

異形鉄筋を含んだ高強度コンクリートコアの圧縮強度に関する一考察  
 - 鉄筋径の違いがコア供試体の圧縮強度に及ぼす影響 -

ものづくり大学(学部) 大木崇輔 日大理工(院) 大塚秀三  
 ものづくり大学 中田善久 (前)足利工業大学 毛見虎雄

1. はじめに

近年、コンクリート構造物は、高層化の傾向にあり、これに伴い高強度コンクリートが多用化されている。また、建築物の維持管理の目的で構造体コンクリートの診断技術を向上させることは重要である。しかし、構造体コンクリートからコア採取を行う場合、事前に鉄筋探査機により鉄筋位置の確認を行うものの誤差<sup>1)</sup>が生じる場合もあり、鉄筋を含んだコア供試体が採取される場合に、東京都都市計画局では、普通強度のコンクリートを対象として鉄筋を含んだコア供試体強度の補正係数<sup>2)</sup>(以下、東京都補正係数と称する)を示している。しかし、普通コンクリートを対象としているため、近年の高強度コンクリートの性質に適用できるか、不明確である。

そこで、本報告は、普通強度から高強度領域のコンクリートにおける無筋コア供試体に対する鉄筋を含んだコア供試体の圧縮強度の影響を明らかにするために行ったものである。ここでは、普通

セメントを用いた普通領域から高強度領域のコンクリートを対象としてD13およびD19を含んだコア供試体の圧縮強度を調べ、鉄筋径が及ぼす影響について検討した。

2. 既往の研究と本研究の関係

既往の研究の概要を表1に示す。日本における鉄筋を含んだコンクリートコアの圧縮強度に関して平賀・毛見<sup>3)</sup>、田村ら<sup>4)</sup>および森永ら<sup>5)</sup>の研究が代表的である。いずれの研究も、実際の構造体コンクリートの強度を確認するために行われており、現在のJIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮強度試験方法」に大きな役割を果たした。当時に検討されたコンクリートは、W/C=40~70%であり、普通コンクリートと軽量コンクリートである。また、コンクリートコアに含まれる鉄筋の種類や寸法は、現在使われているものとほぼ同様なものである。これは、構造体コンクリートからの採取を壁やスラブとしているためと考えられる。しかし、この頃の壁厚は、100~

表1 既往の研究の概要

要因		平賀・毛見 <sup>3)</sup>	田村ら <sup>4)</sup>	森永ら <sup>5)</sup>
コンクリート	水セメント比(%)	40~70	58	40,55
	セメントの種類	N	N	N
鉄筋	種類	SR235,SD295	SD345	不明
	寸法	9, D13~32	D10,D13,D16	9, 25
供試体における鉄筋の容積比(%)		0.400~6.800	0.700~2.000	0.600前後
試験体の大きさ(mm)		W:400 H:150 L:150	壁W:200 H:280 L:2300 床W:1900 H:200 L:4400	100×200 100×200
試験体の養生方法		標準養生	不明	標準養生
配筋方法の種類		中心部に配筋:4種類 両端に配筋:4種類	中心部に配筋:6種類 端,両端に配筋:6種類	中心部に配筋:6種類
材齢		30日	壁:32~38日 床:41~47日	W/C=40:10日,W/C=55:15
基準とした供試体		標準養生供試体	無筋コア供試体	標準養生供試体
採取したコア供試体の寸法(mm)		100×150	100×100	100×200 100×200
採取したコア供試体の高さ(と直径の比(h/d)		1.50	1.00	2.00,1.00

150mmが多かったために、平賀・毛見および田村らは、試験体から採取したコア供試体の高さとの比が1.50～1.00となっている。森永らは、供試体の高さとの比が、2.00であるもののコア供試体ではなく、テストピースを対象としている。さらに、試験体の養生方法、材齢および基準とした考え方が、最近のコンクリートの特性と整合しているかは不明である。これまでに筆者らは、普通セメントの高強度コンクリートを対象として力学的特性の検討を行い<sup>6)</sup>、その基礎的な傾向を確認した。

そこで、本研究は、水セメント比が25～55%の普通強度から高強度領域のコンクリートに対して、鉄筋を含んだコア供試体の圧縮強度を明らかにするために行ったものである。

### 3. 実験の概要

実験の要因と水準を表2に示す。鉄筋は、D13(SD295A)およびD19(SD295A)を用い、配筋方法は、シングル、ダブル、シングル交差およびダブル交差配筋とした。セメントには、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比を25, 35, 45および55%(以下N-25, N-35, N-45およびN-55と称する)と変えて材齢28日および材齢91日において検討を行った。

コアドリルの仕様を表3に示す。コアドリルは、ドリルモータ電流一定制御方式の全自動送り装置を取り付けた機種とし、定格容量3kVAのハードトランスを併用し、コアドリルに安定した電流を供給できるように設定した。ビットの送速さの設定は、2.5cm/minを超える場合、コンクリート中の鉄筋にビットの先端が触れると、削孔トルクがコンクリートだけを削孔した場合に比べ著しくトルクおよび摩擦熱が増大し、コアドリルの回転が停止してしまうため2.5cm/minと定めた。ビットは、外径110×内径100(mm)の湿式用人工ダイヤモンドビットを使用した。また、採取時に用いるブレード用冷却水の流量の違いが圧縮強度へ及ぼす影響は、比較的小さく無視できる程度<sup>7)</sup>であるが、

冷却水の流量により削孔時間が変化するため流量を一定とした。

小試験体の概要を図1に示す。無筋コア供試体および異形鉄筋を含んだコア供試体は、小試験体から3本採取できるようW200×D500×H200(mm)の大きさとし、かぶり厚さは、40(mm)一定とした。標準養生供試体は、小試験体を作成するときに併せて作成した。養生方法は、標準養生供試体および小試験体とも養生条件を同一とするため、20±2水中養生槽へ所定の材齢まで浸漬させた。なお、コア供試体の採取は、圧縮強度試験の2日前に行い試験前まで同様の養生とした。

### 4. フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの性状を表4に示す。すべての調合においてフレッシュコンクリートの性状は、目標とした値を満足する結果となった。

### 5. 力学的特性に関する検討

#### (1) 圧縮強度

セメント水比と圧縮強度の関係を図2に示す。C/Wと圧縮強度の関係は、いずれの供試体も直線的な比例関係になった。しかし、D13に比べD19の鉄筋を含んだコア供試体は、水セメント比が大き

表2 実験の要因と水準

要因	水準					
	標準養生	無筋コア	異形鉄筋を含んだコア 上段:D13 下段:D19			
配筋方法	-	-	シングル	ダブル	シングル交差	ダブル交差
供試体における鉄筋の容積比(%)	0	0	0.807 1.825	1.614 3.650	1.614 3.650	3.228 7.300
セメントの種類	普通ポルトランドセメント					
水セメント比(%)	55, 45, 35, 25					

表3 コアドリルの仕様

電源(V)	定格電流(A)	最大出力(V)	周速(m/min)
単相100	15	2400	470

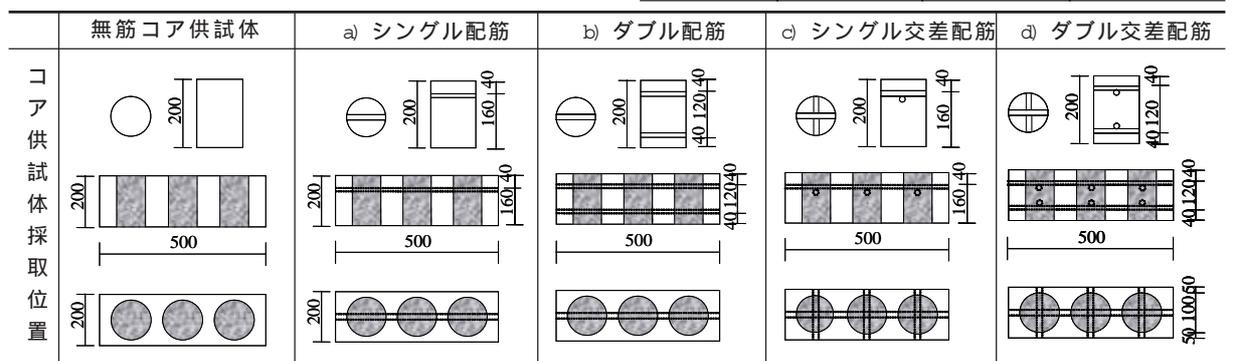


図1 小試験体の概要

表4 フレッシュコンクリートの性状

鉄筋径	記号	スランブ(cm)		スランブフロ -(cm)		空気量(%)	
		目標値	試験値	目標値	試験値	目標値	試験値
D13	N-55	18±2.0	17.0	-	28.0	4.5 ±1.5	3.6
	N-45	21±2.0	22.0	-	37.0		4.8
	N-35	-	-	50±7.5	51.0		3.8
	N-25	-	-	60±10.0	61.0		5.4
D19	N-55	18±2.0	18.0	-	28.5	4.5 ±1.5	4.5
	N-45	21±2.0	21.0	-	35.5		5.1
	N-35	-	-	50±7.5	52.5		4.3
	N-25	-	-	60±10.0	61.0		4.8

くなると圧縮強度の低下する傾向が大きくなり、その傾きが大きくなった。また、配筋方法が異なる鉄筋を含んだコア供試体は、標準養生供試体および無筋コア供試体に比べ圧縮強度が小さくなる傾向を示し、D13においては、材齢28日のN-55を除き、概ねダブル配筋、シングル配筋、ダブル交差配筋、シングル交差配筋の順でその傾向が顕著になった。しかし、D19においては、配筋方法に明確な傾向を示さなかった。この理由として初期硬化に伴うブリーディングによる鉄筋下端のコンクリートの沈降が、D13よりD19の方が大きくなり鉄筋との付着強度が小さくなったためと考えられる。

供試体における鉄筋の容積比と圧縮強度の関係を図3に示す。供試体における鉄筋の容積比と圧縮強度の関係は、いずれの鉄筋径も供試体における鉄筋の容積比が大きくなるにつれて低下する傾向が見られた。また、水セメント比が小さく、材齢が経過するほど、圧縮強度の低下する傾向が小さくなった。しかし、D13に比べD19の方が材齢の経過に伴う強度低下は小さいものになった。また、シングル交差配筋よりダブル交差配筋の方が供試体における鉄筋の容積比が大きいかかわらず圧縮強度が小さくなる結果となった。これにより鉄筋を含んだコア供試体の圧縮強度は、同一鉄筋径において鉄筋の容積比より鉄筋の位置に大きく影響すると思われる。

(2) 静弾性係数

供試体における鉄筋の容積比と静弾性係数の関係を図4に示す。供試体における鉄筋の容積比が大きくなるのに伴い静弾性係数は低下する傾向を示した。また、D13よりD19の方が、静弾性係数が低下する傾向が大きかった。この理由として、供試体における鉄筋の容積比の増加および前述したブリーディングによるものと考えられる。この鉄筋を含んだコア供試体の破壊は、載荷に伴って最初に鉄筋の周囲にひび割れが発生し、円錐形に

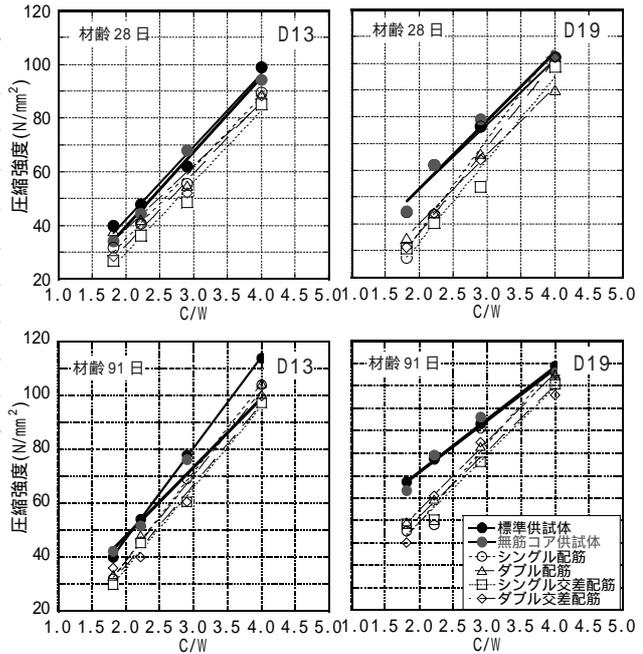


図2 セメント水比と圧縮強度の関係

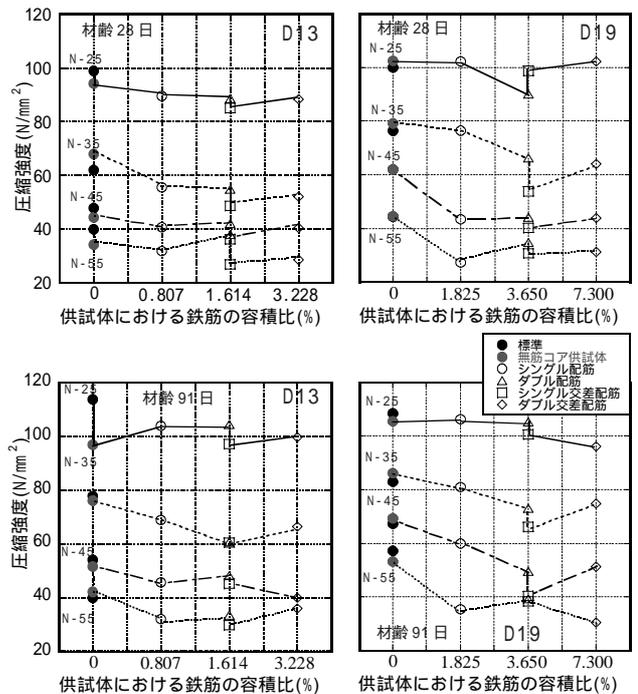


図3 供試体における鉄筋の容積比と圧縮強度の関係

崩壊されることが観察された。さらに、この現象は、コンクリートの強度が減少するのに伴い顕著になる傾向が観察された。また、材齢の経過により供試体における鉄筋の容積比が大きくなるのに伴い静弾性係数が低下する傾向が小さくなった。この理由は、材齢の経過に伴いコンクリートと鉄筋の静弾性係数が近似し、供試体が均質化<sup>7)</sup>されるためと考えられる。

(3) 補正係数の検討

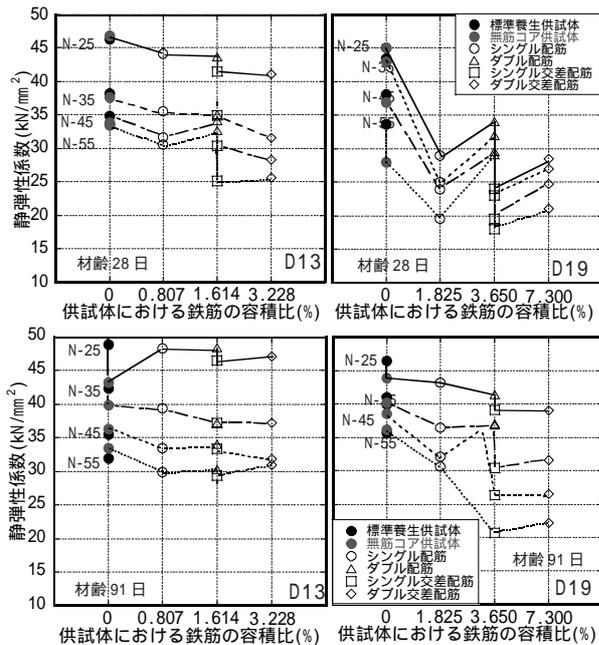


図4 供試体における鉄筋の容積比と静弾性係数の関係

圧縮強度と補正係数の関係を図5に示す。図中の補正係数は、鉄筋を含んだコア供試体に対する無筋コア供試体の強度比を示しており、D13を用いた場合に示されている東京都補正係数<sup>2)</sup>との比較を行った。鉄筋を含んだコア供試体の補正係数は、D13よりD19の方が大きくなる傾向を示した。また、N-25を除くすべての水セメント比においては、東京都補正係数より大きく下回る結果となり、過小評価してしまう可能性がある。また、水セメント比が小さく、材齢が経過するほど補正係数は、若干収束する傾向となりN-25に至っては、1.00～1.10付近に収束し、材齢91日のD13では1.00より小さくなる傾向を示した。これにより東京都補正係数は、高強度コンクリートを用いた場合、実際の強度より過大評価してしまう可能性があると考えられる。これらの結果により鉄筋を含んだコア供試体の補正係数は、今後検討する必要があると考えられる。

#### 5. まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す。

- (1) 鉄筋を含んだコア供試体の圧縮強度は、いずれの供試体も直線的な比例関係になった。しかし、D13に比べD19は、水セメント比が大きくなると圧縮強度の低下する傾向が大きくなった。
- (2) 鉄筋を含んだコア供試体の静弾性係数は、供試体における鉄筋の容積比が大きくなるのに伴い静弾性係数は低下する傾向を示した。また、D13よりD19の方が、静弾性係数が低下する傾向が大きかった。

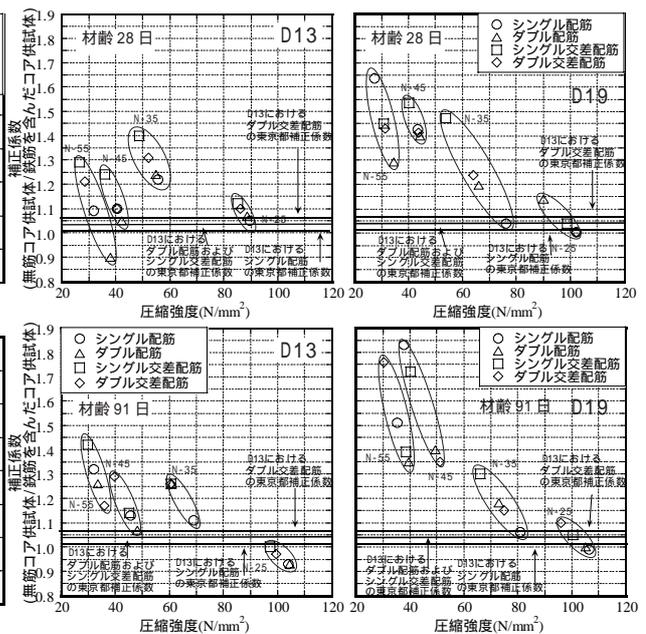


図5 圧縮強度と補正係数の関係

(3) 鉄筋を含んだコア供試体の補正係数は、鉄筋を含んだコア供試体の補正係数は、D13よりD19の方が大きくなる傾向を示した。

今後は、中庸熱および低熱セメントを用いて検討するとともに、コア供試体の供試体の高さと同径の比に関する補正係数について検討を行う予定である。

#### 【謝辞】

本研究の実施にあたり、太平洋セメント(株)・我妻佳幸氏、山宗化学(株)・高野肇博士ならびにもものつくり大学建設技能工学学科中田研究室の学生より多大なご協力を頂きました。ここに記して深謝致します。

#### 【参考文献】

- 1) 李迅, 毛見虎雄, 藤井和俊: 鉄筋コンクリート構造物の健全性評価技術に関する研究, 電磁波誘導法によるかぶり厚さの施工精度の調査, 日本建築学会技術報告集, pp.29-32, 2001.7
- 2) 東京都都市計画局建築指導部: 建築物の耐震診断システムマニュアル(鉄筋コンクリート造), 東京都都市計画局建築指導部, pp.88-89, 1988, 12
- 3) 平賀友晃, 荒巻哲生, 倉林清, 毛見虎雄: コンクリートコアの切断方法がコンクリート強度に及ぼす影響, その2 鉄筋を含むコンクリートコアの場合, 日本建築学会大会学術講演集, pp.91-92, 1977.10
- 4) 田村博, 上田哲夫: 鉄筋を含んだコンクリートコアの圧縮強度に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演集, pp.127-128, 1980.9
- 5) 森永ら: コンクリート試験体内の鉄筋が圧縮強度に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.93-94, 1977.10
- 6) 中田善久, 大木崇輔ら: 異形鉄筋を含んだ高強度コンクリートコアの力学的特性に関する検討(その1~その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.391-396, 2006.9
- 7) 野口ら: 高強度コンクリートの圧縮力学特性に及ぼす供試体寸法・形状の影響, 日本建築学会構造系論文集, 第473号, pp.19-28, 1995