

V-96 大寸法碎石を用いたプレパックドコンクリートの大口径コアボーリングによる強度試験

日本鉄道建設公団 河村 泰次
元衆議院議員 元衆議院議員 正員 ○太田 孝
廣島大学工学部 正員 工博 船越 稔

9.1 まえがき

この実験は、大寸法碎石80^{mm}～150^{mm}を使用したプレパックドコンクリートの実験体23基より、粗骨材の3倍の直径450^{mm}のコアボーリングより採取したコアの供試体について強度試験を実施したものである。本文は直径150^{mm}高さ300^{mm}の標準供試体によるコンクリート管理と、大型実験体(φ300, φ306, φ310等)そのものの強度との関係について検討することと主眼に述べるが、その他各実験の目的に応じて、例えば、注入管の位置と流動長の変化にともなう強度低下の問題や打継目の性状、その他施工条件の変化にともなう強度性状について、圧縮強度引張り強さ係数曲げ強度などについてそれぞれ検討を試みたものである。

実験体23基の凡その実験内容は次の表に示すとおりである。

表-1

実験番号	項目	目的	実験体番号
I	第2次実験の追従実験	前回の実験との関連性をつけるため、同一注入条件で実施する。(要因変化のチェック)	2
			3
			4
II	注入量の変化に伴うモルタル流動性状実験	400ℓ/min注入のためのアプローチ 注入量100, 200, 400ℓ/min	5
			6
			7
III	高速注入対策実験	400ℓ/min注入に対応する施工要領の確立	8
			9
			10
IV	新配合モルタルに伴う流動性状実験	単位セメント量を少なくして経済性を高める。夏期の注入モルタルの配合資料とする。配合設計において単位プライマシ量を減らす。単位砂量を多くした場合の配合設計	
V	各種混和剤の注入性状実験	既注の注入モルタル用混和剤の効果を判定する	
VI	陸上大型型枠実験	(1)注入管1本当りの有効注入面積の拡大化 (2)モルタル流動性状の確認 (3)大容量モルタル注入作業における施工要領の確立 (4)大容量のコンクリート打設に伴うラングの内部温度測定	23
		打継目処理と無処理との比較、打継高さ1.5m3回打ち処理方法、1段目層水夫による水中ワイヤブラス2段目無処理	19
		注入管引き起して注入高さ6mを1回で注入する(引抜き状況はモルタル面より50cm確認)ときのモルタル注入性状	20
VII	打継目の性状実験	注入管を底面に固定して、注入高さ6mを1回で注入するときのモルタル注入性状および応力測定	21
		マキ型打継目の処理方法に関する比較、打継高さ1.5m4回打ち。打継処理1段目ウォーターシュート・ボヤネット併用、2段目ウォーターシュート、3段目無処理	22
VIII	型枠の漏れ防止実験	型枠の継目相互間の水密性あるいは型枠と岩盤との水密性についてそれぞれ継手形式を変化させて型枠の水張り試験を行ない、併中継手実験の目定とする	

IX	注入管の位置その他を変化させた場合の流動性状実験	注入管をもちいないで型枠底部中央の注入口(φ65mm)から注入したときのモルタル流動性状	12
		注入管を型枠端部に挿込んで注入した場合のモルタル流動性状	13
		型枠内にあらかじめ凹部を造りそれに注入管を挿込んで注入したときのモルタル流動性状および凹部と全周注入部との打継目	14
		実験体底部に設置した有孔(φ10cm10cmピッチ)の十字型鉄パイプから注入した場合のモルタル流動性状	16
		型枠中央に高さ(φ50cm)を入れてその中に注入管を挿込んで注入したときのモルタル流動性状	17
		型枠に障害物(φ50cm×50cm×4.5mm)を入れたときのモルタル流動性状	18
X	コンクリートの非破壊試験	1 コンクリートの非破壊試験	2 衝撃波によるコンクリートの伝播速度と7級密度計の2種類を使用してコンクリート強度との関係調べ。
		2 モルタル粘弾計の改良	モルタル品質管理方法の選定
		3 粗骨材寸法と圧縮強度の関係	標準供試体(φ15cm×30cm)と粗骨材寸法φ80～150mmを使用して実験に打込まれたコンクリート試体、モルド(φ450×900)との圧縮強度比較
		4 フライアッシュセメント実験	陸上大型型枠実験を実施するための予備実験 フライアッシュセメントを使用し、モルタルパッチャーグラントの操作を簡略化する。
		5 水和熱試験	マスコンクリートとしてプレパックドコンクリートに対するクーリング資料を得るために断熱温度上昇を測定する。
		6 透水試験	注入モルタル配合の変化に伴う透水係数を求める。
	7 鋼試験	海水による混雑 打継目なし 海水に浸る混雑 打継目なし 海水による混雑 打継目あり 海水による混雑 打継目あり	(1)(2) (3)(4) (5)(6) (7)
			(8)(9) (10)
			(11)(12) (13)
			(14)(15) (16)
	8 補足実験	モルタルグラント試運転	1
		モルタルグラント全自動化試験	11
		電気計測器類試験	15

表-2 □ア圧縮強度試験結果

No	試体番号	寸法 (B)	直径 D(mm)	高さ H(mm)	重量 W(kg)	断面形状	最大寸法	圧縮強度 F(kN)	圧縮率 (%)	ヤング係数 E (10 ⁹ N/m ²)			合木率 (%)			平均値	標準偏差係数 (標準偏差/平均値)			備考		
										縦方向	横方向	斜方向	中心部	中間部	表面部		平均値	標準偏差	係数			
10	1-A	390	448	99.0	—	1576	440	170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	196	271	70.1	観察用 試体用 分
1	2-B	390	448	99.0	—	1576	440	279	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	387	69.8		
3	3-A	434	450.9	99.1	316.9	1570	177	124	1.3	16	11	10.3	—	16	13	15	206	244	67.9	244	69.8	
4	4-A	437	451	99.9	324.0	1576	241	276	23	24	20	23	15	14	14	14	292	261	76.5	261	75.6	
4	2-B	436	451	99.5	326.4	1578	437	273	26	27	18	24	16	16	14	15	—	—	—	—	—	
5	5-A	613	451	99.1	326.2	1578	461	285	23	23	28	25	13	13	—	—	—	—	—	—	—	176
5	2-B	619	450	99.2	323.5	1590	444	291	26	30	26	27	16	16	15	16	344	371	93.8	371	93.8	
6	6-A	615	451	99.3	323.8	1598	494	303	27	30	26	28	15	15	14	15	245	255	101.6	255	101.6	
6	2-B	616	450	99.1	320.1	1590	457	287	27	27	21	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	観察用 試体用 分
7	7-A	454	450	99.1	323.3	1590	379	251	26	—	—	28	15	12	11	12	303	355	90.7	355	90.7	
7	2-B	406	451	770	273.2	1578	300	238	17	23	25	22	17	16	17	18	—	—	—	—	—	656
8	8-A	410	450	723	26.4	1570	347	212	18	—	—	18	14	15	14	14	—	—	—	—	—	485
8	2-A	408	451	90.0	322.2	1578	329	207	1.9	—	21	20	13	11	12	12	344	437	45.8	437	45.8	
8	2-B	407	450	90.0	327.6	1570	373	203	2.3	—	16	20	13	13	12	13	—	—	—	—	—	465
9	9-A	606	450	704	703.8	1578	448	285	20	75	22	22	14	14	15	14	—	—	—	—	—	76.0
9	2-B	506	451	90.3	326.5	1578	415	260	22	23	23	23	16	16	16	16	356	371	90.1	371	90.1	
9	2-C	485	451	90.2	327.9	1578	447	280	24	25	27	24	16	14	13	14	—	—	—	—	—	75.5
10	10-A	556	451	90.2	328.4	1578	494	301	21	31	25	24	14	—	13	14	188	265	113.6	265	113.6	
10	2-B	533	451	90.6	325.0	1578	422	264	22	26	23	24	13	—	13	13	—	—	—	—	—	296
12	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	3	438	451	90.4	324.7	1578	461	288	22	24	21	23	16	—	19	18	318	474	92.7	474	92.7	
13	3-B	437	451	90.4	323.0	1578	447	287	22	32	27	27	14	14	13	14	—	—	—	—	—	61.8
14	4-A	457	450	90.7	340.0	1570	463	291	23	30	10	28	14	13	—	—	300	297	100.2	297	100.2	
16	4-A	409	451	120.0	336.2	1573	647	405	29	34	29	31	—	—	—	—	379	489	87.8	489	87.8	
16	2-B	435	451	90.4	324.2	1578	461	285	24	24	33	27	12	12	13	12	—	—	—	—	—	58.9
17	4-A	449	451	90.5	220.6	1578	473	278	27	32	27	29	12	12	14	13	383	537	81.8	537	81.8	
17	2-B	344	451	90.2	340.9	1578	450	288	26	28	22	24	13	12	11	12	—	—	—	—	—	53.6
18	4-A	379	433.9	90.2	330.7	1578	540	333	27	27	27	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81.8
18	2-B	437	451	60.0	227.0	1578	477	306	27	32	26	27	—	—	—	—	374	394	100.0	394	100.0	
18	2-C	402	431	91.1	336.3	1578	477	307	29	31	27	27	14	14	14	14	—	—	—	—	—	76.1
17-1-A	364	451	90.1	333.1	1578	677	475	31	30	31	31	—	—	—	—	—	387	514	82.7	514	82.7	
17-1-B	365	450	90.3	333.2	1570	609	381	30	25	31	29	—	—	—	—	—	372	488	89.7	488	89.7	
17-1-C	365	451	91.1	337.1	1578	618	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	347	437	100.0	437	100.0	
17-2-A	375	451	90.4	336.1	1578	734	472	35	32	30	32	—	—	—	—	—	387	514	91.8	514	91.8	
17-2-B	315	451	90.6	339.0	1578	572	368	29	30	27	29	—	—	—	—	—	372	488	79.6	488	79.6	
17-2-C	376	451	91.6	338.6	1578	615	385	27	33	27	33	—	—	—	—	—	347	488	88.1	488	88.1	
17-3-A	387	451	90.3	337.9	1578	652	405	29	31	30	30	—	—	—	—	—	387	514	79.4	514	79.4	
17-3-B	338	451	91.8	335.2	1578	545	341	27	28	27	27	—	—	—	—	—	372	488	75.8	488	75.8	
17-3-C	339	451	90.0	338.6	1578	612	508	34	37	38	34	—	—	—	—	—	347	488	116.2	488	116.2	
20	4-A	378	451	89.5	332.6	1578	658	412	32	39	30	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90.0
20	2-B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	2-C	394	451	90.5	337.5	1578	668	418	30	32	31	31	—	—	—	—	407	559	71.1	559	71.1	
20	2-E	377	451	90.2	337.4	1578	668	418	26	35	30	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.4
20	2-G	395	451	74.7	274.3	1578	641	401	26	33	32	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48.2
20	2-H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	4-A	371	451	90.7	327.9	1578	312	195	18	23	20	20	13	11	11	12	—	—	—	—	—	53.2
21	2-B	359	451	91.1	327.1	1578	352	221	10	18	21	23	9	12	11	11	402	557	69.6	557	69.6	
21	2-C	371	451	87.8	333.3	1578	499	303	19	31	24	25	10	12	10	11	—	—	—	—	—	51.5
21	2-D	378	450	67.6	258.1	1570	473	370	28	35	26	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	66.3
21	2-E	374	451	71.5	307.7	1578	662	414	24	36	32	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.4
22	1-G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	1-D	373	451	89.4	334.6	1578	614	384	28	32	28	29	—	—	—	—	403	552	69.6	552	69.6	
22	1-E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	1-A	275	451	90.2	337.0	1578	463	289	25	28	25	26	13	13	13	13	—	—	—	—	—	57.2
22	1-B	238	450	90.2	335.6	1530	418	263	25	25	28	26	14	12	11	12	—	—	—	—	—	51.9
22	2-A	705	451	87.7	334.8	1578	384	260	27	28	23	26	14	10	10	10	407	507	47.3	507	47.3	
22	2-A	231	432	90.0	333.6	1570	399	280	23	25	22	23	12	12	12	12	—	—	—	—	—	48.3
22	3-B	235	451	90.1	337.9	1578	424	265	26	26	24	25	15	14	14	14	—	—	—	—	—	52.8
22	4-A	237	432	90.0	365.4	1570	450	283	26	27	28	27	13	11	11	12	—	—	—	—	—	55.8
22	4-B	261	450	90.1	333.7	1570	470	286	26	26	25	25	12	13	13	13	—	—	—	—	—	58.4
22	5-A	244	450	90.0	333.6	1570	472	265	31	29	26	29	11	—	—	11	—	—	—	—	—	52.3
22	5-B	241	432	90.2	336.2	1570	474	267	24	23	22	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	52.7
22	4-A	247	447	67.7	260.5	1583	318	173	21	28	22	24	15	12	12	13	—	—	—	—	—	38.1
22	4-B	231	451	87.9	335.2	1578	320	200	21	24	24	23	9	—	14	12	—	—	—	—	—	37.4
22	7-A	242	451	80.5	277.3	1578	334	201	21	21	19	20	12	11	13	12	—	—	—	—	—	40.4
22	7-B	240	451	67.7	262.0	1578	410	257	29	28	25	31	9	12	10	10	—	—	—	—	—	48.7
22	7-C	239	450	90.2	337.1	1570	351	221	20	10	21	20	9	10	9	9	—	—	—	—	—	43.6
22	8-A	317	450	90.3	332.0	1570	433	272	31	27	28	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53.6
22	8-B	238	450	90.0	351.3	1570	352	221	28	31	28	28	14	13	11	13	—	—	—	—	—	43.6

供試品 番号	初寸 (日)	直径 D (cm)	長さ L (cm)	最大重量 Pu (ton)	引張強度 (% σ_b)	備考
22. 7	875	420	285	416	206	試験失敗
17. C	604	451	387	801	193	
23. C	353	450	576	641	157	
22. I	381	450	495	620	177	
19. F	427	452	390	367	20.9	
17. D	429	451	393	318	15.2	
17. E	421	452	371	772	267	
16. D	487	452	366	531	21.0	
17. D	455	451	373	354	13.4	
18. D	476	451	752	309	14.7	
16. C	488	452	388	805	31.6	入/入
3. C	662	451	423	450	13.0	
7. Z	444	449	476	836	206	
8. C	657	450	367	1092	203	

供 試 体 番 号	材 令 (日)	直 径 D (mm)	長 さ L (mm)	最大荷重 P (ton)	引張強度	備 考
722 F	380	45.0	99	10.50	192	引張機 破断
221 F	388	45.0	105	9.82	191	引張機 破断
221 A	388	45.0	120	1.56	35	引張機 破断

※印の最大荷重と圧縮強度は、所圧試験機で 500「重量」で破壊（たゞ供試体2「方」、圧縮強度とヤング係数（弾性係数）は平均値である。

5.2 試験体製造

φ450^{mm}のダイヤモンドビットをもつボーリングマシンにより採取したコアを最寄りの墓石屋にて、長さ900^{mm}両面の平行度をできるだけ高く丸ノコ式ダイヤモンドカッターにより切り出し、墓石の研磨機によりカッターの切り出し面を仕上げ、圧縮強度試験用供試体とした。

この供試体は、平ボデー4セトラックにクッション用の砂を敷き一列に並べて、倉敷市児島より広島大学まで搬送し同大学構内に散水静置した。

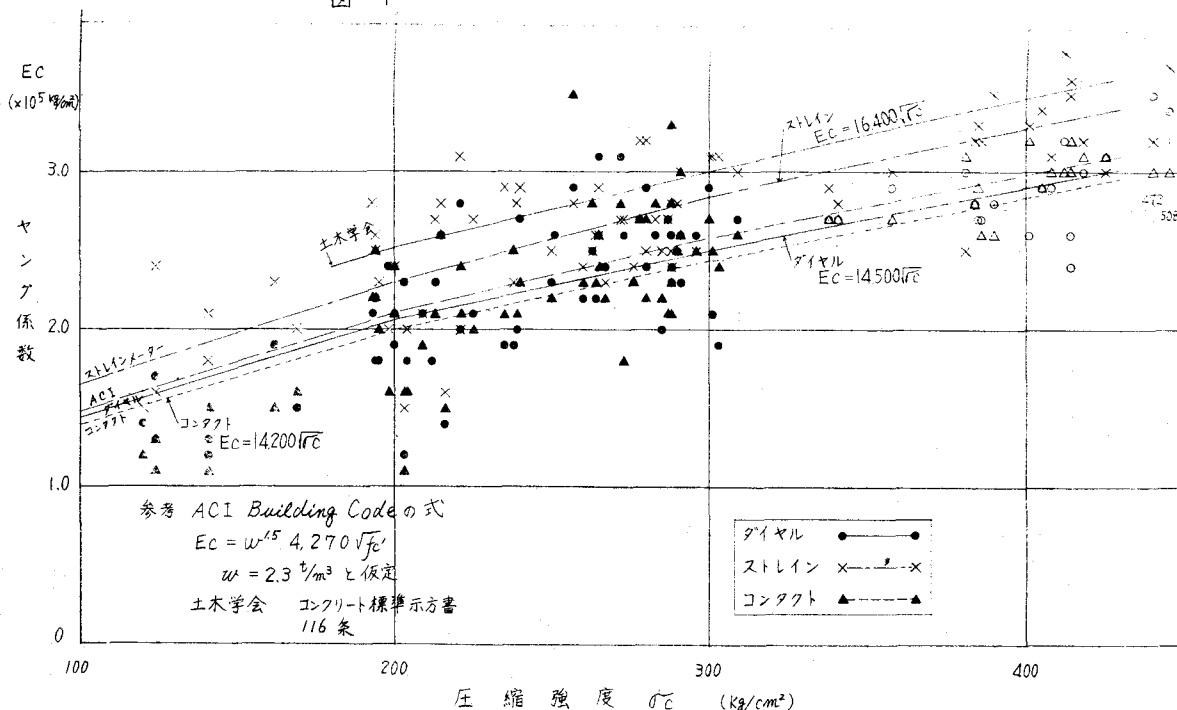
5.3 試験方法

供試体は、寸法重量を測定したのち石膏にて上下両面キャッピングを行ない、ヤング係数を測定しながら圧縮強度試験を実施した。キャッピング方法は石膏ペーストを耐圧試験機下側加压板に載せ供試体を静かに置いて位置を定めた、下側板上の石膏ペーストが硬化した後、供試体上面に石膏ペーストを置いて上側加压板を降下させ上面石膏が硬化するまで加压板を密着させた。

載荷試験は石膏硬化後2時間以上経過した時行なった。使用した耐圧試験機は東京衡機製500t耐圧試験機(CM-500型)である。

載荷方法は、毎秒約2^{kg}/cm²で載荷荷重20t毎に載荷を停止し、ヤング係数^{の測定}を行ない最大荷重まで増加させた。ヤング係数は、ストレインメータ(1方向3点4方向ゲージ長10^{mm})コンタクトゲージ(測定長300^{mm})およびダイヤルゲージ(測定長900^{mm})の3方法によりそれぞれ4方向4個所の平均を求めた。

図-1



(注)① σ_c が 200 kg/cm^2 以下のヤング係数 E_c は 2割り鋼筋モルタル(φ450^{mm}φ900^{mm})にて製造したフルバウンドコンクリートの供試体による観測値の測定値である。

② σ_c が 313 kg/cm^2 以上の圧縮強度は、ヤング係数と圧縮強度の関係式より推定したものである。

9.4 試験結果

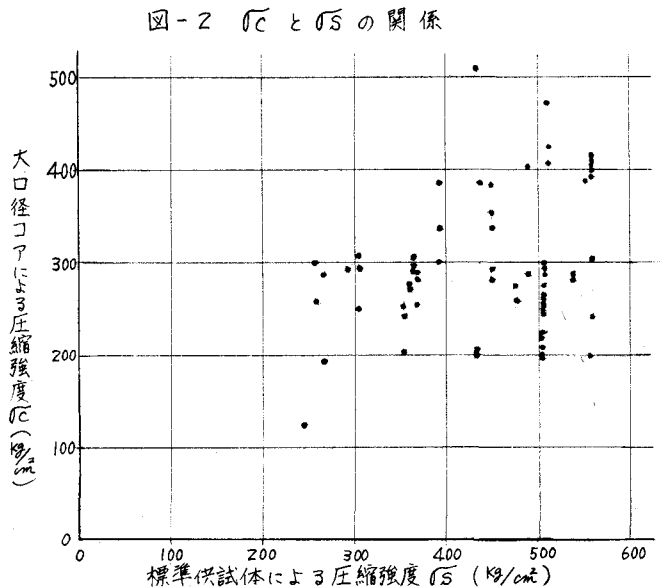
試験結果は表-2に示すとおりである。図-1はヤング係数と圧縮強度の~~関係~~^{関係}を示した。
500tの載荷にて破壊しない供試体に対しては、図-1よりヤング係数と圧縮強度との関係式より圧縮強度を推定した。

ストレインゲージの場合	$E_c = 16,400 \sqrt{f_c}$
コンタクトゲージの場合	$E_c = 14,200 \sqrt{f_c}$
ダイヤルゲージの場合	$E_c = 14,500 \sqrt{f_c}$

9.5 考察

1. 標準供試体(φ150×300)と大口径コアによる供試体(φ450×900)の関係

標準供試体による圧縮強度と大口径コアによる圧縮強度との関係は図-2に示すとおりである。標準供試体は同一ミキサによるモルタルによって製造されるが大口径コアによる供試体は直径3mの実験体では1バッチ約30cmを占めるため少なくとも3バッチ以上のバッチによって形成される。直径10mの実験体では1バッチ約3mのため30バッチ以上のモルタルバッチによって製造されるため一概に標準供試体と大口径コアによる供試体とを比較することはできないが、



およその傾向はつかめるものと考えられる。

- ヤング率の測定結果は大略200000～300000 kg/cm²程度であり、普通コンクリートと同程度であった。ヤング率の測定方法は、ストレインゲージ法コンタクトゲージ法ダイヤルゲージ法の3種を試みたがストレインゲージ法はストレインゲージの貼付位置によって値のばらつきが大きく、コンタクトゲージ法ダイヤルゲージ法が安定した測定値を示した。
- 直径10mの大型実験体に関する大口径コアの試験結果は、注入管を設置した中央部のコアの強度を100%としたとき、外周では大略80%であり注入モルタルの流動にともなう分離現象による強度低下率は20%未満であり、大量施工にともなう作業管理の簡略化すなわち注入管1本当たりの受持面積の拡大化100m²本程度は可能であることがわかった。
- 供試体1個の重量は約330kgもあり、コアボーリング時では1t～2.5tと非常に重く、コアの成形時運搬時と破壊しやすい重量物であったため、取扱いに非常に難儀した。