

独立空隙型人工軽量骨材を用いたコンクリートのワーカビリティに関する研究

Research on Workability of Concrete Using Artificial Light-weight Aggregate with Isolated Voids

柳井 修司 Shuji Yanai

1. はじめに

我が国で人工軽量骨材が商品化され、これを用いたコンクリートが土木構造物に初めて使われるようになって約 60 年となる。この間、骨材の改良やこれらを用いたコンクリートの材料特性並びに施工技术に関する研究開発が進み、設計・施工規準も整備されてきた。しかしながら、耐凍害性の確保とポンプ施工の両立、打込み・締固め時の骨材の浮上がりの抑制といった技術的な課題解決が未だ不十分であるのが実状である。本研究では、これらの課題解決に取り組み、施工性と耐久性に優れた軽量骨材コンクリートの配合設計手法と施工方法の提案を行った。そして、これらの提案を実構造物の施工に反映し、その検証を行った。

2. 耐凍害性とワーカビリティの両立

内部に空隙を有する軽量骨材は、コンクリートの練混ぜ及び施工中に生じる骨材内部への吸水を防いでコンクリートのワーカビリティを確保するために、予め骨材内部の空隙を水で満たした状態で使用する。軽量骨材コンクリートの耐凍害性が劣るのは、この骨材内部の水が凍結融解作用で体積膨張を繰り返すためである。軽量骨材を絶乾状態で使用することで耐凍害性の改善が見込まれるものの、ポンプを用いた施工では、骨材内部への圧力吸水が生じ、圧送性を含めたコンクリートのワーカビリティを著しく低下させてしまう。本研究では、この相反する現象を解決するための手法を検討・提案した。具体的には、内部に微細で独立した気泡を有する独立空隙型人工軽量骨材を絶乾状態で用い、水溶性の増粘剤ウェランガムを添加してフレッシュコンクリート中の自由水を骨材内部に吸水されにくい性質に変化させ、さらに、コンクリートの流動性をスランプフロー500mm程度に高めて圧送負荷を低減する手法である。室内で実施した加圧実験でその効果を確認し、水平換算長 150m程度の圧送実験を数回実施して、その手法の実現性を検証した。圧送実験の結果の一例を Fig.1 に、圧送後の試料で作製した供試体の凍結融解抵抗性試験の結果を Photo1 に、実構造物を模した大型試験体を対象に実施した種々の施工実験の状況の例を Photo 2

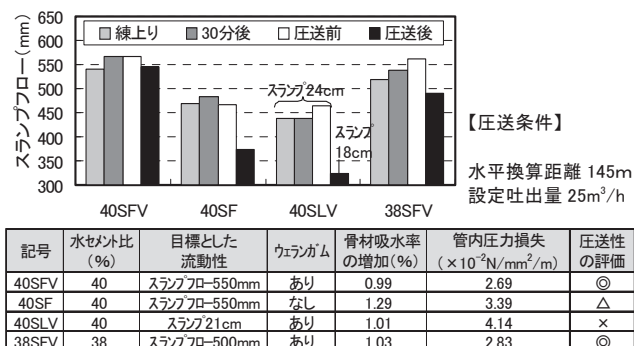


Fig.1 圧送実験の結果
(Results of Pumping Test)



【300 サイクル後】
耐久性指数 87.2
質量変化率 0.47%

Photo 1 圧送後の試料による凍結融解抵抗性試験の結果
(Result of Freeze-Thaw Test after Pumping)



Photo 2 実規模施工実験の状況
(Scene of Construction Tests on Full-scale Members)

に示す。これらの検討を通じ、提案した手法によって、耐凍害性を確保しつつ、ワーカビリティに優れた軽量骨材コンクリートの製造、施工が可能であることを実証した。

3. 自己充填性を付与する配合設計

流動性を高めた軽量骨材コンクリートは、パイプレータによる軽微な振動締固めによって良好な充填性が得られる。その一方で、過度の振動締固めは、打込み上面に密度の小さい軽量骨材を浮き上がらせてしまうため、高度な施工管理が求められる。より均一な硬化体を合理的に構築する手法として、振動締固めを必要としない自己充填性を有する軽量骨材コンクリートの実現に取り組んだ。

現在では広く一般的に使われるようになってきた自己充填コンクリートは、普通骨材とモルタルとの密度差が $0.3 \sim 0.5 \text{g/cm}^3$ 程度であり、密度差に起因する材料分離は、骨材の沈降である。これに対し、軽量骨材は、モルタルとの密度差が 1.2g/cm^3 を超えることもあり、しかも骨材が浮き上がる現象となる。普通骨材を用いる場合とは異なる現象と密度差に対応すべく、新たな試験方法を考案して自己充填性と材料分離抵抗性の指標「モルタル未充填率」を定義・提案した (Fig.2)。そして、この指標を既存の試験方法で得られる 500mm フロー到達時間及び V_{75} 漏斗流下時間に関連づけ、各々の目標値を密度差に応じて設定できるようにした (Fig.3)。配合設計において、その目標値に合致するように水粉体容積比 (V_w/V_p) を調整することで、分離抵抗性に優れた自己充填性を有する軽量骨材コンクリートの製造が可能であることを明らかにした (Fig.2)。

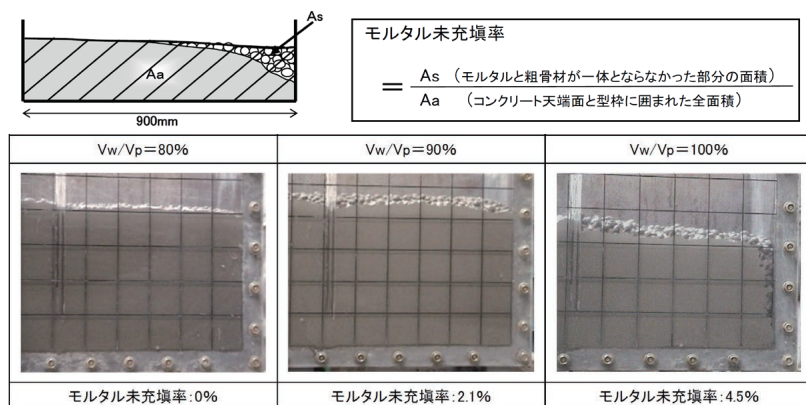


Fig.2 モルタル未充填率と評価実験結果
(Unfilled Mortar Percentage and Results of Evaluation Experimental Test)

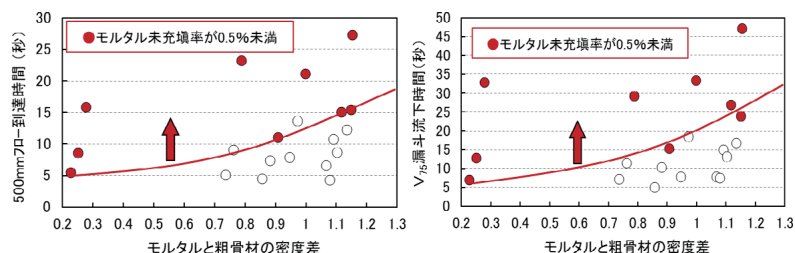


Fig.3 自己充填性を達成するための指標 (500mm フロー, V_{75} 漏斗)
(500mm Flow Time and V-Funnel Flow Time to Satisfy Self-Compactability)

4. 実構造物への研究成果の適用展開

実構造物の施工において、研究成果を活用した提案を反映させて現場での課題解決に取り組むとともに、提案した手法の技術的な検証を行った。

独立空隙型軽量骨材を用いたコンクリートは、ダム仮排水路プレキャスト埋設型枠をはじめ、新幹線高架橋の上部工に適用した (Photo 3)。その結果、コンクリートの軽量化が施工機械の縮小に寄与し、施工の合理化や工程短縮が図れること、さらには、上部工の軽量化によって自重や地震時の慣性力を抑制し、下部構造の縮小化も相まって建設コストの削減に繋がることを実証した。

自己充填性を付与した軽量骨材コンクリートは、鋼ロゼアーチ橋の耐震補強工事 (Photo 4 : 左) や河川内の鉄道高架橋基礎の耐震補強工事 (Photo 4 : 右)、鋼コンクリートフルサンドイッチ合成床版の試験施工等へ適用した。提案した配合設計手法に基づいて製造された軽量骨材コンクリートの自己充填性は良好であり、狭隘な空間にも材料分離を生じることなく密実に充填されていく様子を確認できた。

5. おわりに

建設現場における生産性向上を目的として、新設構造物の構築には、プレキャスト部材の利活用が進められる。一方で、



Photo 3 新幹線高架橋への適用
(Application for Construction of Shinkansen Viaduct)



Photo 4 耐震補強工事への適用
(Application for Aseismic Reinforcing Works)

既設構造物は、地震や疲労など、設計当初には想定していなかった作用や過酷な供用環境による経年劣化によって、補修あるいは補強を要するものが年々増えていく。このような条件では、コンクリートの「軽量化」によって、設計・施工の合理化が図れることが数多くある。軽量骨材コンクリートに関する本研究の成果が、様々なシーンで活用されることを強く期待する次第である。

キーワード: 軽量骨材コンクリート, 凍結融解抵抗性, ワーカビリティ, 圧送, 自己充填性

Keywords : artificial light-weight aggregate concrete, freeze-thaw, workability, pumping, self-compactability