

[1055] 大水深下における特殊水中コンクリートの打設実験

正会員 ○内田 明 (前田建設工業 技術研究所)
 首藤 芳久 (前田建設工業 技術研究所)
 舟橋 政司 (前田建設工業 技術研究所)
 正会員 山田 一字 (前田建設工業 技術研究所)

1. まえがき

近年、水中コンクリート用特殊混和剤の出現により、水中に直接コンクリートを打設しても材料の分離を生じることなく、しかも流動性、充填性に富んだ特殊水中コンクリートが開発され、その需要が増加する傾向にある。さらに、計画中の大型海洋プロジェクトにおいてもその適用性が検討されており、多くの研究が実施されている。しかしながら、従来の研究はほとんどが水深の小さな場合に限られており、大水深下での特殊水中コンクリートの挙動はいまだ十分に把握されているとは言い難い。

著者らは、この点に着目して大水深下での特殊水中コンクリートの流動性状、強度、空気量およびこれらの均一性に対する水深の影響を明らかにするとともに、充填性、打ち継ぎ目の性能等施工上の問題点についても検討することを目的として、大型水槽を用いて一連の実験を行なっている。

ここでは、主として水深が異なった場合の特殊水中コンクリートの流動性状および強度特性等について得られた成果を報告する。

2. 実験の概要

2.1 大型水槽および型枠

本実験で用いている大型水槽(写真)の概略寸法は図-1に示すとおりである。

型枠を設置する水槽1階部分は長さ8m、幅2.5m、高さ2.56mで、2階から5階までは2.5m×2.5mの断面で吹抜けになっている。

また、水槽は高さ5m、10m、15m位置に設けたバルブの開閉により水深の調節を行なえる構造になっている。

コンクリートを打設する型枠は、高さ1.8m、長さ7.5m、幅1.0mとし、片面は流動状況を観察するために10cmピッチでメッシュを入れたアクリル板とした。この型枠を水槽内の所定の位置にセットし、型枠内にコンクリートを打設した。

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合は表-1に示すとおり

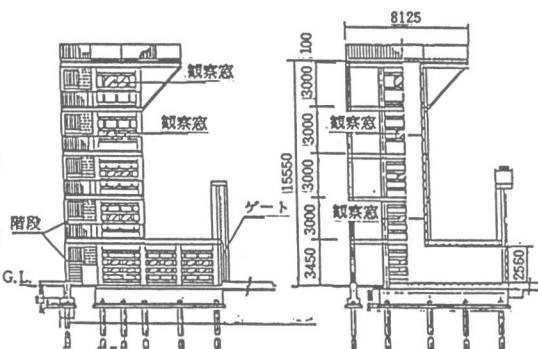


図-1 大型水槽の概略寸法

である。特殊混和剤には高分子系水溶性エーテル (UWB) を用い、流動化剤には高縮合トリアジン系化合物 (UWB-M) を用いた。なお、流動化剤は現場での後添加とした。

2. 3 実験方法

特殊水中コンクリートの打設方法

は、水深の影響を観察するためのトレミー工法による打設 (図-2) と打設速度をコントロールするためのポンプ工法による打設 (図-3) の2通りとした。実験パラメータは水深、スランプフロー、打設方法でこれらの組合せを表-2に示す。

なお、トレミー管の径は6インチとし、両打設方法ともコンクリート打設中はトレミー管の先端が常にコンクリート中に35cm~45cm埋込まれた状態に保持した。

2. 4 測定項目

フレッシュコンクリートの試験として、スランプフローおよび空気量の測定を、コンクリート打設中は流動状況を観察しながら実験を行なった。

硬化したコンクリートの品質は、 $\phi 100$ mmのコアを試験体から採取して確認した。コアの採取位置は、トレミー管位置を基準として流れに沿って1.5 m 間隔でそれぞれ試験体の上下端より25cmの位置を標準とした。なお、1本のコアより圧縮強度試験用 ($\phi 10$ cm $\times$ 20cm) の供試体3本をカッターで切断して採取した。供試体の試験項目は、単位容積重量、圧縮強度および空気量とした。空気量の測定にはリニアトラバース法を用いた。

3. 実験結果と考察

3. 1 打設時の特殊水中コンクリートの流動性状

各試験体の打設条件および平均打設速度、平均最終流動勾配は表-2に示すとおりである。また、図-4に各試験体の流動状況を示す。

試験体①~③は水深をパラメータとしたもので、打設開始から型枠700 cmの位置にコンクリートの先端が到達する時間

は、水深5m、10m では23分程度であるのに対し水深15m の場合、水圧を受けて39分と増大している。一方④は水深15m でポンプ工法でコンクリートの打設を行なったものであるが、打設速度を大きくすればコンクリート先端の移動速度も大きくなる。

図-5は平均流動勾配と打設後の経過時間の関係を水深をパラメータとして示したものである。水深が5、10m では流動性状に顕著な差は認められないが、水深が15m になると平均流動勾配が

表-1 コンクリートの配合

配合 NO.	G max (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
				W	C	S	G	UWB	UWB-M
①	20	55	44	205	373	734	952	2,358	9,430
②	20	55	44	230	418	689	893	2,645	10,580

* 配合NO. ①はスランプフロー 50 cmを目標とした配合
配合NO. ②はスランプフロー 60 cmを目標とした配合

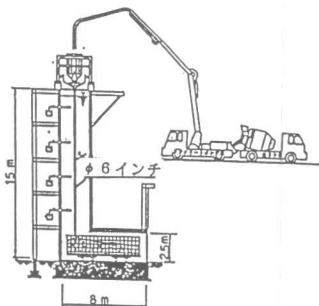


図-2 トレミー工法による打設

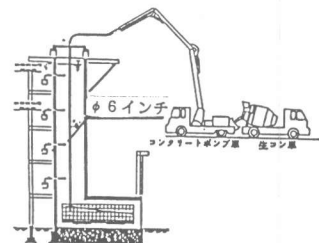


図-3 ポンプ工法による打設

表-2 特殊水中コンクリートの主な結果

試験体名	実験条件			実験の結果	
	水深 (m)	スランプフロー値 [目標値] (cm)	打設方法	平均打設速度 (m ³ /h r)	平均最終 流動勾配
① T-15-50	15	50	トレミー	5.8	1/15
② T-10-50	10	50	トレミー	7.3	1/19
③ T-5-50	5	50	トレミー	7.2	1/20
④ P-15-50	15	50	ポンプ	9.9	1/16
⑤ P-15-60	15	60	ポンプ	11.5	1/108

* 平均打設速度=打設量/打設時間
最終流動勾配=流動が終了した時のトレミー管位置と型枠先端の間の平均勾配

大きくなった。また、同図には水深15mにおいてポンプで打設することによって、打設速度を大きくした場合も示してあるが、水深15mでも打設速度を大きくすると、水深5、10mの場合とほぼ同様の傾向を示すことが認められる。

この結果は、水深が変化しても打設速度を変化させることによって、流動勾配の調整が可能であることを示唆しているものと思われる。

一方、図-6は水深が15mでスランプフロー値の異なる試験体の平均流動勾配と打設開始後の経過時間の関係を示したものである。スランプフローが60cmになると50cmの場合と比べて打設開始直後より急激に流動勾配が小さくなりかつ最終的な平均流動勾配は0.009 (1/108) と非常に小さくなっている。したがって、大型構造物を施工する場合には、流動勾配とスランプフローの関係を調べた後、適切なスランプフロー値を決定する必要がある。

3.2 硬化コンクリートの品質

図-7~12は、採取したコアの圧縮強度、空気量および単位容積重量の測定結果の一例を示したものである。

図-7はトレミー工法で打設した水深15mにおける試験体（スランプフロー値50cm）のコアの圧縮強度を示したものである。この図より、流れ方向での強度低下、変動はほとんど認められず、特殊水中コンクリートの品質は、水深15m下で打設されても非常に良好であることが、明らかとなった。

水深15mでスランプフロー値60cmの特殊水中コンクリートをポンプ工法によって打設した試験体のコア強度分布を示すと図-8のようになる。流れ方向にはほぼ均一であるが、上下で比べると上側から採取したコアの圧縮強度は、下側のそれと比較して15%程度小さくなっている。

図-9、10はリニトラバース法で測定したコアの空気量分布および打設前後の気泡径の変化の様子を示している。打設前の空気量が4~6%程度であるのに対し、水深15m下では空気量が平均で2.5%程度まで小さくなっている（図-9）。こ

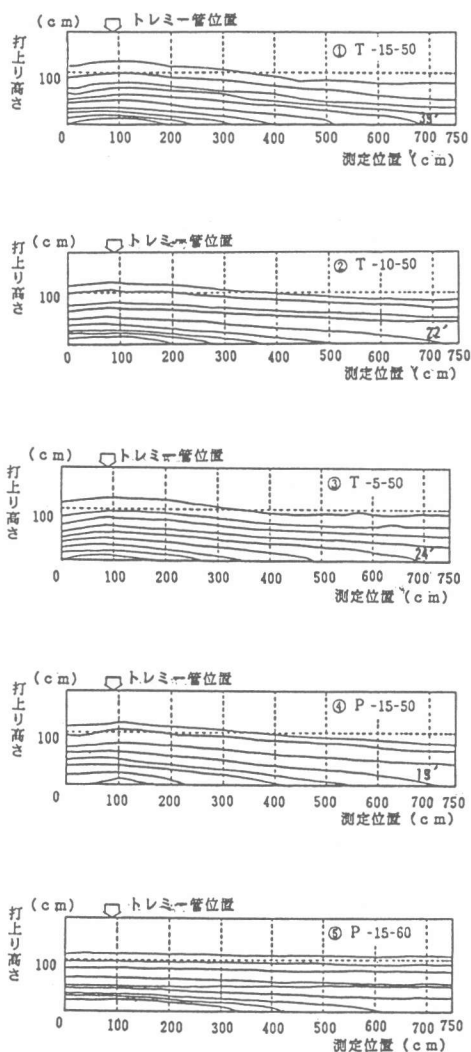


図-4 流動状況

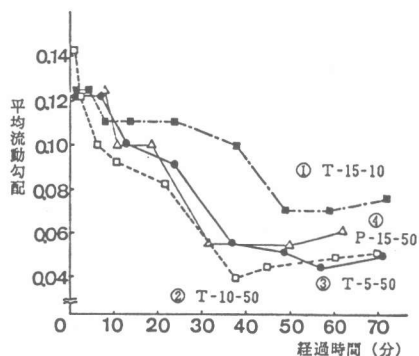


図-5 平均流動勾配と時間の関係

これは、打設中にコンクリート中から空気が放散されることおよび、水圧の影響によって気泡径そのものが小さくなったためと推定される（図-10）。

なお、図-11および図-12は、それぞれ前述の試験体のコアの単位容積重量をコア採取位置に対してプロットしたものである。スランプフロー値50cmの場合、流動距離に対する単位容積重量の低下、変動はないが、60cmでは、上部のコンクリートの単位容積重量の低下が若干生じており、この傾向は図-8の強度分布の結果と対応している。

4. まとめ

本実験の範囲内では、スランプフロー値とコンクリート

の打設速度が特殊水中コンクリート打設時の流動性状に影響を及ぼすこと、さらに硬化後採取したコアの試験結果より、特殊水中コンクリートの品質

は、大水深下においても極めて優れていることが実証された。

今後、最大骨材寸法を大きくした場合、打設速度を大きくした場合、あるいは充填性および

打ち継ぎ目の性能等、実際の施工に対応した実験を行なうことによって、大水深下で所要の品質を確保できる特殊水中コンクリートの施工法についても検討していく予定である。

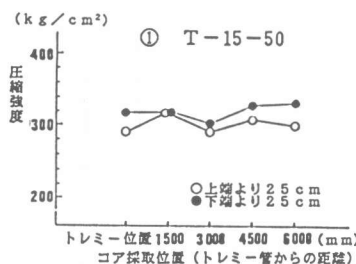


図-7 コアの圧縮強度

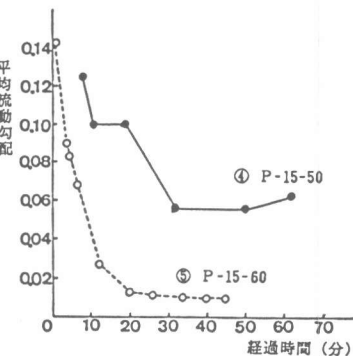


図-6 平均流動勾配と時間の関係

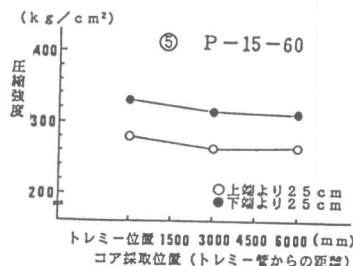


図-8 コアの圧縮強度

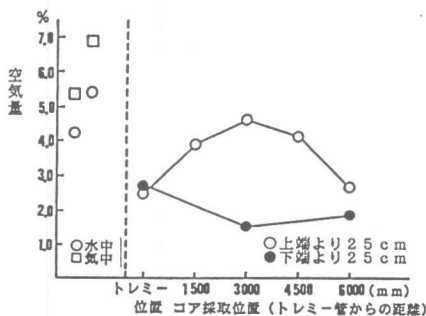


図-9 リニアトラバース法による空気量の分布

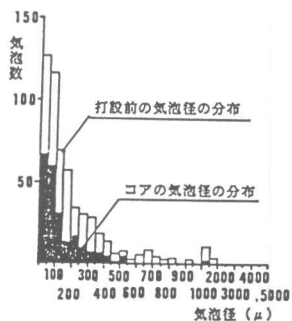


図-10 打設に伴う気泡径分布の変化

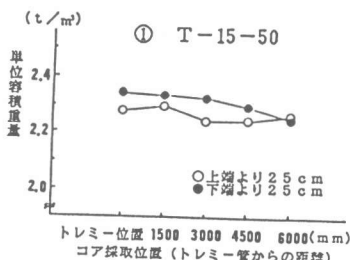


図-11 コアの単位容積重量

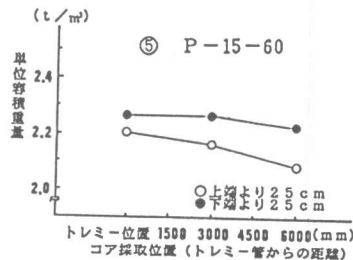


図-12 コアの単位容積重量