

報告 合成構造沈埋函に用いる加振併用型充てんコンクリートの性能に関する検討

末岡 英二^{*1}・羽渕 貴士^{*2}・壹岐 直之^{*3}・清宮 理^{*4}

要旨：内部振動機などによる加振を間欠的に併用することで、所要の充てん性と硬化品質を発揮できる加振併用型充てんコンクリートについて、使用細骨材、細骨材表面水率の設定誤差、細骨材の混合割合、高性能 AE 減水剤添加量、およびコンクリート温度の違いが、当該コンクリートの性能に与える影響を調べた。その結果、当該コンクリートの性能に与える各種要因の影響度合いを把握できた。

キーワード：充てんコンクリート、加振、フレッシュ性状、細骨材、表面水率

1. はじめに

合成構造沈埋函に充てんするコンクリートには、高流動コンクリートが用いられた事例が多い。高流動コンクリートは優れた自己充てん性を有するが、その材料費、および製造や品質管理の煩雑さによりコストアップとなる場合が多い。そこで、筆者らはスランプフローが 500mm 程度で、自己充てん性は高流動コンクリートに比べて劣るが、その材料費が安価で、内部振動機などによる加振を間欠的に併用することで高流動コンクリートと同等の高い充てん性を発揮できる加振併用型充てんコンクリート（以下、充てんコンクリートと称す）を提案した。

本稿は、充てんコンクリートの製造上、性能に影響を与えると考えられる要因である、使用細骨材、細骨材表面水率の設定誤差、細骨材の混合割合、高性能 AE 減水剤添加量、およびコンクリート温度をとりあげ、これらの変動が充てんコンクリートの流動性、充てん性、ブリーディング特性、沈下特性、および強度に及ぼす影響を室内実験により調べた結果について報告する。なお、海砂と砕砂を用いた充てんコンクリートの性能については、既往の文献¹⁾から一

部引用した。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの使用材料

実験で用いたコンクリートの使用材料を表 1 に示す。これらは、一般的な生コンクリート

表 1 コンクリートの使用材料

材料名	種類・仕様	
	配合 A	配合 B
セメント (C)	高炉セメント B 種 密度 3.04g/cm ³ 比表面積 3,830cm ² /g	高炉セメント B 種 密度 3.04g/cm ³ 比表面積 4,000cm ² /g
粗骨材 (G)	砕石(2005) : 北九州市産 密度 2.73g/cm ³ 吸水率 1.37% 粗粒率 6.84	砕石(2005) : 兵庫県西島産 密度 2.64g/cm ³ 吸水率 0.75% 粗粒率 6.72
細骨材 (S)	海砂 : 山口県蓋井島産 密度 2.56g/cm ³ 吸水率 1.21% 微粒分 0.41% 粗粒率 2.68	川砂 : 中国福建省産 密度 2.56g/cm ³ 吸水率 1.43% 微粒分量 0.79% 粗粒率 2.62
	砕砂 : 福岡県田川市産 密度 2.64g/cm ³ 吸水率 0.94% 微粒分 10.70% 粗粒率 2.80	砕砂 : 兵庫県西島産 密度 2.58g/cm ³ 吸水率 1.44% 微粒分量 10.67% 粗粒率 2.82
高性能 AE 減水剤 (SP)	ポリカルボン酸系 標準タイプ	ポリカルボン酸系 標準タイプ 高温タイプ

*1 東洋建設 (株) 美浦研究所材料研究室長 工修 (正会員)

*2 東亜建設工業 (株) 技術研究所材料・構造研究室 主任研究員 (正会員)

*3 若築建設 (株) 事業統括本部 技術研究所 工博 (正会員)

*3 早稲田大学 理工学部 建設工学社会環境工学科 教授 工博 (正会員)

表－２ コンクリートの基本配合

配合名	目標 スランプフロー	空気量 (%)	W/C (%)	s / a (%)	粗骨材容積 (m³/m³)	単位量(kg/m³)				
						W	C	S	G	S P
配合 A	450mm	4.5	37.6	51.9	0.315	160	425	878	860	0.75(C×%)
配合 B	500mm	4.5	39.5	51.3	0.315	168	425	852	830	1.10(C×%)

注) 配合 A の海砂と砕砂の混合割合は 7 : 3、配合 B の川砂と砕砂の混合割合は 7 : 3

工場で用いられているものである。細骨材は海砂と砕砂の混合砂と、中国産川砂と砕砂の混合砂の 2 種類を用いた。配合 B での高性能 AE 減水剤は流動性の保持が図れるように、コンクリート温度に応じて標準的なもの、高温環境で流動性低下が少ない暑中タイプの 2 種類を用いた。

2.1 コンクリートの配合

コンクリートの基本配合を表－２に示す。これらの配合は、充てんコンクリートが十分な充てん性と良好な品質を発揮できるように、表－３に示す性能を満足するように設定したものである²⁾。なお、沈埋函は水中に没するため凍結融解抵抗性は必要ないが、良好な充てん性を発揮させるために適度な空気量を確保した。

2.2 実験ケース

実験ケースを表－４に示す。各基本配合をもとに、細骨材表面水率の設定誤差、細骨材の混合割合、高性能 AE 減水剤添加量、配合 B ではコンクリート温度をそれぞれ 3 水準に変化させ、性能変化を調べた。

2.3 試験項目および方法

試験項目および方法を表－５に示す。合成構造沈埋函に用いられる充てんコンクリートは、鋼殻とコンクリートの一体性が求められることから、コンクリート充てん後の沈下抑制が重要となる。そのため、本実験ではブリーディング試験と併せて沈埋函上下床版厚さに相当する 1 m の高さでの沈下量も測定した。

3 実験結果および考察

実験結果を表－６に示す。実験結果の整理にあたり、細骨材の混合割合は、骨材の粗粒率や微粒分量に影響を与える。本実験で用いた砕砂

表－３ 基本配合での性能の設定値

項目	設定値	
	配合 A	配合 B
スランプフロー	450±50mm	500±50mm
U形充てん試験 自己充てん高さ	200mm 以上	
ブリーディング率	2%以下	
圧縮強度	30N/mm ² 以上	

表－４ 実験ケース

No.	配合	要因	水準
A-1	配合 A	基本	－
A-2		表面水率の 設定誤差	－1.0%
A-3			－0.5%
A-4			+1.0%
A-5		細骨材の 混合割合	海砂：砕砂=10:0
A-6			海砂：砕砂=8.5:1.5
A-7			海砂：砕砂=5.5：4.5
A-8		高性能 AE 減水剤 添加量	C×0.65%
A-9			C×0.80%
A-10			C×0.85%
B-1	配合 B	基本	－
B-2		表面水率の 設定誤差	－1.0%
B-3			+1.0%
B-4		細骨材の 混合割合	川砂：砕砂=4.5:5.5
B-5			川砂：砕砂=1.5:8.5
B-6		高性能 AE 減 水剤添加量	C×1.0%
B-7			C×1.2%
B-8		コンクリート 温度	10℃
B-9			30℃

注) 表面水率設定誤差＝設定値－測定値

表－５ 試験項目および方法

試験項目	試験方法
スランプフロー試験	JIS A 1150 に準拠
U形充てん試験	JSCE-F511 に準拠
空気量試験	JIS A 1128 に準拠
単位容積質量試験	JIS A 1116 に準拠
ブリーディング試験	JIS A 1123 に準拠 H=1000mm でも実施
沈下量試験	φ=250mm, H=1m の 鋼管内コンクリート の沈下量をレーザー 変位計で測定 ³⁾
圧縮強度試験	JIS A 1108 に準拠

表－6 実験結果一覧

No.	実験結果								
	スランプ フロー (mm)	空気 量 (%)	単位容積 質量 (kg/m ³)	コンクリート 温度 (℃)	U 形充てん試験 自己充てん高さ (mm)	ブリーディング率		沈下 量 (mm)	圧縮強度 (材齢 28 日) (N/mm ²)
						H=285 mm	H=1000 mm		
A-1	465	4.5	2,328	23.5	250	1.10	0.31	1.74	70.0
A-2	580	5.5	2,285	22.0	338	2.26	0.57	1.50	60.5
A-3	515	5.0	2,312	23.5	305	1.87	0.34	1.74	65.2
A-4	400	4.5	2,335	23.0	258	0.90	0.15	1.61	71.5
A-5	490	6.1	2,274	22.5	308	2.07	0.30	1.63	57.2
A-6	500	5.8	2,292	23.0	295	0.93	0.31	1.28	58.6
A-7	535	4.5	2,335	23.0	271	1.30	0.22	0.32	64.2
A-8	435	5.6	2,314	23.5	282	1.15	0.25	1.52	64.6
A-9	530	4.7	2,325	23.5	299	1.63	0.30	1.72	68.0
A-10	560	4.8	2,321	23.0	302	1.05	0.33	1.65	65.2
B-1	510	3.8	2,316	20.5	300	0.28	0.09	1.67	65.1
B-2	595	2.6	2,316	20.5	344	0.70	0.24	1.48	64.0
B-3	440	3.3	2,323	20.5	265	0.16	0.06	1.33	71.2
B-4	490	3.2	2,324	20.5	300	0.26	—	1.15	68.4
B-5	510	3.9	2,306	21.0	300	0.46	—	1.26	64.5
B-6	465	3.4	2,311	21.0	271	0.35	—	1.42	66.7
B-7	580	2.8	2,329	21.0	295	0.44	—	1.49	70.1
B-8	540	4.1	2,293	12.5	288	0.60	0.19	1.55	61.4
B-9	520	3.0	2,327	31.0	308	0.78	0.10	2.22	69.5

注)製造後 30, 60, 90 分のスランプフローは記載していない

は微粒分量がかなり多く、各配合で用いた海砂と砕砂あるいは川砂と砕砂の混合割合による粗粒率はあまり変化しなかったことから、骨材混合割合の違いを微粒分の違いとして考察した。

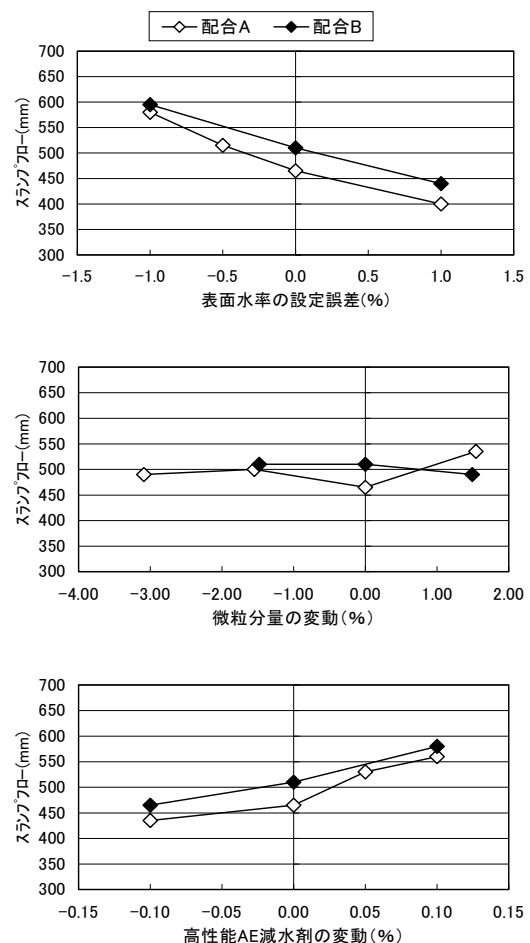
3.1 流動性および充てん性

各要因の変動によるスランプフローおよびU形充てん試験における自己充てん高さの変化をそれぞれ図－1、2に示す。

細骨材表面水率の設定誤差 1% (単位水量換算で約 9kg/m³) でのスランプフローの変化は、配合 A が 100mm 程度、配合 B で 75mm 程度であり、自己充てん高さの変化は、いずれの配合も 50mm 程度であった。骨材微粒分によるスランプフローや自己充てん高さの変化は、細骨材表面水率の設定誤差による変化に比較して小さかった。

このことから、充てんコンクリートの流動性や充てん性を安定して発揮させるためには、既往の研究と同様に製造時の細骨材表面水率の変動を把握することが重要であることがわかった。

また、高性能 AE 減水剤添加量によるスランプフローの変化量は、いずれの配合も C×0.1%あ



図－1 スランプフロー試験結果

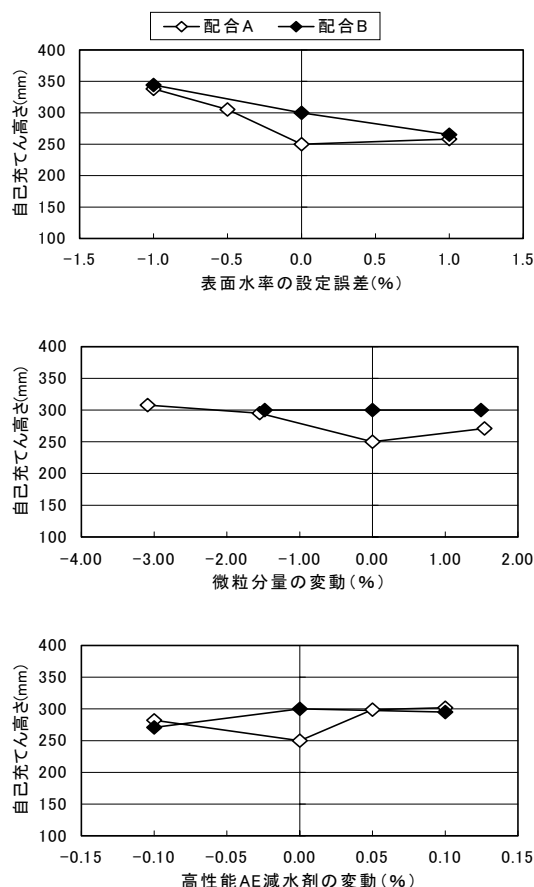


図-2 U形充てん試験結果

たり 50mm 程度であった。

3.2 スランプフローの時間変化

スランプフローの時間変化を図-3に示す。配合Bにおいてコンクリート温度 10℃、20℃では標準的タイプの高性能 AE 減水剤を、コンクリート温度 30℃では高温タイプのもを用い、それぞれの添加量も異なったため、スランプフローの時間変化の傾向が若干異なった。しかし、いずれの温度においても製造後 90 分間のスランプフローの変化量は 70mm 程度であり、充てんコンクリートのスランプフローの保持性能は高いものと考えられた。

また、コンクリート温度 20℃で配合AとBのスランプフローの時間変化を比較してみると、その傾向はよく類似していた。

3.3 空気量および単位容積質量

各要因の変動による空気量の変化を図-4に示す。

いずれの配合も各要因によって、空気量が変

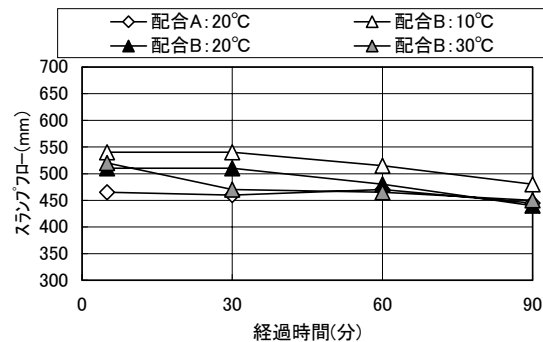


図-3 スランプフローの時間変化

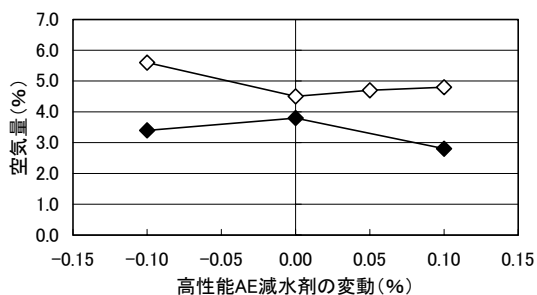
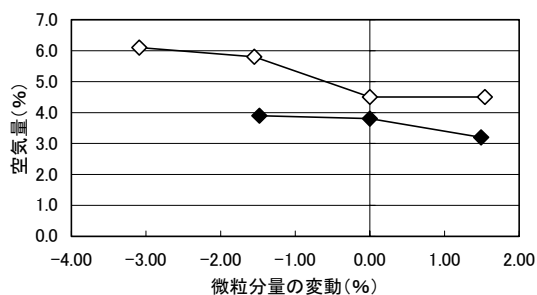
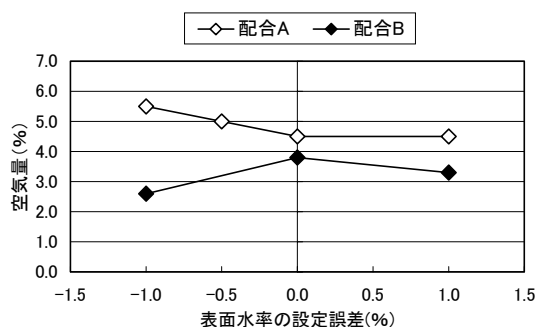
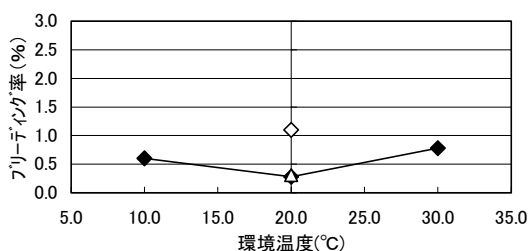
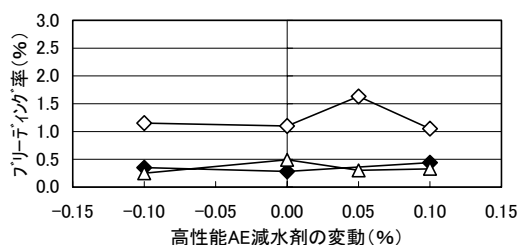
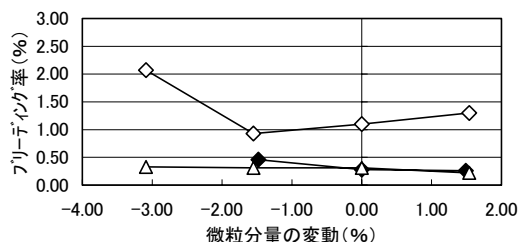
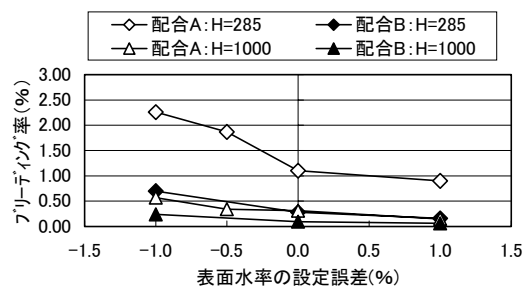


図-4 空気量試験結果

化したが、その変化量は 1.5%以内であり、今回の実験水準の設定範囲では空気量への影響は小さかった。

3.4 ブリーディング率および沈下量

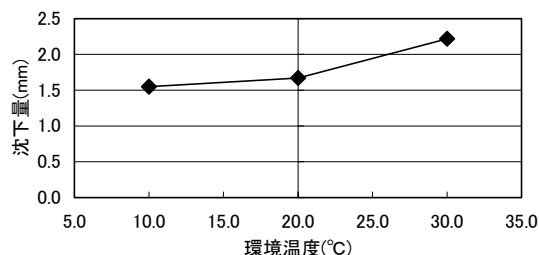
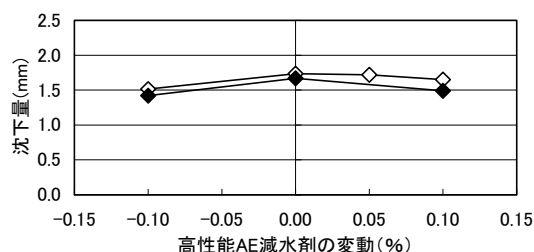
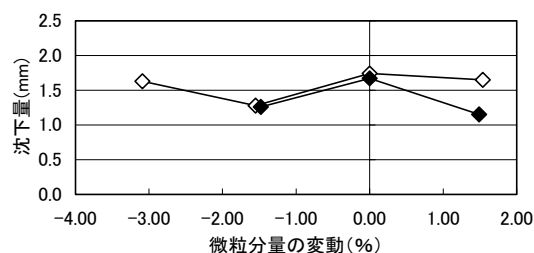
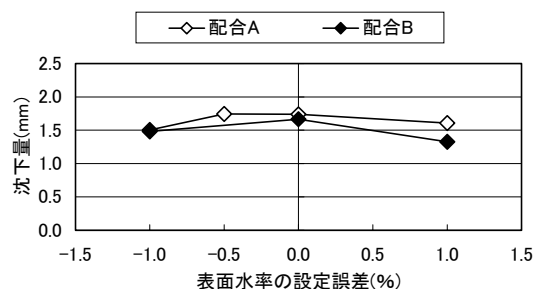
各要因の変動によるブリーディング率の変化を図-5に示す。いずれの配合も H=1000mm のブリーディング率は H=285mm のものに比べて



図－5 ブリーディング試験結果

少なく、ブリーディングには、表面からある深さのコンクリート中の水のみが寄与することを示唆していた。配合 B ではいずれの要因の変動においても、そのブリーディング率の変化は小さく、安定してブリーディングを抑えることができた。また、配合 A においては、細骨材表面水率の設定誤差により単位水量が多くなった場合や、微粒分量が 3% 程度少なくなった場合には、ブリーディング率が多くなる傾向が見られた。

各要因の変動による沈下量の変化を図－6 に示す。配合 B のコンクリート温度 30℃ での沈下量が若干大きかったが、各要因の変動による沈下量の変化はあまり見られず、その範囲は概ね



図－6 沈下量試験結果

0.5mm 以下であった。

ブリーディング率と沈下量の関係を図－7 に示す。今回の実験の範囲（ブリーディング率が 2.5% 以下程度）においては、ブリーディング率と沈下量に明確な相関は見られず、ブリーディング率を 2.5% 以下に抑えることで、高さ 1m の場合の沈下量を 2.5mm 以下に抑えることができたことがわかった。また、既往の知見⁴⁾と同様に、沈下量はブリーディング量から計算したものより大きいことがわかった。なお、硬化に伴う自己収縮ひずみの最終値は、文献 5) の算定式によれば約 200 μ であり、それによる高さ変化は 0.2mm 程度と沈下に比べて少ないと予測された。

3.4 圧縮強度

各ケースの材齢 28 日における圧縮強度を図-8 に示す。各要因により圧縮強度は変化し、特に細骨材表面水率の設定誤差による影響が大きかったが、充てんコンクリートのセメント量は、主に充てん性やブリーディング特性を考慮して設定したものであり、基本配合の水セメント比が 37.6%や 39.5%と小さいため、沈埋函コンクリートの標準的な設計基準強度 30N/mm^2 を大きく上回った。そのため、セメントの一部を強度に寄与しない粉体で置き換えることも考えられるが、実施工での材料単価も含めたトータルな面で検討する必要がある。

4 まとめ

海砂と砕砂、および川砂と砕砂を用いた充てんコンクリートの性能に及ぼす各要因の影響度を調べ、主に以下のことがわかった。

- (1)流動性や充てん性に与える影響は、細骨材表面水率の設定誤差が最も大きかった。
- (2)各要因による空気量の変動は 1.5%以内であり、比較的安定していた。
- (3)細骨材表面水率の設定誤差により、単位水量が多くなった場合や、微粒分量が少なくなった場合に、ブリーディング率が多くなる傾向であったが、全てのケースでブリーディング率は 2.5%以下であり、その場合のコンクリートの沈下量は、高さ 1m において 2.5mm 以下であった。

本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所、(独)港湾空港技術研究所、早稲田大学、(財)沿岸開発技術研究センター、五洋建設(株)、佐伯建設工業(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)、若築建設(株)で進める共同研究の一環である。

参考文献

- 1) 中村亮太, 小松誠児, 北澤壮介, 藤村貢: 充填用コンクリートのフレッシュ性状に関する検討, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.24, No.1, pp.1299-1304, 2002.6

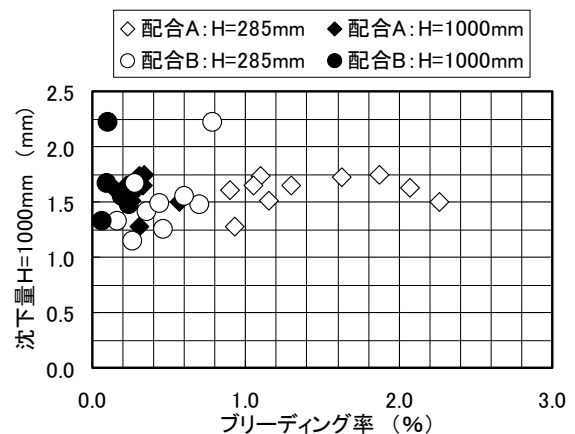


図-7 ブリーディング率と沈下量の関係

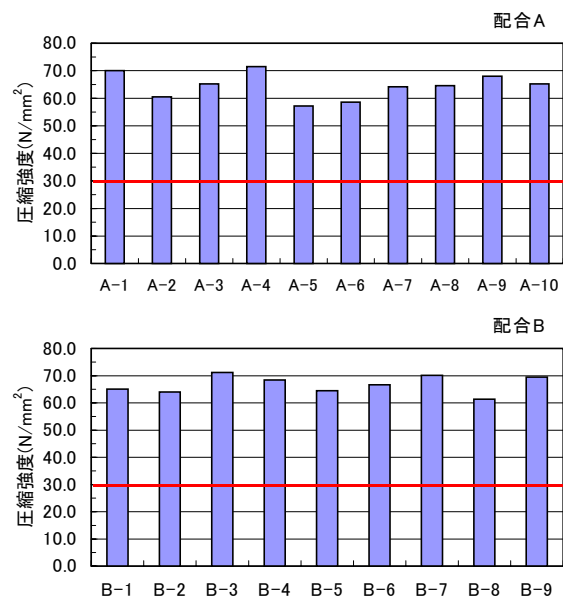


図-8 圧縮強度試験結果

- 2) 北澤壮介, 東俊夫, 山縣延文, 白石修章: 合成構造用充填コンクリートの適用性に関するモデル実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.24, No.1, pp.1197-1202, 2002.6
- 3) 藤原敏弘, 北澤真, 村上敏幸, 濱田秀則: 合成構造用充填コンクリートの配合と初期性状について, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.23, No.2, pp.1027-1032, 2001.7
- 4) 末岡英二, 松本典人, 田中英紀, 坂井直人, 濱田秀則: 充填コンクリートのブリーディングと沈下に関する一考察, 土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集, V-235, 2000.1
- 5) 土木学会, コンクリート標準示方書[構造的な性能照査編], p.32, 2002.3