コンクリートの表層品質に及ぼす振動締固めの影響に関する一検討

東急建設株式会社　正会員　○早川　健司　鈴木　将充
正会員　前原　聡　伊藤　正憲

1．はじめに

コンクリート構造物の耐久性に対してはかぶりコンクリートの品質が特に重要となるが，かぶりコンクリートの品質は打込みや締固めなどの施工方法によって異なることが知られている。また、かぶりコンクリートに要求される品質としては物質透過抵抗性、凍結融解抵抗性等があり、これらの品質、すなわちコンクリートの緻密性や空気量、気泡分布等に対しては、振動締固めが影響すると考えられる。バイブレータによる締固めについては、挿入間隔や振動時間の標準値がコンクリート標準示方書に示されているが、かぶり付近のバイブレータの適用方法とこれら品質の関係は十分に把握されているとは言い難い。そこで、本研究では，構造物に要求される物質移動抵抗性や耐凍害性を適切に確保するための振動締固め方法の把握を目的に、バイブレータの種類、挿入位置を変化させて締固めを行った試験体を対象とし、コンクリート表層の品質評価試験を実施して振動締固め方法と表層品質の関係について検討した。

2．実験概要

表 1 にコンクリートの使用材料および配合を示す。コンクリートの配合は寒冷地で用いられる標準的なコンクリートを想定して、W/C=50%、目標スランプ 12cm、目標空気量 5.0%と設定した。

図 1 に供試体概要、バイブレータの挿入位置、および評価試験実施位置について示す。試験体の寸法は幅 500mm、長さ 900mm 、高さ 500mm であり、鉛直方向鉄筋 D22 を 150mm ピッチ、水平方向鉄筋 D16 を 300mm ピッチとし、鉛直方向鉄筋の芯かぶりを 100mm として試験体側面に配置した。コンクリートは容量 100 リットルの強制練りパン型ミキサにより練混ぜ、人力により試験体内へ一層で打ち込んだ。振動締固めにはφ40mm およびφ30mm の高周波バイブレータ（実測周波数約 220Hz）を用い、試験体の中央、すなわちコンクリート表面から 250mm の位置に、φ40mm のバイブレータを 500mm の間隔で 2 か所に挿入（図中の 40-1、40-2）した。表 2 に示すように、試験体の作製条件は、この締固めのみのケース No.1 に加え、かぶり部分に直接φ30mm のバイブレータを挿入したケース（No.2、3）、鉄筋の反かぶり側近傍にφ40mm のバイブレータを挿入したケース（No.4 ）、また No.1、2 と締固め条件は同一とし、型わくに透水性型枠シートを適用したケース（No.5、6）の計 6 条件とした。各バイブレータによる締固め時間はいずれも 10 秒とし、容量（500m/s²）の加速度計を型わく表面から約 20mm の位置に埋設して品質評価試験位置近傍の加速度を測定し、各位置、各締固め条件における締固めエネルギー[1] を把握した。評価試験は、表面気泡率（125×250mm の範囲の空気泡をトレースし、二値化して算出）、表層透気試験（トレント法）、気泡間隔係数・空気量（研磨したコンクリート表面を対象、リニアトラバース法にて測定）の測定とし、図 1 に示す①~⑤（側面中央からの距離：-250、-125、0、125、250mm）の位置で実施した。

表 1　使用材料およびコンクリートの配合

Air	W/C	s/a	単位量(kg/m³)					C＊wt%	
(%)	(%)	(%)	W	C	S1	S2	G	Ad1	Ad2
5.0	50.0	48.3	162	324	531	228	1024	0.25	0.004

セメント C：普通ポルトランドセメント、密度 3.16
細骨材 S1：砕砂、表乾密度 2.63g/cm³、粗粒率 2.95
細骨材 S2：陸砂、表乾密度 2.59g/cm³、粗粒率 2.15
粗骨材 G：砕石 2005、表乾密度 2.62g/cm³、実積率 59.6%
混和剤 ad1：AE 減水剤標準形、Ad2：空気連行助剤

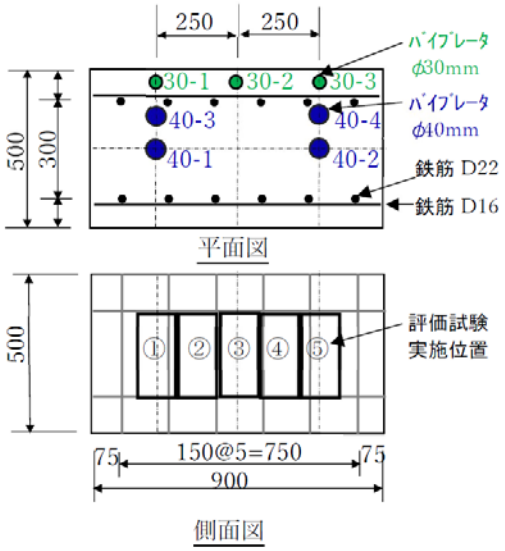

図 1　バイブレータの挿入位置、評価試位置

表 2　各試験体の作製条件

試験体 No.	型枠面	内部振動機 挿入位置		締固めエネルギー※(J/ℓ)
No.1	合板	40-1 40-2	-	11.1
No.2			30-1、2、3	35.0
No.3			30-1、3	13.9
No.4			40-3、4	24.1
No.5	透水性型枠シート		-	11.1
No.6			30-1、2、3	35.0

※試験体側面中央の型わく面近傍

キーワード　かぶりコンクリート，振動締固め，表層品質、表層透気係数、気泡間隔係数、空気量
連絡先　〒252-0244　神奈川県相模原市中央区田名 3062-1　東急建設株式会社技術研究所　TEL：042-763-9507

3． 実験結果および考察

図 2～図 4 に，表面気泡率、表層透気係数、空気量・気泡間隔係数の測定結果をそれぞれ示す。また、図 5 に、各測定結果を測定箇所近傍に付与された締固めエネルギーとの関係で示す。

表面気泡率は、突き棒を用いて作製した供試体（15×15×15cm）の 2.5%程度に対し、No.1 は同等もしくはこれより大きく、側面中央で特に大きくなった。No.1 はφ40mm のバイブレータを試験体中心に作用させたケースであり、側面中央はバイブレータからの距離が 300mm 程度と他の条件より大きいことが影響していると考えられる。No.5 の振動締固め条件は No.1 同一であるため、No.1 との差異は透水性型枠シートの効果である。

表層透気係数についてみると、試験体位置による明確な傾向は認められないが、表面気泡率と同様に No.1、5 の表層透気係数は、他の締固め条件よりも大きくなった。図 5 に示すように、締固めエネルギーが大きくなると表面気泡率および表層透気係数は減少する傾向にあり、供試体と同等のレベルとするためには 10J/ℓ 程度以上の振動を付与する必要がある結果となった。

リニアトラバース法によって測定したコンクリート表層の空気量は、供試体が 7.6%であるのに対し、振動締固めを行った試験体ではこれ以下となった。同様に、供試体の気泡間隔係数は 332μm であるのに対し、No.1 の側面からの距離 0mm を除き、気泡間隔係数はこれ以下であった。締固めエネルギーとの関係でみると、締固めエネルギーが大きくなると空気量は小さくなるような傾向があるが、締固めエネルギーが小さい範囲でも空気量は小さい箇所が確認された。また気泡間隔係数についても同様の結果であり、今回の検討の範囲では一概に締固めエネルギーとの関係で評価できない結果となった。本検討では、かぶり内に直接バイブレータを挿入する場合と、反かぶり側から振動を伝播させる場合を行ったが、両者で明確な違いはない結果であった。

4．おわりに

本検討では、構造物に要求される表層品質を確保するために必要な振動締固め方法の把握を目的に、コンクリート表層品質と締固め方法、特に締固めエネルギーとの関係について検討した。この結果、突固めによって作製した供試体と同等の表面気泡率、表層透気係数を得るためには10J/ℓ程度以上の締固めエネルギーを付与する必要があることが示された。一方、空気量や気泡間隔係数は、供試体と比較して振動締固めすることで減少することは示されたが、締固めエネルギーと一義的な関係は得られなかった。今後もデータを蓄積するなどして、引続き検討する予定である。

参考文献 1)：國府勝郎、上野敦：締固め仕事量の評価に基づく超硬練りコンクリートの配合設計、土木学会論文集、No.532/V-30、pp.109-118、1996.2

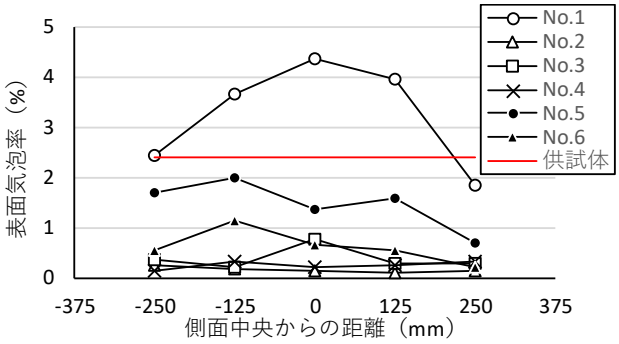

図 2　表面気泡率の測定結果

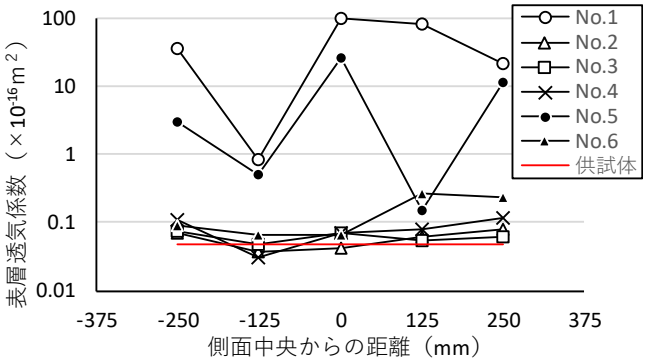

図 3　表層透気係数の測定結果

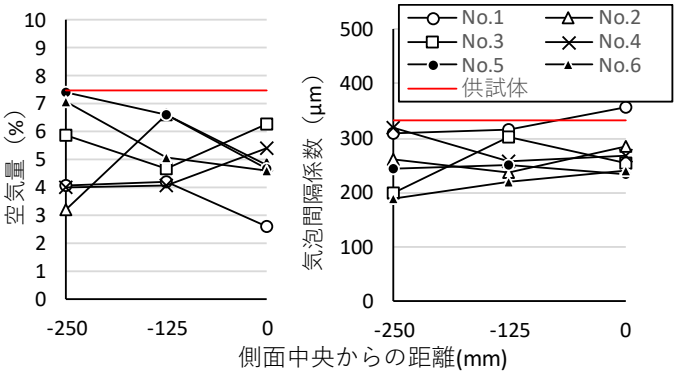

図 4　空気量、気泡間隔係数の測定結果

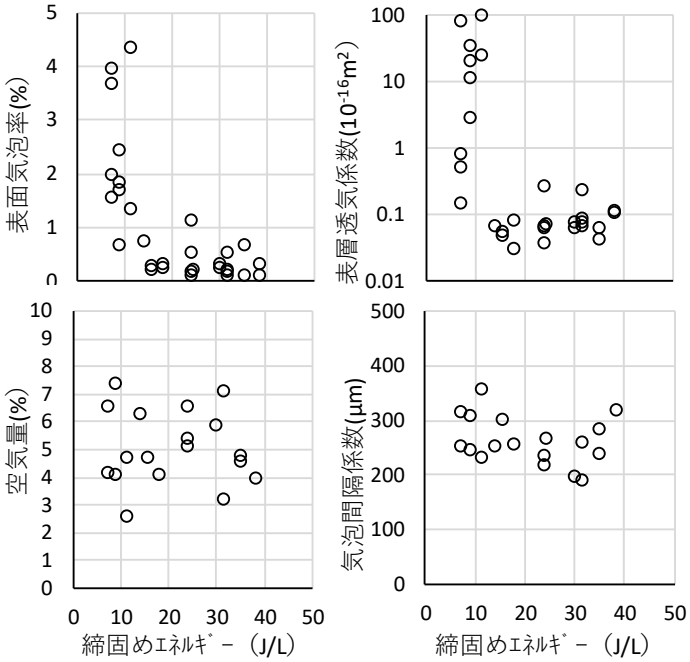

図 5　締固めエネルギーと各評価試験結果の関係