

連行空気泡による 自己充填コンクリートの実用性向上

学籍番号:1140050 氏名:亀島健太 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: 空気泡が多く連行されたコンクリートは、いわゆるボールベアリング効果によりフレッシュ時の摩擦が緩和され鉄筋間の間隙通過性が改善された。空気泡が17%以上連行されると十分な自己充填性が付与され、混和剤の組み合わせ次第では空気量10%程度でも十分な自己充填性を付与できた。一方、コンクリート中の空気量の増加に伴い強度は低下していくことが確認できたが、その低下率は定説通り空気1%増加に対して4%程度であった。

Keywords : 自己充填性, AE 助剤, ボールベアリング効果, 空気連行, 強度低下

1. はじめに

従来の自己充填コンクリートは、流動性と粘性のバランスをとるために、普通コンクリートに比べて骨材量が若干少なく、セメント（粉体）量を増やしているのが特徴である。そのため、コストが高くなり、一般化や普及の妨げとなっている。今回の自己充填コンクリートは空気泡を多く連行させることにより、他の材料の構成割合も下げることができ普通コンクリートと同程度の価格と性能を維持できる。

本研究の目的は、空気泡を連行させる薬を用い、連行空気泡によるフレッシュコンクリートの性能と硬化後の影響を明らかにし、実用性を向上することである。

2. フレッシュコンクリート中の空気泡の効果と仮説

空気泡はワーカビリティの改善や耐凍害性の向上に対して効果があり4~6%程連行させるのが良く、それ以上の空気泡は強度を下げる恐れがあるとされている。一般的に使用されている普通コンクリートの強度は30N/mm²程度である。本研究では、空気泡の効果で鉄筋間の通過性を改善させることができ、空気泡を連行させても一般的に使用されている普通コンクリートよりも強度は高いのではないかと仮説を立てた。

3. 試験方法

3.1 流動性の試験方法

スランブプロー試験は、コンクリートの自重による力で、底面の摩擦を受けながら外部からの拘束を受けない条件でコンクリートが変形する能力を判定する試験である。フローコーンにコンクリートを詰め振動を与えずに引き抜き、その最大広がり幅および直角方向の広がり幅を測定し流動性の指標とする。(図-1)

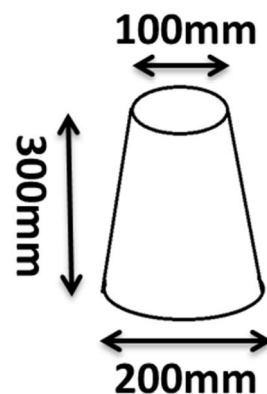


図-1 スランブフロー試験

3.2 間隙通過性の試験方法

ボックス試験はコンクリートの自重による力で鉄筋の間を通過する能力を評価する試験である。片方に詰められたコンクリートが平行な鉄筋で構成された障害物を通過し、反対側を上昇する。鉄筋障害物手前で粘性の不十分なコンクリートや分離気味のコンクリートは障害物で閉塞することができる。この試験では異形鉄筋 D10 を 5 本使用し、より厳しい障害物で試験を行いコンクリート上昇高さを測定する。(図-2)

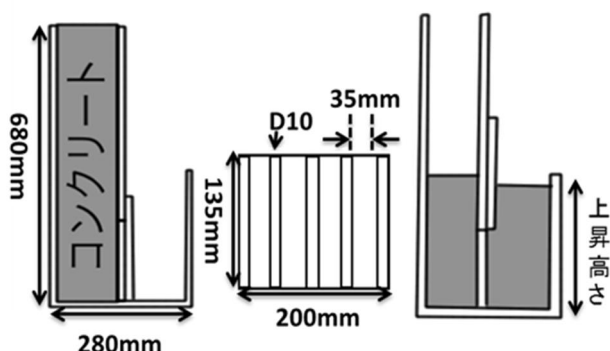


図-2 ボックス試験

3.3 空気量の試験方法

空気量の試験は、空気泡の量が 10%を超えるものを取り扱うため重量法で行う。重量法は、コンクリートを構成する材料の絶対容積から理論単位容積重量を計算し、これとまだ固まらないコンクリートの単位容積重量との差から空気量を計算する方法である。

(図-3)

$$\text{空気量 (\%)} = (T - M) / T \times 100$$

T: 空気が全くないものとして計算したコンクリートの単位容積質量 (kg/m³)

M: コンクリートの単位容積質量 (kg/m³)

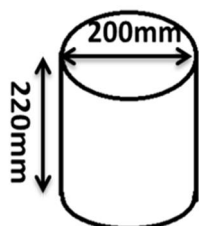


図-3 重量法による空気量試験

3.4 圧縮試験の方法

圧縮強度試験は「コンクリートの圧縮強度試験方法 (JIS A 1108-1993)」に基づいて行った。

3.5 練り混ぜ方法

練り混ぜ条件によってフレッシュ時の物性は当然変化する。本実験では公称容量 60 リットルの 2 軸強制ミキサを使用し、練り混ぜ量は 30 リットルとした。最初に空練りを 30 秒行った後、本練りを 180 秒行った。

(図-4)



図-4 練り混ぜ手順

3.6 試験手順

本実験では空練りを 30 秒行った後、本練りを 180 秒行った。AE 助剤は使用時に薄めて使う必要があり、原液に対してマスターエア 101 とマスターエア 785 は 100 倍希釈、ヴィンソルは 25 倍希釈して使用する。使用材料を表-1 に示す。

配合条件は設定空気 0%、水セメント比 45%、モルタル中の細骨材容積比 55%、粗骨材を全体の 30% になるように配合を行った。高性能 AE 減水剤の添加量は従来の自己充填コンクリートの基準であるスランプフローが 600mm 前後になるように調整を行う。空気は 0% で配合しているため、空気泡が連行されると他の材料の構成割合は空気泡増加に伴い減少する。配合を表-2 に示す。

AE 助剤の添加量 A の表記はセメントに対する AE 助剤の添加量を表す単位で表-3 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 表乾密度2.68g/cm ³ 粗粒率2.73
粗骨材 (G)		石灰石 砕石 表乾密度2.70g/cm ³ 粗粒率6.70
水 (W)		上水道
高性能AE減水剤 (SP)	SP1	グレニウム6550 (ポリカルボン酸系+増粘剤)
	SP2	8SB (ポリカルボン酸系)
AE助剤 (AE)	AE1	マスターエア101
	AE2	ヴァインソル
	AE3	マスターエア101 マスターエア785
	AE4	ヴァインソル マスターエア785

表-2 配合 (空気を除く)

W(kg/m ³)	C(kg/m ³)	S(kg/m ³)	G(kg/m ³)
185	410	1032	810

実際の材料: 材料×(1-空気量(%)/100)

表-3 希釈後の AE 助剤の使用料

	1A	2A	3A
AE1	101 c×0.1%	101 c×0.2%	101 c×0.3%
AE2	ヴァインソル c×1%	ヴァインソル c×2%	ヴァインソル c×3%
AE3	-	101 c×0.1% 785 c×0.4%	101 c×0.2% 785 c×0.4%
AE4	-	ヴァインソル c×1% 785 c×0.4%	ヴァインソル c×2% 785 c×0.4%

5. 試験結果

5.1 空気連行によるフレッシュ時の効果

SP1 を使用した場合、空気量とボックスの上昇高さの関係は、空気量が10%程度で良くなる場合と17%程度で良くなる場合があり、AE 助剤の種類での違いがあった。AE3 を使用すると空気泡が10%程度で鉄筋間通過性が向上された。AE1 と AE2 と AE3 の組み合わせでは、空気泡が17%程度連行されると鉄筋間通過性が向上した。しかし、AE3 の時には空気泡があまり連行されていない時にも鉄筋間通過性が向上された場合もあった。(図-5)

SP2 を使用した場合、空気量とボックスの上昇高さの関係は、空気量が17%程度連行されて鉄筋間通過性が向上しており、AE 助剤の種類での違いはなかった。(図-6)

以上の事から、空気量が増加するにつれ鉄筋間通過性は向上するのだが、組み合わせ次第で差がでてくるという結果になった。

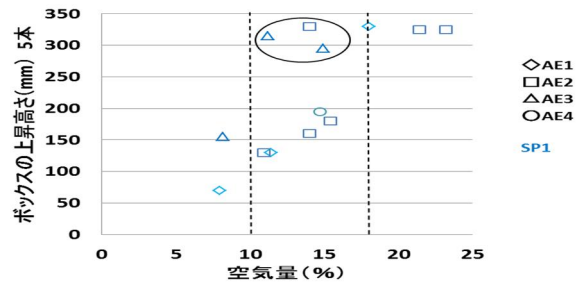


図-5 空気量とボックスの上昇高さ
(高性能 AE 減水剤 : グレニウム 6550)

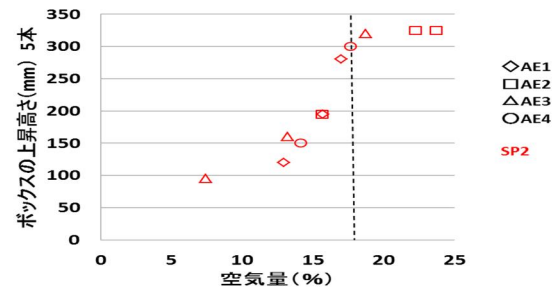


図-6 空気量とボックスの上昇高さ
(高性能 AE 減水剤 : 8SB)

5.2 高性能 AE 減水剤の違いによる空気量の関係

AE1 の場合、同量の AE 助剤を添加すると、SP2 の方が空気は少し連行されやすい。(図-7)

AE2 の場合、同量の AE 助剤を添加すると、SP2 の方が空気は少し連行されやすい。だが、SP1 を使用した場合、AE 助剤の添加量を増やしても空気が連行されない場合があり、同じ空気量でもボックスの上昇高さに差が出た。(図-8)

AE3 の場合、同量の AE 助剤を添加すると、SP2 の方が空気は少し連行されやすい。だが、同じ空気量でボックスの上昇高さに差があり、SP1 の方が同量の空気量の場合鉄筋間通過性は良くなった。(図-9)

AE4 の場合、同量の AE 助剤を添加すると、SP2 の方が空気は少し連行されやすい。(図-10)

以上の事から、ほとんどの場合 AE 助剤の添加量を増加させるにつれ空気量も増加し、SP2 の方が SP より空気が連行されやすかった。しかし、AE 助剤の添加量を増やしても空気量が増えない場合もあり、その時の方が鉄筋間通過性には有利であった。

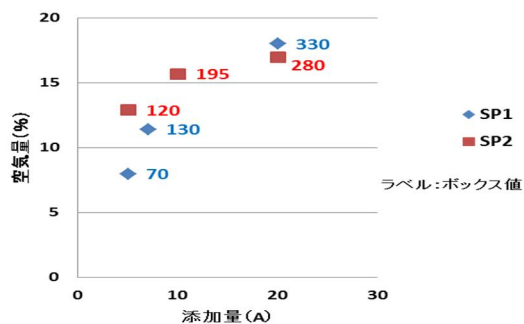


図-7 AE1 の添加量と空気量

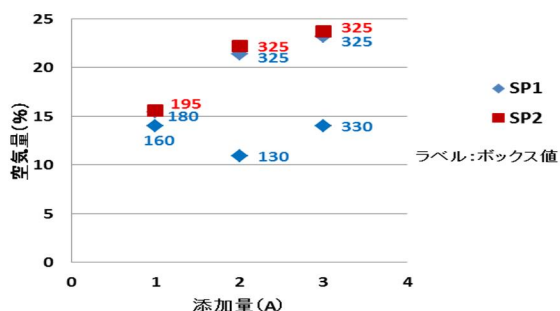


図-8 AE2 の添加量と空気量

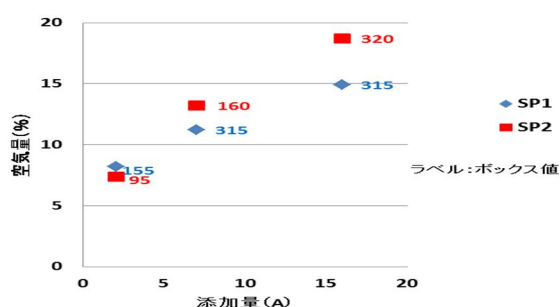


図-9 AE3 の添加量と空気量

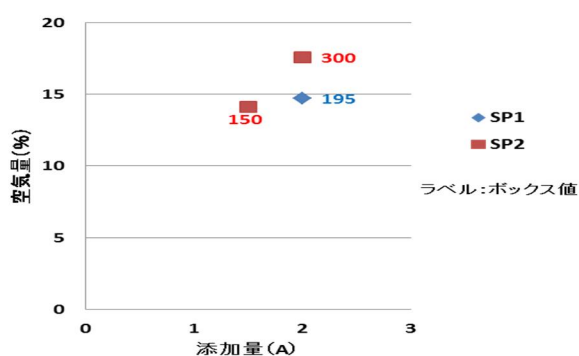


図-10 AE4 の添加量と空気量

5.3 硬化後の空気泡が強度に与える影響

強度は硬化後の空気量に関係しており、空気量が増加するにつれ、強度は一定割合で減少しており、12%以降は少し減少割合が緩やかになっている。強度の低下割合は空気1%増加するにつれ強度は4%程度減少しており、定説通りの結果となった。(図-11)

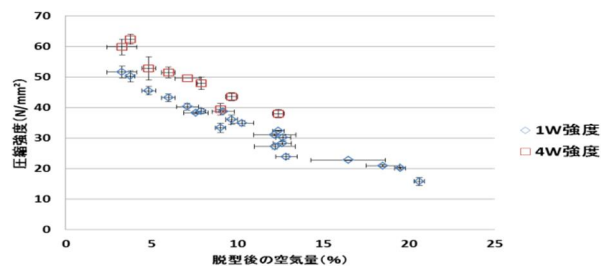


図-11 硬化後の空気量と強度

6. 結論

本研究の結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 連行空気泡が多くなるにしたがって、フレッシュコンクリートの間隙通過性は改善された。空気量17%以上では十分な自己充填性が付与された。
- (2) 高性能AE減水剤としてグレニウム6550、AE剤としてヴィンソルやマスターエア101とマスターエア785の組み合わせを用いると、比較的少ない空気量で十分な自己充填性を付与できた。
- (3) ヴィンソルは添加量を大きくしても空気量が大きくならない領域があり、その際には間隙通過性が良くなった。空気泡の質が改善されたものと思われる。
- (4) 空気量が1%増加するにしたがって強度は約4%減少した。

6. 今後の課題

AE助剤の種類が違えば、同じ空気量でも鉄筋間通過性は変わる。これはAE助剤によって連行された時の空気泡の形状や質に違いがありそれによって、鉄筋間通過性に影響すると考えられる。よって、実際に連行された空気泡の特性を明らかにすることが必要である。