

論文 Article

ボス供試体によるコンクリートの静弾性係数試験に関する研究

原稿受付 2019 年 6 月 25 日

ものづくり大学紀要 第 9 号 (2019) 24~29

坂本大河^{*1}, 澤本武博^{*2}, 篠崎徹^{*2}, 森濱和正^{*2}^{*1}ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科A Study on Testing for Static Modulus of Elasticity of Concrete
by Using BOSS SpecimenTaiga SAKAMOTO^{*1}, Takehiro SAWAMOTO^{*2}, Tohru SHINOZAKI^{*2} and Kazumasa MORIHAMA^{*2}^{*1} Graduate School of Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists

Abstract

Test method for compressive strength of BOSS specimen is provided for NDIS 3424. However, test method for static modulus of elasticity of the BOSS specimen is not provided. In this study, static modulus of elasticity of the BOSS specimens using ordinary portland cement and blast-furnace slag cement class B were compared with core specimens. As a result, compressive strength and static modulus of elasticity of the BOSS specimens and the core specimens were almost the same, and it is considered that the static modulus of elasticity can be measured by sticking two strain gauges diagonally on the surfaces of BOSS specimen. If it is difficult to stick strain gauge on the top surface which reminded track of crater, two strain gauges should be stuck on the side surface and the split surface of BOSS specimen diagonally.

Key Words : Concrete, BOSS specimen, Static modulus of elasticity, BOSS mold, Compressive strength

1. はじめに

新設の構造体コンクリートの圧縮強度を確認する方法として一般的に管理用円柱供試体の強度が用いられるが、同じ配合のコンクリートでも構造体と円柱供試体の圧縮強度には、打込み、締固めおよび養生などの影響で差が認められる。一方、構造体からコア供試体を採取する方法があるが、コア供試体の採取には構造体への損傷やその補修の必要性、またコアを採取したのちに供試体を切断および研磨成型する必要があるなど、多くの問

題点があるため、新設の構造体コンクリートの強度管理に用いられてはいない。これらの問題点を解消するため、構造体コンクリートの強度を直接測定する方法として構造体と一体成型したボス供試体 (BOSS : Broken Off Specimens by Splitting) が日本非破壊検査協会規格 NDIS 3424 に制定されており、土木構造物や建築構造物に採用されつつある¹⁾。ボス供試体は、図 1 に示すように構造体型枠にボス型枠を取り付け、コンクリートを打ち込み、構造体と同様な環境化で一体成型される。試験材齢直前に構造体コンクリートからボス供試体



Fig. 1 Method for make BOSS specimen

Table 1 Mix proportions of concrete

Sign	Fc	Cement	Gmax (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m ³)					Test results			
								W	C	S	G	Ad	Slump (cm)	Air (%)	Temperature (°C)	Standard curing (N/mm ²)
100N	27	N	20	12	4.5	53.5	44.8	168	315	804	1001	3,780	12.0	4.7	24.1	28.1
100BB	27	BB	20	12	4.5	51.5	44.0	166	323	791	1003	3,876	11.5	4.4	25.3	35.9
125BB	36	BB	20	18	4.5	44.0	46.2	170	387	793	935	3,483	20.5	3.0	21.2	53.8

を割取り、その後研磨成型の必要がないため圧縮強度試験を容易に行うことができる。しかし、ボス供試体を用いて圧縮強度試験の際に静弾性係数を測定する研究はなく、その試みは始まったばかりである²⁾。

本研究では、普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種を用い、ボス供試体とコア供試体の静弾性係数を比較した。そして、ボス供試体を使用して構造体コンクリートの静弾性係数が測定できるのかどうか検討した。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表 1 に示す。実験では、呼び強度 27 および 36 のレディーミクストコンクリートを使用し、セメントには普通ポルトランドセメント（以下、N と称す）または高炉セメント B 種（以下、BB と称す）の 2 種類、細骨材には栃木県栃木市尻内町産山砂（表乾密度 2.61g/cm³、粗粒率 2.75）を、粗骨材には栃木県栃木市尻内町産砕石（最大寸法 20mm、表乾密度 2.64g/cm³、実積率 59.0%）を用いた。また、混和剤として呼び強

度 27 は AE 減水剤を、呼び強度 36 は高性能 AE 減水剤を添加した。

2.2 ボス型枠の壁試験体への取付け

実験では、高さ 1100mm、長さ 1500mm、厚さ 400mm または 450mm の壁試験体を使用し、壁試験体型枠の上段部と下段部に□100×200mm または□125×250mm のボス型枠を 3 個ずつ取り付けた。

2.3 壁試験体へのコンクリートの打込み

壁試験体へのコンクリートの打込みは室内で行い、トラックアジテータから直接壁試験体型枠にシュート打ちで 3 層に分けて打ち込み、締固めは棒形振動機で行った。壁試験体はコンクリートの打込み後、材齢 7 日で壁試験体型枠を脱型し、ボス供試体は図 2 に示すように試験材齢直前までボス型枠を脱型しないで壁試験体に取り付けたまま養生した。

2.4 ボス供試体およびコア供試体

ボス供試体は、圧縮強度試験前に壁試験体の上下から 3 個ずつ割取り、コア供試体は、ボス供試体位置の左右から上下 4 本ずつ採取した。ボス供試体およびコア供試体の寸法を図 3 に示す。呼び強度 27 は□100×200mm のボス供試体およびφ10

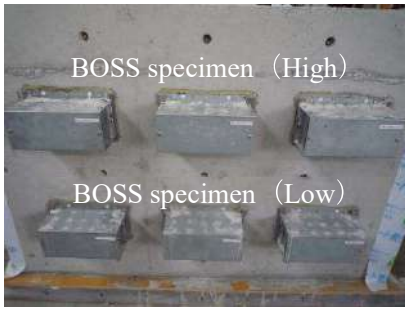


Fig. 2 Curing of BOSS specimen

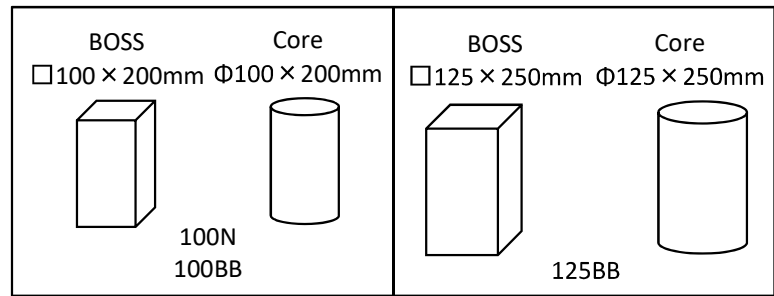


Fig. 3 Size of BOSS specimen and core specimen

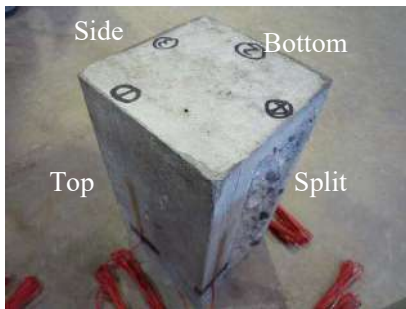


Fig. 4 Sticking strain gauges



Fig. 5 Test for BOSS specimen



Fig. 6 Test for core specimen

0×200mm のコア供試体、呼び強度 36 は□125×250mm のボス供試体およびφ125×250mm のコア供試体で比較した。

2.5 圧縮強度試験および静弾性係数試験

ボス供試体は日本非破壊検査協会規格 NDIS 3424 に準拠し¹⁾、コア供試体は JIS A 1108 に準拠して材齢 28 日で圧縮強度試験を行った³⁾。

静弾性係数試験は、圧縮強度試験と合わせて材齢 28 日で行い、応力-ひずみ曲線の最大荷重の 1/3 に相当する応力とボス供試体の縦ひずみ 50×10^{-6} の時の応力とを結ぶ線分の勾配として与えられる割線弾性係数とした。

実験では、ボス供試体のコンクリート表面を紙やすりで細骨材が見えるまで削り、ゲージ長 70mm のひずみゲージをボス供試体の上面 (CH1)、底面 (CH2)、側面 (CH3) および成形板により平らになる範囲の割取り面 (CH4) に貼り付けた。ボス供試体へのゲージの貼付け位置を図 4 に示す。なお、上面および底面はそれぞれ中央部に、割取り面 (CH4) へのゲージの貼付けは、成形板でコンクリートが平らになった位置に貼付け、側面 (CH3) ではその対角の位置になるようにゲージを貼り付けた。コア供試体は、JIS A 1149 に準拠して材齢 28 日で静弾性係数試験を行った⁴⁾。ボス供

試体およびコア供試体の静弾性係数試験の様子を図 5 および図 6 に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度試験結果

ボス供試体およびコア供試体の圧縮強度試験結果を表 2(1)、表 3(1)および表 4(1)に示す。圧縮強度は、ボス供試体およびコア供試体の上段下段問わず、同じ配合では概ね同程度となった。また、圧縮強度のばらつきはボス供試体よりもコア供試体が大きくなった。

3.2 静弾性係数試験結果

ひずみゲージ 4 本ずつのボス供試体の応力-ひずみ曲線および対角になるひずみゲージの CH1・CH2 および CH3・CH4 を平均した場合のボス供試体の応力-ひずみ曲線の一例を図 7 に示す。CH1～CH4 でばらつきが見受けられる場合もあったが、対角にひずみゲージを貼り付けた CH1・CH2 および CH3・CH4 を平均すると、概ね同じ曲線となった。この結果から、ボス供試体は、ひずみゲージを貼り付ける面による静弾性係数への影響は小さいと考えられる。

応力-ひずみ曲線から求めたボス供試体および

Table 2 Test results of 100N

(1) Results of compressive strength test

State of specimen	Compressive strength (N/mm ²)				
Specimen No.	1	2	3	4	Ave.
BOSS (High)	25.5	26.1	22.4	-	24.7
Core (High)	22.4	21.5	24.9	20.5	22.3
BOSS (Low)	26.9	27.6	28.3	-	27.6
Core (Low)	22.8	20.1	26.7	28.3	24.5

(2) Results of testing for static modulus of elasticity

State of specimen	Static modulus of elasticity (kN/mm ²)					
Specimen No.	1	2	3	4	Ave.	
BOSS (High)	CH1・2	24.8	23.6	22.6	-	23.7
	CH3・4	24.1	24.6	23.0	-	23.9
Core (High)		22.4	23.8	21.7	27.7	23.9
BOSS (Low)	CH1・2	26.8	24.8	25.9	-	25.8
	CH3・4	20.7	23.9	31.7	-	25.4
Core (Low)		23.6	26.8	23.8	26.6	25.2

Table 3 Test results of 100BB

(1) Results of compressive strength test

State of specimen	Compressive strength (N/mm ²)				
Specimen No.	1	2	3	4	Ave.
BOSS (High)	27.7	28.7	28.7	-	28.4
Core (High)	31.3	33.9	32.3	24.5	30.5
BOSS (Low)	30.9	31.5	32.6	-	31.6
Core (Low)	33.8	31.2	31.5	28.7	31.3

(2) Results of testing for static modulus of elasticity

State of specimen	Static modulus of elasticity (kN/mm ²)					
Specimen No.	1	2	3	4	Ave.	
BOSS (High)	CH1・2	18.6	23.3	25.0	-	22.3
	CH3・4	18.6	21.7	23.9	-	21.4
Core (High)		23.6	24.9	24.0	25.3	24.5
BOSS (Low)	CH1・2	28.2	27.0	24.8	-	26.7
	CH3・4	25.4	27.2	23.3	-	25.3
Core (Low)		25.1	(15.1)	22.6	24.4	24.0

Table 4 Test results of 125BB

(1) Results of compressive strength test

State of specimen	Compressive strength (N/mm ²)				
Specimen No.	1	2	3	4	Ave.
BOSS (High)	48.5	46.3	48.2	-	47.7
Core (High)	47.3	44.6	44.5	49.2	46.4

(2) Results of testing for static modulus of elasticity

State of specimen	Static modulus of elasticity (kN/mm ²)					
Specimen No.	1	2	3	4	Ave.	
BOSS (High)	CH1・2	27.1	28.1	28.5	-	27.9
	CH3・4	24.0	28.0	30.6	-	27.5
Core (High)		29.3	26.6	25.9	29.9	27.9

コア供試体の静弾性係数試験結果を、表 2(2)、表 3(2)および表 4(2)に示す。100BB のボス供試体における供試体番号 1 の静弾性係数がやや小さいが、ボス供試体の上面および底面にひずみゲージを貼り付けた CH1・CH2 およびボス供試体の側面および割取り面にひずみゲージを貼り付けた CH3・CH4 のいずれの静弾性係数も、コア供試体の静弾性係数に近い値を示した。

ボス供試体およびコア供試体の静弾性係数の平均値を相関図にしたものを図 8 に示す。ボス供試体の静弾性係数は、CH1・2 および CH3・4 いずれの場合にもコア供試体の静弾性係数の概ね±10

%の範囲内にあり、同程度の範囲と考えられる。

静弾性係数および圧縮強度の関係を図 9 に示す。ボス供試体の静弾性係数は、概ね日本建築学会式（混和材による係数 $N=1.0$, $BB=0.95$, 単位容積質量 $2.3t/m^3$) 付近にあった。そのため、今回の実験の範囲では、ボス供試体の上面と底面、側面と割取り面（成形板により平らになっている範囲）のいずれかに、ひずみゲージを対角に貼り付ければ、静弾性係数は測定できると考えられる。

ただし、ひずみゲージを張り付ける際の留意点として、図 10 に示すように供試体製作の過程でできるボス供試体上面 (CH1) の透気性シートの跡

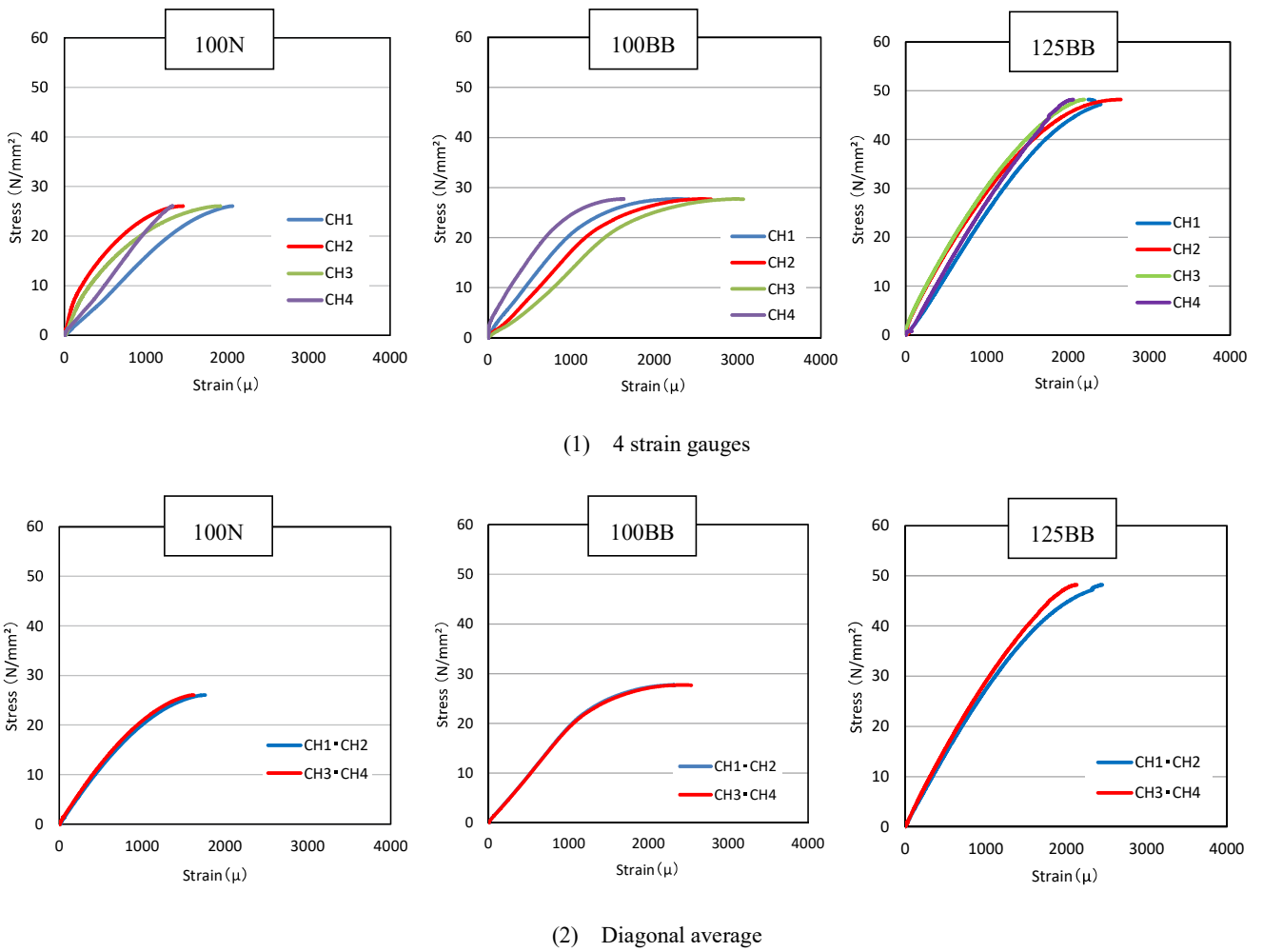


Fig. 7 Example of stress-strain diagram of BOSS specimen

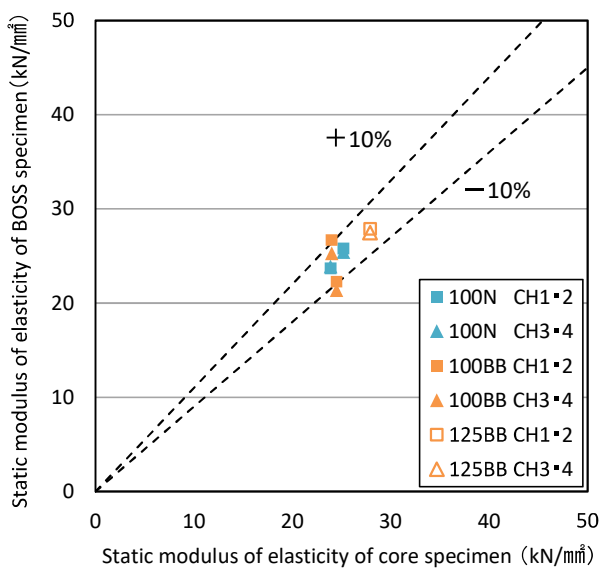


Fig. 8 Relation between static modulus of elasticity in BOSS specimen and core specimen

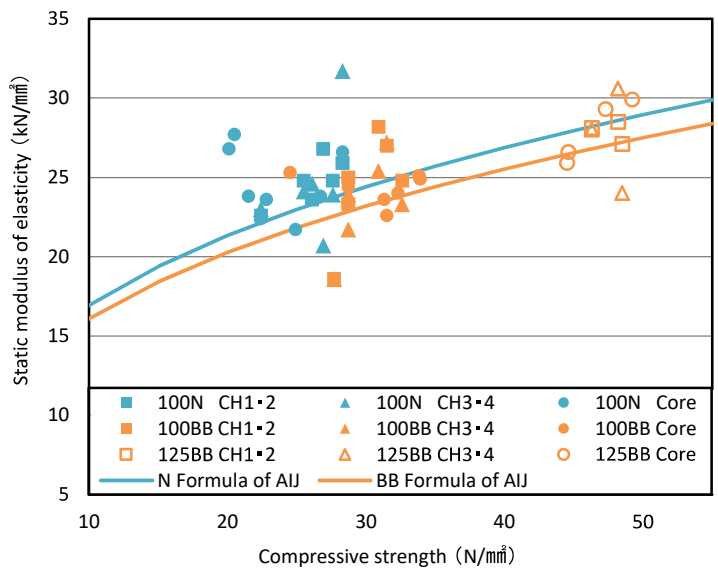


Fig. 9 Relation between static modulus of elasticity and compressive strength



Fig. 10 Condition of top surface



(1) Side surface



(2) Split surface

Fig. 11 Sticking position of strain gauges

を研磨する必要がある。透気性シートは、ボス型枠上面の内部に貼ることでコンクリートの打込み時に生じる空気溜りを空気抜き孔から排出することで、ボス供試体上面の表面気泡を解消することができる。しかし、透気性シートを使用しても、ボス供試体上面に表面気泡が生じ、ひずみゲージの貼付けが困難な場合がある。そのため、基本的にボス供試体にはひずみゲージを4枚貼り付けることが望ましいが、透気性シートの跡を研磨する必要がある場合は、ひずみゲージの貼付け位置を図11に示すようにボス供試体の側面および割取り面（成形板で平らになっている範囲）のみにひずみゲージを対角に貼り付け、静弾性係数を測定することでもよいと考えられる。

4. まとめ

N または BB を用いたボス供試体（□100×200mm，□125×250mm）およびコア供試体の圧縮強度と静弾性係数はほぼ同程度となり、ボス供試体の上面および底面または側面および割取り面のいずれかに、ひずみゲージを対角に貼り付けることにより構造体コンクリートの静弾性係数を測定できると考えられる。

実務上、より正確なデータを得るためには、ボス供試体の上面、底面、側面および割取り面にひずみゲージを貼り付け測定することが望ましい。

ただし、ボス供試体上面の透気性シートの跡や表面気泡の跡により、ひずみゲージの貼付けが困難な場合には、ボス供試体の側面と割取り面（成形板で平らになっている範囲）のみに、ひずみゲージを対角に貼り付け、静弾性係数を測定することでもよいと考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、ものづくり大学技能工芸学部建設学科澤本研究室の皆様、RC構造物総合実習Ⅰの非常勤講師の先生方ならびに実習を履修した学部生の皆様に多大なる御協力を賜りました。

文 献

- 1) 日本非破壊検査協会：NDIS 3424「ボス供試体の作製方法及び試験方法」，2011
- 2) 澤本武博ほか：ボス供試体による構造体コンクリートの静弾性係数測定に関する検討，日本非破壊検査協会平成28年度秋季講演大会講演概要集，pp.41-44，2016
- 3) 日本工業規格：JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」，2012
- 4) 日本工業規格：JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」，2010