

収縮低減型混和剤を用いたコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ抵抗性

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○山内 稜
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 吉田 行
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 島多 昭典

1. はじめに

コンクリート構造物の長期的な耐久性確保の観点から、劣化促進が懸念される初期ひび割れを低減する必要がある。著者らは、これまで初期ひび割れ低減対策として収縮低減剤の有用性について確認してきた¹⁾。他方、コンクリート用化学混和剤の JIS 規格を満たした収縮低減型の高性能 AE 減水剤が近年利用されてきているが、高性能 AE 減水剤に含まれる収縮低減成分の量は、一般的な使用量の範囲内では、収縮低減剤に比べると少なく、乾燥収縮に伴うひび割れ抑制効果は必ずしも明らかとなっていない。本研究では、収縮低減型の高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ抵抗性について検討した。

2. 使用材料および配合

セメントは、普通ポルトランドセメント（密度3.16 g/cm³，比表面積3,340 cm²/g）を用いた。細骨材は苫小牧樽前産の陸砂（密度2.65 g/cm³，吸水率1.41 %）を，粗骨材は小樽市見晴産の碎石（密度2.68 g/cm³，吸水率1.77 %，粗骨材最大寸法20 mm）を用いた。収縮低減型の高性能AE減水剤は，ポリカルボン酸エーテル系化合物とポリグリコール誘導体からなるもの（記号sa）を用いた。比較として，アルコール系の主成分がポリエーテル誘導体の収縮低減剤（記号SR）を用いた。なお，ベース配合と収縮低減剤を用いた配合では，標準型の高性能AE減水剤（ポリカルボン酸エーテル系化合物，記号n）を用いた。コンクリートの配合を表－1に示す。橋梁上部工への適用を想定し，水セメント比は45 %として，単位水量は全配合統一した。高性能AE減水剤の添加量は，メーカー推奨の標準添加量とし，収縮低減剤の添加量は既報¹⁾で検討した3 kg/m³とした。結果として，配合NとN-SRのスランプは18cm程度，N-saはスランプフロー48cmの中流動となった。目標空気量は4.5%とし，空気量の調整は，NとN-saは同じAE剤（変性ロジン酸化合物系，記号N）を用い，収縮低減剤は，メーカー推奨の消泡剤（ポリエーテル系）とAE剤（特殊界面活性剤系，記号D）を併用した。

3. 実験項目と供試体

強度特性を把握するため，20℃で水中養生を行ったφ10×20 cm 円柱供試体を用いて，材齢7，28日に圧縮強度試験と割裂引張強度試験を実施し，圧縮強度のみ材齢91日にも測定した。乾燥収縮試験は，JIS A 1129-3に準拠したダイヤルゲージ法で行った。材齢1日で脱型した後，材齢7日まで20℃水中養生を行った後に基長を測定し，乾燥開始後7，14，28，56，91日に測定した。また，収縮によるコンクリートのひび割れ抵抗性を把握するために，鉄筋拘束によるひび割れ試験を行った。試験は，日本コンクリート工学会のコンクリートの自己収縮応力試験方法（案）に準拠したが，供試体を設置する場所の関係から，コンクリートと鉄筋との定着を図る異形鉄筋部分の長さを300 mmとJCIの試験法より短くして実施した。供試体は，材齢7日まで型枠のまま温度20±2℃，相対湿度60±5%の恒温恒湿室内で封緘養生を行い，脱型後，そのまま恒温恒湿室に静置して内部鉄筋のひずみを計測した。

表－1 配合表

配合 記号	セメ ント	W/C (%)	s/a (%)	配合(kg/m ³)				高性能AE減水剤 の種類	高性能AE減水剤 (C×%)	SR (kg/m ³)	AE剤 の種類	AE剤 (C×%)	消泡剤 (C×%)	スランプ (cm)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)
				W	C	S	G									
N	普通	45	43	155	344	790	1056	n	0.90	—	N	0.00210	—	19.0	—	4.6
N-sa								sa	1.50	—	N	0.00170	—	21.4	48.0	4.3
N-SR								n	0.90	3.00	D	0.00130	0.0005	18.1	—	4.5

キーワード 収縮低減型混和剤，乾燥収縮，ひび割れ

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目－3 4 寒地土木研究所耐寒材料チーム TEL:011-841-1719

4. 強度試験結果

図-1 に各コンクリートの圧縮強度と割裂引張強度を示す。なお、凡例の記号は表-1 の配合記号である。圧縮強度は、いずれも材齢の経過に伴い増加し、N-sa はベース配合 N と同程度、N-SR は各材齢を通して N、N-sa を上回った。割裂引張強度は、材齢 7 日では N が小さく、N-SR が最大となったが、材齢 28 日では、N と N-sa が同程度となり、原因は不明だが N-SR は最も小さかった。

5. 乾燥収縮量

図-2 に、乾燥材齢とひずみの関係を示す。N-sa は、ベース配合に比べ概ねひずみが抑制される傾向があるものの最大でも 50 μm 程度とその差は小さかった。一方、収縮低減剤を用いたコンクリートは最大 100 μm 程度ひずみが抑制された。収縮低減剤は収縮低減成分が多いため、収縮抑制効果が高かったと考えられる。

6. ひび割れ抵抗性

鉄筋拘束供試体の鉄筋のひずみから算出した収縮応力と材齢の関係を図-3 に示す。試験は、1 配合につき供試体 3 個で実施し、各供試体の収縮応力は次式²⁾で算出した。

$$\sigma_c = (E_s \times \varepsilon_s \times A_s) / A_c$$

ここに、 σ_c : コンクリートの自己収縮応力(N/mm²)、 E_s : 鋼材の弾性係数(N/mm²)、 ε_s : 鋼材のひずみ、 A_s : 鋼材の中央断面積(mm²)、 A_c : コンクリートの純断面積(mm²)

収縮応力の低下はひび割れの発生を意味しており、乾燥収縮ひずみが小さかった N-SR はひび割れ発生日数が N より長く、ひび割れ抑制効果を確認できたが、N-sa は N よりも早期にひび割れが生じ、ひび割れ発生時の収縮応力が低かった。ひび割れ発生時の引張強度は測定していないため、参考として収縮応力の最大値に対する材齢 7 日と 28 日の引張強度に対するひび割れ発生時の収縮応力の比を図-4 に示す。N と N-SR は概ね 60-70%程度だが、N-sa では 50%前後と他の配合と比べ低く、このことが早期のひび割れにつながったと考えられる。このため、コンクリートの伸び能力への影響等について、今後検討する必要がある。

7. まとめ

収縮低減型高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ抵抗性について確認し、乾燥収縮ひずみは抑制されたものの、ひび割れ抑制効果が確認できなかったため、コンクリートの伸び能力への影響等、今後詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 吉田行, 安中新太郎: 種々の収縮低減剤を用いたコンクリートの乾燥収縮特性と耐凍害性, 第 62 回 (平成 30 年度) 北海道開発技術研究発表会, 管 5 (道), 2019. 2
- 2) 日本コンクリート工学協会: コンクリートの自己収縮研究委員会報告書, pp58-60, 2002. 9

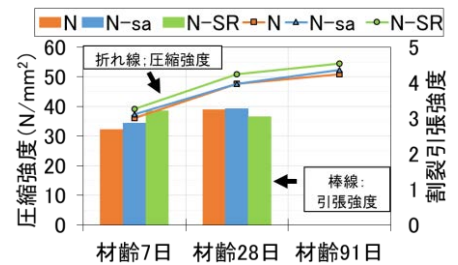


図-1 強度試験結果

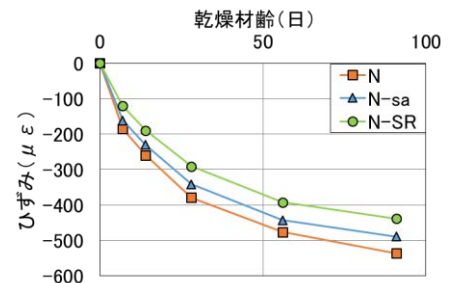


図-2 乾燥材齢とひずみの関係

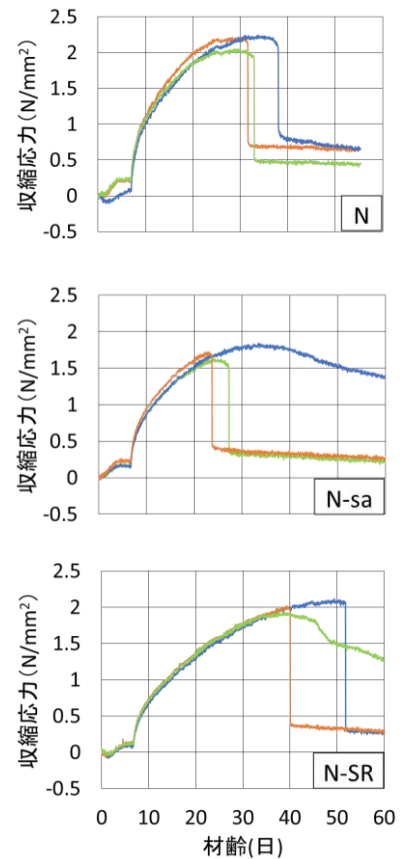


図-3 乾燥材齢とひずみの関係

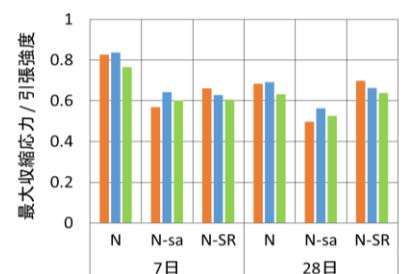


図-4 最大収縮応力-割裂引張強度比