

## 海水・海砂を用いた自己充填型コンクリートの熱特性

五洋建設 正会員 ○澤田 巧 東洋建設 正会員 末岡 英二  
 東亜建設工業 正会員 田中 亮一 BASF ジャパン 正会員 小山 広光  
 早稲田大学 フェロー 清宮 理

### 1. 目的

本研究では、国内外における緊急復旧工事や、輸送アクセスの悪い沿岸部や離島部でのインフラ整備を対象に、材料調達条件、気象海象条件、施工条件が過酷な環境下においても信頼性の高いコンクリート構造物を構築することのできる施工システムの確立を目指している。これまでに、この研究の一環として、海水・海砂を用いたコンクリートに海象条件や施工条件が厳しい環境での施工に対応するため、自己充填性を付与させた<sup>1)</sup>。本稿では、この自己充填型コンクリートの熱特性について述べる。

### 2. 試験概要

使用材料を表-1に示す。混和剤には、自己充填性付与のため、海水や海砂を併用した場合でも低粘性で高い流動性が発揮できる増粘剤一液型の高性能 AE 減水剤（新規混和剤）<sup>2)</sup>を用いた。配合は表-2に示す3種類で、このうちTW-LSは、海水・海砂を用いない比較用の配合である。それぞれの配合の材齢28日における圧縮強度を図-1に示す。コンクリートの熱特性として、断熱温度上昇量と熱膨張係数について検討した。断熱温度上昇量については、約5リットルの試料をセットした断熱容器の周囲の空気を加熱追従する断熱熱量計を使用して測定した。コンクリートの練混ぜ直後に試料を断熱容器にセットし、ただちに測定を開始し、温度上昇が認められなくなる材齢21日まで測定を行った。熱膨張係数については、コンクリートをφ100×200mmの型枠に打ち込み、中心部に埋込み型ひずみ計を設置して測定した。コンクリートの打ち込み後、ただちに周囲の気温を20℃から60℃まで変化させることで、試料に温度上昇降下サイクルを最大4サイクルまで与えた。

上昇・降下は各々1.5日をかけ、60℃または20℃に達する毎に1.0日の恒温期間を設けた。試験体周囲の温度履歴を図-2に示す。

### 3. 断熱温度上昇量

各配合の試験時の初期温度は実測値で22±0.5℃の範囲内であった。材齢と断熱温度上昇量の関係を図-3に示す。高炉セメントB種使用、単位セメント量389kg/m<sup>3</sup>または411kg/m<sup>3</sup>、打ち込み温度22℃のコンクリート標準示方書、お

表-1 使用材料

使用材料	記号	物理的性質など
練混ぜ水	W1	海水 (Sea Water; 相模湾より採水), 密度:1.024g/cm <sup>3</sup> , pH:8.0, 固形分濃度:3.96%
	W2	水道水 (Tap Water)
セメント	C	高炉セメントB種, 密度:3.04g/cm <sup>3</sup>
細骨材	S1	海砂 (sea sand; 東村新川沖産, 除塩前), 表乾密度:2.62g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:2.42%, 粗粒率:2.26%, 塩化物イオン量:0.187%
	S2	陸砂 (land sand; 大井川水系), 表乾密度:2.60g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:1.86%, 粗粒率:2.66%
粗骨材	G	硬質砂岩砕石 (青梅産), 表乾密度:2.66g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:0.58%, 最大寸法:20mm
混和剤	Ad	新規混和剤 (ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体)

表-2 コンクリートの配合

No.	記号	目標スランブフロー (mm)	目標U形充てん高さ (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位粗骨材絶対容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						混和剤 Ad (C×%)	塩化物イオン量 (kg/m <sup>3</sup> )
							W1	W2	C	S1	S2	G		
1	SW-SS	650	300以上	45	48.4	0.330	185	—	411	812	—	878	1.45	4.80
2	SW-LS				49.7		175	—	389	—	848	878	1.65	3.13
3	TW-LS				49.4		—	175	389	—	842	872	1.45	0.05

キーワード 海水, 海砂, 自己充填, 断熱温度上昇量, 熱膨張係数

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1 五洋建設(株) 技術研究所 TEL:0287-39-2109

よび JCI ひび割れ制御指針による断熱温度上昇量の推定値も併記した。断熱温度上昇速度（温度上昇時の勾配）に関しては、塩化物イオン量が多いほど速くなる傾向が認められた。一方、終局温度上昇量に関しては、全ての配合で 50℃程度であり、推定値よりも 10℃程度下回った。各配合間の差は最大でも 2.5℃であり、配合 SW-LS で若干低くなったものの、塩分の含有量による終局断熱温度上昇量の有意な傾向は認められなかった。

**4. 熱膨張係数**

各配合における昇温・降温時のコンクリート温度とひずみの関係から算出した熱膨張係数を図-4 に示す。なお、熱膨張係数の算出にあたっては、温度変化が不安定な期間の影響を除外するために、25℃から 55℃までの範囲を対象とした。1 サイクル目の温度上昇時から算出した値は、明らかにコンクリート自体が硬化しておらず、ひずみ計とコンクリートが一体化していない等の影響が含まれていると考えられる。それ以降については、いずれの配合においてもサイクルを重ねる毎に（材齢の経過に伴い）熱膨張係数は大きくなり、概ね 2 サイクル目（材齢 6~9 日程度）から値が収束する傾向を示した。塩分を混入しない（TW-LS）は、コンクリート標準示方書や JCI ひび割れ制御指針に示される値とほぼ同等の値であったものの、海水や海砂を使用した配合（SW-SS・SW-LS）はそれより大きく、4 サイクル目で 14 μ/C 程度となった。これは、海水や海砂を用いた場合、塩分が混入することによりコンクリートが多孔化することなどが一因と考えられる<sup>3)</sup>が、詳細なメカニズムについては、現時点では明らかでない。また、今回の試験条件では、海水の使用の有無（SW-SS・SW-LS と TW-LS）による熱膨張係数の差が認められたが、海砂の使用の有無（SW-SS と SW-LS）による熱膨張係数の差は認められなかった。

**5. まとめ**

以上の結果より、海水・海砂を用いた自己充填型コンクリートの熱特性について、以下のような知見が得られた。

- (1) コンクリートに海水や海砂を用いた場合、終局温度上昇量は上水道や陸砂を用いた場合とほぼ変わらないが、温度上昇速度は早くなった。
- (2) 海水や海砂を使用したコンクリートの熱膨張係数は、上水道水や陸砂を用いた場合に比べ大きくなった。
- (3) 海水を使用した配合では、海砂の使用の有無による熱膨張係数への影響は認められなかった。

参考文献 1)竹中寛, 内藤英晴, 羽瀧貴士, 清宮理:海水および海砂を用いた自己充填型コンクリートの基礎特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1912-1917, 2012.6

2)鈴木哲郎ほか:海水・海砂を用いた自己充填コンクリート用高性能 AE 減水剤(増粘剤一液タイプ)の開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.67, No.5, pp.1181-1182, 2012.9

3)水上国男:コンクリート構造物の耐久性シリーズ化学的腐食, 技報堂出版, p.43, 1986

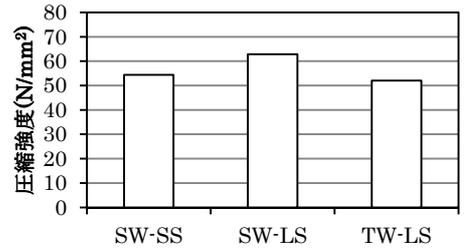


図-1 材齢 28 日における圧縮強度

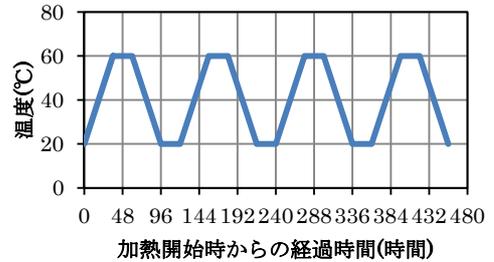


図-2 熱膨張係数測定試験での温度履歴

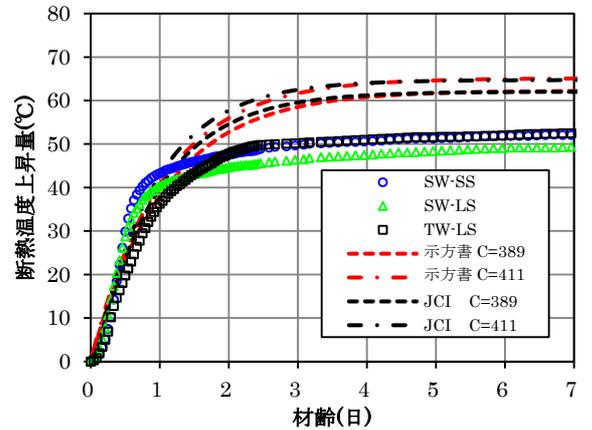


図-3 材齢と断熱温度上昇量の関係

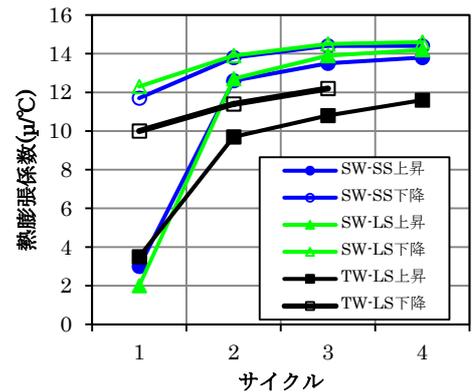


図-4 各サイクルにおける熱膨張係数