

V-63

鋼/軽量コンクリート・コンポジット部材の耐凍害性について

清水建設（株）技術研究所 正会員 橋 大介

清水建設（株）技術研究所 正会員 塩屋俊幸

清水建設（株）技術本部 正会員 太田隆義

1. まえがき

最近の北極海向け石油掘削プラットフォームのコンセプトは、鋼殻内にコンクリートを充填するコンポジット型式が主流になってきている¹⁾。鋼殻内に充填されるコンクリートは、死荷重低減の目的から、高強度の軽量コンクリートが使用される。一般に軽量コンクリートは耐凍害性が小さいと言われているが、軽量コンクリートを鋼板で覆った場合、鋼殻内コンクリートへの水の浸入が遮断され、かつコンクリートの凍結時の膨張が抑制緩和されることにより耐凍害性が向上すると考えられる。本研究は、コンクリートポンプによる施工を前提として、十分にプレウェッチングした軽量粗骨材を用いた高強度軽量コンクリートと鋼殻からなるコンポジット部材の耐凍害性に関して実験的に検討し、コンポジット構造部材へのプレウェッチング軽量粗骨材の使用の可否を明らかにすることを目的としている。

2. 実験概要

2. 1 使用材料およびコンクリート配合

使用材料は以下に示すとおりである。セメントは普通セメント（比重 3.16）、粗骨材は造粒型軽量粗骨材（ G_{max} 15mm、表乾比重 1.61、吸水率 23.1%）、細骨材は川砂（表乾比重 2.58、吸水率 2.48%）、混和剤は高性能減水剤、AE剤および流動化剤を用いた。鋼材は、円柱供試体用に一般構造用鋼管（STK41）とコンポジットはり試験体用に鋼板（ $f_y = 2500\text{kgf/cm}^2$ 相当）を用いた。また、供試体および試験体のシールにシリコンゴムを用いた。次にコンクリートの配合は、単位セメント量 520kg/m^3 、水セメント比 28.8%、細骨材率 38%とし、スランプおよび空気量は各々 $20 \pm 1.5\text{cm}$ 、 $5 \pm 1\%$ と設定した。

2. 2 実験方法

実験は、シリーズ1、2に分けて行った。シリーズ1では、円柱供試体（図-1 参照）への水の浸入を許すASTM-C666 A 法に準拠した水中凍結融解試験方法（終了サイクル数 300回）で試験を行い、鋼殻で膨張が拘束された場合の圧縮強度への影響を検討した。供試体は拘束なしのものと鋼管で周方向が拘束されたもの（2軸拘束）の2種類とした。円柱供試体の拘束鋼管の厚さは、シリーズ1、2ともに 2.5mm（鋼材比で 3.0%）とし、凍結融解サイクル終了後、鋼管を切断しコンクリートを取り出して圧縮強度試験を行った。

シリーズ2では、供試体からの水の出入りが全くない気中凍結融解試験方法（終了サイクル数 300回）で試験を行い、供試体の圧縮強度に及ぼす水の浸入遮断の効果と拘束の効果に関して検討した。併せて、図-1に示すようなコンポジットはり試験体（引張鋼材比 3.5%）を製作し、凍結融解作用を受けたコンポジット部材のせん断強度試験を行った。載荷方法は図-2に示すとおりにした。シリーズ2における供試体および試験体は材令14日まで標準水中養生し、その後、コンクリート表面をシリコンゴムで被覆した後、包装用ラップフィルムで全面を覆う方法でシールした。

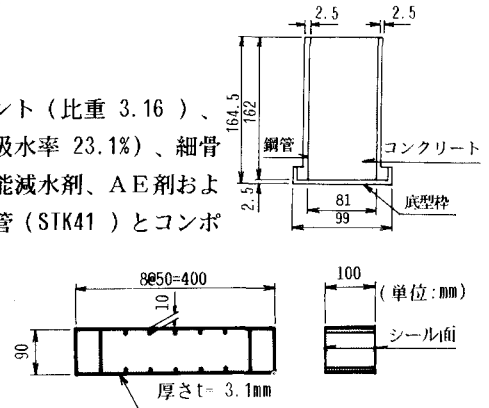


図-1 円柱供試体 と はり試験体

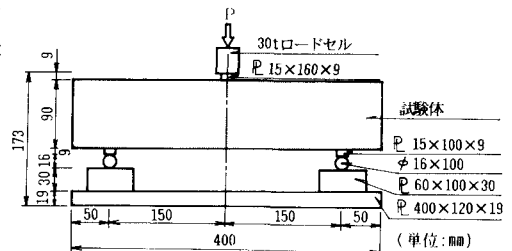


図-2 載荷試験状況

3. 実験結果と考察

3. 1 円柱供試体の圧縮強度試験結果

円柱供試体の圧縮強度試験結果は表-1に示すとおりになった。シリーズ1において、水中凍結融解作用を受けた拘束のない供試体 F1Nが70サイクルで崩壊に至ったのに対して、鋼管で拘束した供試体 F1Cの圧縮強度は 312kgf/cm^2 であった。また、シリーズ2において、気中凍結融解作用を受けた拘束のない供試体 F2Nの圧縮強度は 448kgf/cm^2 となり、さらに鋼管で拘束した供試体 F2Cでは 506kgf/cm^2 になった。

この結果を凍結融解作用を受けていない供試体の材令14日圧縮強度に対する比率で示すと、F1C、F2N、F2Cの順に53%、89%、101%と大きくなった。したがって、コンポジット構造型にした場合、凍結融解作用時に微細なひびわれ幅の拡幅を助長する水が補給されないことおよびコンクリート凍結時の膨張を鋼管が拘束することの相乗効果によってコンクリートの圧縮強度は殆ど低下せず、優れた耐凍害性が確保できることが明らかになった。

3. 2 コンポジットはり試験体のせん断強度試験結果

コンポジットはり試験体の破壊モードは、写真-1に示すように全てせん断破壊であり、試験結果は表-2に示すとおりになった。凍結融解作用を受けたコンポジットはり試験体 F2Bのせん断強度は、

若干強度の変動は大きくなる傾向があったが、材令14日の凍結融解作用を受けていない試験体 S2Bのせん断強度と同程度の結果となり、コンポジットはり試験体においても優れた耐凍害性が確保されていることが判った。また、F2Bのせん断強度の計算値は土木学会のディーブームの設計せん断強度算定式に供試体 F2Cの圧縮強度を代入して算定したが、S2Bの計算値と同様に、極めて実験値と近似する結果になった。

4. まとめ

コンクリートポンプによる施工を前提としてプレウェッチング軽量粗骨材を用いた高強度軽量コンクリートと鋼殻からなるコンポジット部材の耐凍害性に関して、円柱供試体およびはり試験体を用いて実験した。実験結果によれば、コンポジット部材は凍結融解作用を受けても、凍結融解作用を受ける前の圧縮強度およびせん断強度と遜色なく、極めて優れた耐凍害性を有することが明らかになった。

表-1 円柱供試体圧縮強度試験結果

シリーズ No.	供試体名	凍結融解試験 の有無および 方法	鋼管による 拘束の有無	圧縮強度 (kgf/cm^2) *	
				材令14日	材令 $A_{F/T}$ 日 **
1	S 1	無	無	586	607
	F 1 N	水中凍結融解	—	—	崩壊 (70回)
	F 1 C	—	有	—	312
2	S 2	無	無	501	583
	F 2 N	気中凍結融解	—	—	448
	F 2 C	—	有	—	506

* 試験結果は供試体3本の平均値である。

** 材令 $A_{F/T}$ 日は凍結融解試験終了後の載荷試験実施時の材令であり、シリーズ1で85日、シリーズ2で134日であった。



写真-1 試験体の破壊状況

表-2 コンポジットはり試験体のせん断強度試験結果

シリーズ No.	試験体名 (試験体数)	凍結融解試験 の有無および 方法	せん断強度 実験値 f_v (kgf/cm^2)	せん断強度 計算値** f_{vCAL} (kgf/cm^2)	f_v / f_{vCAL}	f_v / f_{vCAL} の変動係数 CV (%)
2	S 2 B (4)	無	45.5~56.6	51.5~55.7	0.985	6.4
	F 2 B (6)	気中凍結融解	44.0~59.2	51.8~52.1	0.975	10.5

* S 2 B の試験材令は14日 (2体) と $A_{F/T}$ 日 (2体) である。

** 計算値は土木学会コンクリート標準示方書のディーブームの設計せん断強度算定式より求めた。
(ただし、 β_a および β_s の制限値をはずして計算した。)

参考文献

- 1) L.C. Zaleski-Zamenhof, and M. Rojansky : Design Considerations for Concrete Offshore Platforms Subjected to Iceberg Impact Loads, Proceedings of 5th International Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE) Symposium, Vol. 4, April, 1986, pp. 145~152