

◆ 報 文 ◆

# ボス供試体と小径コアによるコンクリートの圧縮強度の推定実験

片平 博\* 森濱和正\*\* 石原雅規\*\*\* 河野広隆\*\*\*\*

## 1. はじめに

コンクリート構造物の品質を管理するうえで強度の管理は重要である。コンクリートの強度を管理する方法としては、円柱供試体(以下、管理用供試体という)を用いる方法が一般的である。

管理用供試体は、打設中のコンクリートを円柱型枠に採取することによって作製し、翌日に脱型、20℃の水中で養生し、材齢28日で圧縮強度試験を行う。これは十分に養生された構造物のコンクリート強度は28日間水中養生された管理供試体の強度と遜色ないという考えに基づいている。しかし、コンクリート打設後の養生が不十分だと十分な強度発現が得られず、管理用供試体の強度に達しない場合がある。また、管理用供試体は半日に1回程度採取すれば良いことになっており、アジテータ車で逐次搬入される全てのコンクリートの品質を代表しているわけではない。さらに、コンクリート打設中の締固め不足、突然の降雨や、あつてはならないが加水行為等があった場合には、構造物の強度は管理用供試体の強度と乖離することとなる。

これらのことから、完成した構造物の強度を直接的に測定する検査技術の確立が望まれている。現在用いられている方法としては、構造物からφ100mm程度のコアを採取して圧縮強度試験を行う方法があるが、構造物を痛めてしまうために特別な事情がある場合を除いては実施できない。超音波や比抵抗などを用いた非破壊試験法によって圧縮強度を推定しようとする試みも盛んに行われているが、実験段階ではある程度の推定が可能となってきているものの、実用化には達していないのが現状である。

このような現状をふまえ、完全な非破壊検査ではないが、構造物への影響が少ない方法としてボス供試体<sup>1)</sup>による方法と、小径コアによる方法<sup>2),3)</sup>を選択し、これらによる圧縮強度推定精度について、実験的検討を行った。

ボス供試体による試験とは Broken Off Specimens by Splitting (BOSS) Method のことである。ボス供試体は、あらかじめ構造物のコンクリート用型枠にボス供試体用の凸型の型枠(ボス型枠)を取り付けておくことで、このボス型枠内に構造物と同一のコンクリートが打ち込まれるものであり、所要の試験材齢になったらボス供試体を取り外して圧縮強度試験を行うというものである。これまでに建築で使用実績がある<sup>1)</sup>。

小径コアとはφ20~50mm程度のコアを構造物から採取し、圧縮強度試験を行うものであり、コア径を小さくすることで構造物へのダメージを極力小さくしようとするものである。

## 2. 目的

ボス供試体はこれまで建築用コンクリートに対しての実績があるが、今回、土木用コンクリートへの適用性と圧縮強度の推定精度について検討する。

小径コアについてはコア径を25mmとし、主に圧縮強度の推定精度と試験値のバラツキの程度を検討することを目的とする。

## 3. 実験方法

### 3.1 コンクリートの配合、製造

試験体を作製するコンクリートの配合は一般的な土木用のコンクリートとし、呼び強度24、スランプ8cmとして、粗骨材最大寸法は25mmと

表-1 コンクリートの配合

供試体	粗骨材の最大寸法 (mm)	呼び強度	配合強度	目標スランプ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
							水	セメント	細骨材	粗骨材①	粗骨材②	混和剤
A	25	24	30.2	8	50.0	43.0	160	320	763	1,023	—	3.42
B	40			8	49.5	41.5	153	309	748	756	321	3.31



表-2 材料の物性

粗骨材	川砂利、絶乾密度 2.55g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 1.70%
細骨材	川砂、絶乾密度 2.53g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 1.83%
セメント	早強セメント、密度 3.14g/cm <sup>3</sup>
混和剤	リグニンスルホン酸系 AE 減水剤

表-3 コンクリートのフレッシュ性状

	A 配合	B 配合
スランプ (cm)	6.5	5.9
空気量 (%)	4.6	4.9
コンクリート温度 (°C)	10	10

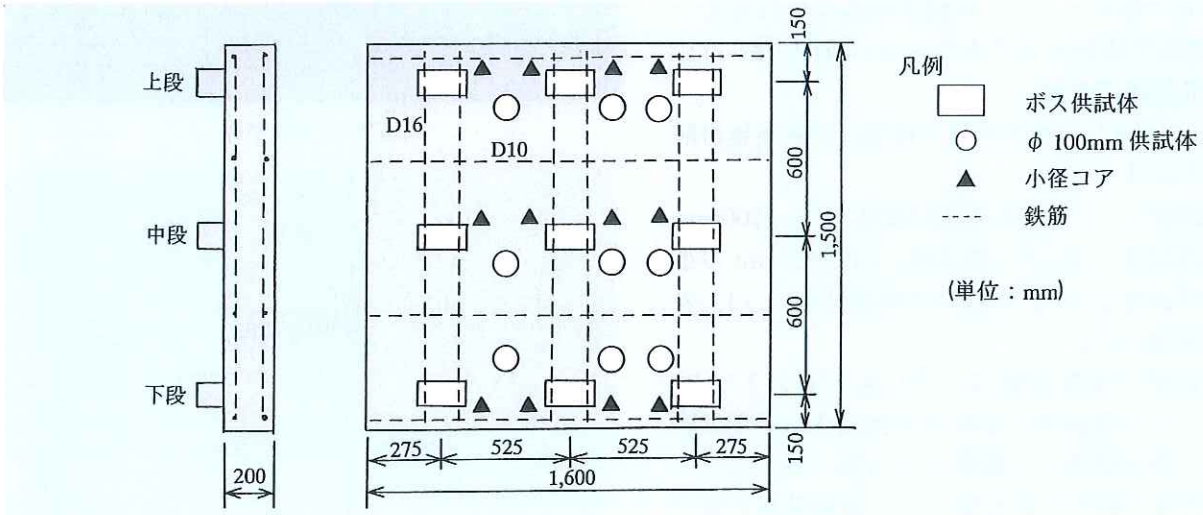


図-1 壁試験体

40mm の 2 種類とした。配合表を表-1 に、使用材料の物性を表-2 に示す。

コンクリートは生コン工場で作製し、アジテータ車で運搬した。運搬時間は約 15 分である。荷下ろし時のフレッシュ性状は表-3 に示すとおりであった。

3.2 壁試験体の作製

試験体の形状は図-1 に示すとおりで、幅 1,600mm、高さ 1,500mm、厚さ 200mm の壁試験体であり、高さ 150mm、750mm、1,350mm の位置にボス型枠を 3 体ずつ設置した。

壁試験体は 3 体作製した。表-1 に示す A 配合のコンクリートで 2 体、B 配合で 1 体である。試験体 No. は A-1、A-2 および B とした。



写真-1 打設状況

コンクリートの打設方法はバケツ打ちで、壁試験体を 3 層で打設した。打設したコンクリート

表-4 圧縮強度試験の種類と数量

供試体種類	材齢	φ100mm コア		ボス供試体		小径コア		管理用供試体	
		7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
A-1	上段	1	1	1	1	3	5	} 3	} 水中養生 3 気中養生 3
	中段	1	1	1	1	2	5		
	下段	1	1	1	1	3	5		
A-2	上段	1	1	1	1	3	3	} 3	} 水中養生 3 気中養生 3
	中段	1	1	1	1	2	3		
	下段	1	1	1	1	3	3		
B	上段	1	1	1	1	3	5	} 3	} 水中養生 3 気中養生 3
	中断	1	1	1	1	3	4		
	下段	1	1	1	1	3	5		



は内挿型のバイブレータによって十分な締固めを行った。打設状況を写真-1 に示す。

打設は冬季に室内で行った。室温は 5~10℃ 程度であり、電気毛布による保温養生を 3 日間行った。

3 日後に脱型し、材齢 7 日までは湿布養生、その後は気中養生とした。試験体設置場所は室内であり、風雨や直射日光の当たらない場所であった。

### 3.4 強度試験の方法

表-4 に実施した強度試験の種類、試験実施材齢と数量を示す。

強度試験として (1) 管理用供試体、(2)  $\phi 100\text{mm}$  のコア供試体、(3) ボス供試体、(4)  $\phi 25\text{mm}$  の小径コア供試体 (以下、小径コア供試体という)、の試験を実施した。

強度試験の実施材齢はいずれも 7 日および 28 日とし、コア供試体およびボス供試体は強度試験の直前に壁試験体から採取または取り外した。

各供試体の採取位置を図-1 に、試験数量を表-4 に、各試験の方法を以下に述べる。

#### (1) 管理用供試体

管理用供試体は A, B 配合ごとに採取した。供試体の寸法は A, B 配合の粗骨材最大寸法の違いから A 配合については  $\phi 100 \times h 200\text{mm}$ 、B 配合については  $\phi 125 \times h 250\text{mm}$  とした。管理用供試体は脱型後、壁試験体の近くの場所で養生することとし、材齢 7 日までは湿布養生とした。ただし電気毛布による保温養生は行わなかった。その後はその場所で気中養生とした条件と 20℃ の水中養生とした条件とを設定した。試験本数は各条件ごとに 3 本ずつとした。

#### (2) $\phi 100\text{mm}$ のコア供試体

材齢 7, 28 日ごとに各壁試験体の上段、中段、下段から 1 本ずつ採取した。採取時期は圧縮強度試験を実施する前日とした。コアボーリングは壁試験体 (厚さ 200mm) を貫通するかたちで抜き、 $\phi 100\text{mm}$ 、長さ 200mm のコア供試体とした。採取したコアの両端面は研磨仕上げとし、圧縮強度試験を実施した。

#### (3) ボス供試体

写真-2 に示すようなボス型枠を壁試験体の型枠に事前に設置することで、壁試験体の打設と同時にボス型枠内にも同一のコンクリートが打設される。

ボス供試体のこれまでの使用実績としては、建築用のスランプ 10 数 cm、粗骨材最大寸法 20 または 25mm のコンクリートに対する実績があり、

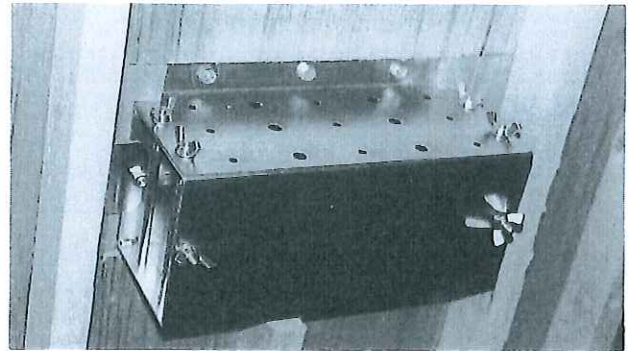


写真-2 ボス型枠

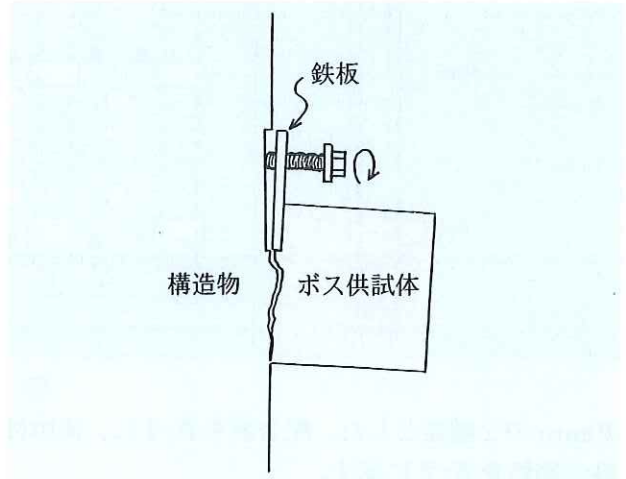


図-2 ボス供試体の取り外し



写真-3 分離したボス供試体

ボス供試体の大きさは  $100 \times 100 \times 200\text{mm}$  が標準であった。

これに対して今回の実験は土木用コンクリートを対象としており、スランプ 8cm、粗骨材最大寸法は A 配合で 25mm、B 配合で 40mm である。これらの配合に対するボス供試体の適応性を検討した。ボス供試体の寸法は壁試験体 A-2 では従来通りの  $100 \times 100 \times 200\text{mm}$  としたが、壁試験体 B では粗骨材最大寸法が 40mm であることから  $125 \times 125 \times 250\text{mm}$  とした。なお、壁試験体 A-1 のボス供試体の寸法は試験の合理化 (小型化)



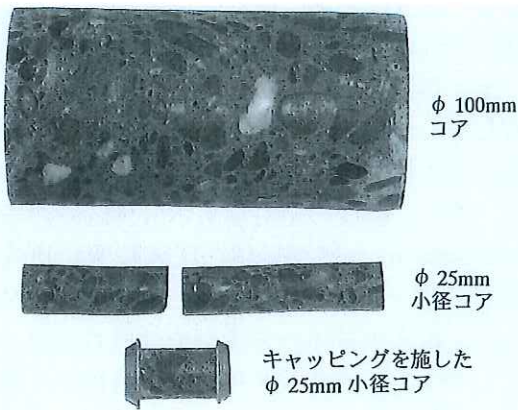


写真-4 φ100mm コアと小径コアの比較

を図る観点から 75 × 75 × 150mm とした。

ボス供試体の設置場所は各壁試験体の上段、中段、下段とし、試験本数は材齢 7, 28 日ごとに 1 本ずつとした。

ボス供試体の取り外しは図-2 に示すようにスリットに挿入してある鉄板にネジをねじ込むことで鉄板を押し上げ、境界面に引張破壊を生じさせて分離するものである。

分離後のボス供試体を写真-3 に示す。スランブ 8cm 程度の土木用コンクリートでもボス型枠内にコンクリートがよく充填されていることが確認できた。

圧縮強度試験を実施する際のボス供試体の載荷方向は正方形面を載荷面とする方向とした。圧縮強度を算出する際に必要となる断面積の算出法としては、両載荷面の縦、横の寸法の平均値から断面積を算出した。

(4) 小径コア供試体

小径コアとしては各壁試験体の上段、中段、下段から φ25mm のコアを採取した。コアは表面を観察し、粗骨材がコア断面の大部分を占めている部分や部分的な欠陥部を避けて、長さ 50mm で

切断し、両端面を硫黄キャッピングした。写真-4 に φ100mm コア供試体と φ25mm 小径コア供試体の大きさを比較するが、小径コア供試体の容積は φ100mm コア供試体の 1/64 である。また構造物に生じる削孔面積は約 1/12 である。このためコンクリート構造物へ与えるダメージは格段に小さく、また鉄筋を切断する可能性も低い。

小径コアの圧縮試験用供試体の本数は表-4 に示すとおりとした。

小径コア供試体の圧縮強度試験の方法は、基本的には管理用供試体や φ100mm コア供試体と変わらない。ただし留意点として、一般のコンクリート用圧縮試験機で試験を行うと、コア径が非常に小さいために載荷ヘッドの球座が有効に機能せずに片押しとなり、破壊荷重が低下する傾向が認められた。対応として、載荷ヘッドを供試体に接触させる際に片押しとならないように細心の注意を払い、なじみを良くする必要があった。可能であれば小径コア供試体に見合った小型の圧縮試験機を用いることが望ましいと考えられる。

4. 実験結果

各供試体による圧縮強度試験結果を図-3 に示す。

この図では各壁試験体ごとに圧縮強度試験結果を示した。グラフの縦軸には材齢 7 日および 28 日の圧縮強度、横軸は採取場所として上段、中段、下段の別を示し、また、管理用供試体の結果も示した。小径コアと管理用供試体の値は平均値である。

4.1 管理供試体の試験結果

図-3 から管理用供試体と φ100mm コアの強度について以下に述べる。

管理用供試体の強度を φ100mm コア供試体やボス供試体の強度と比較すると、7 日強度はやや

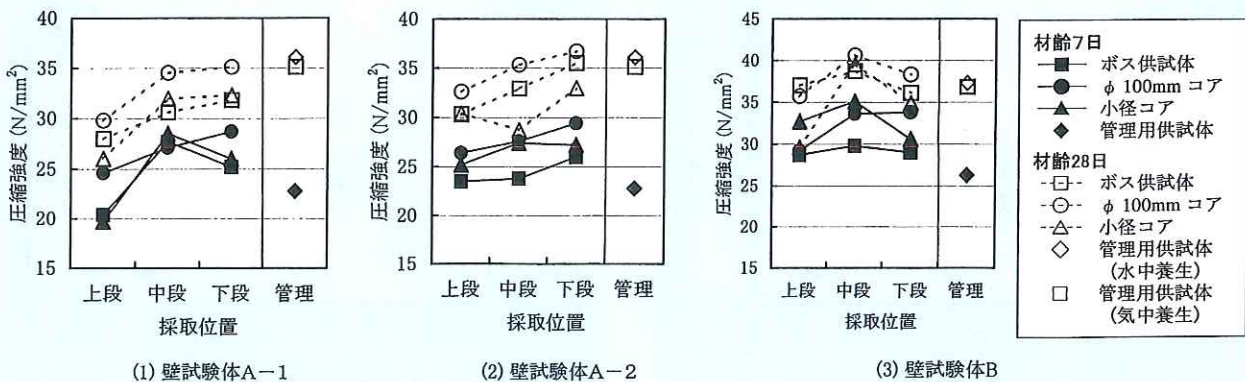


図-3 強度試験結果



小さく、28日強度は同程度か逆にやや高い結果となった。この違いは養生中の環境温度の違いによるものと考えられる。すなわち、打設直後から3日間、壁試験体に対しては電気毛布による保温養生を行ったが、管理用供試体に対する保温養生は十分ではなく、供試体内温度が低いままで、初期強度の発現がやや遅れたものと考えられる。

なお、28日強度については材齢7日以降、気中養生と水中養生の2とおりの養生を行ったが、双方の結果に有意な差は見られなかった。

#### 4.2 φ100mm コア供試体の結果

図-3よりφ100mm コア供試体の圧縮強度は、下段、中段、上段の順にやや低くなる傾向を示した。この傾向は一般的に見られる現象である。この理由としては、締固めによって①骨材の沈下、②エアの上昇、③ブリージング水の上昇等が生じ、結果的に上部に比較して下部のほうがやや密実なコンクリートになることが考えられる。ただし、A-1 壁試験体ではこの傾向が特に顕著であった。この原因としてはA-1 壁試験体の上部の打設に用いられたコンクリートの性状が他の部分よりも軟らかかったことが目視で観察されており、分離しやすいコンクリートであったことが予想される。

このように壁試験体の強度は場所(高さ)によって異なる結果となった。このため以下のボス供試体、小径コアの強度については管理用供試体との比較ではなく、主にφ100mm コア強度との比較について述べる。

#### 4.3 ボス供試体の試験結果

図-3より、ボス供試体の試験結果とφ100mm コア供試体の強度差は最大でも5N/mm<sup>2</sup>程度し

がなく、双方の結果は概ね同様の傾向を示した。

図-4はφ100mm コア供試体の圧縮強度を横軸に、ボス供試体の圧縮強度を縦軸にとり、双方を比較したものである。φ100mm コア供試体の圧縮強度とボス供試体の圧縮強度の相関係数は0.94と高く、また、強度の絶対値もボス供試体の圧縮強度はφ100mm コア供試体の圧縮強度に比較して平均でわずかに7%程度低いだけで、良い対応を示した。ボス供試体の強度がやや低めとなった理由としては、①ボス供試体を壁試験体から取り外す際に分離面周辺に微細なクラックが入る可能性がある、②分離面に凹凸が生じるために有効断面積が小さい可能性がある、③ボス供試体は角柱であるため、円柱供試体に比較して応力状態が均一でない可能性がある、等が考えられる。なお、今回の試験ではボス供試体の寸法を3種類設定したが、φ100mm コア強度との関係に寸法の違いによる有意な差は認められなかった。

#### 4.4 小径コア供試体の試験結果

図-3の小径コア供試体の結果は平均値である。この図より、小径コア供試体の試験結果はφ100mm コア供試体やボス供試体の試験結果と概ね同様の傾向を示した。

図-5はφ100mm コア供試体の圧縮強度を横軸に、小径コア供試体の圧縮強度(平均値)を縦軸にとり、双方を比較したものである。φ100mm コア供試体の圧縮強度と小径コア供試体の圧縮強度の相関係数は0.83であった。小径コアの圧縮強度の絶対値はφ100mm コア供試体の圧縮強度に比較して平均でわずかに7%程度低いだけで良い対応を示した。小径コアの強度がやや低めとなった理由としては、コア径が小さいことからコアポーリ

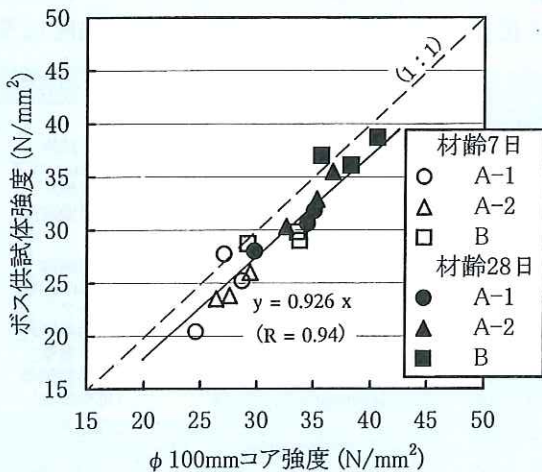


図-4 φ100mm コアとボス供試体の強比較度

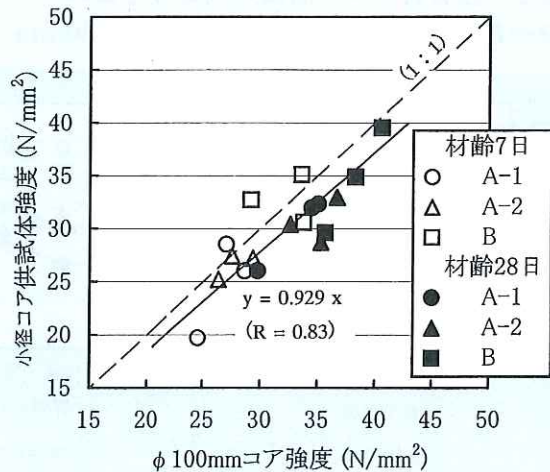


図-5 φ100mm コアと小径コアの強度比較



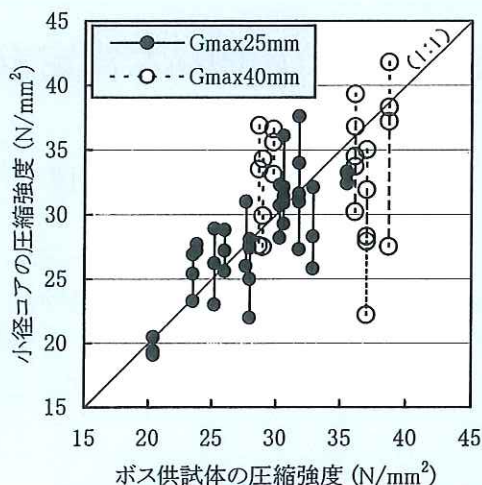


図-6 ボス供試体と小径コアの強度比較

ング時にコア表面に生じる微細な損傷や不陸の影響が相対的に大きいことが考えられる。

図-6 はボス供試体と小径コアの強度を比較したものである。多少のばらつきはあるものの、双方の強度の大きさは概ね同程度となった。小径コアの圧縮強度試験は各条件ごとに2~5本ずつ実施しており、この図では全ての試験結果を示した。図中の縦線がバラツキの幅である。小径コア強度のバラツキの標準偏差はA配合(粗骨材最大寸法25mm)で約8%、B配合(粗骨材最大寸法40mm)で約12%であり、粗骨材最大寸法の大きい配合のほうがややバラツキの幅が大きくなる傾向を示した。

JIS A 1107ではコンクリートからの採取するコア径は粗骨材最大寸法の3倍以上としており、小径コアはこの規準を逸脱している。それでもある程度の精度で圧縮強度が測定できる理由としては、コンクリート強度が40N/mm<sup>2</sup>程度以下であれば、コンクリート強度はコンクリート中のモルタル成分の強度によって決まると考えられ、モルタル成分の強度測定であれば小径コアでもある程

度の精度が得られるものと考えられる。ただし、粗骨材最大寸法が大きくなると、小径コア中に占める粗骨材の容積が大きくなるため、強度試験結果のバラツキが大きくなることが考えられる。

### 5. まとめ

- (1) ボス供試体の圧縮強度はφ100mm コア供試体より7%程度低い値を示したが、両者の結果は良い対応を示した。
- (2) 小径コア供試体の圧縮強度はφ100mm コア供試体より7%程度低い値を示したが、両者の結果は概ね良い対応を示した。

### 6. おわりに

コンクリート構造物の圧縮強度推定法について、従来のφ100mm コア供試体を用いる方法と比較して構造物に与えるダメージの少ない方法として、ボス供試体と小径コア供試体による方法を取りあげ、実験により双方の有効性を確認することができた。試験法の確立に向けて今後とも研究を進めていく必要がある。

ボス供試体の試験の実施においては、戸田建設(株) 篠崎徹氏に貴重なアドバイスを頂いた。誌面を借りて深く感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 篠崎徹、板谷俊郎、梅本宗宏、白山和久：ボス供試体による構造体コンクリートの強度推定法、日本コンクリート工学協会 コンクリートの品質評価に関するシンポジウム, pp.69-76, 1998.12
- 2) 国本正恵、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇：小径コアを用いたコンクリートの圧縮強度試験方法の検討、コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.1, 2000.
- 3) 寺田謙一、谷川泰雄、江口清、中込昭、佐原春也、若林信太郎、篠崎公彦、磯健一、寺田謙一：小径コアによる構造体コンクリート強度の推定法に関する研究(その1~5)、日本建築学会大会学術講演梗概集A1, pp.847-856, 2000.

片平 博\*



独立行政法人土木研究所  
技術推進本部構造物マネジメント技術チーム  
主任研究員  
Hiroshi KATAHIRA

森濱和正\*\*



同 構造物マネジメント  
技術チーム主任研究員  
Kazumasa MORIHAMA

石原雅規\*\*\*



同 施工技術チーム研究員  
Masanori ISHIHARA

河野広隆\*\*\*\*



同 構造物マネジメント  
技術チーム主席研究員  
Hiroataka KAWANO