

重量コンクリートにおける鉄筋とコンクリートの付着性状に関する実験的検討

太平洋セメント株式会社 正会員 ○早川 隆之
 太平洋セメント株式会社 正会員 肥後 康秀
 太平洋セメント株式会社 正会員 杉山 彰徳

1. はじめに

重量コンクリートは、放射線遮蔽、消波ブロックなどに適用されている。従来骨材は、磁鉄鉱などの天然鉄鉱石が主流であったが、新興国での鋼材需要の拡大により需給が逼迫しており、それに代わる材料として鉄鋼二次製品や重晶石の利用が検討されている。これらの骨材は、密度や物性が異なるため、コンクリートの要求性能に応じて使い分けることが可能である。また、重量コンクリートの基本性能については普通コンクリートと遜色ないことが確認されており¹⁾²⁾、構造部材などへの用途拡大も期待されている。しかしながら、重量コンクリートは、骨材の沈降に伴う材料分離によってブリーディングが増大し易い傾向があるため、RC 構造部材としての適用を検討するためには、鉄筋との付着性能についても十分に確認しなければならない。そこで、本研究では、種類の異なる骨材を用いて作製した重量コンクリートについて、鉄筋とコンクリートとの付着性状を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料の概要を表 1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は、金属スラグ:HG1, 重晶石:HG2, 砕石:NG を、細骨材は、酸化鉄粉:HS1, 金属スラグ:HS2, 重晶石:HS3, 山砂:NS を用いた。

2.2 コンクリートの水準および配合条件

コンクリートの水準および配合条件を表 2 に示す。細骨材および粗骨材は、目標とするコンクリートの密度に応じて組合せを設定した。重量コンクリートでは、HWC-3.6 が HS1(酸化鉄粉)・HG1(金属スラグ)、HWC-3.4 が HS2(金属スラグ)・HG1(金属スラグ)、HWC-3.2 が HS3(重晶石)・HG2(重晶石)とし、普通コンクリート NC-2.3 は NS(山砂)・NG(砕石)とした。W/C は 50%, 単位水量は 175kg/m³ とし、目標スランプ(18 ± 2.5cm)および目標空気量(2.0 ± 1.5%)の範囲を満足するよう混和剤の添加率を調整した。

2.3 試験項目および試験方法

引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験は JSCE-G 503-1999 に準じて行った。鉄筋の種類は D25 とし、埋設位置は、水平方向(上端・下端)ならびに垂直方向とした。供試体の作製は 20℃試験室にて行い、練混ぜにはパン型強制練りミキサーを用いた。コンクリートのスランプは JIS A 1101 に、空気量は JIS A 1128 に、温度は JIS A 1156 に準拠し測定した。ブリーディング試験は JIS A 1123, 圧縮強度は JIS A 1108, 割裂引張強度は JIS A 1113, 静弾性係数は JIS A 1149 に、準拠した。養生は標準養生(20℃水中)とした。フレッシュコンクリート性状を表 3 に、強度特性を表 4 に示す。

キーワード: 重量コンクリート, 重晶石, ブリーディング, 鉄筋, 付着応力, すべり量

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2, 太平洋セメント(株) 中央研究所, TEL:043-498-3855, FAX:043-498-3821

表 1 使用材料

使用材料	記号	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	産地・製造等
水	W	1.00	—	上水道水
セメント	C	3.16	—	普通ポルトランドセメント
粗骨材	HG1	4.29	0.32	金属スラグ系粗骨材
	HG2	4.09	0.42	重晶石
	NG	2.64	0.69	硬質砂岩砕石 2005
細骨材	HS1	4.93	0.60	酸化鉄粉
	HS2	4.19	1.16	金属スラグ系細骨材
	HS3	3.96	0.93	重晶石
	NS	2.56	2.28	山砂(静岡県掛川市産)
高性能 AE 減水剤	SP	—	—	ポリカルボン酸エーテル系
AE 減水剤	Ad	—	—	リグニンスルホン酸系

表 2 コンクリートの水準および配合条件

種類	記号*	細骨材	粗骨材	W/C (%)	W (kg/m ³)
重量	HWC-3.6	HS1:酸化鉄粉	HG1:金属スラグ	50	175
	HWC-3.4	HS2:金属スラグ	HG1 金属スラグ		
	HWC-3.2	HS3:重晶石	HG2 重晶石		
普通	NC-2.3	NS:山砂	NG:硬質砂岩		

*記号における数値は、コンクリートの密度を示す。

表 3 フレッシュコンクリート性状

記号	s/a (%)	SP [Ad] (C×%)	SL (cm)	Air (%)	C.T (℃)	単位容積 質量 (kg/m ³)	BL 量 (cm ³ /cm ²)	BL 率 (%)
HWC-3.6	48	1.0	19.0	1.9	23	3826	0.43	9.75
HWC-3.4	50	0.5	17.5	1.3	23	3563	0.56	12.6
HWC-3.2	53	0.7	17.5	2.7	23	3307	0.19	4.23
NC-2.3	46	[0.25]	15.5	1.8	22	2367	0.23	5.26

表 4 コンクリート強度特性

記号	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	備考
HWC-3.6	56.9[1.14]	3.19[1.02]	49.2[1.55]	・材齢は 28 日 ・[]内は NC-2.3 に対する比
HWC-3.4	51.0[1.02]	3.50[1.12]	51.7[1.63]	
HWC-3.2	36.5[0.73]	2.52[0.81]	19.1[0.61]	
NC-2.3	49.9[1.00]	3.13[1.00]	31.8[1.00]	

3. 試験結果および考察

3.1 最大付着応力度と最大すべり量

最大付着応力度と最大すべり量の測定結果を表 5 に示す。

(1) 水平方向

各水準における最大付着応力度およびその上端下端の比を図 1 に、同様に最大すべり量とその上端下端の比を図 2 に示す。最大付着応力度は、全ての水準で、下端の方が上端よりも高く、最大すべり量は下端の方が小さい値であった。

HWC-3.2 は、圧縮および割裂引張強度ともに最も低い値であったが、最大付着応力度は上端下端ともに最も高く、下端に対する上端の最大付着応力度の比が最大であった。また、HWC-3.2 は、上端の最大すべり量が最小であった。

水平方向(上端)における最大付着応力度とブリーディング量の関係を図 3 に示す。この図より、HWC-3.2 は、使用骨材(重晶石)の微粒分量が多いという特徴²⁾によって、コンクリートの材料分離抵抗性が高まり、その結果、ブリーディングが抑制され、欠陥となりやすい鉄筋下面の水隙部が他より少なくなり、付着性能が向上したものと推察される。

(2) 垂直方向

表 5 より、最大付着応力度は、HWC-3.4 および NC-2.3 が同程度、HWC-3.6 および HWC-3.2 は HWC-3.4 より 15～20% 程小さい値であった。垂直方向では鉄筋が縦に埋設されるために、水平方向よりもブリーディングの影響を受けにくく、コンクリート密度との関係性は確認されなかった。

3.2 コンクリート密度と水平鉄筋の最大すべり量

図 2 に示されるように、重量コンクリートでは、水平下端鉄筋の最大すべり量が普通コンクリート(NC-2.3)の 1/2 程度であり、最大すべり量の下端に対する上端の比は、コンクリート密度の増大に伴い大きい値となった。これは、密度の大きな骨材を用いたものほど材料分離を生じ易くなり、上端と下端で鉄筋下面の状態の差が大きくなったためと考えられる。

本検討により、重量コンクリートは普通コンクリートと同等の付着性能を有することが確認された。ただし、骨材密度が高く、ブリーディング量が多いと水平鉄筋はすべりが大きくなる傾向があるため、材料分離抵抗性に配慮する必要がある。

4. まとめ

- (1) 水平方向では、ブリーディング量の最も少なかった HWC-3.2 の付着応力が最大であった。
- (2) 垂直方向はブリーディング量の影響が少なく付着応力とコンクリート密度に関係性は確認されなかった。
- (3) 水平埋設鉄筋の下端に対する上端の最大すべり量比は、コンクリート密度の増大に伴い大きい値となった。

【参考文献】

1) 肥後康秀, 吉本稔ほか: 鉄鋼副産物を用いた重量コンクリートについての

検討: 太平洋セメント研究報告, 第 154 号, 2008, pp42-48

2) 肥後康秀ほか: 重晶石を使用した重量コンクリートの諸物性, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, V-578, 2011

表 5 最大付着応力度および最大すべり量

配合	最大付着応力度 (N/mm ²)				最大すべり量 (mm)	
	垂直	水平 (上)	水平 (下)	水平 平均	水平 (上)	水平 (下)
HWC-3.6	7.15	7.90	9.77	8.84	0.64	0.11
HWC-3.4	8.82	7.24	9.84	8.54	0.53	0.12
HWC-3.2	7.61	9.59	10.4	10.0	0.46	0.14
NC-2.3	8.49	7.40	9.01	8.21	0.51	0.30

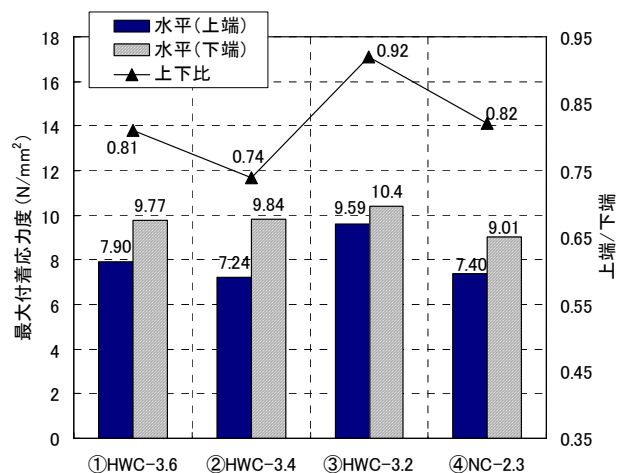


図 1 最大付着応力度(水平方向)

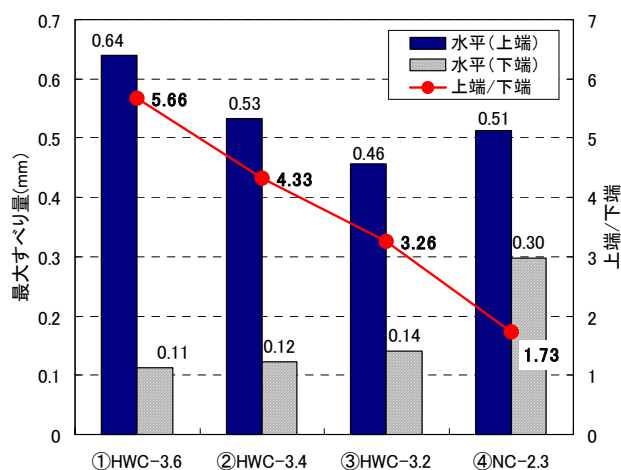


図 2 最大すべり量(水平方向)

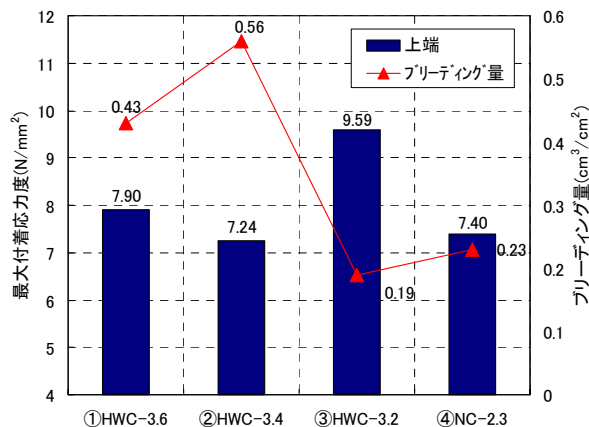


図 3 最大付着応力度(水平上端)とブリーディング量の関係