

打設現場での自己充填コンクリートの 受け入れ検査用随時試験器の開発

学籍番号:1160016 氏名:今橋泰二郎 指導教員:大内雅博

高知工科大学 システム工学群建築都市デザイン専攻

要旨:自己充填コンクリートの受け入れ検査用随時試験器の形状・寸法と、自己充填コンクリートの通過の可否との関係を明らかにした。この試験器は自己充填コンクリートを一定量試験器内に1分間貯めて、ゲートを開放し自己充填性の可否を確認するものである。不合格品となるスランブフロー550 mm程度以下のコンクリートは、変形能力不足により流れが停止し検知できた。重力の作用のみでも粗骨材が沈降する分離したコンクリートは、1分間静置して、粗骨材を沈降させてから、ゲート手前で閉塞させて停止させることができた。さらに、受け板の水平距離を可変させることで、合格基準となるスランブフロー値を調整することを可能にした。

Key Words :自己充填性, ゲート, 水平距離, 沈み高さ

1. はじめに

自己充填コンクリートは、現場での施工の良否よりも品質に左右される部分が大いだとされている。しかし、既存の自己充填性に関する試験（スランブフロー試験やロート試験, U型試験など）試料の採取を必要とし、全量試験には不向きである。一方、既存の全量試験器では処理能力が不足する問題がある。また、分離したコンクリートの検知が難しいといった問題がある。

本研究では、アジテータ車内の一部のコンクリートを試験する事で品質確認ができる試験器を開発する。アジテータ車内の自己充填コンクリートは常に混ぜられており品質が均一であると仮定することにより成立する、「随時試験」である。

コンクリートが現場でアジテータ車からポンプ車に投入される間に試験器を設置する。自己充填コンクリートの性状と、試験器通過の性状・可否の関係を明らかにすることにより、合否判定を行うものである。

2. 制約条件

以下の制約条件のもと、試験器を開発する。

- ・試験器の高さは200 mm以下とする。
- ・不合格品は停止する。。
- ・試験器の幅は、ポンプ車のホッパの約半分の600 mm以内とする。

試験器の高さが200 mm以下は、ポンプ車のホッパとアジテータ車のシュートとの間に試験器を配置する為。合格品は、自己充填コンクリートのスランブ

フローが600 mm以上のもので、不合格品はスランブフローが600 mm未満のコンクリート、また、粗骨材とモルタルが分離したコンクリートとする。試験器の幅が600 mm以内は、ポンプ車のホッパの幅が約1200~1300 mmであり、ホッパに試験器を二つ以上並べる事を想定したためである。試験は自己充填コンクリートを試験機に流し込み終えた時点から一分間を計測し、ゲートを開放して通過の様子から可否を判断するものである。

また、本研究における使用した材料を表-1に、配合表を表-2に示す。

表-1 使用材料

セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm ³
細骨材(S)	石灰石砕砂 密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.81% 粗粒率:2.68 微粒分(0.15mm以下)8.2%
粗骨材(G)	石灰砕石 密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.25% 最大寸法:20 mm
高性能AE減水剤(SP)	BASF マスターグレニウム SP-8SB (ポリカルボン酸系) BASF マスターグレニウム6500 (ポリカルボン酸系+増粘剤)
空気連行剤(AE)	BASF マスターエア101
水(W)	上水道水

表-2 配合表

W/C(%)	s/a(%)	W(kg/m ³)	C(kg/m ³)	S(kg/m ³)	G(kg/m ³)	Air(%)
45	56	184.7	410.4	1031.8	810.0	0
45	56	175.5	389.9	980.2	769.5	5
45	56	166.2	369.4	928.6	729	10

3. 既往研究

すでに受け板傾斜つき全量試験器が開発されている。受け板の傾斜角を 3° 、障害物の高さを30 mmにすることで合格品は流しきり、不合格品は停止することが確認されている。処理速度は一時間あたり約 5.6 m^3 であり、それまでに開発された全量試験器に比べて処理速度の向上がみられたが、依然不十分である。

また、実際の現場を想定してシュートを制作して全量試験器の検証実験をしたところ、スランプフロー値が大きすぎる、やわらかすぎるコンクリートがシュートの途中で材料分離することが分かった。そのような、分離したコンクリートを停止させるために、障害物の代わりに模擬鉄筋を用いて分離判定試験器を考案した。しかし、全量試験器の処理能力は1時間あたり 50 m^3 が必要であり、大幅に不足している。また受け板傾斜つき全量試験器と分離判定試験器を一体化させる必要がある。

そこで本研究では、全量試験器ではなく自己充填コンクリートのサンプリングを随時に行うことのできる、随時試験器を開発することとした。

4. 試験器の形状

4.1 C字型随時試験器の形状と性能検証

既往研究で開発された受け板傾斜つき全量試験器は、自己充填コンクリートのスランプフロー600mm未満の不合格品も停止することが確認されている。そこで、その形状をベースにC字型随時試験器を試作した(図-2)。試験に必要なサンプル量はできる限り少なくして、合否の判定が出来れば良い。そのため、試験器の奥行きは受け板傾斜つき全量試験器の半分である300 mmにした。また、左右対称の形状にしても、左右に通過する自己充填コンクリートの性状に差は生じないため、試験器を半分にした。これらによって、サンプル量は約10 ℓで試験することが出来た。

スランプフローの値が大きいものほどため変形しやすく、値が低いものほど変形しにくい。一方、分離したコンクリートは、コンクリート中の粗骨材が沈んでしまう。

そこで試験器内に一定量を貯めて、1分間を計測しゲートを開放すると、スランプフローの低い自己充填コンクリートは変形能力が不足しているため停止する。また、分離したコンクリートは流し込み終えて1分間の間に粗骨材が下に沈み、ゲート手前で閉塞して停止する。その結果、スランプフロー600 mm以上、かつ分離の無い自己充填コンクリートのみ流れ切ると想定した。

合格品、不合格品及び分離コンクリートを複数回流して検証実験を行った。合格品は閉塞せずに通過した。しかし、不合格品は時間が経過するにつれて徐々に流れてしまい、完全に停止させる事ができなかった。分離したコンクリートは停止する時と通過する時があった。また、スランプフローが十分な値の場合、ゲートに大きな側圧が作用して完全に開放できないことがあった。

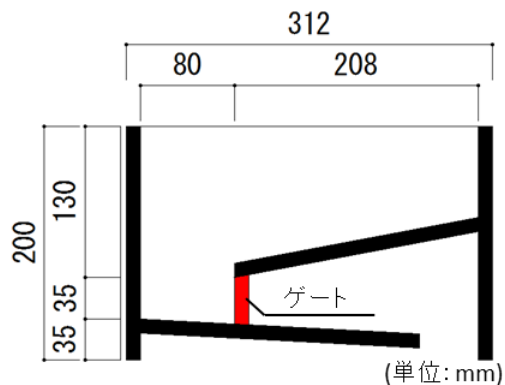


図-2 C字型随時試験器の寸法と形状

4.2 投入位置とコンクリート圧力による影響

分離による不合格品であっても時間経過とともに通過してしまう原因は、自己充填コンクリートの圧力が余分に作用することによることであると考えた。また、分離したコンクリートが完全に停止させることが出来ない原因は、自己充填コンクリートの投入位置によって粗骨材の沈み加減が違うためであると考えた(写真-1)。

これらの問題を解決するために、C字型随時試験器に取り外し可能なパーツを取り付け、投入したコンクリートがまっすぐ下に落ちて溜るようにした(写真-2)。以下、「L字試験器」と呼ぶ。これにより粗骨材の沈み加減をほぼ一定にし、分離したコンクリートの粗骨材がゲート付近に沈むようになった。試験に必要な試料の量を約4 ℓに削減することができた。

C字型とL字型とを比較実験をしたところ、C字型は不合格品、及び分離コンクリートが時間経過とともに徐々に通過していた。一方、L字型は合格品のみを通過させることができ、不合格品を停止させることができた。

しかし、合格品であってもゲート内側に、少量のコンクリートが残留する。そのため、合否判定基準が必要であることが分かった。

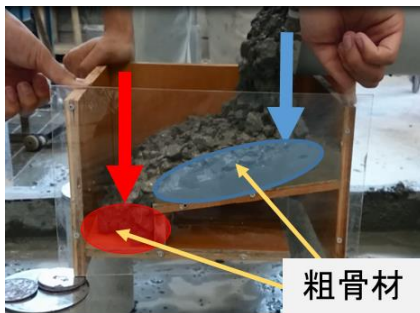


写真-1 投入位置による粗骨材の沈み具合の違い



写真-2 パーツを取り付けた「L字型随時試験器」

沈み高さが 130 mm 以上になった。空気量が沈み高さに影響する可能性がある。

一方、図-4 の赤丸に示す、分離したコンクリートは、流し込み終えた時点からの 1 分間に粗骨材が沈みゲート手前で閉塞し、ゲートを開放しても沈み高さがほとんど無い結果となった。

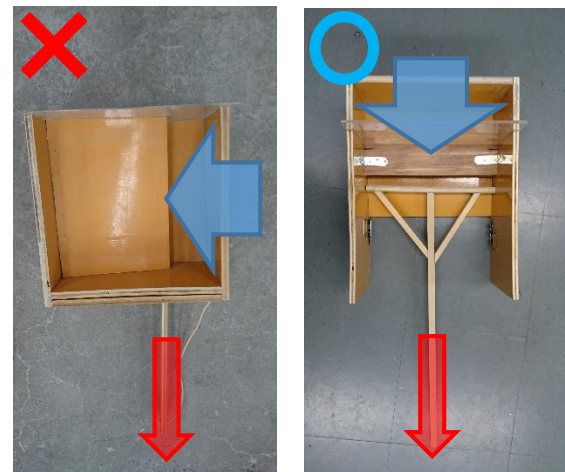


写真-3 ゲートの開放方向・形式の違い

4.3 L字型随時試験器の形状と性能検証

C字型随時試験器にパーツ取り付けの事によって明らかになった合格品のみを通過させる形状、及びゲートの開放のしやすさを考慮した上で、改めてL字型随時試験器を試作した(図-3)。

C字型随時試験器ではゲートの開放方向(赤矢印)が自己充填コンクリートの流れる方向(青矢印)に対して垂直な形式であった(写真-3)。コンクリートによる側圧が作用する上に、差し込んで引き抜くためゲート出入り口に粗骨材が巻き込まれてしまうため、完全に開放しきれないことがあった。

そこで、L字型随時試験器ではゲートの開放方向を自己充填コンクリートの流れる方向に一致させた(写真-3)。これにより、側圧と粗骨材の存在によってゲートが開放し切れない問題を解決した。

検証実験により、自己充填性の高い品質の良いコンクリートは、ゲート上端より下まで下がっていたことを確認した。そこで、合格品の判定基準として、沈み高さによる判定方法を提案した(図-3)。なお、本L字型試験器におけるゲートまでの沈み高さが 129 mm であった。

図-4 にスランプフローと沈み高さの関係を示す。空気量 10%未満のスランプフロー600mm 以上の自己充填コンクリートは沈み高さが 130mm 以上となったが、空気量が 10%以上のものは、沈み高さが 130 mm 未満であった。また、空気量が 10%未満のスランプフロー550 mm 未満の不合格品は、沈み高さが 130 mm 未満となったが、空気量 10%以上のコンクリートは

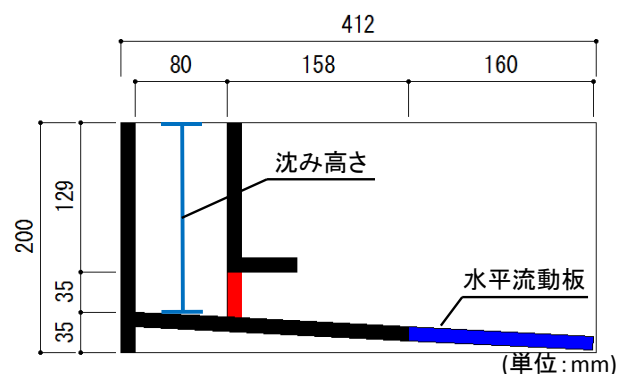


図-3 L字型随時試験器の寸法と形状

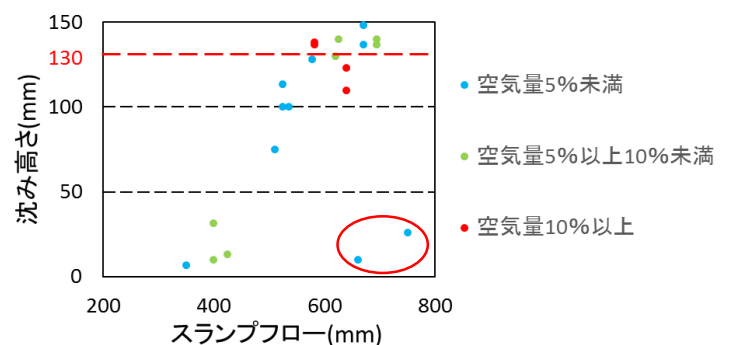


図-4 スランプフローと沈み高さの関係

5. 水平距離の延長による沈み高さへの影響

施工現場によって最適となるスランプフロー値が異なる。必ずしもスランプフローが 600 mm 以上である必要はない。そこで、合格基準となる沈み高さを調節できないか考えた。

そこで、受け板の水平距離を延長してコンクリートの流動に対する摩擦抵抗を大きくして、試験器内に残留する自己充填コンクリートの量を増加させることを意図して、検証実験を行った。試験器内の制約条件で試験器の高さ 200 mm としたため、勾配が 3° の受け板で延長できる最大の長さがおおよそ 160 mm である。そこで、水平距離がそのままの試験器と、水平距離が 160 mm の取り外し可能な水平流動板（図-3）を試験器に用いて比較実験を行った。また、空気量によって差が生じないかを確認するため、同程度のスランプフローで空気量のみを変えた試験を行った。その結果を図-5 に示す。空気量が 10%未満の自己充填コンクリートはそれ未満のものと比較して明確に沈み高さに差が生じた（写真-4）。しかし、空気量が 11.8%，スランプフロー575×590 mm の自己充填コンクリートのみ、沈み高さにはほとんど差が生じない結果となった（図-5 の赤丸、写真-5）。

ゲート開放して流れてくる自己充填コンクリートの性状は空気量の少ないものに比べて勢いがあり、その勢いのまま一気に流れ出した様子であった。これは、空気量増加にともなうコンクリート中の固体粒子間摩擦の緩和による影響であると考えられる。空気量の多い自己充填コンクリートがゲート付近を直角に折れて流れてくる際の固体粒子間の摩擦が、気泡によるボールベアリング効果によって軽減するため、空気量の少ない自己充填コンクリートに比べて勢いよく出てきてしまう。その結果、水平距離を延長しても沈み高さに差が出なかったと考えた。

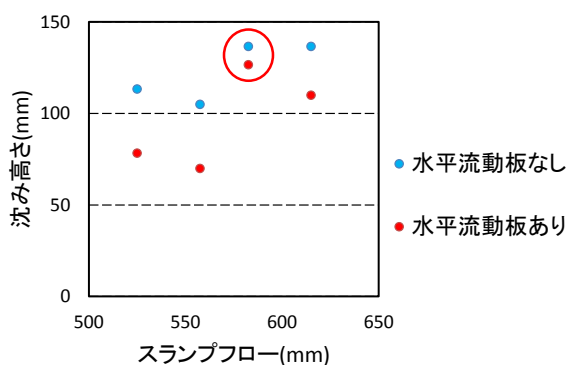


図-5 水平距離の延長と沈み高さの関係



写真-4 空気量 3.7%，スランプフロー550×565 の水平距離による比較実験



写真-5 空気量 11.8%，スランプフロー575×590 の水平距離による比較実験

6. 結論

本研究の結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 出口ゲート高さ 130 mm にて今回制作した試験器では、スランプフロー600 mm の合格品は沈み高さが 130 mm 以上になり、スランプフロー550 mm 未満の自己充填コンクリートは沈み高さ 130 mm 未満となり、明確な基準で可否を判定できた。
- (2) やわらかすぎて粗骨材が沈降するコンクリートは、静置した 1 分の間に粗骨材が沈み、ゲート手前で閉塞することにより停止させることができた。
- (3) 空気量によって沈み高さに差が出た。また、空気 5% 程度の自己充填コンクリートは抵抗のため水平流動距離を調節することで沈み高さに差を生じさせることができたが、空気量 10% を超えたものは差が小さくなった。

参考文献

- (1) 大内雅博：フレッシュコンクリートの自己充填性評価システム，東京大学学位論文，pp. 53，1997 年 9 月
- (2) 新川晴也：打設現場での自己充填コンクリートの受け入れ検査用全量試験器の形状と可否との関係及び分離コンクリートの停止方法，高知工科大学卒業論文，2015 年 2 月