

東京湾横断道路 川崎工事事務所	正会員 池田 秀昭
本州四国連絡橋公団(元東京湾横断道路)	佐野 幸洋
川崎人工島東工事共同企業体	正会員 中川 修
川崎人工島西工事共同企業体	正会員 鈴木 健一
大成建設 技術研究所	正会員 大友 健
鹿島 技術研究所	正会員 本橋 賢一

1. はじめに

東京湾横断道路川崎人工島の地下連続壁は、外径103.6m、厚さ2.8m、掘削深度119mと極めて規模が大きいものである。またトレミー管1本の受け持つ打設面積が従来の連壁に比べて大きいこと、設計上鉄筋がかなり密となることから、高強度でかつ流動性の良いコンクリートが要求された。

大規模連壁用コンクリートの配合選定については、既報¹⁾において報告されるように一連の配合選定実験および実規模施工実験が実施され、表-1に示す品質基準が選定されている。

本配合実験は、これらの結果をもとに、さらに低発熱で施工性の良い連壁用コンクリートを得ることを目的として実施したものである。

2. 検討ケースと試験内容および使用材料

表-2に示す3種類の低発熱セメントと高性能A E減水剤3種の組み合わせ9ケースを検討した。通常のフレッシュコンクリートの試験および圧縮強度試験に加え、練上がりから2時間後までのスランプフローの経時変化試験、ブリージング率測定、凝結硬化試験と断熱温度上昇試験を実施した。

3. 配合の一次検討

本実験のコンクリートでは、単位水量を大きくし高性能A E減水剤量(S P量)を減少させた場合は2時間後のスランプフローのロスが大きくなる。一方、単位水量を小さくしS P量を増大させた場合には、練り上がりから30分後までのスランプフローの増大が大きくなり分離しやすくなる傾向が認められた。これらの特徴を考慮し、練上がり時のスランプフローが50~60cm、30分後のスランプフローが65~70cm、2時間後のスランプフローが50cm程度以上となるように、実績より仮定した水セメント比条件下で、単位水量とS P量とを増減させ適切な配合を選定した。この結果を表-3に示す。

フライアッシュ混入低発熱高炉B種を使用した場合、単位水量が最も小さくなり材料分離に対する抵抗性も良好であるのに対して、低発熱高炉B種を使用した配合では、スランプフローが70cmに近くなった場合に分離ぎみになる傾向があり品質に余裕がない状態と考えられる。

一方、3成分系超低発熱セメント配合では、ナフタリン系S Pを使用した場合には所定のスランプフローを得るための単位水量が増大する。また水セメント比が小さくセメント量が増大することもあり、いずれの種類の高性能A E減水剤を使用した場合でもコンクリートの粘性が大きく、ポンプ圧送性や水中での充填性に劣ることが推測されたため、以後の検討から除外した。

表-1 品質基準

設計基準強度(材合91日)	36.0 kgf/cm ²
水中での強度低下を考慮した圧縮強度(91日)	45.0 kgf/cm ²
配合強度(材合91日)	54.0 kgf/cm ²
粗骨材最大寸法	20 mm
スランプ(練上直後)	65 ± 5 cm
フロー(2時間後)	50 cm程度
空気量	2 ± 1 %
ブリージング率	3 %以下

表-2 配合実験の実施ケースと使用材料

セメント種類	混合比率 OP:BS:FA	高性能A E 減水剤種類
①低発熱高炉B種	44:56	SP-A, SP-B, SP-C
②フライアッシュ20%混入 低発熱高炉B種	35:45:20	SP-A, SP-B, SP-C
③3成分系超低発熱 セメント:一般市販品(D社製)	20:65:15	SP-A, SP-B, SP-C
高性能A E減水剤(東京湾横断道路用特別調整品)		
: SP-A ナフタリン系+徐放剤マー(K社製)		
: SP-B ナフタリン系+活性持続剤マー(N社製)		
: SP-C 刺激剤+酸系+架橋剤マー(N社製)		
粗骨材:石灰石砕石 205 (八戸産)		
細骨材:山砂(君津産)		

表-3 配合選定結果(水セメント比仮定)

セメント	W/C S/a (%) (%)	単位量(Kg/m ³)					
		W	C	S	G	SP	
低発熱 高炉B種	40 44.5	160	400	789	1029	A:2.3%	
	40 44.5	160	400	789	1029	B:2.6%	
	40 44.5	160	400	789	1029	C:2.0%	
F混入	36 44.5	155	430	769	1004	A:2.3%	
低発熱	36 44.5	155	430	769	1004	B:2.5%	
高炉B種	36 44.5	155	430	769	1004	C:1.6%	
3成分 超低発熱	32 44.5	165	516	730	956	A:2.4%	
	32 44.5	165	516	730	956	B:2.5%	
	32 44.5	155	485	756	986	C:1.9%	

図-1および図-2には、表-3に示す配合を中心に水セメント比を上下に5%づつ変化させた配合における圧縮強度の測定値を示した。使用する混和剤の種類によって圧縮強度が変化する(SP-C>SP-B>SP-Aの傾向)が、配合強度を満足するセメント量はいずれのセメント・混和剤の組み合わせに対しても400kg/m³程度であることが確認された。

しかし流動性および材料分離に対する抵抗性の向上ためには、適当量のセメント量が必要と推察されたことから、低発熱高炉B種、フライアッシュ混入低発熱高炉B種の両者ともに、単位セメント量は420kg/m³が適当と判断された(表-4)。

4. 配合の二次検討

表-4の配合を用いたコンクリートの試験結果を表-5および図-3に示す。低発熱高炉B種とSP-Aによる組み合わせでは、スランプフロー試験で分離傾向が認められないにもかかわらず、フリージング量がやや多めで材令91日での強度が低下する傾向にあった。低発熱高炉B種の材料分離に対する抵抗性はフライアッシュ混入低発熱高炉B種と比べ小さいものと推察された。

フライアッシュ混入低発熱高炉B種を使用した場合、ナフタリン系のSP-A、Bとの組み合わせでは凝結時間が遅延する傾向にあるが、

SP-Cを使用した場合には、低発熱高炉B種を使用した場合と同程度の凝結時間となることが明らかとなった。

発熱特性は、フライアッシュ混入低発熱高炉B種配合が低発熱高炉B種配合と比べ、発熱速度、終局断熱温度上昇ともに小さくなる。

実工事に用いる連壁用コンクリートは、強度、断熱温度上昇特性凝結特性等を総合的に判断して、表-4に示した最下段の配合を選定した。また断熱温度上昇試験の結果を基に温度応力解析を行ない温度ひびわれ発生を評価することによって、配合選定の裏付け資料を得た。

5. まとめ

流動性の良い連壁用コンクリートを、低発熱高炉B種あるいはフライアッシュ混入低発熱高炉B種セメントと高性能AE減水剤の組み合わせを中心に検討した結果、フライアッシュ混入低発熱高炉B種は材料の分離に対する抵抗性が大きく、また発熱の抑制効果に優れる傾向にあること、圧縮強度の発現性および凝結時間には高性能AE減水剤の種類が影響を及ぼすため、配合の選定においては十分な考慮が必要であることなどが明らかとなった。

参考文献 1) 藤田はか：大規模地下連統壁のコンクリートに関する実験的研究，土木学会論文集 No. 435, 1991

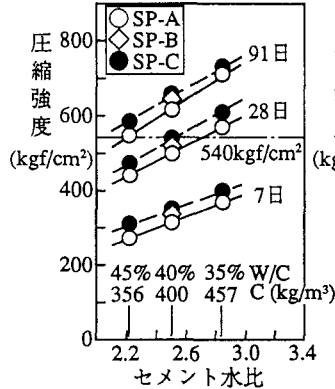


図-1 圧縮強度試験結果
(低発熱高炉B種)

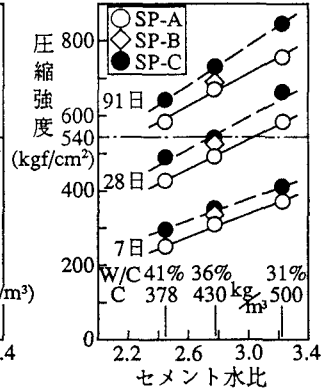


図-2 圧縮強度試験結果
(F混入低発熱高炉B種)

表-4 配合選定結果(C=420kg/m³の場合)

セメント	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	S	G	SP	
低発熱高炉B種	38.1	44.5	160	420	782	1018	A:2.3%	
	38.1	44.5	160	420	782	1018	B:2.6%	
	38.1	44.5	160	420	782	1018	C:2.2%	
F混入低発熱高炉B種	36.9	44.5	155	420	762	1010	A:2.4%	
	36.9	44.5	155	420	762	1010	B:2.6%	
	36.9	44.5	155	420	762	1010	C:1.8%	

表-5 コンクリートの試験結果(C=420kg/m³の場合)

セメント	高性能AE減水剤	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	フリージング率 (%)	凝結時間 (hr:m)	圧縮強度 (kgf/cm²)	7日	28日	91日
低発熱高炉B種	SP-A	58	70	62	1.8	21	3.13	7:50	10:30	317 467 545
	SP-B	50	66	60	1.8	21	0.68	8:40	12:20	368 572 665
	SP-C	52	68	49	2.4	22	0.30	7:00	10:30	402 609 712
F混入低発熱高炉B種	SP-A	54	70	66	2.4	21	0.35	11:30	15:20	306 508 627
	SP-B	50	65	50	3.0	22	0.28	12:20	17:00	283 494 601
	SP-C	52	67	50	2.3	22	0.21	6:50	10:20	345 518 649

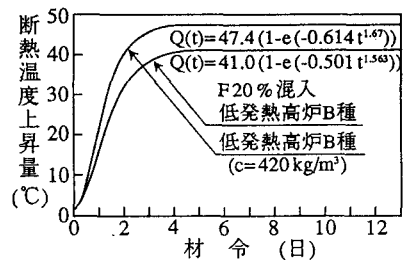


図-3 断熱温度上昇試験結果