

構造物躯体コンクリートの強度管理に関する研究（その2）

——躯体コンクリートの強度発現性状——

SCCS 研究グループ

Strength Control of Concrete in Structures (Part 2)

——Strength Development of in-Situ Concrete——

SCCS Research Group

Abstract

This report describes results of an investigation to clarify the strength-developing characteristics of concrete in structures. Regarding concrete strengths of various members, it is pointed out that fairly large differences are observed between vertical and horizontal members, and that members of the same kind such as columns and walls as vertical members, and beams and slabs as horizontal members appear to belong to the same concrete population, respectively. Next, as to strength variation within each member, the following comments may be made. In vertical members such as columns and walls, concrete strengths at lower portions are larger than those at upper portions due to vertical consolidation with this trend varying according to construction conditions. Differences in strengths within beams and slabs are comparatively small. Finally, strength development with elapse of time is discussed. Although development of strength is much influenced by the season, the relationships of concrete strength differentials between parts of members appear to be independent of age.

概 要

本報では、構造物躯体コンクリートの強度発現性状に関する実験の結果とその考察を述べた。まず、各部材間の強度発現差について、鉛直部材と水平部材との間にかなり大きな差が生じること、また鉛直部材どうしならびに水平部材どうしのコンクリートは各々同一の母集団に属することなどを言及した。次に同一部材内の部位による強度差について、柱および壁などの鉛直部材では高さ方向に強度差がみられ、上部より下部にいくにつれ強度が増大すること、またそのような強度差は圧密の差によって生ずると思われるが施工法の影響を受けやすいこと、はりや床スラブでは部材内の強度差は生じるものの鉛直部材ほど大きくないことなどを説明した。最後に経時的にみた強度発現差について、強度の発現性状は季節の影響を大きく受けること、部材部位間の強度差は材令が変わってもそのまま平行移動するだけで強度差の関係は変わらないことなどを述べた。

1. まえがき

（その1）で説明した実大模擬部材による構造物躯体コンクリートの強度発現性状の調査のうち、部材間の強度発現差、同一部材内の部位による強度差、経時的にみた強度発現性状などについて述べる。

2. 部材間の強度発現差

各シーズン別、材令別の躯体コンクリートの圧縮強度試験結果の一覧を、表—1 および表—2 に示した。これ

からも明らかのように、各部材間の強度差について一定の傾向がみられ、柱部材・壁部材の強度発現が良好なのに対し、はり部材・床スラブの強度発現が低いことがうかがえる。これらの関係を更に明瞭にするため、各部材強度を現場水中養生シリンダー強度、標準水中養生シリンダー強度に対する指数として表現すると表—3 のような結果となった。それによれば、標準水中養生シリンダー強度に対する強度比は各シーズン毎に変化するの当然としても、現場水中養生シリンダー強度に対する強度比が各シーズンを通じてほぼ一定範囲の値となっている

部材別	季節	夏			秋			冬			
		試料本数 (本)	平均圧縮 強度 (kg/cm ²)	標準偏差 (kg/cm ²)	試料本数 (本)	平均圧縮 強度 (kg/cm ²)	標準偏差 (kg/cm ²)	試料本数 (本)	平均圧縮 強度 (kg/cm ²)	標準偏差 (kg/cm ²)	
柱	上部の内側	10	243	23.0	10	237	17.3	10	262	7.9	
		# 外側	10	233	44.5	10	229	12.0	10	227	13.5
		平均	20	238	34.8	20	233	15.0	20	244	21.0
	中部の内側	10	264	24.6	10	251	14.0	10	242	14.7	
		# 外側	10	266	13.9	10	224	18.5	10	234	15.2
		平均	20	265	19.5	20	238	21.1	20	238	15.1
	下部の内側	10	273	19.3	10	235	12.6	10	254	11.3	
		# 外側	10	314	23.2	10	269	14.4	10	272	17.1
		平均	20	293	29.5	20	252	22.0	20	263	16.9
	全体	60	265	36.2	60	241	20.9	60	248	20.6	
		上部	10	250	25.9	20	224	17.8	20	246	14.3
		中部	10	281	32.5	20	245	17.4	20	244	22.1
壁	下部	10	287	26.0	20	241	24.0	20	244	25.5	
	全体	30	273	31.9	60	237	21.6	60	245	20.8	
	上部	10	222	20.5	10	195	13.2	10	217	22.4	
はり	中部	10	233	10.8	10	218	15.5	10	241	18.0	
	全体	20	228	16.8	20	206	18.3	20	229	23.4	
	床スラブ	10	222	21.8	20	219	18.1	20	233	11.7	
抜き取りコア	全体	120	257	36.4	160	232	23.6	160	243	21.2	
	標準水中	10	259	14.6	10	290	16.9	10	347	13.8	
	# 封缶	10	240	7.4	10	261	9.8	10	338	10.9	
	# 気中	10	230	5.5	10	232	7.6	10	271	11.0	
	現場水中	10	269	4.1	10	245	15.8	10	276	13.3	
	# 湿砂	10	268	6.1	10	259	11.7	10	275	7.2	
	# 封缶	10	249	11.2	10	243	8.4	10	265	4.5	
# 気中	10	208	5.6	10	169	6.4	10	197	10.2		

表一 材令4週コア供試体強度一覧(各種養生シリンダー強度を含む)

のは興味深い。即ち、材令4週現場水中養生シリンダー強度を基準としたとき、同材令の柱部材の平均強度は全シーズンを通じ、90~99(指数表示)の範囲にあることがわかる。以下同様に、壁部材では90~106、はり部材では83~85、床スラブでは84~89という範囲の値を得た。鉛直部材である柱部材および壁部材の強度発現は、水平部材であるはり部材および床スラブの強度よりも約1割程度高目の値となっている。

図一は、表一の数値関係を視覚的にわかり易く表現したものである。これからも夏・秋・冬を通じ、各部材間の強度差に上述したような一定の傾向があることがわかる。今回の実験ではかなり多数のコアを抜取ったとはいえ自ら限度があるので、実験結果から普遍化した結論を導くのは慎重でなければならないが、各シーズンとも繰返し同じような傾向がみられたことは、これらの関係が一過性のものではなく、また、毎回の実験誤差のなかに埋没してしまうような弱い関係でもなく、極めて強い因果関係が存在していると評価できる。

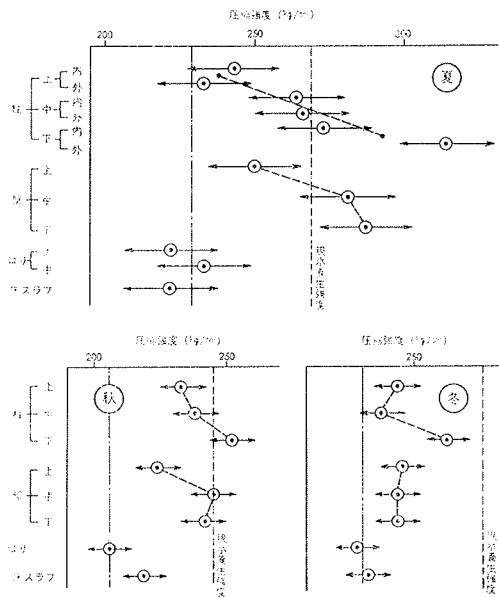
更に、以上述べてきた傾向を統計的な手法を適用して確認すべく、材令4週強度について部材間の平均値に差があるかどうかを調べるための平均値の差の検定、ならびに強度分布の形状に差があるかどうかを調べるための分散比の検定を実施した。表一4は検定結果の一覧表である。表中のたての欄は6種類の部材の組合せを各シーズン毎に区分したものである。判定については、有意差がみとめられたものに、*印を付し*印の個数が増えるほど高度に有意であることを意味させた。これらの結果を整理して、有意差の有無という観点から図示すると図一2のようになる。これを見ると、同じシーズンに打設

部材	位置	試料数	2 W			13 W			
			夏季	秋季	冬季	夏季	秋季	冬季	
柱	上部	内	4	212	194	194	252	264	315
		外	4	198	195	171	220	266	293
	平均	8	205	195	183	236	265	304	
	中部	内	4	219	212	207	294	268	285
		外	4	211	198	177	275	251	278
	平均	8	215	205	192	284	260	281	
下部	内	4	253	230	203	313	266	304	
	外	4	256	186	200	269	282	319	
平均	8	254	208	201	291	275	311		
全平均	24	225	202	192	270	266	299		
壁	上部	4	244	181	191	275	254	294	
	中部	4	288	228	180	281	278	313	
	下部	4	266	195	192	332	282	287	
	全平均	12	266	201	188	296	271	298	
はり	上部	4	185	178	164	232	231	274	
	中部	4	219	174	179	251	259	289	
	全平均	8	202	176	172	241	247	281	
床スラブ平均	4	178	195	182	210	265	292		
コア総平均	48	227	197	187	267	264	295		

表二 材令2週および13週のコア供試体強度一覧

部材	位置	夏季		秋季		冬季		夏季		冬季	
		標準水中を100とした指数		現場水中を100とした指数		標準水中を100とした指数		現場水中を100とした指数		標準水中を100とした指数	
		強度	σ	強度	σ	強度	σ	強度	σ	強度	σ
床スラブ		89	8.5	86	8.2	76	6.2	89	7.3	67	3.5
はり	上部	100	10.4	97	10.0	71	6.2	84	7.3	66	6.6
	中部	113	12.7	109	12.3	84	5.8	100	6.9	71	5.5
壁部材	下部	115	10.4	111	10.0	83	10.7	98	12.7	72	4.9
	全体	110	12.7	106	12.3	82	7.6	97	9.0	71	4.9
	上部	92	13.1	88	12.6	80	5.2	95	6.1	70	6.1
柱部材	中部	102	7.3	99	7.1	82	7.2	97	8.6	69	4.3
	下部	113	11.2	109	10.8	87	7.6	103	9.0	76	4.9
	全体	102	13.9	99	13.4	83	7.2	98	8.6	71	6.1
抜き取りコア全体		101	14.3	97	13.8	80	8.2	95	9.8	70	5.8

表三 材令4週強度の部材間の相対比較



図一 部材・部別材令4週平均強度(矢印は95%信頼区間)

した鉛直部材の柱部材と壁部材の間には平均値の差および分散比とも有意差がないことが判る。換言すれば、柱部材と壁部材の平均強度は同じとみなすことができ、また強度分布の形状も同じとみなして構わないことを意味する。以上の傾向は全シーズンを通じていえることである。同様に水平部材のはり部材と床スラブの間においても、平均値の差および分散比の検定とも有意差がないと判定された。こちらは、シーズンによって若干異なる傾向もみられたが、総じて上述の関係が成立するとみなすことができる。これに対して、鉛直部材と水平部材の組合せである、柱-はり、柱-床スラブ、壁-はり、壁-床スラブの間には、程度の差こそあれ全シーズンにわたって、強度の平均値間に有意差があると判定された。また分散比の検定結果はシーズンによって異なり、夏季および冬季の実験では、鉛直部材と水平部材強度の分布形状に有意差がありと判定されたが、秋季の実験では有意差がないという結果となった。これは鉛直部材の強度分布が、打設速度などによって影響されることと関連している。即ち打設速度が比較的大であった夏季の実験においては、鉛直部材の上下方向の強度差が大きく、一方比較的ゆっくりとした速度で打設した秋季の実験においては、鉛直部材内部の強度差が小さかったという事実と対応している。いずれにせよ鉛直部材と水平部材の間には明瞭な強度差がみとめられ、部材間の強度発現の差を無視できないこと、また強度分布の形状も一般論としては同一とみなし難いことが判った。

3. 部材内部位による強度発現差

同一部材内であっても、部位によって強度差が生ずることが予想されたので、そのような部位からコア供試体を抜取り強度差の有無を調べた。表一五は、材令4週強度について、部材内部位の強度差の分散分析を行った結果を示している。以下に各部材毎の結果の考察を述べる。

	夏					秋					冬					
	S.S	d.f	M.S	F-ratio	F-test	S.S	d.f	M.S	F-ratio	F-test	S.S	d.f	M.S	F-ratio	F-test	
柱	要因A	30,478	2	15,239	21.70 (0.005)	5.88	3,738.7	2	1,869.4	8.32 (0.005)	5.88	6,787.8	2	3,393.9	18.36 (0.005)	5.88
	要因B	1,782.3	1	1,782.3	2.53	—	0.4	1	0.4	0.0	—	1,025.2	1	1,025.2	5.54 (0.025)	5.33
	残差	7,114.2	2	3,557.1	5.07 (0.01)	3.17	9,789.3	2	4,894.7	21.77 (0.005)	5.88	7,156.5	2	3,578.3	10.35 (0.025)	5.88
	計	37,910.5	54	702.0			12,139.3	54	224.8			9,983.4	54	184.9		
	計	77,285	59				25,667.7	59				24,952.9	59			
壁	要因A	7,971.7	2	3,985.9	4.99 (0.025)	4.24	4,930.9	2	2,465.5	6.20 (0.005)	5.84	16.3	2	8.1	0.02	—
	残差	21,583.3	27	799.4			22,672.8	57	397.8			25,476.6	57	446.9		
	計	29,555	29				27,603.7	59				25,492.9	59			
はり	要因C	530.5	1	530.5	1.98	—	2,622	1	2,622	12.69 (0.005)	10.20	2,928.2	1	2,928.2	7.08 (0.025)	5.98
	残差	4,822.5	18	267.9			3,719.7	18	206.7			7,444	18	413.6		
	計	5,353	19				6,341.8	19				10,372.2	19			

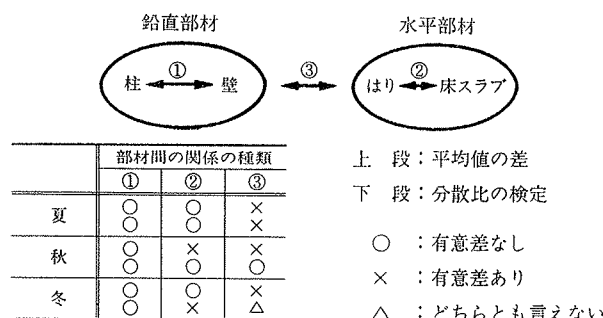
要因A：柱、壁の上、中、下の高さ方向の強度差 (S.S：平方和, d.f：自由度, M.S：不偏分散)
 要因B：柱の内側、外側の強度差
 要因C：はりの上、中、下の高さ方向の強度差
 ***0.5%有意, **1%有意, *2.5%有意

表一五 部材内部位による強度差の分散分析表(材令4W 強度)

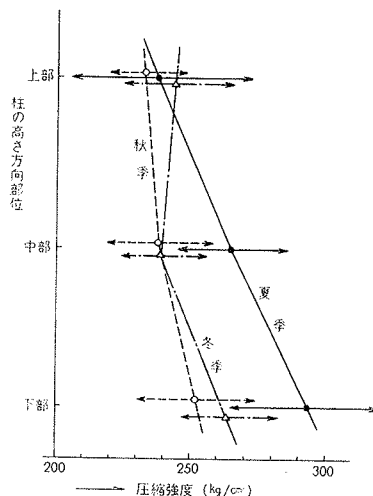
(***0.5%有意, **1%有意, *5%有意)

季節	部材の組合せ	それぞれの部材の試料数		平均値の差の検定			分散比の検定		
		to	t-test	判定	F ₀	F-test	判定		
夏	柱-壁	60	30	0.922	—	—	1.285	—	—
	はり-床スラブ	20	10	0.787	—	—	1.686	—	—
	柱-はり	60	20	4.510	(0.001) 3.373	***	4.650	(0.005) 2.60	***
	柱-床スラブ	60	10	3.682	(0.001) 3.460	***	2.758	(0.005) 2.904	***
	壁-はり	30	20	5.791	(0.001) 3.551	***	3.617	(0.005) 2.823	***
	壁-床スラブ	30	10	8.135	(0.001) 3.460	***	2.146	(0.05) 2.165	*
秋	柱-壁	60	60	1.031	—	—	1.075	—	—
	はり-床スラブ	20	20	2.285	(0.05) 2.021	*	1.016	—	—
	柱-はり	60	20	6.615	(0.001) 3.373	***	1.303	—	—
	柱-床スラブ	60	20	4.107	(0.001) 3.373	***	1.324	—	—
	壁-はり	60	20	5.681	(0.001) 3.373	***	1.402	—	—
	壁-床スラブ	60	20	3.245	(0.01) 2.617	*	1.424	—	—
冬	柱-壁	60	60	0.175	—	—	1.022	—	—
	はり-床スラブ	20	20	0.728	—	—	4.003	(0.005) 3.318	***
	柱-はり	60	20	3.591	(0.001) 3.460	***	1.291	—	—
	柱-床スラブ	60	20	3.190	(0.001) 3.460	***	3.103	(0.005) 2.387	***
	壁-はり	60	20	3.444	(0.001) 3.460	***	1.263	—	—
	壁-床スラブ	60	20	3.025	(0.01) 2.66	**	3.168	(0.005) 2.387	***

表一四 部材間の強度の平均値の差, 分散比の検定結果



図一四 部材間の強度の平均値, 分散比の検定結果



図一三 柱部材高さ方向による平均強度(材令4W)の変化(矢印は標準偏差の範囲)

3.1. 柱部材の部位による強度差

柱部材では、高さ方向による強度差を柱の上部、中部・下部の3水準について、また同一高さ内における強度差を部材表面と内部の2水準について

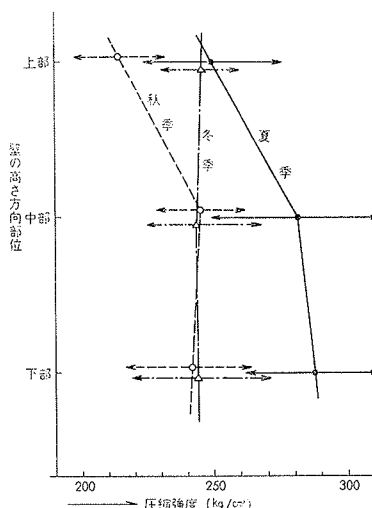
	夏	秋	冬
上部	-	-	○
中部	-	○	-
下部	×	×	×

- : 平均値の差に有意差が認められない。
 ○ : 1%以下の有意水準で有意差が認められ、かつ、内側が外側より強度が高い。
 × : 1%以下の有意水準で有意差が認められ、かつ、内側が外側より強度が低い。

表一6 柱の各高さにおける内側・外側の強度差の分散分析

調査した。分散分析の結果、柱の高さ方向の強度差は、各シーズンを通じて高度に有意となっており、上下方向の強度差が統計的にも確認された。図一3は柱の高さ方向の強度差を図示したものであるが、シーズンによる差がみられる。上下方向に強度差が生じる原因としては、自重による圧密差を挙げることができる。特に夏季の実験において上下方向の強度差が大きいのは、コンクリートの打設速度が他の季節にくらべてかなり大きく、従ってコンクリートの側圧も大きかったということが関係していると思われる。しかし、圧密の程度が鉛直方向の強度差に影響を与えているということは理解できるものの、それがどのような形で影響しているかについては、現段階ではよく判っていない。圧密によってブリージングが促進され、部材内部の水分が上方に移動する結果、上下方向に水セメント比の偏りが生じることによるものなのか、または圧密によって柱下部の型枠の継目から脱水をする結果、真空コンクリート工法による脱水効果と同様の効果が柱下部に生じるからなのか、或いはブリージングによる水分の移動や型枠継目からの脱水現象が全然なくても、側圧分布にみられるような上下方向の純然たる圧密差がセメントの水和反応に及ぼす影響によるものなのか、種々のケースが考えられる。いずれにせよ、今回の実験の範囲では、上述のいろいろな仮説を検証するに足る定量的な裏付けデータが得られていないので、今後の研究成果を待つところが大きい。

次に柱部材の同一高さにおける表面部と内部との強度差について述べる。表一5の分散分析の結果によれば、要因としての表面部強度と内部強度との間には有意差がないと判定された。ところが、高さ方向の要因との交互作用については、全シーズンにわたってかなり高度の有意差がみとめられている。何故このような結果となったのか、表一1の数値を詳細に検討してみると、柱部材の上部・中部では内部の強度が表面部の強度よりも大きいのにに対し、柱部材下部では逆に表面部の強度が大きいことがわかる。従って、柱部材全体の分散分析の結果では両者が相殺しあって有意差がないという判定になったものと考えられる。そこで、柱部材の各高さ毎に表面部と内部の強度差の分散分析をやり直し、その結果



図一4 壁部材の高さ方向による平均強度（材令4W）の変化（矢印は標準偏差の範囲）

をわかり易く表示してみると表一6のようになった。それによると柱部材下部においては、表面部と内部の強度との間に全シーズンを通じて高度の有意差がみとめられた。これに対し柱部材上部および中部では有意差がみとめられないケースが多く、また有意差がある場合でも、強度差は下部と逆の関係にあることを示している。当初の予想では、柱のようなマッシュな部材においては、内部のコンクリートのほうがマチュリティにおいても、乾燥程度の面においても有利な条件が揃っているため、内部強度のほうが表面部強度より大き目になると考えていた。にもかかわらず、柱下部における強度差が逆になったのは、前述したように柱下部における型枠継目からの脱水現象と関係があるものと思われる。

3.2. 壁部材の部位による強度差

壁部材では、高さ方向の因子のみをとりあげ、壁の上部・中部・下部の3水準について調査した。表一5の分散分析の結果から壁部材においても、高さ方向に強度の有意差が生じていることがわかるが、シーズンによって少しずつ傾向を異にしており、また強度差の程度は柱部材の場合ほど顕著ではない。図一4は壁部材の高さ方向による強度変化を図示したものであるが、壁の中部と下部とではほとんど差がみられない。これに対し壁の上部では、中部・下部よりも強度発現がひくく圧密差による影響を無視しえない。壁部材の場合、柱部材とくらべて高さ方向の強度差の程度が顕著でないのは、打設したコンクリートの量に対する型枠の接触面積が大きく、従って鉛直方向の自重力のかなりの部分が型枠面との摩擦力によって失われるので、部材下部へ到達する圧密力が柱部材の場合より小さいからだと考えられる。

柱部材でも壁部材でも同様であるが、鉛直部材のうち

あまり圧密の影響を受けていない柱頭部分や壁の上部におけるコンクリートの強度と、平打ちをした水平部材(はり部材および床スラブ)の強度を比較してみると、ほぼ同じ強度であることは興味深い。(表-1および図-1参照)従って、柱部材上部、壁部材上部の強度については、強度発現が悪いと考えるよりはむしろ水平部材と同程度であり、圧密効果が考えられる鉛直部材の中下部ではその分だけ強度が高くなっていると解釈すべきであろう。

3.3. はり部材の部位による強度差

はり部材では、はり成方向の上下間に強度差があるかどうかを調査した。表-1からも明らかのように、はり部材の上部と中部との強度比較では、各シーズンともはり中部強度のほうが大となっているが、これを分散分析をしてみると有意差がありと判定される場合とそうでない場合とに分れた。(表-5参照)特に秋季に打設したものについて上下方向の強度差が大きくあらわれているのは、秋季打設したコンクリートの調合が夏季と全く同じであったため、混練り後の水分の蒸発や凝結によるコンシステンシーの変化が夏季より少く、結果として水っぽいコンクリートとなってブリージングを大きく生じさせたためではないかと思われる。ブリージングにより水分移動があった場合、はり成方向の水セメント比の分布がどの程度であったかという点については、柱・壁部材の場合と同様に興味のある問題であるが、今回の実験では数値的に把握していない。同じ秋季打設したコンクリートでも、柱部材では他シーズンにくらべ特にブリージングによる影響があるようにもみられないので、ブリージングによる影響が上下方向の表面に近い部分に生じやすいのかどうかという点も興味のある問題である。いずれにせよ、はり部材における部材内上下方向の強度差は、柱・壁部材の場合ほど大きくはない。

3.4. 床スラブ部材内部の強度差

床スラブの場合は、もともと部位による極端な強度差は生じないだろうという予測をしていたが、強度の実測結果からもそれを裏づけるようなデータが得られた。即

ち矩形床スラブの抜取り位置による強度差には、一定の傾向がみられずランダムにバラついている感じで、そのバラツキも変動係数でみると5~10%の範囲にあり、他の部材よりも小さい。

4. 経時的にみた強度発現性状

強度発現の差を材令の面からながめる場合二つの見方がある。その一つは、材令に伴う強度発現がシーズンによってどのように違うかを中心にする見方と、もう一つは、各材令におけるコンクリート強度の部材部位間の関係が材令とともに変化するかどうかをみる見方である。以下に各々の観点からの考察を述べる。

4.1. 材令による強度変化の季節的特徴

表-1および表-2において材令別の圧縮強度を部材部位別に示したが、これらの数値を材令をパラメーターとして図示すると図-5のようになる。これからも判るように、各部材のコンクリート強度の伸びは、季節間で大きな差がある。図-6は材令4週強度を基準としたときの、材令2週および13週強度を指数表示したものであるが、材令4週以降のコンクリート強度の伸びに関して夏季打設したものが、0~5%程度であるのに対し、秋季打設したもの10~15%、冬季打設したもの、20~25%という強度の増伸がみられた。これは秋季および冬季におけるコンクリートの養生気温が低いので、材令4週の時点では未水和のセメントがかなり存在しているが、材令4週以降徐々に反応が進行して強度に寄与したことを意味している。ちなみに今回の実験における材令4週までの平均養生気温は、夏季24.0℃、秋季9.9℃、冬季

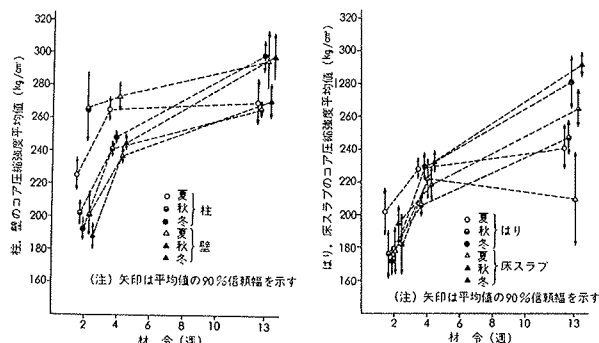


図-5 材令に伴う強度変化

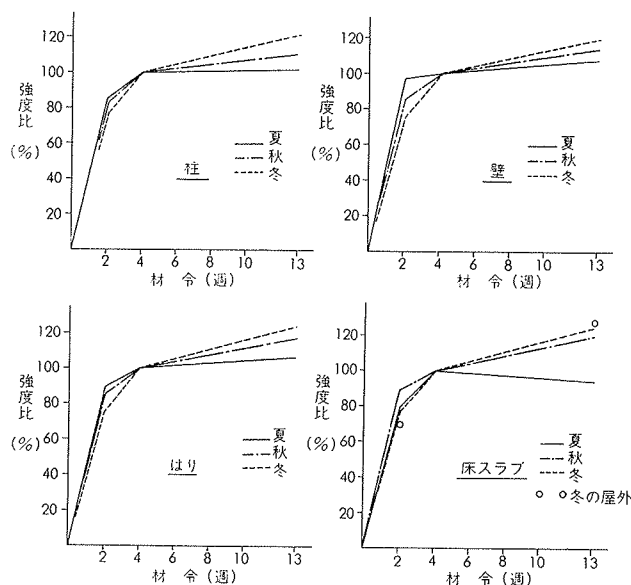


図-6 強度の伸びの指数表示(材令4W強度を100とする)

0.0°Cであった。

現行の法規では、材令4週において所定の強度に達していることが要求されているので、冬季のコンクリートは相当富調合にしておかなければならない。その結果、冬季に打設したコンクリートの最終強度は夏季に打設したものよりかなり高目の強度となる。今回の実験では、材令4週時におけるコア強度の全平均値は夏季257 kg/cm²、冬季243 kg/cm²とあまり差異がないが、材令13週で比較すると夏季267 kg/cm²、冬季295 kg/cm²となり冬季のほうがはるかに大きな最終強度に達していることがわかる。現行のシステムでは、材令4週時における強度試験結果から構造物躯体コンクリートの強度を判定する際に、材令4週以降の強度の伸びを全然考慮していないが、4週以降の強度増伸を期待できない夏季打設コンクリートと4週以降20%程度の強度増伸が見込まれる冬季打設コンクリートを同一に扱うことの妥当性が問題となる。

コンクリートの強度発現の季節的特徴として、考察を加えておきたいもう一つの事項に夏季打設コンクリートと秋季打設コンクリートとの比較がある。前述したように、夏季と秋季では全く同じコンクリートの調合を採用したので、強度発現上の差異は主にシーズンの差によるものと解することができる。両者を比較してみると材令2週から4週までの期間において、各部材から抜取ったコア供試体の強度は、すべて夏季打設コンクリートのほうが高い。しかるに材令13週における比較では、全般に逆転して秋季打設コンクリートの強度のほうは高くなっている。同様のことが現場養生したシリンダーについても言える。これは、調合が同じコンクリートの場合初期の養生温度が高いときには、初期の強度発現は高くなるが、長期間経過後の最終強度は、初期の養生温度が低い場合のほうがかえって高くなることを示している。

4.2. 材令による部材部位間の強度差の関係

前述した部材間、部位間の強度差の傾向は、材令4週強度を基にしたものである。材令2週および13週において抜取ったコアの本数は非常に少なく、分布を考慮したような統計的検討には不向きである。そこで各材令における平均強度をプロットして、部材間・部位間の関係を示すと図-7のようになった。これから各部材間・部位間の強度関係は、材令が変ってもそのまま平行移動するだけで、大小関係は変化していないことがわかる。換言すれば、部材・部位間の強度差の関係は、材令には支配されていないと解釈でき、既述の材令4週時の関係をもって代表させることができる。

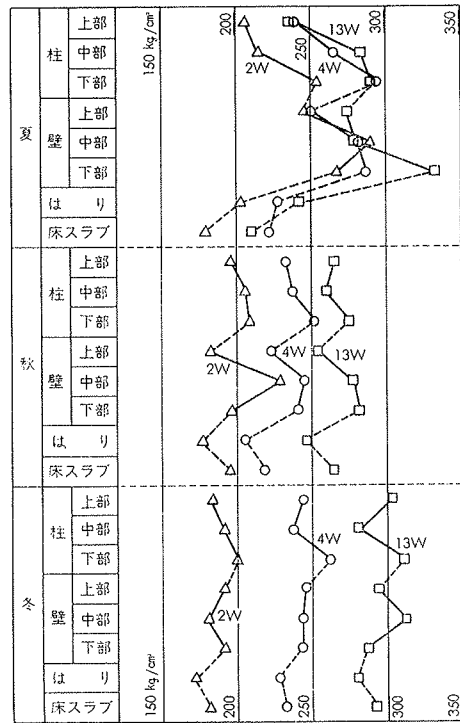


図-7 部材部位間の強度差の経時的変化

5. まとめ

本報で述べたことを整理すると次の通りである。

〔部材間の強度差について〕

- (1) 柱・壁などの鉛直部材と、はり・床スラブなどの水平部材との間には、顕著な強度発現差がある。
- (2) 鉛直部材どうしの柱と壁のコンクリートは、同一母集団に所属すると考えることができる。
- (3) 水平部材どうしのはりと床スラブのコンクリートは同一母集団に属すると考えることができる。

〔部材内部位による強度差について〕

- (4) 柱および壁では高さ方向の強度差がみとめられ、上部より下部にいくにつれて強度が増大する。
- (5) 鉛直部材の高さ方向の強度差は、主に圧密によって生じると思われるが、コンクリートの打設速度、締固めの方法などの影響を受ける。

(6) はりにおいてもマイクロにみれば、はり成方向に若干の強度差が生じるが、大した差ではない。

(7) 床スラブでは、抜取り位置による強度差には一定の傾向がみられず、強度のバラツキも小さい。

〔経時的にみた強度発現差について〕

(8) 強度の発現性状は季節によって差があり、夏と冬とでは材令4週以降の強度の伸びが大きく異なる。

(9) 部材・部位間の強度差は、材令が変ってもそのまま平行移動するだけで、強度差の関係は変わらない。

(文責 中根 淳)