

名古屋大学工学部 正員 小阪 義夫  
 琉球大学理工学部 〃 〇和仁屋晴謹  
 名古屋大学工学部 〃 谷川 恭雄

1. まえがき まだ固まらないコンクリートに生ずる材料の分離、次下、自由水の上方への移動、粗骨材間の架構作用による次下の妨げ、骨材下面の水隙の形成等は、硬化後のコンクリートのモルタルと粗骨材間の付着性の低下やコンクリートの力学的異方性あるいは打設高さ方向の非均質性の原因となる。しかし、この打設高さ方向の非均質性や異方性についての研究報告はまだその数が少なく、特に変形性状に関しては、Hughes<sup>3)</sup>による報告を除いて、ほとんど見られない。そのため、本実験は、まず第一段階として、コンクリートの非均質性と力学的異方性におよぼす要因分析を行なうために、打設高さ、載荷方向、水セメント比、単位水量および単位粗骨材の5因子を選び、これらの因子が、弾性係数、圧縮強度および引張強度など、主として力学的性質におよぼす影響を調べ、コンクリートの非均質性ならびに異方性の有無を実験計画法に基づいて調べた。

2. 実験計画 上述の5因子を表-1に示すように組合せて実験を行なった。表中の試験体番号の添字Pは打設方向と同方向載荷試験体（以下P試験体と呼ぶ）を表わし、Vは直角方向載荷試験体（以下V試験体と呼ぶ）を表わす。

3. 使用材料 セメントは市販普通ポルトランドセメント（比重3.15、28日圧縮強さ384<sup>k9</sup>/cm<sup>2</sup>、曲げ強さ74.3<sup>k9</sup>/cm）を使用し、骨材は木曽川産の川砂利（比重2.53、吸水率2.33、粗粒率2.58）および川砂利（比重2.60、吸水率1.78%、粗粒率6.32、最大寸法15mm）を使用した。

4. 試験体の製作および養生方法 試験体寸法は断面15×15cm<sup>2</sup>、高さ150cmの試験体（以下L試験体と呼ぶ）と、300cmの試験体（以下H試験体と呼ぶ）の2種類とし、同一配合のコンクリートに対し圧縮試験用2体、引張試験用2体、合計32体製作した。締め固めは、約50cm打設するごとに、外部振動機によって約30秒間型枠側面に押しあてて行なった。また同時に各配合ごとに、中10×20cmシリンダー試験体を各9個ずつ製作した。脱型は打設後約48時間後に行ない

、脱型後20±1°Cの水中で養生した。その後、試験日5~7日前に水槽より取り出し、図-1に示す位置からダイヤモンドカッターで、15×15×15cmの試験体（以下角柱体と呼ぶ）を切り出し、再び水槽内に戻して養生した。

5. 試験方法 角柱体、シリンダーとともに試験日（打設後28日目）3日前に水槽より出し、重量および断面寸法を測定し、翌日必ず測定用試験体にWSG（測定長60mm）をはり付け、試験時まで室内に放置した。角柱体による割裂試験は断面10×10mmの鋼棒を試験体断面の中央の上下にはこんで加圧する方法をとった。また角

因子	1P	2V	3P	4V	5P	6V	7P	8V
載荷方向	平	直	平	直	平	直	平	直
打設高さ(m)	1.5	3.0	1.5	3.0	3.0	1.5	3.0	1.5
水セメント比(%)	50	65	65	50	50	65	65	50
粗骨材量(l)	390	350	350	390	350	390	390	350
単位水量(l)	200	200	215	215	240	240	230	230

表-1 実験計画表

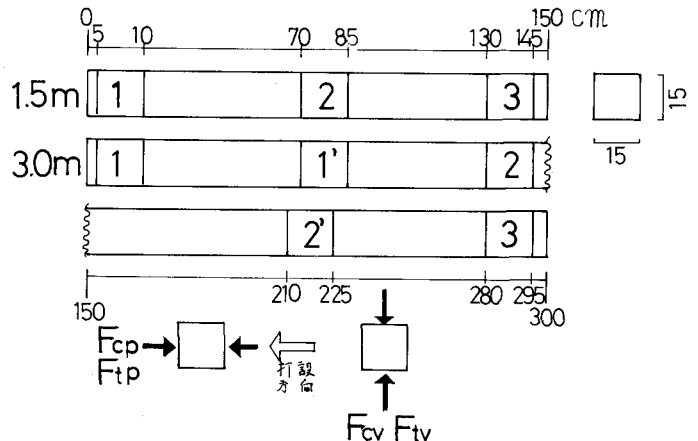


図-1 採取角柱体番号および載荷方向

柱体の圧縮試験は載荷面の摩擦の影響をさけるため、厚さ1.5mmの軟質ゴムシートと厚さ0.1mmのアルミ箔の間にシリコングリースを塗布した減摩用パッドを載荷板と角柱体端面の間にはさんで載荷した。

6. 実験結果とその考察

6.1 要因分析の結果 要因分析の結果は表-2に示す通りである。表中の番号1,2およびろは、図-1に示す採取角柱体の番号を示す。また本実験では単位水量および単位粗骨材量については、危険率5%で有意差(以下危険率5%で使用)が認められなかったため、表-2では省略してある。結果の検討は各項で述べる。

特性	因子	載荷方向		打設高さ		水セメント比	
		不偏分散比	寄与率	不偏分散比	寄与率	不偏分散比	寄与率
Fc	3	10.36*	14.0	0.		58.46**	79.2
	2	9.92*	3.3	0.78		287**	95.1
	1	5.90	24	0.89		236**	95.6
Ft	3	1.28	1.3	40.74**	536	3000**	39.5
	2	10.21*	27.1	1.13	30	2551**	59.8
	1	9.47*	25.5	4.94	10.1	18.75*	50.5
Es	3	3.22*	16.2	5.07	11.1	62.16**	67.8
	2	8.35*	9.3	6.96	7.7	70.71**	78.6
	1	19.65*	2.3	25.22**	30	801**	94.3

\*5%の危険率で有意 \*\*1%の危険率で有意

表-2 要因分析結果

6.2 角柱体比重とシリンダー比重との関係

図-2は各採取位置での角柱体比重( $\rho_p$ )をシリンダー

比重( $\rho_c$ )で割って無次元化した値を縦軸に、角柱体採取高さ( $h_i$ )をコンクリートの打設高さ( $h$ )で割った値を横軸にして示したものである。図より、下層部での $\rho_p$ は上層部からの圧密を受けるため $\rho_p$ より大きくなり、上層部ではアーシング水や粗骨材間の架構作用などによって、沈下が防げられ、材料の分離が助長されるため $\rho_p$ は $\rho_c$ より小さくなり、下部より上部に行くに従って、 $\rho_p/\rho_c$ の値は漸次減少する傾向を示した。

6.3 弾性係数 a) 試験体上下の非均質性 任意位置から採取した角柱体の弾性係数( $E_{si}$ )と角柱体1の弾性係数( $E_{s1}$ )との比 $E_{si}/E_{s1}$ と $h_i/h$ との関係を図-3に示す。 $E_{si}/E_{s1}$ の値は下部から上部に行くに従って、漸次減少し、角柱体の弾性係数( $E_{s3}$ )は $E_{s1}$ より、平均11%の低下を示した。また打設高さの影響は角柱体るにおいて有意差が認められ、H試験体の $E_{s3}$ はL試験体の $E_{s3}$ の平均1.03倍であった。

b) 異方性 V試験体の弾性係数( $E_{sv}$ )とP試験体の弾性係数( $E_{sp}$ )の関係は、ほとんどの角柱体で、 $E_{sp} > E_{sv}$ となり、有意差が認められ、 $E_{sv}$ は $E_{sp}$ よりも、角柱体1, 2およびろにおいて、それぞれ平均3%, 5%および7%の低下を示した。

6.4 圧縮強度 a) 試験体上下の非均質性 任意位置で採取した角柱体の強度( $F_{ci}$ )と角柱体1の強度( $F_{c1}$ )との比 $F_{ci}/F_{c1}$ と $h_i/h$ との関係を図-4に示す。 $F_{ci}/F_{c1}$ の値は下部から上部に行くに従って漸次減少し、角柱体の強度は $F_{c1}$ より平均21%低下した。また打設高さの影響には有意差が認められなかった。

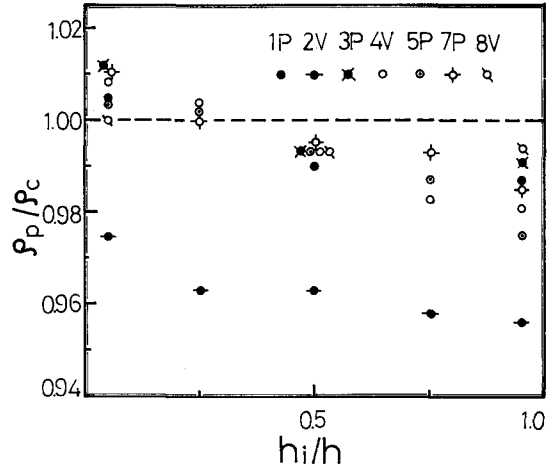


図-2  $\rho_p/\rho_c$ と $h_i/h$ との関係

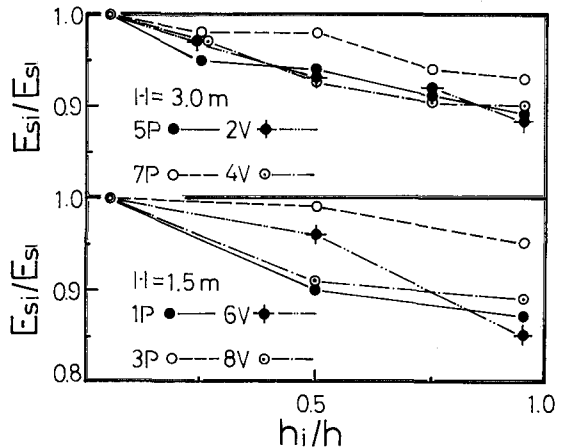


図-3  $E_{si}/E_{s1}$ と $h_i/h$ との関係

b) 異方性 V試験体の強度( $F_{cv}$ )とP試験体の強度( $F_{cp}$ )の関係は、ほとんどの角柱体において、 $F_{cp} > F_{cv}$ となり、角柱体2および3において有意差が現われ、 $F_{cv}$ は $F_{cp}$ よりも、それぞれ7%および15%低下した。角柱体1においては有意差は認められなかった。

6.5 引張強度 a) 試験体上下の非均質性 任意位置から採取した角柱体の強度( $F_{ci}$ )と角柱体1の強度( $F_{c1}$ )との関係を図-5に示す。この場合、 $h_i/h$ による強度低下は、 $E_s$ や $F_c$ よりも大きく、角柱体3の強度( $F_{c3}$ )は $F_{c1}$ より平均25%低下した。また $F_{cs}$ の場合、打設高さに有意差が現われ、H試験体の $F_{cs}$ はL試験体の $F_{cs}$ より平均18%の低下を示した。

b) 異方性 V試験体の強度( $F_{ov}$ )はP試験体の強度( $F_{op}$ )より小さく、角柱体1および2において有意差が認められ、角柱体1および2ともに、 $F_{ov}$ は $F_{op}$ より平均11%の低下を示した。

## 7. むすび

1. 角柱体の比重( $\rho_p$ )は、下層部においてはシリンドラの比重( $\rho_c$ )より大きいのが、上層部になるに従って漸次減少し、角柱体3の $\rho_p$ は $\rho_c$ よりもL試験体で約1.2%、H試験体で約2%小さくなった。

2. 角柱体3の $E_s$ 、 $F_c$ および $F_{ci}$ は角柱体1のそれよりも、それぞれ平均11%、21%および25%低下した。

3. 載荷方向による力学性質の差は、 $E_s$ 、 $F_c$ および $F_c$ とともにP試験体のものがV試験体よりも大きく、一部を除いて、有意差が認められた。

4. 角柱体1および2の場合、H試験体の $E_s$ 、 $F_c$ および $F_{ci}$ はL試験体のそれよりもやや大きい傾向を示し、角柱体3の場合は角柱体1および2とは逆の傾向を示したが、角柱体1の $E_s$ と角柱体3の $F_c$ を除いて、打設高さの効果に有意差は認められなかった。

5. 本実験では、単位水量および単位粗骨材量の効果については有意差が現われなかった。

参考文献：1. B.P. Hughs, J.E. Ash: Materials and Constructions (RILEM). Vol.3, No.18, 1970.

2. idem: Concrete. Vol.3, No.12, 1969.

3. J.E. Ash: J. of ACI. Vol.69, No.4, 1972

4. 十代田, 他: 建大会観戦集. 1967, 1968, 1970, 1972.

5. 児玉武三: セメント技術年報 XVIII, 1964.

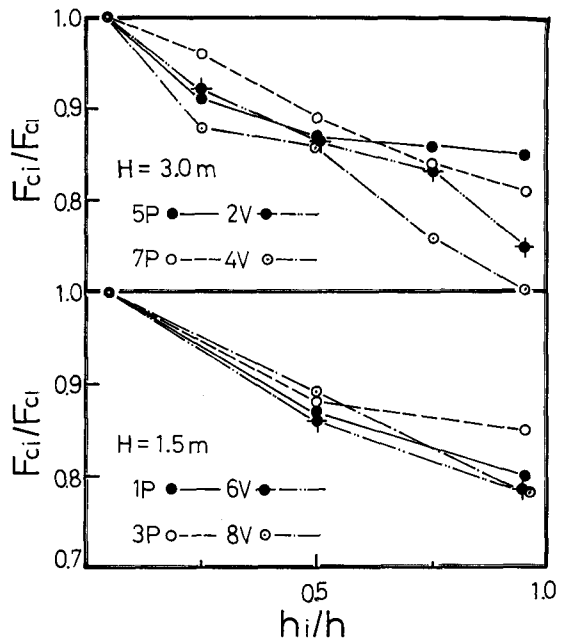


図-4  $F_{ci}/F_{c1}$ と $h_i/h$ との関係

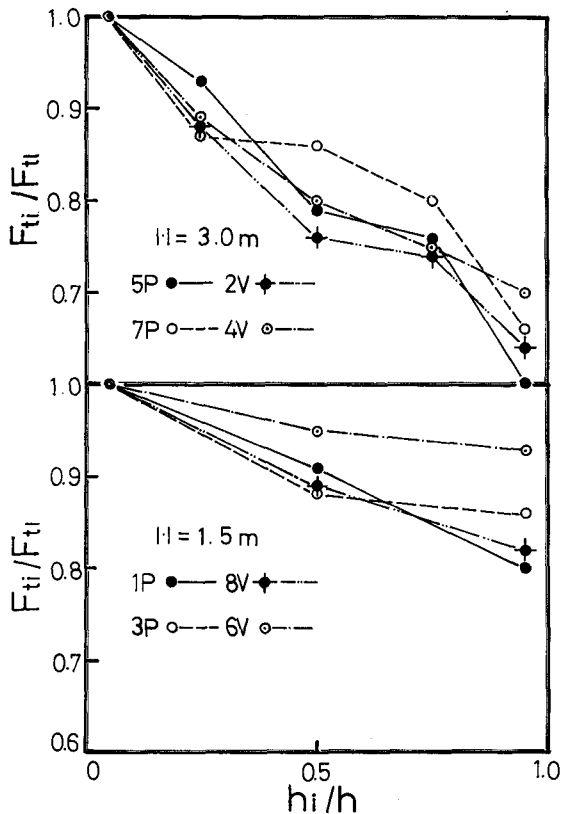


図-5  $F_{ti}/F_{t1}$ と $h_i/h$ との関係