

[27] 振動締固めによるコンクリートの内部組成と力学的性質の変動について

正会員 ○ 加賀谷 誠 (秋田大学)
 正会員 徳 田 弘 (秋田大学)
 正会員 川 上 洵 (秋田大学)

1 まえがき

構造物の設計に用いられるコンクリートの諸強度や諸力学的性質は標準供試体を用いて測定されているが、その前提には標準供試体と構造物全体のコンクリートの組成が示方配合のそれと等しく均質であるということが仮定されている。しかし、構造物の複雑化や、締固め程度の判定は目視によるためその基準があいまいであることなどから前述の仮定が満足されない場合が多いと思われる。特に、コンクリート内部に空隙を生じさせないため必要以上に過剰な振動締固めが行なわれているようである。このようない違いが構造物の安全性や耐久性などに与える影響は大きいと考えられるので、これを事前に予知する必要がある。

本研究は、過剰な振動を与えて材料分離を生じさせた柱状供試体の組成分布とこれに対応する強度分布の変動現象を配合条件および施工条件を変えた実験により再現し、さらに、これと標準供試体内の組成および強度を比較してその結果について考察を加えたものである。

2 実験概要

(1) 柱状コンクリート供試体中の組成変動の測定

表-1 コンクリートの配合

実験には普通セメント、川砂(比重2.58, 吸水率296%, F.M.2.89)および川砂利(比重2.55, 吸水率3.02%, F.M.6.80)を用いた。スランプ 10 ± 1 cm, $W/C = 0.4$ および0.6のブレンコンクリートを打込み高さ30 cmの一層で、また、スランプ 5 ± 1 , 10 ± 1 および 15 ± 1 cm, $W/C = 0.6$ のブレンコンクリートを打込み高さ40 cmの一層で締固め時間を変えて打込んだ。表-1に打込んだコンクリ

No.	Gmax mm	SL cm	Air %	W/C %	s/a %	Unit weight (kg/m ³)			
						W	C	S	G
1	25	5±1	1.5	60	42.5	150	250	842	1108
2	25	10±1	1.5	60	42.5	160	267	812	1036
3	25	15±1	1.5	60	42.5	168	280	799	1068
4	25	10±1	1.5	40	38.5	165	412	685	1032

ートの示方配合を示す。供試体の形状は断面 15×15 cm, 高さ15, 30および40 cmの角柱であって、高さ15 cmの立方体供試体を各種コンクリート供試体に対応する標準供試体とした。締固めには棒状内部振動機(径25 mm, 振動数13000 v.p.m.)を用いた。なお、締固め時間を15~300秒とした。ブリージング終了後の供試体を用いて、まだ固まらないコンクリートの洗い分析試験を行ない、供試体高さ方向の組成分布を測定した。試料の採取量は1カ所あたりの層厚が約7.5~8 cmとなるようにした。したがって、供試体の高さが15 cmのもので2, 30 cmのもので4, 40 cmのもので5個採取し、供試体のコンクリート全部を用いた。なお、各層内のコンクリートの組成は空気量を無視した単位量の絶対容積で算定された。洗い分析試験終了後88 μ ふるいに残留した細骨材を用いてふるい分け試験を行ない供試体各層内の砂の粗粒率を求めた。さらに、各供試体の高さ方向における単位容積重量分布を求めた。これは、硬化したコンクリートの単位容積重量試験方法に基づき、割裂試験終了後の供試体片を用いて測定された。

(2) 柱状コンクリート供試体の強度分布の測定

柱状供試体の上部および下部から高さ20 cmの切片を取り出し、はり切片による圧縮強度試験方法に基づき供試体上下部の圧縮強度を求めた。さらに供試体高さ方向の圧縮強度分布をN型シュミットテストハンマーを用いて測定した。また、細長片を使用する割裂試験方法に基づき供試体の高さ方向の引張強度分布を求めた。使用した細長片の寸法は断面 10×10 mm, 長さ150 mmである。供試体の強度分布測定位置を組成分布の測定位置にそ

れぞれ対応させた。なお、試験材令は28日であり、所定の材令まで21℃恒温水中養生を行なった。

3 結果と考察

(1) 過剰振動締固めによるコンクリートの内部組成の変動について

図-1は $W/C=0.6$ スランプ5, 10および15cmのコンクリートを高さ40cm, 締固め時間180秒で打込んだ時の W/C , s/a 各単位量の絶対容積 w , c , s , g , 単位容積重量 ρ およびF.M.の高さ方向における分布を示したものである。 W/C , s/a および w , c , s は供試体下部から上部にかけて増加する傾向があり、

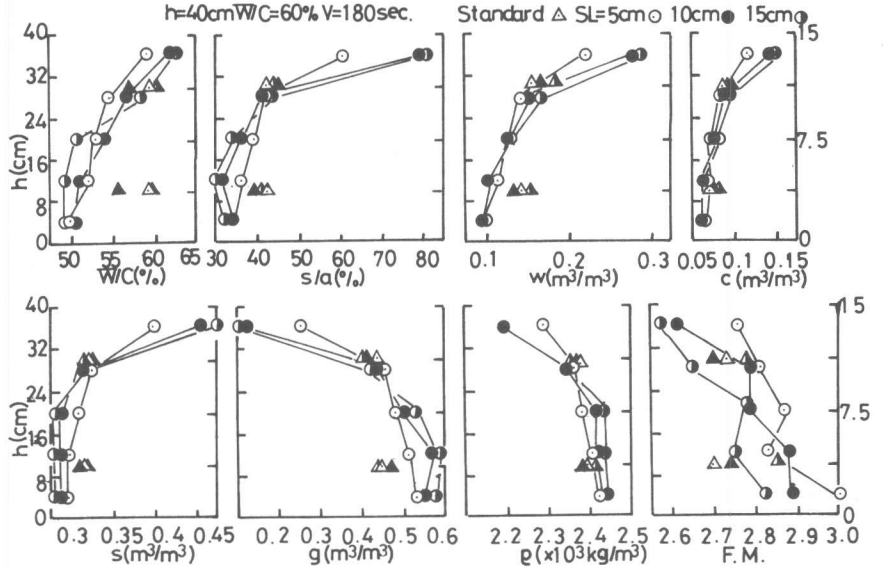


図-1 スランプの変化による内部組成分布の変動

その傾向は、スランプの大きいコンクリートほど顕著となる。また、 ρ および g では逆の傾向が認められる。砂のF.M.は供試体下部から上部にかけて減少する傾向があり、細粒子が供試体上層部に集まると考えられる。この傾向はスランプが大きいほど著しくなることが認められる。標準供試体の締固め程度の判定を目視によって行なったが締固め時間は、スランプ5cmのコンクリートで35秒、10cmで20秒、15cmで15秒程度であった。標準供試体内の上部と下部における組成の違いはわずかであるが、振動時間180秒で締固めた角柱供試体の組成変動はこれらと比較して著しく、スランプの大きいコンクリートほど材料分離傾向が大きくなると判断される。

図-2は、一例として $W/C=0.4$ および0.6, スランプ10cmのコンクリートを高さ30cm, 締固め時間180秒で打込んだ時の供試体最上部および最下部における W/C , s/a , w および g を示したものである。 W/C , s/a および w は下部から上部にかけて増加する傾向にあり、 g は下部から上部にかけて減少する傾向がある。その傾向は W/C が大きいほど顕著となる。標準供試体の上下部における組成分布と比較すれば $W/C=0.6$ のコンクリートにおいて上下部の組成の違いが大きくなっており、 W/C が大きく粘性の少ないコンクリートほど材料分離傾向が著しくなるものと考えられる。

図-3は一例として、 $W/C=0.6$, スランプ10cmのコンクリートを高さ40cm, 締固め時間60, 120および180秒で打込んだ時の供試体最上部および最下部における W/C , s/a , w および g を示したものである。

供試体最上部

における W/C , s/a および w は締固め時間の増加に伴って増加し、供試体最下部では減少する傾向にある。ま

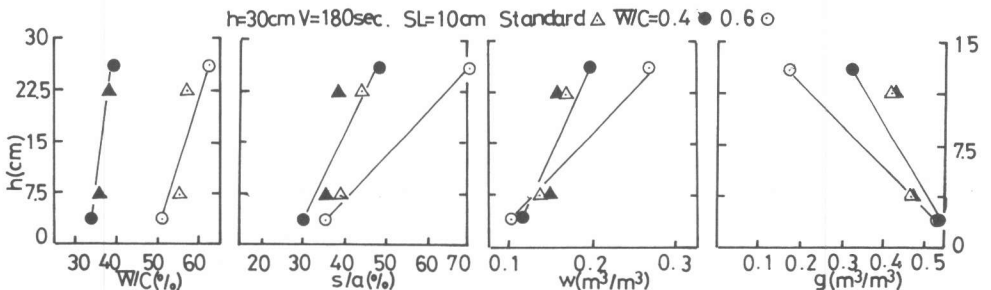


図-2 W/C の変化による内部組成分布の変動

た、 ρ では逆の傾向になることが認められる。標準供試体と締め時間を変えた各供試体上下部の組成分布を比較すれば

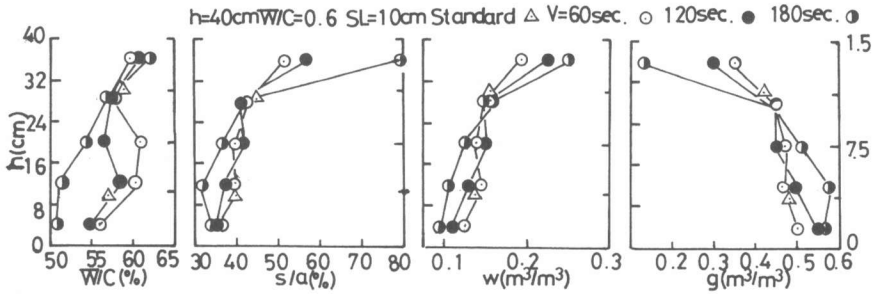


図-3 締め時間の変化による内部組成分布の変動

締め時間が長いほど下部から上部にかけて組成の変動が大きく材料分離が著しいものと考えられる。

(2) 過剰振動締めによるコンクリートの内部組成の変動が強度に及ぼす影響

図-4は、図-1で示したコンクリートの圧縮および引張強度分布を示したものである。各スランブのコンクリートの上部における圧縮強度が下部のそれより4~6%程度低下する傾向が認められる。また、各供試体上下部の圧縮強度と標準供試体のそれを比較すれば、スランブの大きいものほど上下部とも標準供試体のそれより低くなる傾向がある。シュミットハンマーによる圧縮強度分布において、供試体上部ではスランブの大きいコンクリートほど標準供試体のそれより低下する傾向が認められ、供試体下部から上部にかけて、18~25%の圧縮強度低下が認められた。高さ方向における引張強度分布は下部から上部にかけて増加する傾向が認められるが、その差異は小さかった。以上の結果から、締め時間を一定としたコンクリートではスランブが大きいほど上部において、材料分離による圧縮強度低下が著しくなるものと考えられる。

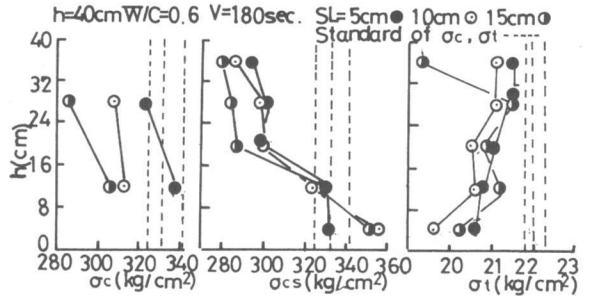


図-4 スランブの変化による材料分離の程度が強度分布に及ぼす影響

図-5は、図-2で示したコンクリートの圧縮および引張強度分布を示したものである。供試体上部の圧縮強度が下部のそれよりも低下する傾向が認められるがその傾向はW/C=0.6のコンクリートにおいて著しくなることが認められる。また、シュミットハンマーによる圧縮強度分布からも同様の傾向が認められた。高さ方向の引張強度分布にはW/Cによって大きな差異が認められなかった。

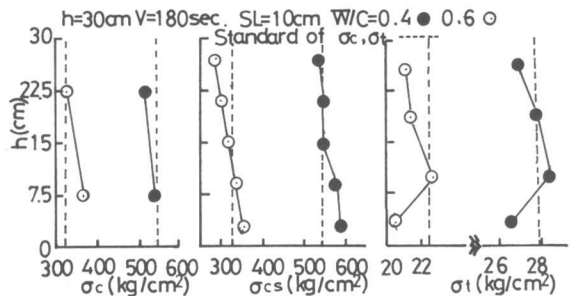


図-5 W/Cの変化による材料分離の程度が強度分布に及ぼす影響

図-6は、図-3に示した組成分布に対応する圧縮および引張強度分布を示したものである。締め

時間を変えた各供試体の上部における圧縮強度が下部のそれより4~9%程度低下する傾向にあり、また、各供試体上下部の圧縮強度と標準供試体のそれと比較すれば締め時間を長くした供試体において上下部とも標準供試体のそれより著しく低下することが認められる。締め時間の変化に伴うシュミットハンマーによる圧縮強度分布の変動は明かでないが全体として供試体下部から上部にかけて24%程度の圧縮強度低下が認められた。引張強度分布では供試体下部から上部にかけて増加する傾向が認められるが、その傾向は締め時間によって大きな差異が認められなかった。

(3) 振動締めによるコンクリートの内部組成の変動と圧縮強度の変動の関係

図-7はW/Cの変化率と圧縮強度の変化率の関係を示したものである。 $(W/C)_0$ は示方配合のW/Cを、 $(W/C)_i$ は供試体各部のそれを示し、 $(W/C)_0 - (W/C)_i / (W/C)_0$ をW/C変化率とした。また、 σ_0 は標準供試体の圧縮強度を、 σ_i はシュミットハンマーによって求めた供試体各部のそれを示し、 $(\sigma_0 - \sigma_i) / \sigma_0$ を圧縮強度変化率とした。W/C変化率の増加に伴って圧縮強度変化率は減少する傾向が認められる。このことは供試体各部のW/Cが示方配合のそれより増加するのに伴ってそれに対応した供試体各部の圧縮強度が低下することを示すものである。

図-8は、 ρ の変化率と圧縮強度の変化率の関係を示したものである。 ρ_0 は標準供試体の単位容積重量を、 ρ_i は供試体各部のそれを示し、 $(\rho_0 - \rho_i) / \rho_0$ を ρ 変化率とした。 ρ 変化率の増加に伴って圧縮強度変化率が増加する傾向が認められる。したがって、供試体各部の ρ が標準供試体のそれより小さくなるのに伴ってそれに対応した各部の圧縮強度は標準供試体のそれより低下すると考えられる。

4 まとめ

スランブおよびW/Cが大きく、また、締固め時間を長くしたコンクリートほど材料分離程度が著しく、その結果、供試体各部のW/C、 s/a 、単位水量、単位セメント量、単位細骨材量は下部から上部にかけて増加し、単位粗骨材量、単位容積重量および砂のF.M.は下部から上部にかけて減少する。また、このように材料分離を生じた供試体では上部の圧縮強度が下部のそれより低下し、分離傾向が著しくなれば供試体全体にわたって標準供試体の圧縮強度より低下することが認められた。材料分離によって生ずるコンクリート各部におけるW/Cおよび単位容積重量の変化率と圧縮強度の変化率との間にはある程度の相関性が認められる。

参考文献

- (1) 熊谷，加賀谷，金野；振動締固めによって生ずる柱状コンクリート供試体中の組成変動について，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，1980.3
- (2) 加賀谷，徳田，奈良；振動締固めによるコンクリートの材料分離が強度に及ぼす影響，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，1980.3

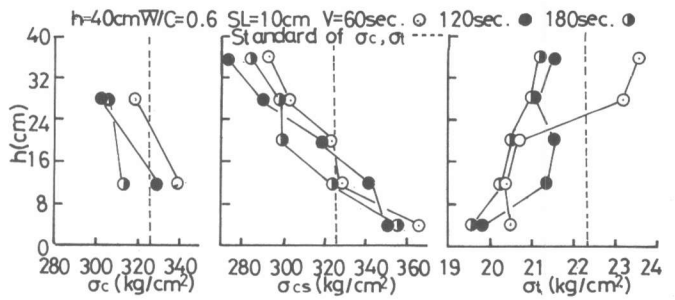


図-6 締固め時間の変化による材料分離の程度が強度分布に及ぼす影響

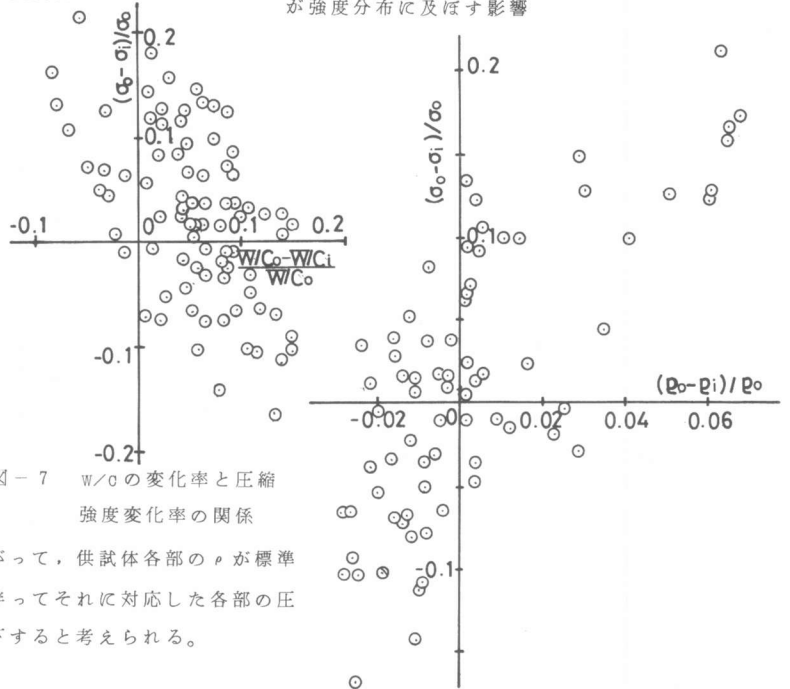


図-7 W/Cの変化率と圧縮強度変化率の関係

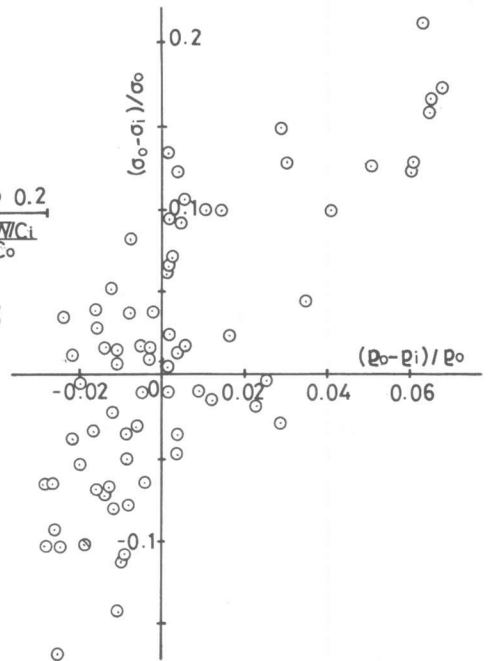


図-8 単位容積重量の変化率と圧縮強度変化率の関係