

高密度配筋部における充てん性評価試験方法に関する研究

ハザマ 正会員 ○福留和人

ハザマ 正会員 齋藤 淳, 坂本 守

1. はじめに

橋梁上部工等の密な配筋部の確実な充てんを達成するためには、綿密な施工計画と確実な施工とともに、高密度配筋部においても確実な充てんが可能な充てん性の高いコンクリートが求められる。コンクリートの充てん性は、流動性と材料分離抵抗性によって定まる性能であるとされ、充てん性を高めるためには、流動性を高めるとともに材料分離抵抗性も高めることが必要となる。材料分離抵抗性を改善する方法として、増粘剤の添加、フライアッシュ等の混和による粉体量の増量が考えられるが、振動作用下の充てん性評価方法が確立されておらず、配合設計手法は、確立されているとは言いがたい。

本研究では、振動締固めを想定した条件下において、密な配筋部への充てん性に優れたコンクリートの配合選定手法を検討することを目的に、振動作用下の充てん性評価試験方法を検討するとともに、使用材料が振動作用下の充てん性に及ぼす影響を調査した。

表-1 使用材料

材 料	仕 様
セメント	普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm ³)
フライアッシュ	JIS II 種 (2.26 g/cm ³ , ブレーン値 3,580cm ² /g 強熱減量 : 1.40%, SiO ₂ : 58.8%)
細骨材	川砂 (密度 2.62 g/cm ³ , 吸水率 1.80%)
粗骨材	碎石 (G _{max} 20mm, 密度 2.71g/cm ³)
混和剤	高性能 AE 減水剤、ポリカルボン酸エーテル系 (基準配合およびフライアッシュ混和)
混和剤 *分離低減 タイプ	① 高性能 AE 減水剤、ポリカルボン酸エーテル系 ② *増粘剤混和型、市販の 3 銘柄 ③

2. 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表-1 に示す。材料分離抵抗性の改善は、増粘剤を使用する方法と粉体量を増量させる方法の 2 とおりとした。増粘剤を混和した高性能 AE 減水剤として、市販の 3 銘柄を使用した。粉体量を増量する方法として、JIS II 種のフライアッシュの添加を検討した。表-2 に配合条件を示す。フライアッシュ量は、予備試験の結果から選定した。それぞれの条件において所要のスランブが得られるように、高性能 AE 減水剤添加量を選定した。コンクリートの配合を表-3 に示す。

表-2 配合条件

材 料	仕 様
スランブ、 (スランブフロー)	21.0±2.0cm (35.0~45.0cm)
空気量	4.5±1.5%
水セメント比	・基準配合 (ベース) : 45% ・増粘剤混和型 : 45% ・フライアッシュ混和 : 50%
単位水量	165kg/m ³
単位粗骨材量	345 ℓ/m ³
フライアッシュ量	80kg/m ³
高性能 AE 減水剤	所要のスランブが 得られるように選定

3. 充てん性評価試験方法

トンネル覆工用の中流動コンクリートでは、スランブ・スランブフロー

一試験に加えて、加振・変形試験および障害物なしの充てん性試験（ボックス試験等）により充てん性が評価される。これらの試験方法は、無

表-3 コンクリートの配合

配合 種類		水セ メント比 W/C (%)	細骨 材率 s/a (%)	高性能 AE 減水剤 (%)	単位量 (kg/m ³)					
					水	セメント	フライ アッシュ	細骨材	粗骨材	高性能 AE 減水剤
ベース		45	48.8	1.20	165	367	—	862	935	4.40
増粘剤 混和型	①			1.50			—			5.51
	②			1.00			—			3.67
	③			1.00			—			3.67
フライアッシュ混和		50	47.0	1.10		330	80	802		3.63

キーワード：充てん性、振動締固め、充てん性評価試験、増粘剤、フライアッシュ、

連絡先：ハザマ技術研究所、〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 tel: 029-858-8813, fax: 029-858-8819

筋の部材への適用を想定したものであり、鉄筋の密な部材への適用に当たっては、振動作用下の充てん性の評価が必要である。このような観点から、「高流動コンクリートの充てん装置を用いた間隙通過試験方法」のボックス型容器等を用いて、振動作用下の充てん性を評価する試みがなされている¹⁾。コンクリートの充てん性を正當に評価するためには、振動条件を適切に選定する必要があるが、必ずしも容易ではない。

以上のような背景から、本研究では、充てん装置を用い、低い振動数から徐々に振動数を上昇させ、広い範囲の振動を与えて、充てん性を評価する方法を採用することとした。充てん装置は、ボックス型容器とし、流動障害は、障害 R1 とした。充てん装置を振動台上に固定して、振動数を 20Hz から 10Hz 毎に上昇させ、B 室の上昇量が 300mm を超えるまで振動を与えた。各振動数における保持時間は 10 秒間とし、10 秒経過後の B 室の充てん高さを測定した後、振動数を変更して、順次振動を与えた。振幅は、1.0mm で一定とした。

4. 充てん性評価試験結果

図-1 に振動数と充てん高さの関係を示す。振動数 50, 60Hz と高くなると、使用材料による差は、見られなくなるが、低振動数の段階で使用材料によって充てん高さに差が見られている。同一の配合条件で比較したため、それぞれ、最適な増粘剤添加量となっていない可能性もあるが、銘柄によって充てん性に差が見られている。一方、フライアッシュを混和した配合は、比較的高い充てん性を有しているという結果であった。試験の再現性、振動数の設定・上昇方法、充てん高さの測定の自動化、など解決すべき課題はあるが、振動条件を変化させて充てん性を評価することで、一定の振動条件で評価できない充てん性の差異を評価できる可能性が示唆された。

次に定量的な評価を行うために、締固めエネルギーを算定し、充てん性試験結果の評価を行った。締固めエネルギーは、次式により算定した^{2),3)}。

$$E = m \cdot (\alpha_{\max})^2 \cdot t / ((2\pi)^2 \cdot f) \quad (1)$$

ここに、E：コンクリートが受ける締固めエネルギー (J/ℓ)，t：振動時間 (s)， $\alpha_{\max}$ ：最大加速度 (m/s²)，f：振動数 (1/s)，m：単位容積質量 (kg/ℓ)

最大加速度 $\alpha_{\max}$ は、振動を正弦波と仮定し、下式により算定した。ここに、a：振幅 (mm)。

$$\alpha_{\max} = 1/2 \cdot a \cdot (2\pi f)^2 \quad (2)$$

図-2 に締固めエネルギーと充てん高さの関係を示す。所定の充てん高さ (300mm 以上) を得るための締固めエネルギーは、障害のない円筒容器を用いた締固め性の評価試験方法により評価した場合³⁾より高くなっている。障害 R1 の厳しい振動障害を通過させて充てん性を評価しているため、より大きな締固めエネルギーが必要であることを示していると考えられる。

今回、一定の振動条件ではなく、振動数を徐々に増加させて充てん性を評価する方法の可能性を検討した。今後、振動条件等、詳細な検討が必要であるが、振動作用下の充てん性評価試験方法としての有用性は、高いと考えられる。

参考文献: 1) 土木学会：コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会委員会報告，コンクリート技術シリーズ，pp.107-109，2011.4.，2) 国府，近藤，上野：RCCP 用コンクリートの締固め性試験方法に関する研究，セメントコンクリート論文集，pp.964-969，1992.，3) 梁，丸屋，坂本，宇治：締固め完了エネルギーによる同一スランプコンクリートの施工性評価，コンクリート工学年次論文集，pp.1393-1397，2009.7

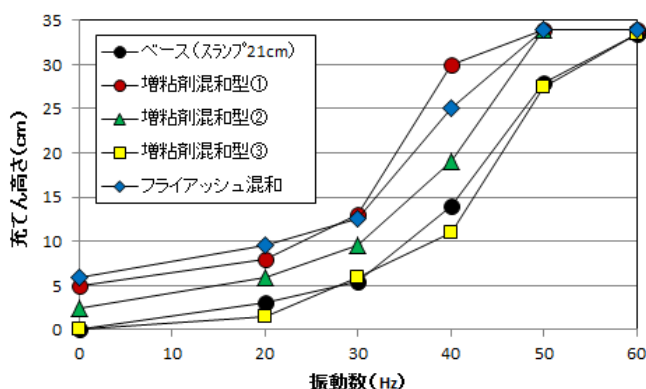


図-1 振動数と充てん高さの関係

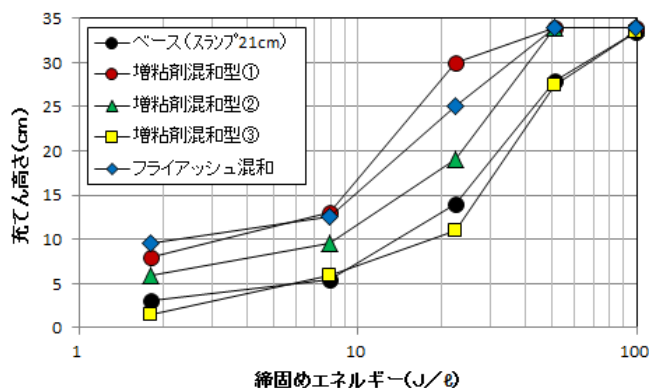


図-2 締固めエネルギーと充てん高さの関係