

論文 高流動コンクリートの間げき通過性試験方法に関する一考察

近松竜一*¹・三浦律彦*²・十河茂幸*³

要旨：水セメント比や単位粗骨材絶対容積を変化させた各種の高流動コンクリートを対象試料として、充てん装置を用いた間げき通過性試験および漏斗流下試験を実施し、充てん装置の形状や漏斗の種類による試験結果の相違、各種評価指標の相関について調査した。その結果、流動障害条件が同じでも充てん装置の形状が異なれば、間げき通過性の評価が相違する場合があります、U形よりボックス形の方が間げき通過の難易度が高いこと、V漏斗流下時間は充てん装置による間げき通過性の指標と、一方O漏斗流下時間はスランブフロー速度とそれぞれ相関が高いこと、等を明らかにした。

キーワード：自己充てん性、間げき通過性、U形、ボックス形、O漏斗、V漏斗

1. はじめに

高流動コンクリートが我が国で実用化されてから既に約10年が経過した。この間、高流動コンクリートは、打込み時の締固め作業が困難で充てんの難易度が高い特殊な構造物への適用はもとより、省力化や工期縮減に結びつく施工の合理化推進技術として、一般のコンクリート構造物に対しても幅広く適用されるようになり、その打設実績は平成10年9月時点で約115万 m^3 に達している¹⁾。

一方、各学協会では、高流動コンクリートに関する技術の収集・整理と課題に関する検討が精力的に行われ、これらの成果をもとに各種の施工指針が作成されている²⁾。特に、土木学会では、高流動コンクリート特有の自己充てん性を中心とする性能を規定し、これを照査および検査する方法と製造、施工上の要件を記述した「施工指針」を規定し、併せて高流動コンクリートを実現する具体的手順を記した配合設計、製造・施工マニュアルが規定されている³⁾。

この施工指針では、自己充てん性を照査または検査する具体的な試験方法として充てん装置

を用いた間げき通過性試験が、また流動性や材料分離抵抗性の管理試験としてそれぞれスランブフロー試験、漏斗流下試験などが提示され、配合設計マニュアルでは、これらの各評価指標の目標値の目安が明示されている。

これらの試験方法は、いずれも土木学会規準(案)として規定されており、これまでに提案されている試験方法⁴⁾のうち、既往の実績や測定 of 簡便性等を勘案して選定されたものと推測される。しかしながら、個々の試験の適用範囲や試験装置の諸元が結果に及ぼす影響に関しては必ずしも十分に検討されているとはいえない。

そこで、本論文では、水セメント比や単位粗骨材絶対容積を変化させた各種の高流動コンクリートを対象試料として、充てん装置を用いた間げき通過性試験、漏斗流下試験等を実施し、充てん装置の形状(U形とボックス形)や漏斗の種類(O漏斗とV漏斗)の違いが間げき通過性に及ぼす影響、それぞれの評価指標の相関関係について調査した。また、これらの結果をもとに、各種試験方法の間げき通過の難易度に対しても考察を加えた。

*1 大林組技術研究所 土木第三研究室 研究員 工修(正会員)

*2 大林組技術研究所 土木第三研究室 主任研究員 工修(正会員)

*3 大林組技術研究所 土木第三研究室 室長 工博(正会員)

表-1 高流動コンクリートの配合条件および試験配合の概要

粗骨材の最大寸法 (mm)	自己充てん性のランク	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	V_a (m^3/m^3)	W/C (%)	単位置量 (kg/m^3)		単位粗骨材絶対容積 (m^3/m^3)
						W	C	
20	R2	630±50	4.5	0.400	30.0	173	575	0.300 ~ 0.360
					32.0	178	559	
					35.0	186	534	
		—	3.0	0.360	35.0	175	500	0.30, 0.33

V_a : 単位ペースト量 (水, セメント, 空気量の総和), W: 水, C: セメント

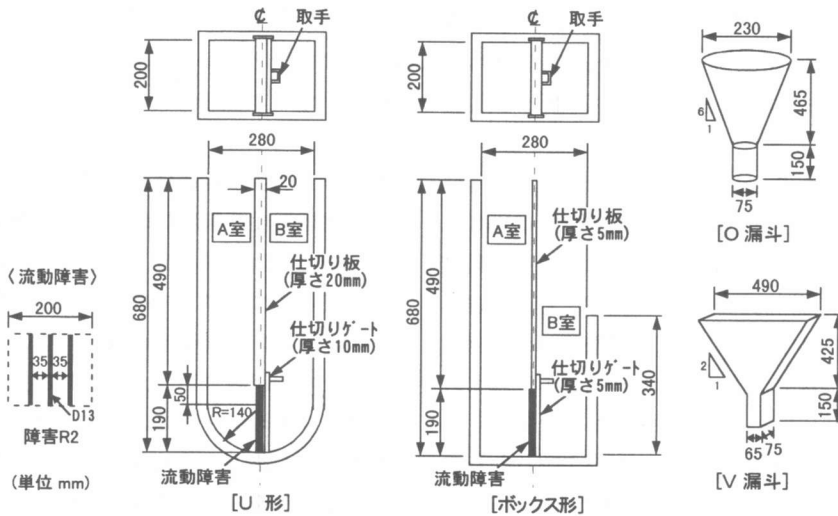


図-1 実験に用いた各種充てん装置および漏斗流下試験装置

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメント (密度 $3.16g/cm^3$, ブレーン値 $3360cm^2/g$) を用いた。細骨材は木更津産陸砂 (表乾比重 2.60, 吸水率 1.95%, 粗粒率 2.61), 粗骨材には青梅産砕石 (最大寸法 20mm, 表乾比重 2.65, 吸水率 0.65%, 粗粒率 6.55, 実積率 60%), 混和剤はポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を使用した。

高流動コンクリートの配合条件と試験配合の概要を表-1 に示す。単位ペースト量 (水量, セメント量, 空気量の総和) を $0.400m^3/m^3$ とし, 水セメント比を 30~35% (3水準), 単位粗骨材絶対容積を $0.30\sim0.36m^3/m^3$ の範囲 (4水準) で

変化させ, スランプフローを $630\pm 50mm$ に調整した場合 (12配合), 水セメント比を 35%, 単位ペースト量を $0.360m^3/m^3$ に減じた場合の計 20 種類の高流動コンクリートを試験試料とした。

2.2 実験方法

練混ぜは, 二軸強制練りミキサ (容量 $0.1m^3$) を使用し, 練混ぜ量は $0.08m^3$ とした。セメント, 骨材を投入して 30 秒空練りした後, 予め混和剤を溶解させた練混ぜ水を加え, 90 秒練り混ぜた。

各種充てん装置および漏斗試験装置を図-1 に示す。スランプフローならびにこれらの試験は, 練混ぜ後 15~30 分の範囲内で一斉に実施し, 経時による試料の品質変動が試験結果に及ぼす影響を極力排除するよう配慮した。

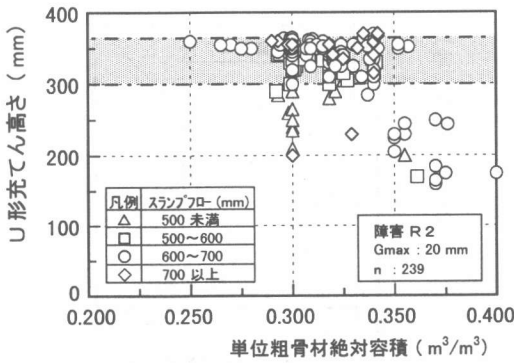


図-2 単位粗骨材絶対容積とU形充てん高さ

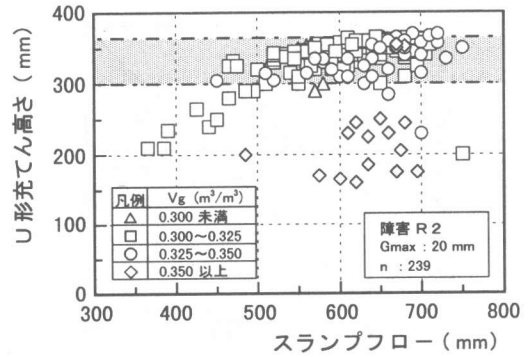


図-3 スランプフローとU形充てん高さ

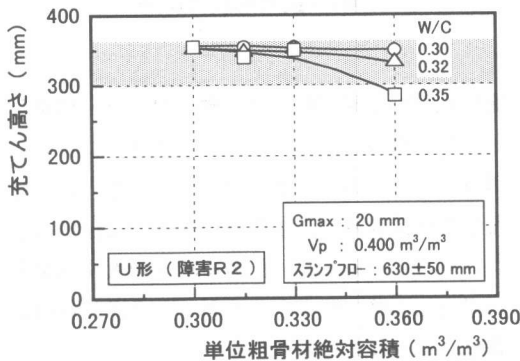


図-4 単位粗骨材絶対容積とU形充てん高さ

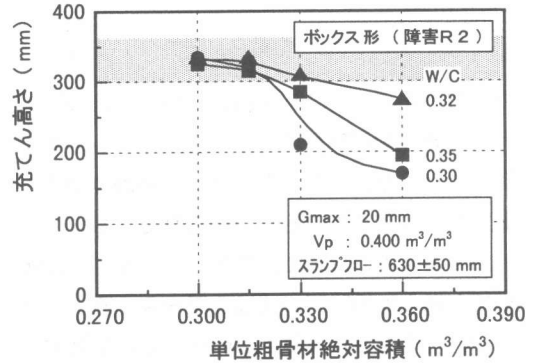


図-5 単位粗骨材絶対容積とボックス形充てん高さ

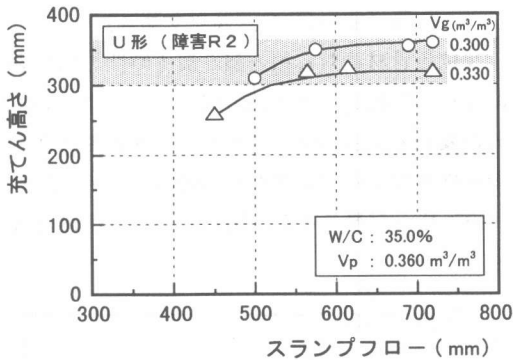


図-6 スランプフローとU形充てん高さ

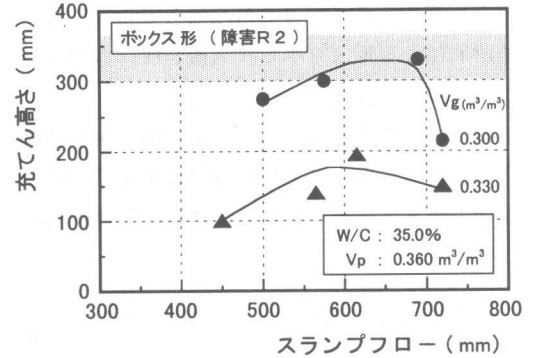


図-7 スランプフローとボックス形充てん高さ

3. 実験結果および考察

3.1 充てん装置の形状の相違が間げき通過性に及ぼす影響(U形とボックス形)

U形充てん装置(障害R2)を用いた間げき通過性試験に関しては、既に多数の試験データが公表されており、粗骨材最大寸法が20mmの場合、単位粗骨材絶対容積が $0.350\text{m}^3/\text{m}^3$ 未満で、スラ

ンプフローが約50~70cm程度の範囲内であれば、概ね300mm以上の充てん高さが確保されとの見解を示している⁵⁾(図-2, 3参照)。

本実験での各種充てん装置を用いた間げき通過性試験結果をこれらの要因との関係で整理し、図-4~図-7に示す。ボックス形充てん装置の場合、300mm以上の充てん高さを確保するた

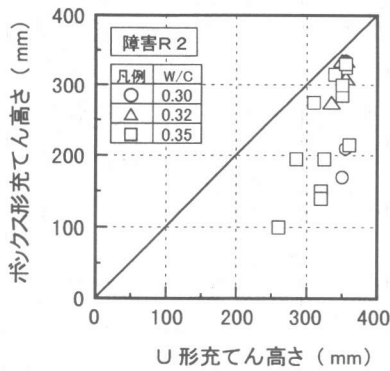


図-8 U形とボックス形充てん高さ

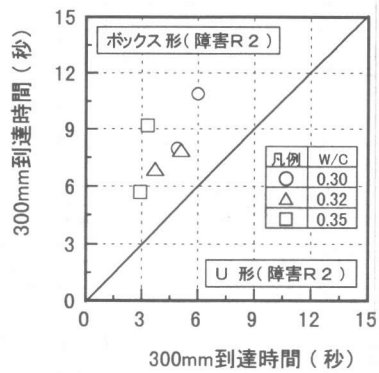


図-9 各種充てん装置を用いた場合の300mm到達時間の関係

めには上記のU形充てん装置の場合と比較して、単位粗骨材絶対容積の上限値をさらに小さく設定するとともに、スランブフローの許容範囲も限定する必要がある結果が得られている。

充てん装置の形状による充てん高さと300mm充てん高さ到達時間の相違を図-8、図-9に示す。U形充てん高さが300mm以上の場合でもボックス形の装置では充てん高さに顕著な差異が生じている。一方、いずれの装置とも300mm以上の充てん高さが得られた場合でも300mm到達時間は、U形よりボックス形装置の方が大きくなる傾向が認められる。

以上の結果を総合すると、流動障害が同じ場合(R2)でも、ボックス形の方がU形より間げき通過の難易度が高く、粗骨材量等の配合要因の

影響が試験結果に鋭敏に反映される傾向にあると判断される。なお、小山らの研究⁶⁾によれば、ボックス形の場合、底部の隅角部に半円状のせん断面が形成され、粗骨材量の増加に伴いコンクリートが流動しない停滞領域が増大する現象が可視化実験で観察されており、上述の見解を裏付けるものと考えられる。

3.2 漏斗流下試験装置の相違が間げき通過性に及ぼす影響(O漏斗とV漏斗)

単位粗骨材絶対容積と漏斗流下時間の関係を漏斗毎に整理し、図-10、図-11に示す。いずれの漏斗の場合も総じて水セメント比の小さい配合ほど流下時間が增大する傾向が認められる。一方、粗骨材量の影響に関しては、単位粗骨材

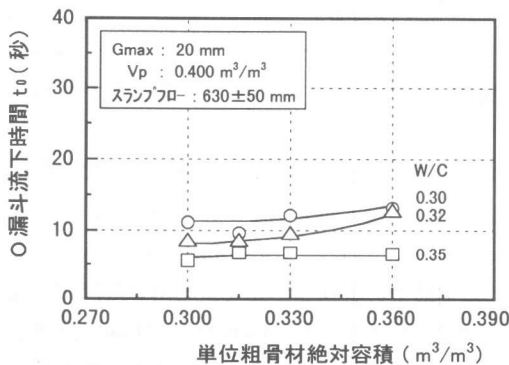


図-10 単位粗骨材絶対容積とO漏斗流下時間

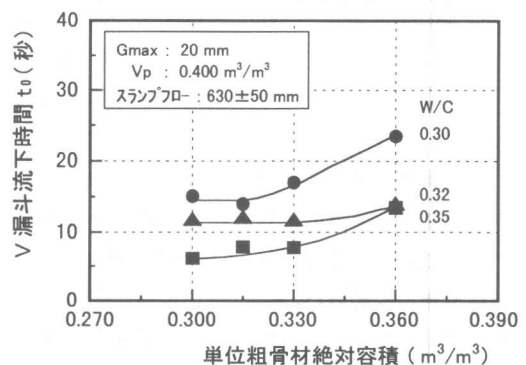


図-11 単位粗骨材絶対容積とV漏斗流下時間

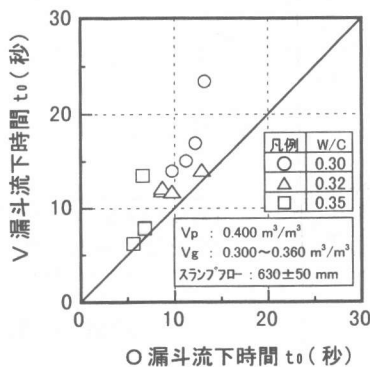


図-12 O漏斗とV漏斗の流下時間

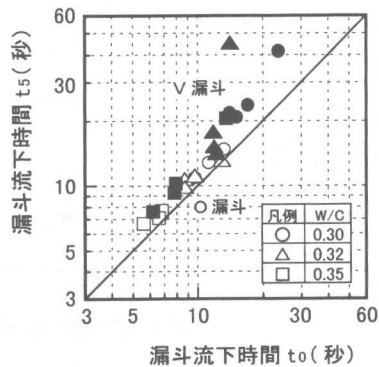


図-13 静置による漏斗流下時間の相違

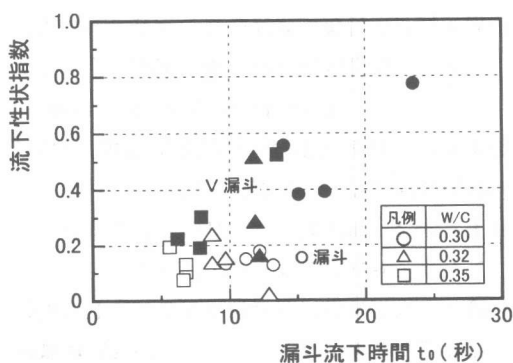


図-14 漏斗流下時間と流下性状指数

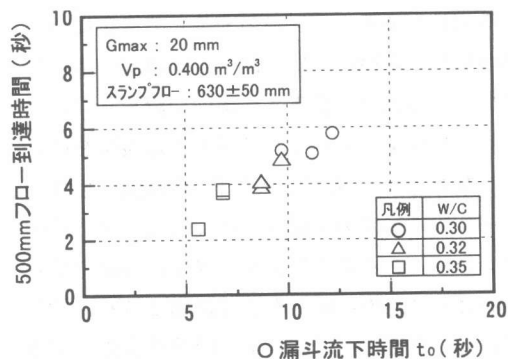


図-15 O漏斗流下時間と500mmフロー到達時間

絶対容積が $0.360\text{m}^3/\text{m}^3$ の場合には粗骨材同士のアーチング現象が生じ、特にV漏斗流下時間が急激に増大する傾向が認められる。

O漏斗とV漏斗の各流下時間の関係を図-12に示す。また、漏斗内で試料を静置しない場合と5分間静置した場合の漏斗流下時間の関係を図-13に示す。図-13の結果を漏斗流下時間と流下性状指数の関係で整理し、図-14に示す。

既往の知見と同様、全般的にはV漏斗はO漏斗より流下時間が増大する傾向が認められる。また、O漏斗では、試料を詰めて5分間静置しても、静置しない場合と流下時間の差は殆ど生じていないのに対し、V漏斗では静置後の流下時間が顕著に増大する場合が多く、流下性状指数に着目すると漏斗の種類により明確な相違が

生じている。一方、O漏斗流下時間に関しては、図-15に示すように、フローの水準が同じ場合には500mmフロー到達時間と良好な相関が認められる。これらの結果は、漏斗の種類によって対象とする評価特性が相違することを示すものといえる。また、V漏斗に関しては、コンクリートに二次元的な変形を強制的に与えることで間げき通過性の評価が可能であるという小沢らの見解⁷⁾を裏付けるものと考えられる。

3.3 充てん装置を用いた間げき通過性試験とV漏斗流下試験の相関

V漏斗流下時間とU形およびボックス形充てん高さの関係をそれぞれ図-16、図-17に示す。なお、U形充てん装置の場合には、粗骨材の粒

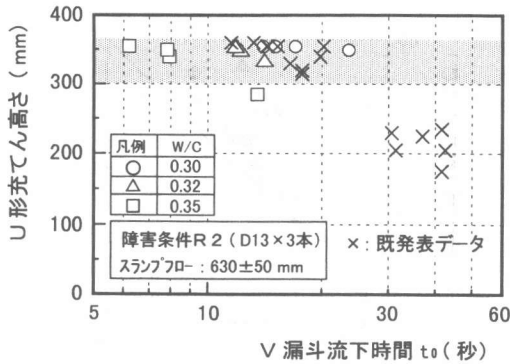


図-16 V漏斗流下時間とU形充てん高さ

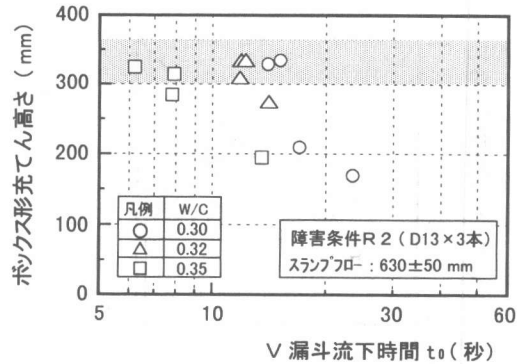


図-17 V漏斗流下時間とボックス形充てん高さ

度と単位量を変えた著者らの既往の試験結果⁸⁾も併記してある。いずれの充てん装置を用いた場合にも、全般的にはV漏斗流下時間の増大に伴い充てん高さが低下する傾向が認められる。また、U形よりもボックス形充てん装置を用いた試験の方が、充てん高さが300mm以上となるV漏斗流下時間の上限が小さくなる傾向が示されている。これらの結果は、充てん装置を用いた間げき通過性試験をもとに評価される自己充てん性の良否を、V漏斗流下時間を指標とすることによりさらに簡便に判定できることを示すものと考えられる。

4. まとめ

各種充てん装置を用いた間げき通過性試験に関して本実験により得られた知見を以下に示す。

- (1) 同一の流動障害を用いた場合でも、充てん装置の形状が異なれば、配合条件によっては間げき通過性の評価が相違する場合がある。
- (2) U形よりもボックス形の充てん装置の方が間げき通過の難易度が高く、単位粗骨材絶対容積などの配合要因の影響がより鋭敏に評価される傾向にある。
- (3) V漏斗流下試験によれば、充てん装置を用いた間げき通過性試験と同様に自己充てん性の良否を判定することができる。

参考文献

- 1) 児玉好正：特集／高流動コンクリートの現状と展望，技術開発状況と施工実績，生コンクリート，Vol. 16, No. 11, pp. 117-134, 1998. 11
- 2) 例えば，建築工事標準仕様書同解説，JASS5 鉄筋コンクリート工事，1997. 3
- 3) 土木学会：高流動コンクリート施工指針，コンクリートリブラリー93，1998. 7
- 4) 鈴木一雄：特集／高流動コンクリートの現状と展望，高流動コンクリートの品質管理試験方法について，生コンクリート，Vol. 16, No. 11, pp. 88-96, 1998. 11
- 5) 近松竜一ほか：高流動コンクリートの間隙通過性に及ぼす粗骨材量と流動特性の影響，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，V-254, pp. 508-509, 1998. 10
- 6) 小山広光ほか：充填試験装置内を流動する高流動コンクリートの可視化実験，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，V-247, pp. 494-495, 1998. 10
- 7) 小沢一雅ほか：ロート試験を用いたフレッシュコンクリートの自己充填性評価，土木学会論文集No. 490/V-23, pp. 61-70, 1994. 5
- 8) 斉藤力ほか：高流動コンクリートの自己充填性に及ぼす粗骨材の影響について，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集，V-433, pp. 866-867, 1997. 9