円筒貫入試験・ふるい分離試験を用いた締固めを必要とする高流動コンクリートの材料分離抵抗性評価の検討

鉄建建設	正会員	○西脇　敬一	奥村組	正会員	廣中　哲也
竹本油脂	正会員	小林　竜平	関東宇部コンクリート	正会員	中水　高博
千葉工業大学	正会員	橋本　紳一郎	清水建設	正会員	根本　浩史
大成建設	正会員	梁　俊	東京理科大学	正会員	加藤　佳孝
内山アドバンス	正会員	渡邉　真史	内山アドバンス	正会員	三本　巖

1. はじめに

近年，生産性向上の観点から普及が期待されている「締固めを必要とする高流動コンクリート」は，スランプコンクリートと比較して流動性が高く，かつ振動締固めを行って打ち込まれるため施工性に優れるといった特長があるが，十分な材料分離抵抗性を確保し，適切な振動締固めを行うことが肝要となる．ここでは，円筒貫入試験とふるい分離試験を用いた当該コンクリートの材料分離抵抗性評価について考察する．

2. 試験概要

(1)コンクリートの配合

コンクリートの配合は，材料分離抵抗性に影響を及ぼすと考えられるスランプフロー，単位水量，単位セメント量および細骨材率等を変化させた**表 1** に示す 17 ケースとした．

表 1　コンクリートの配合

配合 No.	呼び方	W/C 【%】	s/a 【%】	単位量【kg/m³】 W	C	S	G
1	33-55-20N	47.7	49.4	175	367	856	907
2	27-55-20N	54.6	50.4	175	321	893	907
3	27-55-20N (後添加)	54.6	50.4	175	321	893	907
4	39-55-20N	42.3	48.2	175	414	817	907
5	51-55-20N	34.6	46.6	170	492	765	907
6	21-55-20N	63.9	41.2	175	274	746	1100
7	27-45-20N	54.5	45.0	170	312	806	1018
8	27-55-20N	54.5	45.0	170	312	806	1018
9	27-35-20N	54.5	45.0	170	312	806	1018
10	33-45-20N(C+)	48.6	45.0	170	350	792	1001
11	21-45-20N(C-)	63.9	45.0	170	266	823	1042
12	27-45-20N(s/a+)	54.5	50.0	170	312	895	926
13	27-45-20N(s/a-)	54.5	40.0	170	312	716	1111
14	24-45-20N(W+)	57.7	45.0	180	312	794	1004
15	30-45-20N(W-)	51.3	45.0	160	312	817	1034
16	27-45-20N (増粘一液ﾀｲﾌﾟ)	54.5	45.0	170	312	806	1018
17	27-45-20N	54.5	45.0	170	312	806	1018

(2)円筒貫入試験とふるい分離試験

今回，材料分離抵抗性の評価を検討する試験方法として，円筒貫入試験とふるい分離試験を選定した．円筒貫入試験は，**写真 1** に示すように円筒貫入計をコンクリート中に挿入し，内部に流入したモルタルを流入モルタル値として測定するものである．試験は，既往の報告[1)2)]を参考に実施し，同一試料で 3 回行って平均値で表した．

写真 1　円筒貫入試験

ふるい分離試験は，既往の報告[3)]を参考に**写真 2** に示すように 4.8kg のコンクリートを 50±5cm の高さから目の開き 5mm のふるいの上に落下させ，その後突き棒を高さ 10cm より 10 回自由落下させる振動を与え，ふるいを通過したモルタル量を測定する方法で行った．試験結果は，モルタル採取率として以下の(1)式で整理した．

モルタル採取率(%) = 打撃後ふるいを通過したモルタルの質量／配合上のモルタルの質量×100･･･(1)式

写真 2　ふるい分離試験

3. 試験結果

試験結果の一覧を**表 3** に示す．なお、表中には、別途実施した粗骨材の沈下量評価試験[4)]の粗骨材残存率を併記した。スランプフローと流入モルタル値の関係を**図 1**，スランプフローとモルタル採取率の関係を**図 2** に示す．流入モルタル値およびモルタル採取率は，スランフローが増大すると大きくなる傾向はみられるが，いずれも明確な相関関係は認められなかった．これより，流入モルタル値とモルタル採取率は，コンクリートの流動性だけでなく粘度や配合による影響を受けるものと推察される．そこで，目標スランプフローが同じで細骨材率のみが異なる配合 No.7，No.12，No.13 および No.17 を比較すると，**図 3** に示すように流入モルタル値

キーワード：締固めを必要とする高流動コンクリート，円筒貫入試験，ふるい分離試験，材料分離抵抗性，フレッシュコンクリート

連絡先：〒286-0825　千葉県成田市新泉 9-1　鉄建建設㈱建設技術総合センター　TEL0476-36-2355

© Japan Society of Civil Engineers

とモルタル採取率は，細骨材率によって大きく異なり，配合による影響を大きく受けることが確認できた．このため，現時点では，これらの試験方法は，単独の指標で締固めを必要とする高流動コンクリートのすべての配合の材料分離抵抗性を評価することは難しいと考えられた．

流入モルタル値とモルタル採取率の関係を見ると，**図 4** に示すように流入モルタル値の増大に伴い，モルタル採取率が大きくなる傾向が確認された．また，流入モルタル値が 40mm 程度以上になると，同程度の流入モルタル値でもモルタル採取率は大きく異なった．そこで、粗骨材残存率と流入モルタル値およびモルタル採取率の関係を**図 5** および**図 6** に示す．図から判別が難しいが，流入モルタル値が 40mm 以上でモルタル採取率が 7.5%以上となった配合は，すべて加振時間 10 秒における粗骨材残存率が 50%を下回り，材料分離抵抗性が小さいことが確認できた．これより，流入モルタル値とモルタル採取率の 2 つの指標を組み合わせることで，材料分離抵抗性の判定の目安を設定できる可能性があるといえる．例えば，加振時間 10 秒での粗骨材残存率を 50%以上とするには，流入モルタル値 40mm 程度以下かつモルタル採取率 7.5%程度以下が必要となること，また，加振時間 10 秒での粗骨材残存率を 70%以上とするには，流入モルタル値 20mm 程度以下かつモルタル採取率 4%程度以下が必要となるなどが考えられる．

表 3　試験結果一覧

配合 No.	呼び方	スランプフロー【cm】	流入モルタル値【mm】	モルタル採取率【%】	粗骨材残存率[4]【%】
1	33-55-20N	55.5	31.3	5.82	61
2	27-55-20N	52.0	22.3	3.27	66
3	27-55-20N（後添加）	55.0	30.0	2.86	35
4	39-55-20N	58.0	43.7	31.51	46
5	51-55-20N	53.0	33.0	5.36	83
6	21-55-20N	52.5	46.0	20.40	31
7	27-45-20N	47.0	30.3	5.49	25
8	27-55-20N	60.0	50.3	16.80	24
9	27-35-20N	37.5	28.5	3.57	51
10	33-45-20N(C+)	45.5	31.3	7.61	48
11	21-45-20N(C-)	48.0	28.0	8.33	43
12	27-45-20N(s/a+)	48.0	21.3	5.70	31
13	27-45-20N(s/a-)	48.5	53.0	13.06	37
14	24-45-20N(W+)	47.0	43.7	8.23	17
15	30-45-20N(W-)	49.5	25.3	7.12	50
16	27-45-20N（増粘一液タイプ）	48.5	26.3	5.60	33
17	27-45-20N	47.5	36.0	11.01	31

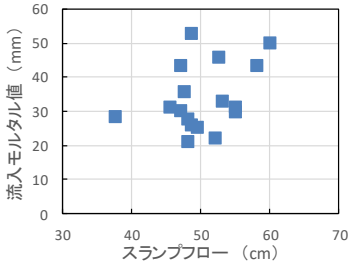

図 1　スランプフローと流入モルタル値

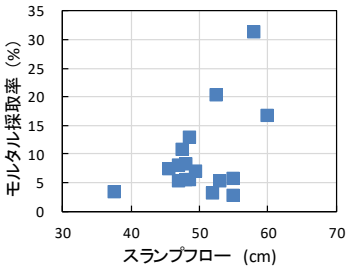

図 2　スランプフローとモルタル採取率

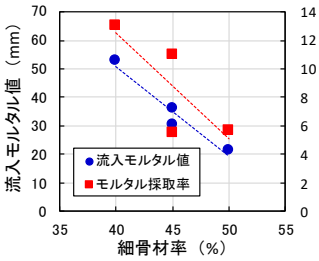

図 3　細骨材率の影響

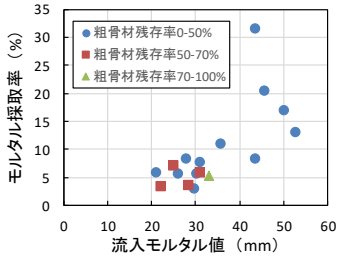

図 4　流入モルタル値とモルタル採取率

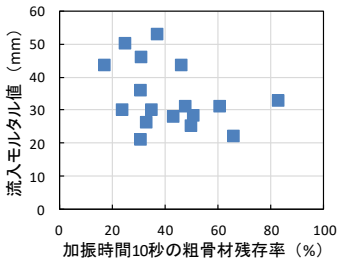

図 5　粗骨材残存率と流入モルタル値

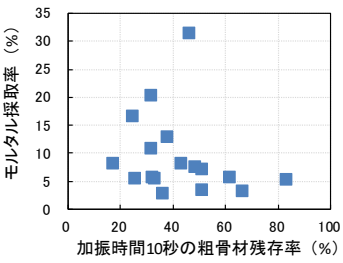

図 6　粗骨材残存率とモルタル採取率

4. まとめ

今回，締固めを必要とする高流動コンクリートの材料分離抵抗性を評価する試験方法として，円筒貫入試験とふるい分離試験を行った．その結果，これらの試験方法を組み合わせることで材料分離抵抗性を判定できる目安を設定できる可能性が示唆された．しかしながら，今回は，1 つの生コン工場の材料での結果であるため，今後さらにデータを蓄積し，これらの試験方法の適用性について検討を行う必要がある．

【謝辞】
本稿は，土木学会コンクリート委員会「締固めを必要とする高流動コンクリートの配合設計・施工技術研究小委員会」品質評価 WG で実施した共同実験の成果の一部をまとめたものである．多大なるご協力をいただいた関係各位に感謝いたします．

【参考文献】

1) 藤原貴央ほか：円筒貫入計を用いたコンクリートの試験方法に関する検討　その 1 実験概要およびばらつき，試験容器の直径の影響，日本建築学会学術講演梗概集，pp.895-896，2018.9
2) 野中英ほか：円筒貫入計を用いたコンクリートの試験方法に関する検討　その 2 試験方法に関する検討，日本建築学会学術講演梗概集 pp.897-898，2018.9
3) 加藤淳司ほか：高流動性コンクリートの材料分離抵抗性の評価に関する検討　その 3 フェーズ 1 円筒貫入試験およびふるい分離試験，日本建築学会学術講演梗概集，pp.771-772，2018.9
4) 渡邉真史ほか：沈下量評価試験を用いた締固めを必要とする高流動コンクリートの材料分離抵抗性評価の検討，土木学会第 75 回年次学術講演会概要集，2020（投稿中）

© Japan Society of Civil Engineers