

各種コンクリートによる水路凍害箇所 の修理試験現場の設定

正 員 北海道大学工学部 工 博 一 木 保 夫

要 旨

今年9月北海道電力株式会社の依頼により、藻岩発電所取入口に於ける凍害箇所修理試験現場に使用したコンクリートの概要を記録し、将来の観察に資せんとするものである。

1. 言 緒

北海道電力株式会社藻岩発電所（水路式調整発電所）は、昭和11年9月竣工したものであるが、コンクリート材料の粗悪と施工の不適確と加うるに日々水位を調整するために、水路構造物水際附近1~2m間は甚だしく凍害を受けていた。凍害の現象は建設後2年目頃より既にあらわれ、年と共に進行し、取水口ビヤーの如きは最も被害甚だしく、巾1mのビヤーの殆んど心部まで被害を受けていた。その他水路、沈砂池等の側壁は所により異なるが、深さ10~30cmの凍害を受けており、この被害の程度は概して北に面した部分より南に面した部分が大きい様に思われた。

建設当時の記録が明らかでないで、コンクリートの配合その他については不明であるが、セメントは磐城、大分、一部七尾セメントを使用しており、砂及び砂利は現場附近豊平川産のもの、一部石切山の碎石を使用している。

被害箇所のうち、沈砂池は昭和25年に側水路を新設すると共に良質コンクリートで修繕し、堰堤背面は28年に表面20cmをかき取つて石張りとしたが、その他の部分は断水が許されなかつたため修理不可能の状態にあつたのであるが、今回事情が好転し、取水口ビヤー、取水庭側壁、沈砂池前後開渠、暗渠、水槽等の水際附近の全面的修理工事が施工されたのである。

現場が札幌市に近く（定山溪鉄道、東篠舞駅附近）、水路構造物であるため、凍害の試験現場としては最も都合なので、凍害の試験現場に選定され、各種コンクリートあるいは各種工法による施工が行われ、今後の凍害あるいは修理工法の指針を得んと計画された。

このうち取水口ビヤー、取水庭側壁の部分を北大工学部コンクリート実験室で担当し（主として松井司助手担当）、後に述べるように10数ヶ所に区分しこれに各種コンクリートを施工したのである。取水口ビヤーは最も凍害の甚だしかつた部分で、これは殆んど心部までかき取り、取水庭側壁は水際附近高さ約2mを厚さ約15cmの深さまでかき取り、新コンクリートを打継いで修繕した。

他の部分には、プレバクトコンクリート工法（北大工学部板倉教授担当）、ライト式モルタル吹付工法が採用されている。

ここに打設コンクリートの概要を記録し、将来の観察に資せんとするものである。

2. 試験現場設定の概要

試験箇所を 図一1 の如く区分して、これに各種のコンクリートを施工した。セメントはイワキ、細骨材は広島砂、粗骨材は石切山碎石を使用した、比較のため、他の材料を使用した部分もある。コンクリートの配合その他の詳細は後に述べるが、各区劃の概要は 表一1 の如くである。施工期間は昭和29年9月18日より9月30日までの間で、各々のコンクリートから $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ の圧縮強度試験供試体を6ヶづつ（フライアッシュ混和のものは12ヶ）製作した。ライト式モルタル吹付部分については、現場施工と同様な条件で $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ の角嚢供試体を6ヶ製作した。

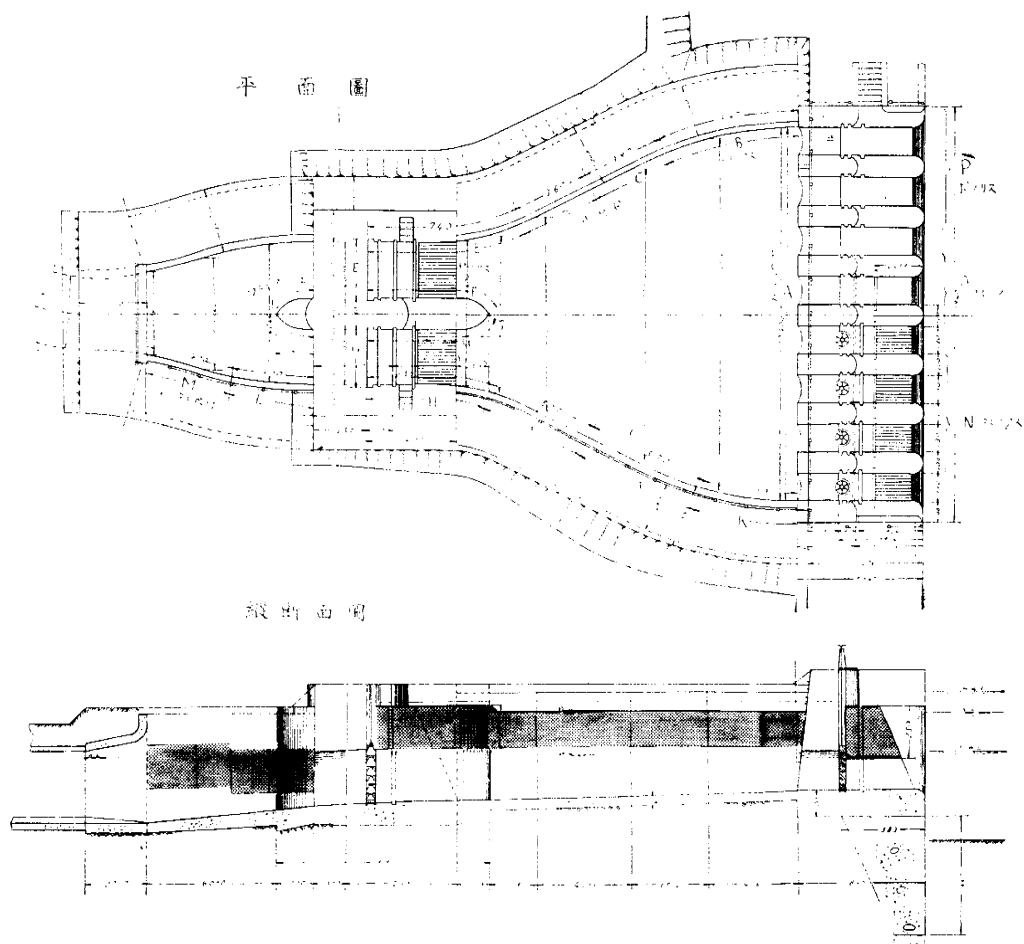
なお、これらのコンクリートを1ヶ所で比較するために、 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ の吊角柱をおのおののコンクリートで作つて、 $\phi 13\text{cm}$ の鉄筋を入れておき、1ヶ所に並べて水中に吊下げておき、観察できるように準備した。

3. 打設コンクリートについて

(1) 材 料

(イ) セメント

イワキ普通ポルトランドセメントを使用した、その



圖—1 試験箇所の區分

表—1 各區分コンクリートの概要

區 分	コンクリート 量 (m^3)	使 用 材 料				コンクリート 1 m^3 當りセメント 使用量 (kg)	コンクリート 1 m^3 當り 水量(kg)	水セメント 重量比 W/C (%)	摘 要
		セメント	細骨材	粗骨材	AE材又はフ ライアッシュ				
I	A	4.5	イワキ	廣島砂	石切山 砕 石	ダレツクス	218	180	82
	B	1.64	〃	〃	〃	〃	250	170	68
II	C	0.97	〃	現地砂	〃	—	234	234	100
	D	0.92	〃	〃	〃	ダレツクス ボゾリス (No. 5)	230	211	92
III	E	1.89	〃	廣島砂	〃	〃	250	170	68
	E [*]	1.5	アサノペロ	〃	〃	〃	250	170	68
	F	1.8	イワキ	〃	〃	〃	300	170	56.6
	G	1.8	〃	〃	〃	〃	300	180	60
	H	1.4	〃	〃	〃	〃	250	150	60
	H [*]	1.5	アサノペロ	錦岡砂	〃	〃	250	170	68
IV	I	1.28	イワキ	廣島砂	〃	—	300	180	60
	J	1.45	〃	〃	〃	—	250	180	72
	K	1.28	〃	〃	〃	—	200	180	90

区 分	コンクリート 量 (m³)	使 用 材 料				コンクリート 1 m³当りセメ ント使用量 (kg)	コンクリート 1 m³当り 水量(kg)	水セメント 重量比 W/C (%)	摘 要
		セメント	細骨材	粗骨材	AE材又はフ ライアッシュ				
V { L	1.45	イワキ	広島砂	石切山 砕 石	江別フライ アッシュ	C=212 } A=38 } 250	180	W/C+A =72	ピア全高 4.7m のう ち上部 2.2m はイワ キセメント 下部 2.5 m はベロセメント使 用 ライト式モルタル 吹付供試体には普 通セメントを使用
L/*	1.20	アサノベロ	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
VI M	1.20	〃	錦岡砂	—	—	688	344	50	
N*	9.3	〃	広島砂	〃	ダレツクス	280	229	82	
VII O*	4.0	〃	〃	〃	—	290	238	82	
P*	7.3	〃	〃	〃	ボゾリス (No. 5)	285	233	82	

備 考： * 印のものは供試体を製作せず。

試験成績は 表-2 の通りである。28 日のモルタル強度が規格値に漸く達するものである。

(ロ) 砂

工事の大部分に使用した広島砂，比較のため使用した現地砂，モルタル吹付に付に使用した錦岡砂について試験した結果は 表-3 の通りである。

錦岡砂，は北海道産砂のうちでは品質優良として定評のあるものである。現地で採取した砂は比重小さく吸水率甚だしく大で，品質極めて粗悪のものである。

(ハ) 砕 石

石切山砕石について実験した結果は 表-4 の通りである。

表-2 セメント試験成績

試 験 項 目	比 重	粉末度 (%)	凝 結		安定性	強			さ		
			始 發 (時～分)	終 結 (時～分)		曲げ強さ (kg/cm ²)			壓縮強さ (kg/cm ²)		
						3 日	7 日	28日	3 日	7 日	28日
試 験 成 績	3.14	1.1	1—31	2—42	完 全	26.1	44.2	62.3	84.0	159	202
規 格	>3.05	< 12	> 1—00	<10—00	完 全	>12	>25	>36	>45	>90	>200

表-3 砂 の 試 験 成 績

試験項目 産 地	比 重	吸水率 (%)	単位容積重 (kg/m³)	空隙率 (%)	洗い試験で 失われる量 (%)	有 機 不純物	フィルを通る量 (%)				粗粒率
							5 mm	1.2mm	0.3mm	0.15mm	
廣 島	2.59	26.4	1713	33.9	0.81	標準色の 0.2	92.4	67.6	16.8	4.0	2.92
現 地	2.32	6.84	1541	33.6	1.08	〃 0.7	97.1	64.4	3.0	1.3	3.27
錦 岡	2.74	0.63	1900	30.7	0.61	〃 0.1	99.1	82.9	29.0	8.5	2.27

表-4 砕 石 試 験 成 績

試験項目	比 重	吸 水 率 (%)	単位容積重 (kg/m³)	空 隙 率 (%)	フィルを通る量 (%)				粗 粒 率
					40 mm	20 mm	10 mm	5 mm	
試験成績	2.59	2.76	1387	4.64	100	5.68	12.0	0.9	7.3

(2) 配 合

コンクリートの配合は，セメント使用量 250 kg/m³，スランプ 4～5 cm を標準として予め G/S 及び水量を決定し，セメント使用量がこれより多い場合あるいは少ない

場合，AE材又はフライアッシュを混入した場合は，標準配合に準じて大体同じスランプが得られるように配合を定めた。配合の詳細は 表-5 に記入してある。

表—5 打設コンクリートの配合及び圧縮強度

区 分	摘 要	コンクリート 1 m ³ 當り材料 (kg)							スランブ (cm)		空氣量 (%)		壓縮強度 (kg/cm ²)		
		セメント C	水 W	セメント比 W/C (%)	細骨材 S	粗骨材 G	G/S	A E材又は A F	範 圍	平均	範 圍	平均	7 日	28日	
I	{ A	ダレックス	218	180	82	882	1060	1.2	ダレックス 87.2 cc	5.5~9.5	7.9	4.0~6.6	5.7	78.5	169
	{ B	〃	250	170	68	835	1000	1.2	88.8 cc	2.0~8.2	5.7	4.2~6.5	5.4	93.1	147
II	{ C	現 地 砂	234	234	100	650	1104	1.7	—	0.3~4.8	2.0	—	—	20.9	56.1
	{ D	(ダレックス)	230	211	92	625	1060	1.7	ダレックス 81.7 cc	1.0~5.8	3.2	5.0~7.0	6.3	26.2	74.8
III	{ E	ボゾリス (No. 5)	250	170	68	835	1000	1.2	ボゾリス 1250 gr	3.3~13.5	5.7	3.0~4.7	4.1	85.5	136
	{ E'	〃 (ベロ)	250	170	68	835	1000	1.2	〃	—	—	4.0	4.0	—	—
	{ F	〃	300	170	56.6	817	980	1.2	1500 gr	1.5~12.6	5.7	3.8~6.0	4.8	102	(155)
	{ G	〃	300	180	60	805	966	1.2	〃	8.5~19.5	14.1	3.2~5.8	5.0	91.5	150
	{ H	〃	250	150	60	858	1030	1.2	1250 gr	1.5~3.1	2.5	3.4~4.8	4.0	141	200
	{ H'	〃 (ベロ)	250	170	68	835	1000	1.2	〃	3.2~12.8	8.0	4.4	4.4	—	—
	{ I	プ レ ー ン	300	180	60	852	1020	1.2	—	1.2~6.0	4.3	—	—	142	211
IV	{ J	〃	250	180	72	869	1042	1.2	—	1.9~4.7	4.2	—	—	95.4	(167)
	{ K	〃	200	180	90	888	1065	1.2	—	0.7~3.2	1.7	—	—	52.0	126
V	{ L	フ ラ イ ア ッ シ ュ	212	180	W/C+A =72	869	1042	1.2	フライアッシュ 38 kg	6.0~8.9	7.0	—	—	99.0	182
	{ L'	〃 (ベロ)	212	180		〃	869	1042	1.2	〃	0.5~3.0	1.0	—	—	—
VI	M	モルタル吸付	688	344	50	1180	—	—	—	—	—	—	200	240	
VII	{ N	ダレックス	280	229	82	691	975	1.4	ダレックス 112 cc	12~15	13	3.8~4.0	3.9	—	—
	{ O	プ レ ー ン	290	238	82	718	1013	1.4	—	12~15	13	—	—	—	—
	{ P	ボゾリス (No. 5)	285	233	82	702	990	1.4	ボゾリス 1430 gr	12~15	13	1.9~2.6	2.3	—	—

備 考： 28 日強度で () 内は推定更正値。

(3) 強 度

各区分のコンクリートから供試体を 6 けづつ採つて、材齢 7 日及び 28 日の圧縮強度試験を行つた結果は表—5 の通りである。供試体は製作後約 1 週間で実験室に搬入し、その後試験日まで標準温度の水中養生を行つた。表—5 の () 内の値は、予想し得ない結果を得たのでこれを他の結果より推定し更正した値である。

現場試験であるためかなりまちまちの結果を得たが、表—5 の強度より比較出来るようなものを取出して図示すれば 図—2 の如くである。

表—5 と 図—2 から、次のことがわかる。

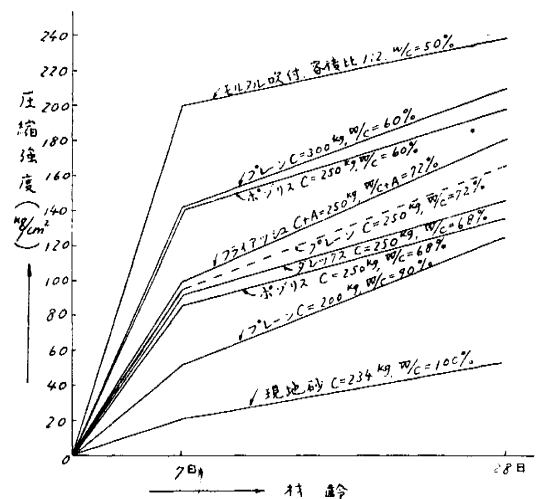
イ. 最も大なる強度を得たのは、セメント砂容積比 1:2、水セメント比 50% のモルタル吹付で、7 日ですでに 200 kg/cm² の強度が出ている。モルタル吹付は旧コンクリートとの附着が最も良好であると考えられる。

ロ. 現地砂は品質極めて悪く、練り混ぜに多量の水を必要とし、従つて強度は最も低い。この部分が最初に凍害を受けるのではないかと推定される。

ハ. ボゾリス No. 5 とダレックスについては、はつき

りした傾向がでていないので比較を避ける。この両者については目下実験室で試験中である。

ニ. フライアッシュは江別火力のものを使用し、セメ



圖—2 打設コンクリートの圧縮強度

ント 85 に対しアッシュ 15 を混入したものであるが、ここでは予想以上の好結果を得ている。これの長期強度は追つて判明する。このフライアッシュの性質についても目下実験室で試験中である。

ホ. この場合強度ばかりでなく、修理の厚さが約 15 cm で比較的薄く施工がしにくかつたこと、旧コンクリートとの附着の点などから考えて、セメント使用量は 1 m³ 当り 300 kg 以上が望ましく、250 kg 以下では無理であつたように思はれる。

技 術 資 料 第 九 号

ソコナイ

宿内橋(死活荷重合成桁)に就いて

北海道土木部道路課 丸 子 正 美
北海道小樽土木現業所 大 屋 満 男

1. 緒 言

最近全国的に合成桁橋が普及されつつあるが、本道に於ては施工例が少ない現状であるので、本年小樽土木現業所で架設している宿内橋の概要を述べ合成桁橋の工事報告とする。

2. 宿内橋概要

(1) 概 要

路 線 名 道々小沢岩内線前田村地内
河 川 名 ソコナイ川
橋 長 14 m 一連
有効幅員 5.5 m
等 級 第 2 種
型 式 死活荷重合成鉄桁
鋼 重 115 kg/m² (新接)
桁 高 80 cm $h/l = 1/17.5$
桁 数 3

(2) 計 画

活荷重にあわせて死荷重をも合成させるためには、普通は桁中央部に 1~2 点支保工を必要とするから、流水の豊かな地点、桁下空間の大きな地点、軟弱地盤のため可成りの支保工沈下を予想される地点等にこれを計画することは比較的不経済である。

宿内橋はこれらの諸条件に最適であり、又現路面高を高くし得ない関係から、桁中央 1 点支保工を設けての活荷重死荷重合成により、桁高の減少及び鋼重の節減を図

4. 結 び

以上水路凍害箇所の修理現場設定の概要を述べ、使用材料及び打設コンクリートの強度について記したが、この結果は今後数年にわたる観察によつて判明するものである。これによつて今後の修理に対する指針が得られれば幸いである。将来の観察のためここに施工の資料を記録した次第である。

るものである。

(3) 工 費

鋼重が節減される分だけ工費も低廉になることが考えられるが、小さな橋では至難であろう。その理由として第 1 に合成桁は一般に溶接を用いる傾向が大きいため、第 2 に支保工を頑強なものとするため、第 3 にスラブコンクリートは良質のものを確保するため等々があげられると思う。しかしスパンの数が多くなれば工費面にも鋼重の節減されたことが影響してくる。

宿内橋の上部工費(桁、スラブ、高欄、舗装その他)は平方米当り 21,500 円になつている。

3. 主桁の設計と施工

(1) 設 計 (図-1)

本設計はドイツ鋼構造委員会により暫定的に定められた、道路橋合成桁設計暫定規準(1950 年 7 月)を参考にして設計計算をしているので、その後改正された DIN

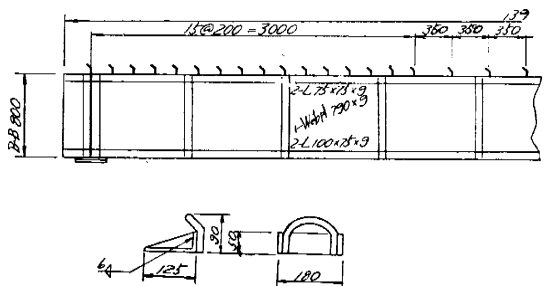


図-1