偏心荷重が超高強度コンクリートの圧縮強度試験結果に及ぼす影響

INFLUENCE OF ECCENTRIC LOADING ON COMPRESSIVE STRENGTH TEST RESULT OF HIGH STRENGTH CONCRETE

小山 善行*, 早川 光敬**, 陣内 浩***, 中村 光男****
Yoshiyuki KOYAMA, Mitsutaka HAYAKAWA, Hiroshi JINNAI
and Mitsuo NAKAMURA

This paper deals with the influence of the eccentric loading in the compressive strength test of high-strength concrete. In the experiment, five kinds of concretes (water binder ratio is 65% to 20%) were examined. The range of eccentric distance is 0 mm to 9 mm. Conclusions are as follows. (1) The influence of eccentric loading becomes large as concrete becomes more high-strength. (2) The experimental result of (1) can be presumed based on vertical strain of specimen. (3) The compressive strength test result in the tolerance level of JIS A 1108(within 1mm) becomes almost equivalent. (4) Under eccentric loading, the horizontal strain of the upper part of specimen became small. This result has suggested increasing the restraint of the upper part of specimen under eccentric loading.

Keywords: Eccentric loading, Positioning of test specimen, Compressive Strength, High Strength Concrete

偏心荷重, 供試体の設置位置, 圧縮強度, 超高強度コンクリート

1. はじめに

昨今, 構造物の大型化, 大空間化などに伴い, 超高強度コンクリートの利用が増加している。このような超高強度コンクリートの圧縮強度試験を繰り返し行くと, 稀に予想よりも大幅に低い試験結果が得られてしまうことがある。このような試験結果が得られてしまう原因は一つではなく, 超高強度コンクリートの試験時の留意事項として様々な要因の影響を明らかにしていくことが重要と考えられる。

これまで筆者らは, 供試体の平面度, 荷重速度が高强度コンクリートの圧縮強度試験結果に及ぼす影響に関する実験を行い, いくつかの報告を行ってきた^{1)~3)}。平面度, 荷重速度以外の要因でコンクリートの圧縮強度試験に影響を及ぼすものとしては, 試験時の供試体の設置位置などがあげられる。

供試体が正しい位置に設置されていないことに起因する偏心荷重の影響を取り上げた研究は, 野口らが1990年代に行った一連の研究⁴⁾, 小径コアの問題点の一つとして平岩らが実施した研究⁵⁾ などがある。野口らの研究では, 圧縮強度試験結果に与える偏心荷重の影響を抑制するためには, 潤滑剤として鉱物油の使用が望ましいこと,

球座と供試体が接触した後は回転を固定すべきであることなどが有効であることが明らかになっている。この成果により, 潤滑剤として鉱物油を使用するようになった試験機関は増加したものと考えられるが, すべての試験機関が球座を固定式に交換するほどの設備投資をするにはまだ時間がかかるものと考えられる。

さらに, 野口らの研究では, 強度レベルが高くなることによって偏心による圧縮強度の低下が大きくなる理由は, 材料的な性質に起因する局部破壊の影響であることが示されている。コンクリートは高强度化するにつれ脆性的な破壊を示すようになるため, この説明は一つの要因を明らかにしているものと考えられる。しかし, 応力度と縦ひずみの関係がより直線的になる超高強度領域のコンクリートでは, 野口らの説明に加え, 供試体の設置位置の誤差などに起因する応力度分布の状態なども異なっている可能性がある。

そこで筆者らは, 昨今用いられている圧縮強度 20N/mm² 程度の普通強度領域のコンクリートから 180N/mm² 程度の超高強度領域までのコンクリートに関し, 供試体の設置位置の誤差などに起因する比較的小さな偏心が超高強度コンクリートの圧縮強度試験結果に及ぼす影響について実験のおよび解析的に検証した。

* 東京工芸大学大学院工学研究科建築学専攻
(東京検査㈱ 代表取締役社長)

** 東京工芸大学工学部建築学科 教授・博士(工学)
*** 大成建設㈱技術センター 主席研究員・博士(工学)

**** 東京検査㈱建材研究所 所長

Graduate Student, Graduate School of Eng., Tokyo Polytechnic Univ.
(President, Tokyo Kensa Co., Ltd.)

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Polytechnic Univ., Dr. Eng.
Chief Research Engineer, Technology Center, Taisei Corp., Ph. D.
Director, Construction Materials Laboratory, Tokyo Kensa Co., Ltd.

2. 実験計画

2. 1 要因と水準

実験の要因と水準を表1に示す。コンクリートの調合は5種類とし、圧縮強度 180N/mm² 程度の超高強度領域から圧縮強度 20N/mm² 程度の一般的な強度領域までを網羅するように計画した。供試体の設置位置としては、供試体の中心軸と加圧板の中心のズレ（以下、供試体のズレと称す）として JIS A 1108 の許容範囲の下限と上限となる 0mm と 1mm（直径 100mm の供試体で 1%），および全体の傾向を把握するための 3mm, 6mm, 9mm の 5 種類を検討することとした。なお、試験機の球座は一般的な試験機関の仕様を模擬し、回転を固定できない球座に潤滑剤として鉱物油を使用したものとした。

2. 2 使用材料と調合

実験に使用した材料の一覧を表2に、各コンクリートの使用材料の組み合わせを表3に示す。使用材料の選定と組み合わせは、実際の建設工事で使用されているものを参考に決めている。

コンクリートの調合を表4に示す。水結合材比の範囲は 14%～70%である。いずれの調合も打込み後に 91 日を超えるような十分な材齢をとることで実験に影響を及ぼさないような安定した強度が得られるようにしている。ただし、目標圧縮強度 20N/mm² のコンクリートだけは、フレッシュコンクリートの性状などの観点から設定水結合材比 70%が上限であると考え、強度発現途中の材齢 14 日で試験を行うことで、目標強度となるコンクリートを作ることとした。

2. 3 供試体の作製

圧縮強度試験用の供試体は、各目標圧縮強度の試験条件ごとに 3 本ずつ作製した。大量の供試体を同時に採取する必要があるため、型枠には JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」附属書 E（規定）軽量型枠に適合する軽量型枠を使用した。供試体の寸法はΦ100×200mm とし、載荷面の処理は両面研磨とした。整形した供試体に関しては、載荷面の平面度、各寸法などが JIS A 1132「コンクリート強度試験用供試体の作り方」の許容範囲に入っていることを確認することとした。なお、筆者らの既往の研究で得られた知見¹⁾から、供試体の平面度の測定は図1に示す 17 点に関して行うこととした。

2. 4 圧縮強度試験とひずみの測定

圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準じて行うこととした。実験要因となる供試体のズレは、JIS 適用範囲外となる 3mm, 6mm および 9mm を含んでいる。なお、荷重速度は 0.6N/mm²/秒を目標値とした。

供試体のズレは、供試体の偏心荷重の基となることが予測できる

(単位：mm)

図1 平面度の測定位置

表1 実験の要因と水準

要因	要因数	水準
目標圧縮強度	5	180, 150, 100, 50, 20N/mm ²
供試体のズレ	5	0, 1, 3, 6, 9mm

表2 使用材料一覧

種類	記号	名称	備考
結合材	B1	高強度用結合材 1* ^①	密度 3.00g/cm ³
	B2	高強度用結合材 2**	密度 2.99g/cm ³
	B3	普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³
細骨材	S1	安山岩系砕砂	表乾密度 2.62g/cm ³
	S2	硬質砂岩系砕砂	表乾密度 2.63g/cm ³
	S3	天然砂	表乾密度 2.63g/cm ³
粗骨材	G1	安山岩系砕石	表乾密度 2.64g/cm ³
	G2	安山岩系砕石	表乾密度 2.63g/cm ³

* 中庸熱ポルトランドセメント+高強度用混和材+膨張材=729+312+30
**普通ポルトランドセメント：スラグセッコウ系混和材^②：シリカフェーム=7：2：1

表3 使用材料の組み合わせ

目標圧縮強度 (N/mm ²)	結合材	細骨材	粗骨材
180	B1	S1	G1
150	B2	S2	G2
100	B3	S2：S3=8：2	G2
50	B3	S2：S3=8：2	G2
20	B3	S2：S3=8：2	G2

表4 コンクリートの調合

目標圧縮強度 (N/mm ²)	単位量 (kg/m ³)				
	W/B(%)	結合材	水	細骨材	粗骨材
180	14	1071	150	616	620
150	20	800	160	672	807
100	40	425	170	907	869
50	60	300	180	857	931
20	70	264	185	844	962

図2 ひずみ測定位置

ため、供試体には複数のワイヤー・ストrein・ゲージ(以下、W. S. G. と称す)を貼付し、供試体全体のひずみを測定することとした。供試体のひずみ測定位置を図2に示す。供試体の縦ひずみは、図中に示すA, B1, B2, Cの4側面の上端部と下端部の近傍および中央部で測定した。横ひずみは、A, B1, Cの3側面で測定した。使用したW. S. G.の測定長は、①, ③は30mm, その他は60mmとした。

供試体の設置位置は、測定位置AとCをつなぐ直線上をズラしていくものとし、供試体をズラす場合は、測定位置Aを中心から遠くに、測定位置Cを中心に近づくように、供試体を設置した。

3. 実験結果

3. 1 供試体の整形状態の確認

供試体の整形状態を確認した一例として、供試体の載荷面の平面度を確認した結果を図3に示す。今回の実験に使用する供試体の端面は、すべて JIS A 1132 の許容範囲に入っていた。また、整形状態の確認では、隣接する面の角度が JIS A 1132 の許容範囲である $90 \pm 0.5^\circ$ の範囲に入っていることなども確認した。これらの供試体の整形状態に関する前提はいずれも誤差0とはならないが、筆者らの既往の研究で得られた知見¹⁾などを踏まえ、本研究では無視できる範囲に整形できていると考えることとした。

3. 2 圧縮強度

圧縮強度試験結果の一覧を表5に示す。供試体のズレが0mmである場合の試験結果から、各コンクリートは概ね目標の圧縮強度となったことがわかる。また、供試体が偏心圧縮となることから、圧縮強度試験結果のばらつきが極端に大きくなることも懸念したが、試験の妥当性を疑うほどのばらつきにはならなかった。

各コンクリートについて、設置位置と圧縮強度の関係を整理したものを図4に示す。今回の実験範囲では、JIS A 1108 で許容される1mm という供試体のズレであれば、供試体を中心に置いた場合と遜色ない結果が得られることがわかった。ただし、供試体のズレが大きくなると、顕著に圧縮強度が低下する結果も得られた。

次に、供試体のズレによる強度低下が、コンクリートの圧縮強度が異なっても同じように生じているのかを調べるため、図4の縦軸を、供試体のズレを0とした場合の圧縮強度に対する強度比で作図し直した。結果を図5に示す。図5より、供試体のズレは、圧縮強度 20N/mm^2 や 50N/mm^2 の比較的低い強度のコンクリートよりも、圧縮

図3 供試体の載荷面の平面度測定結果

表5 圧縮強度試験結果

目標 圧縮 強度 (N/mm^2)	供試 体の ズレ (mm)	圧縮強度 (N/mm^2)				標準 偏差 (N/mm^2)	変動 係数 (%)	圧縮 強度 比*
		1	2	3	平均			
180	0	177	180	172	176	3.3	1.9	100
	1	168	172	173	171	2.2	1.3	97
	3	165	167	171	168	2.5	1.5	96
	6	151	152	147	150	2.2	1.4	85
	9	134	130	120	128	5.9	4.6	73
150	0	153	148	152	151	2.2	1.4	100
	1	158	149	151	153	3.9	2.5	101
	3	136	154	147	146	7.4	5.1	97
	6	137	131	128	132	3.7	2.8	87
100	0	106	105	105	105	0.5	0.4	100
	1	105	105	104	105	0.5	0.5	100
	3	98.7	97.4	101	99.0	1.5	1.5	94
	6	94.5	96.1	93.5	94.7	1.1	1.1	90
	9	83.0	80.3	83.8	82.4	1.5	1.8	78
50	0	47.6	47.8	46.8	47.4	0.4	0.9	100
	1	47.1	49.4	48.5	48.3	0.9	2.0	102
	3	46.4	49.2	47.4	47.7	1.2	2.4	101
	6	45.9	44.1	46.5	45.5	1.0	2.2	96
	9	40.8	42.1	40.8	41.2	0.6	1.5	87
20	0	18.1	17.7	18.0	17.9	0.2	0.9	100
	1	18.2	18.0	17.8	18.0	0.2	0.9	101
	3	17.8	17.3	17.4	17.5	0.2	1.2	98
	6	17.3	17.7	17.2	17.4	0.2	1.2	97
	9	16.7	17.2	16.9	16.9	0.2	1.2	94

*供試体のズレが0である場合を100とした場合の圧縮強度比

図4 供試体のズレと圧縮強度の関係

図5 供試体のズレと圧縮強度比の関係

強度 100N/mm² 以上の超高強度コンクリートで顕著な影響となることがわかる。具体的な値で示すと、最も圧縮強度の高い 180N/mm² クラスでは、供試体のズレが 6mm になると約 15%の強度低下、9mm になると 30%近い強度低下が見られたのに対し、20N/mm² クラスでは、6mm で約 3%の強度低下、9mm で約 6%の強度低下に留まっている。これらの知見を整理すると、供試体の設置位置は JIS A 1108 の範囲内(1mm 以内のズレ)であれば問題は生じないと考えられるものの、何かの間違いでそれを超えるようなズレが生じれば圧縮強度を過小評価することとなる。その影響は特に高強度領域では大きいと考えられた。

図 6 圧縮強度と静弾性係数の関係

図 7 最大荷重の 80%の時の中央の縦ひずみと端部の縦ひずみの関係

(目標圧縮強度 180N/mm²)

(目標圧縮強度 150N/mm²)

(目標圧縮強度 100N/mm²)

(目標圧縮強度 50N/mm²)

(目標圧縮強度 20N/mm²)

····· A面中央 ---- B1面中央 —— B2面中央 - · - · - C面中央

図8 圧縮応力度と縦ひずみの関係

3. 3 変形状

3.2 の検討では、圧縮強度試験結果について整理した。この整理によって、供試体のズレの影響で圧縮強度試験結果が低くなるという大まかな傾向を示すことができたが、なぜそのような傾向が生じるのかは推論の域を脱しない。そこで、ここでは供試体に添付した W. S. G. のひずみを分析し、供試体のズレが供試体のひずみにどのような影響を与えたのかを検討することとした。なお、偏心荷重が加わると供試体は微妙に傾斜することになるが、ここで扱うひずみには、この微妙な傾斜による補正などを行っていない。

3. 3. 1 縦ひずみ

供試体の縦ひずみは、A, B1, B2, C の 4 側面の上端部と下端部の近傍および中央部で測定した。上端部と下端部の近傍の縦ひずみを測定した理由は、供試体に偏心荷重が作用した場合に、端部近傍のみの縦ひずみが進行するような破壊が生じていないことを確認するためである。データの整理に先立ち、供試体のズレが 0 の場合の中央部の縦ひずみ測定結果を用いて各コンクリートの静弾性係数を求めた結果を図 6 に示す。図 6 に示すように、今回の実験に用いたコンクリートの静弾性係数は、日本建築学会建築工事標準仕様書・解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事に示される推定式⁸⁾で概ね推定できる範囲のものであった。

中央部と端部近傍の縦ひずみを比較した結果を図 7 に示す。図 7 には、すべての供試体に関して、最大応力の 80% の時の中央部の縦ひずみと端部近傍の縦ひずみの関係をプロットした。ただし、明らかに W. S. G. が剥がれるような不備が起こったと読み取れる一部のデータは計測不備と考え、作図から除外している。図 7 からわかるように、若干のデータのばらつきはあるものの、変動要因に関わらず、中央部の縦ひずみと端部近傍の縦ひずみは概ね同様の値となっている。したがって、供試体に偏心荷重が生じたとしても、供試体全体の縦ひずみは概ね均等になっているものと考えられた。実際には供試体中央部は端部よりも横ひずみが大きくなるため、縦ひずみが完全に均等になると言いきれない訳ではないが、本論では、供試体の縦方向のひずみは高さ方向で均等であると仮定して検討を進めることとする。

各目標圧縮強度の試験条件ごとに、供試体の応力度と縦ひずみの関係を整理したものを図 8 に示す。図 8 に用いたデータは、各目標圧縮強度の試験条件ごとに、代表的な供試体のものを示している。代表的な供試体は各条件の平均圧縮強度に近いものを基本としているが、測定された縦ひずみのデータが明らかに W. S. G. が剥がれるような不備が起こったと読み取れるものである場合には、他の供試体で代用している。図 8 からわかるように、供試体のズレが大きくなるほど加圧板の中心から離れることとなる A 側面のひずみは減少し、加圧板の中心に近づくこととなる C 側面のひずみは増大した。

次に、供試体の縦ひずみが平面的にどのような分布となっているのかを検討するため、A, C 面の平均縦ひずみと B1, B2 面の平均縦ひずみの関係を整理した。最大荷重の 95% の状態を整理した結果を図 9 に示す。前述した図 8 の整理で、加圧板の中心から離れることとなる A 側面のひずみが減少し、加圧板の中心に近づくこととなる C 側面のひずみが増大することが把握できたが、図 9 からは、A, C 面の平均縦ひずみと B1, B2 面の平均縦ひずみが概ね同じであることが確認できる。加圧版の剛性を考えれば当然のことであるが、供試体

のズレによる偏心荷重は、平面的に供試体の一部に大きな力を与えている訳ではなく、図 10 の左図のように加圧板と球座面の平面度を維持しながら斜めに载荷していることを確認したことになる。なお、実際には供試体の軸全体が偏心によってわずかに湾曲していると考えられるが、本論で扱っている偏心距離は比較的小さいことから、図 10 のイメージでは考慮していない。

こまでの結果を踏まえると、供試体の平面内の縦ひずみの分布は図 10 の右図のように仮定することができる。そこで図 10 右図の仮定と最大荷重の 95% の時の縦ひずみ実測値から、実験時の圧縮応力度を推測できるのかを試みた。ここでの推定では、A 面および C 面の縦ひずみ実測値から、図 10 右図に示す中間微小区間の縦ひずみを直線補間によって求め、それぞれの微小区間の縦ひずみから求めた応力度を合算して圧縮強度を推定した。なお、ここでの応力度とひずみの関係は、静弾性係数ではなく、供試体のズレを 0 とした供試体のデータを基に、以下に示す武藤式⁹⁾と六車・渡辺式¹⁰⁾によって作成したプレーンコンクリートの応力度と縦ひずみ曲線で与えている。

武藤式、六車・渡辺式と今回の実験結果の整合性を図 11 に示す。ここでの実測値は、各強度クラスのコンクリートの供試体のズレを 0 とした場合の代表的な供試体の値を示している。図 11 からわかるように、20N/mm² クラスのコンクリートは武藤式、50～180N/mm² クラスのコンクリートは六車・渡辺式で概ねモデル化することが可能であった。いずれの式も今回使用したコンクリートの圧縮強度や最大応力時のひずみなどをデータとして入力しているため、コンクリートの強度・変形状をほぼ再現できている。ただし、今回の実験で

○武藤式

$$\begin{aligned} c\sigma &= c\sigma_B \times c\eta \\ c\eta &= 6.75 \times (e^{-0.812\xi} - e^{-1.218\xi}) \end{aligned}$$

$$\xi = \frac{c\varepsilon}{c\varepsilon_B}$$

○六車・渡辺式

$$c\sigma = E_i \times c\varepsilon + \frac{(c\sigma_B - E_i \times c\varepsilon_B)}{(c\varepsilon_B)^2} \times (c\varepsilon)^2 \quad (c\varepsilon < c\varepsilon_B)$$

$$c\sigma = \left(\frac{c\sigma_U - c\sigma_B}{c\varepsilon_U - c\varepsilon_B} \right) \times (c\varepsilon - c\varepsilon_B) + c\sigma_B \quad (c\varepsilon_B < c\varepsilon < 0.01)$$

$$c\sigma_U = \frac{2 \times (S - c\sigma_B \times c\varepsilon_B)}{c\varepsilon_U + c\varepsilon_B} + c\varepsilon_B$$

ここに、 $c\sigma$: コンクリートの応力度 (N/mm²)
 $c\sigma_B$: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
 $c\sigma_U$: コンクリートの圧縮限界時の圧縮強度 (N/mm²)
 $c\varepsilon$: コンクリートの縦ひずみ
 $c\varepsilon_B$: コンクリートの最大応力時のひずみ
 $c\varepsilon_U$: コンクリートの圧縮限界時のひずみ
 $(c\varepsilon_U = 1.314 c\varepsilon_B)$
 $c\eta$: 武藤式で使用する応力度算出用の変数
 ξ : 武藤式で使用するひずみ算出用の変数
 E_i : コンクリートの静弾性係数 (N/mm²)
 S : ピーク荷重までのプレーンコンクリートの応力ひずみ曲線が囲む面積

図9 最大荷重の95%の時のA,C面とB1,B2面の平均縦ひずみの関係

図10 偏心状態のイメージと平面のひずみ分布の仮定

図11 武藤式，六車・渡辺式によるコンクリートの応力度—縦ひずみ曲線の計算値と実測値の関係

は得られない最大応力度以降の下降勾配は，各式の考え方をそのまま適用している。

推定結果と実測値を比較した結果を図12に示す。図12からわかるように，推定値は実測値と概ね近い値となった。したがって，縦ひずみの実測値から，供試体のズレによっていずれの強度領域のコンクリートも圧縮強度試験結果が低くなるという現象や，その傾向が高強度領域になるほど顕著になることが説明できたことになる。また，武藤式および六車・渡辺式によって仮定した図11の応力度と縦ひずみの関係も概ね妥当であると考えられた。そこで，図12作成時に求めたA面とC面の間の縦ひずみ分布をもとに，武藤式，六車・渡辺式から最大荷重の95%の時の応力度の分布を計算した結果を図13に示す。図13からわかるように，強度レベルの異なるコンクリートでは，供試体のズレによってもたらされる荷重の分布が異な

図12 最大荷重の95%の時の縦ひずみから算出した推定圧縮応力度と実測値の関係

図 13 最大荷重の 95% の時の縦ひずみ分布から算出した A 面と C 面の間の応力分布

図 14 供試体のズレと荷重重心位置の関係

図 15 荷重重心位置と圧縮強度比の関係

図 16 供試体のズレが横ひずみに与える影響

る。これはコンクリートが高強度化するほど応力度とひずみの関係が、より直線的になることに起因している。このような知見から、図 13 の応力度分布と図 10 で示した微小領域の面積を用いて分布荷重の重心位置を求めた結果を図 14 に示す。図 14 からわかるように、見かけ上、供試体を同じ距離だけズラしたとしても、供試体の中心軸と荷重の重心位置の差は、強度レベルが高くなるほど大きくなる。この結果を踏まえ、今回の実験結果について、荷重の重心位置と圧縮強度比の関係をプロットすると図 15 ができる。図 15 からわかるように、荷重の重心位置で説明すると、強度レベルに関わらず、偏心荷重による強度低下を概ね表現できている。したがって、コンクリートの強度レベルが増大するほど、供試体がズレることによって受ける偏心荷重の影響が大きくなる理由の一つは、供試体に作用する荷重の重心位置に起因するものと考えられた。

3. 3. 2 横ひずみ

供試体の横ひずみは、A, B1, C の 3 側面の上端部と下端部の近傍および中央部で測定した。図 16 に供試体のズレが横ひずみに与える影響を検討した結果を示す。図 16 は、最大応力の 20%、50% および 80% の時の、供試体のズレが 0 の場合の横ひずみと各設置位置の供試体の横ひずみを比較したものである。プロット 1 点は、3 本の供試体の平均横ひずみ実測値を示している。また、横ひずみは供試体の上端部近傍、下端部近傍および中央部の絶対値が異なることが周知の事実であるので、作図はそれぞれについて行っている。なお、煩雑となるのでコンクリートの圧縮強度レベルによってプロットを区別していないが、縦軸・横軸ともに、横ひずみが大きくなるほど高い強度のコンクリートのプロットとなる傾向にある。

図 16 からわかるように、中央部、下端部近傍に比べ、上端部近傍は供試体のズレが大きくなるほど横ひずみが小さくなることが確認できた。この結果は、供試体がズレることにより、球座と接する供試体上端部の設置圧による拘束力が上がることを示唆している。今回の実験結果では、横ひずみで生じている現象が圧縮強度試験結果にどのような影響を与えるのかまでは確認できなかったが、少なくとも偏心荷重が供試体の縦方向の変形だけでなく、横方向の変形にも影響するような作用を及ぼしていることまでは確認できた。この点については今後の課題である。

4. まとめ

昨今用いられている圧縮強度 20N/mm^2 程度の普通強度領域のコンクリートから 180N/mm^2 程度の超高強度領域までのコンクリートに関し、供試体の設置位置の誤差などに起因する比較的小さな偏心が超高強度コンクリートの圧縮強度試験結果に及ぼす影響について実験的および解析的に検証した。以下に、結論を示す。

- (1) JIS の許容範囲を超えて大きく供試体をズラした実験を行った結果、いずれの強度領域のコンクリートでも供試体のズレが大きくなるほど圧縮強度試験結果が低くなることが確認できた。

また、この結果を圧縮強度比で考えた場合、低強度領域よりも超高強度領域のコンクリートで圧縮強度比が顕著に低下することが確認できた。

- (2) (1) の実験結果は、縦ひずみの実測値をもとに算出した圧縮強度推定でも再現することが可能であった。この推定による供試体の応力度分布から荷重の重心位置を求めると、見かけ上、供試体を同じ距離だけズラしたとしても、強度レベルが高くなるほど供試体の中心軸と荷重の重心位置の差は大きくなることがわかった。したがって、コンクリートの強度レベルが増大するほど、供試体がズレることによって圧縮強度比が顕著に低下する理由の一つは、供試体に作用する荷重の重心位置に起因するものと考えられた。
- (3) 今回の実験の範囲では、JIS A 1108「コンクリートの圧縮試験方法」に示される供試体設置位置の許容範囲内で圧縮強度試験を行えば、いずれの強度領域のコンクリートであっても、ほぼ中心に設置した場合と同等の圧縮強度が得られることがわかった。これより、JIS の範囲で実験を行えばほぼ正しい結果が得られると考えられた。
- (4) 今回の実験の横ひずみ実測値を整理した結果、供試体の中央部、下端部近傍に比べ、上端部近傍は供試体のズレが大きくなるほど横ひずみが小さくなることが確認できた。この結果は、供試体がズレることにより、球座と接する供試体上端部の設置圧による拘束力が上がることを示唆していた。

参考文献

- 1) 小山善行，早川光敬，陣内浩，中村光男：超高強度コンクリート供試体の載荷面の平面度と圧縮強度の関係に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文集，Vol. 75，No. 649，pp. 475-481，2010. 3
- 2) 鈴木澄江，小山善行，陣内 浩，早川光敬：圧縮強度試験における荷重速度がコンクリートの圧縮強度と変形状に及ぼす影響に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文集，Vol. 74，No. 636，pp. 201-207，2009. 2
- 3) 小山善行，鈴木澄江，早川光敬，陣内浩：圧縮強度試験における荷重速度と強度レベルがコンクリートの強度・変形状に及ぼす影響，日本コンクリート工学協会年次論文集 Vol. 31，No. 1，pp. 409-414，2009
- 4) 野口貴文，友澤史紀：高強度コンクリートの圧縮強度試験結果に及ぼす試験機球面座の挙動の影響，日本建築学会構造系論文集，No. 478，pp. 9-17，1995. 12
- 5) 平岩 陸，谷川恭雄：偏心荷重を受けるコンクリートの破壊挙動に関する解析的研究，日本建築学会東海支部研究報告書，第 46 号，pp. 81-84，2008. 2
- 6) 寺内利恵子，渡邊悟士，黒岩秀介，陣内浩，山本佳城，並木哲：設計基準強度 200N/mm^2 の超高強度コンクリートの実用化に関する研究(その 2 実製造設備による供試体レベルでの検討)，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp. 893-894，2009. 8
- 7) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事付 18. JASS5 M-701：2005 高強度コンクリート用セメントの品質基準附属書 3，p. 719，2009. 2
- 8) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，p. 185，2009. 2
- 9) 武藤清：鉄筋コンクリート構造物の塑性設計，丸善株式会社，1964. 8
- 10) 六車照，渡辺史夫，岩清水隆，光枝良：横補強による高強度コンクリートのじん性改善に関する研究，第 5 回コンクリート工学年次講演会講演論文集，pp. 317-320，1983

(2011年10月4日原稿受理，2012年2月13日採用決定)