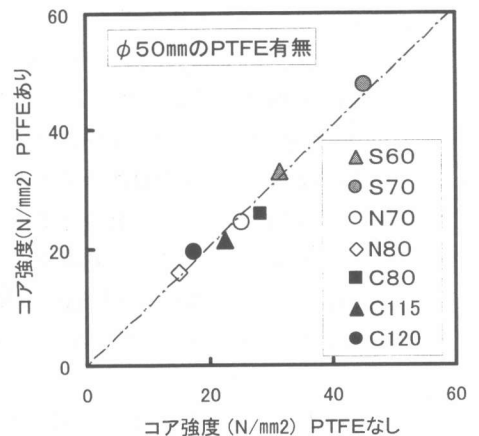


図-12 PTFE の使用の有無によるコア強度の関係 ( $\phi 50\text{mm}$ )

供試体の  $h/d$  が小さい 1.0~0.5 において、圧縮強度試験時に加圧端面の拘束を軽減するため強度比の増加が少なくなり、供試体の高さによる強度補正を行う場合に有効である。

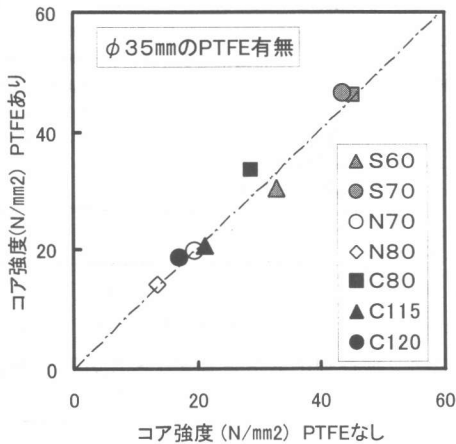


図-13 PTFE の使用の有無によるコア強度の関係(φ 35mm)

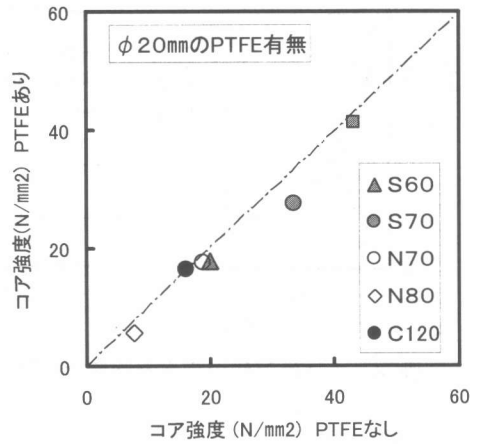


図-14 PTFE の使用の有無によるコア強度の関係(φ 20mm)

### 5. まとめ

本研究では、既存鉄筋コンクリート造建築物の仕上げモルタルの圧縮強度を適正に評価する方法として、仕上げモルタル面から直接採取した小径のコア供試体により、モルタルの圧縮強度とその評価を実験的に検討した。本研究の結果をまとめると以下ようになる。

- 1) コア供試体の採取径について、採取する径がφ 50 mmとφ 35 mmとを比較すると、コア強度は差がほとんど認められなかったが、採取径がφ 50 mmとφ 20 mmとを比較すると、φ 20 mmの方がコア強度は小さくなる傾向にある。小径コアの採取では、コア供試体の切削表面を損傷しないように鋭利なコアビットで行うことが重要である。今回の結果からみると、コアの採取径は、サンプル精度(欠陥の排除)、採取、加工精度、取り扱いの面からφ 35 mm程度が有効であると考えられる。
- 2) h/d と強度比について、コア供試体の h/d が 1.0 以下になると急激に強度比が増加する。コア供試体の h/d に対する強度補正値を考えると、採取径は PTFE を使用しない場合でφ 20 mmまたはφ 35 mm程度、PTFE を使用した場合でφ 35 mmまたはφ 50 mmが有効であると考えられる。
- 3) PTFE の有効性について、h/d が小さい場合、

圧縮強度試験時に PTFE を使用することは有効な手段である。しかし、コア供試体径がφ 20 mmでは PTFE を使用すると、PTFE を使用しないものに比べコア強度が小さくなる傾向にある。

- 4) 表-7 に総合評価を示す。仕上げモルタルの圧縮強度を適正に評価する方法としてコア供試体の採取径はφ 35 mm程度が採取方法、加工成形、試験精度とも比較的よい。また、モルタルコア強度の推定にも有効である。

表-7 総合評価

項目	PTFE なし			PTFE あり		
	φ20	φ35	φ50	φ20	φ35	φ50
採取径(d)	△	○	○	△	○	○
h/d	○	○	△	○	○	○
評価	-	○	-	-	○	○

### 参考文献

- 1) 篠崎 徹ほか：既存建築物の仕上げモルタル圧縮強度試験および評価に関する研究 その 2 モルタルコアの強度試験方法とその強度評価に関する実験的検討，日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)，A-1，pp. 647-648，1998. 9.
- 2) 篠崎 徹ほか：既存建築物の仕上げモルタル圧縮強度試験および評価に関する研究 その 3 コア供試体寸法の圧縮強度への影響，日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)，A-1，pp. 1033-1034，2000. 9.
- 3) 岡田・六車編集：コンクリート工学ハンドブック，pp. 377，1981.