

60年を経過した橋台・橋脚コンクリートの性状

西日本鉄道(株) 正員・大洲 充博 上原昌夫
細田 信義 松田守正
飯山 精一 白水清隆

1. まえがき

西鉄福岡-大牟田線の筑後川橋梁は、昭和56年に架替工事が終了した。旧橋梁の橋台・橋脚コンクリートは、P-3橋脚が昭和28年の水害後に改築されたものである以外は、すべて大正12~13年の間に築造されたものであり、すでに材令60年に達している。このため、当時のコンクリートの配合および長期材令コンクリートの性状および劣化の程度などの資料とすべく、コンクリートコアを採取し、物理試験および化学試験を実施した。ここにその結果を報告する。

2. コア採取位置および調査内容

コンクリートコアは、建設年度、コンクリート表面の状態および粗骨材の最大寸法・想定径などを考慮して、表-1に示す条件のもとで、図-1に示す位置から採取した。コア採取と行った橋台(A)は2体、橋脚(P)は5体である。なお、コア採取前に、シュミットハンマーによる反発硬度を測定したが、採取コアの観察より、表面にモルタルが覆われているものが多く、その結果は報告しない。

採取したコアは、適宜、次のような物理試験および化学試験を実施した。

- ・48時間浸水後の単位体積重量
- ・吸水率
- ・PUNDITによる超音波伝播速度
- ・共振法による動弾性係数
- ・圧縮強度
- ・フェノールフタレイン溶液による中性化試験
- ・セメント協会の方法による配合推定
- ・粉末試料によるX線同位

また、長期材令コンクリートが加熱されることにより生ずる温度低下の傾向が、若材令コンクリートの場合と比較して変化するものかどうかを検討するため、温度上昇速度5℃/分、最大温度(105℃、400℃、600℃の3種)まで加熱した後、最大温度を2時間維持し、その後空中に置かれ徐々に冷却した試体の圧縮強度と動弾性係数を求める試験とも実施した。

3. 試験結果

採取コアの物理試験結果をまとめて表-2に示す。これより、

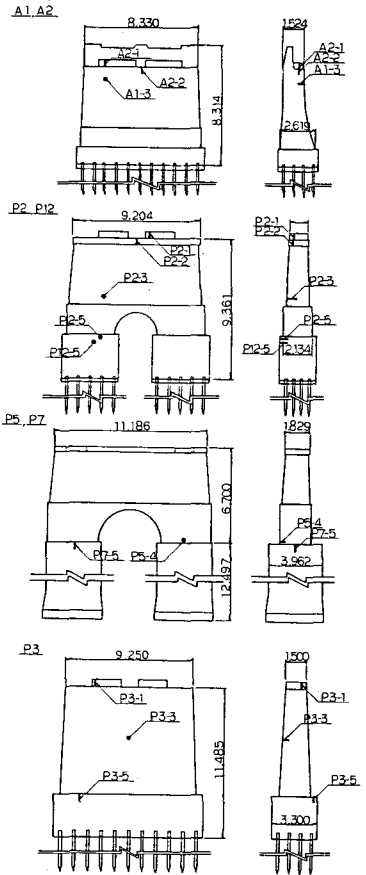


図-1. コア採取位置

表-1 コア採取位置と状態

符 号	下部工種別	採取位置	建設年	表面の状態
A-1-3	橋台1	橋体中央	T12-13	空孔・露出
A-2-1	橋台2	床 石	*	モルタル
A-2-2	*	天 端	*	モルタル
P-2-1	橋脚2	床 石	*	モルタル
P-2-2	*	天 端	*	モルタル
P-2-3	*	橋体中央	*	レンガ
P-2-5	*	フーチング	*	土 中
P-3-1	橋脚3	床 石	R28	空孔・露出
P-3-5	*	橋体中央	*	*
P-3-5	*	フーチング	*	土 中
P-5-4	橋脚5	鋼板(既設部近)	T12-13	レンガ
P-7-5	橋脚7	井 筒	*	コンクリートが露
P-12-5	橋脚12	フーチング	*	土 中

表-2. コンクリートコアの物理試験結果

供試体番号	単位体積重量 (g/cm ³)	吸水率 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)	超音波伝播速度 (m/s)	動弾性係数×10 ⁴ (kg/cm ²)
A2-1	2.29	6.78	285	4810	8.25
A2-2	2.83	8.01	371	4800	8.21
P2-1	2.28	6.84	259	4200	2.88
P2-2	2.81	6.86	279	4680	8.78
P2-5	2.29		179	4170	2.80
P8-1	2.81	8.88	881	4810	38.2
P8-5	2.44	6.04	258	4670	8.98
P5-4	2.21	9.09	148	4240	2.48
P7-5	2.24	9.29	184	4180	2.88

コンクリートの単位体積重量は、昭和28年に改築したP-3橋脚と除いては2.2~2.3程度と小さい。また吸水率も6.8~9.3%と大きく、密実であるとはいえない。これは後述の配合推定結果に認められるように、単位セメント量が小さいことによるものと考えられる。一方圧縮強度試験結果では、強度が134~371 kg/cm^2 とばらつきが大きい。コンクリートの分類も見受けられた。これより、当時の現場コンクリートの変動係数は大きく見積もる必要がありと考える。また、超音波伝播速度は4180~4670 m/sec と高い値を示しているが、アメリカにおける品質分類で良好なコンクリートと判定されることになり、強度と対応、および吸水率との対応に矛盾が生じる。このことより、超音波伝播速度による品質の判定には、長期保存コンクリートに関する資料の蓄積が要求される。他方、動弾性係数と圧縮強度の関係は、図-2に示すように、その相関性は低いものの、従来の若林令コンクリートの場合と同様の傾向を示していると考えられる。

表-3に配合推定試験結果と、表-4に溶解分析結果を示す。大正12~13年のコンクリートは単位セメント量が150 kg/m^3 程度と小さく、昭和28年のコンクリートは217 kg/m^3 の単位セメント量である。工事記録によれば、昭和28年の躯体コンクリートの配合は、1:3:6と記されており、本分析結果と一致する。また、表-4より、コンクリートは長年月の間に何ら異常な溶解を含んでいないことが明らかであり、化学的作用によるコンクリートの劣化は見積もる必要はないと考えられた。このことは、X線回折結果でも、ピークがあらわれる鉱物とシマ、カルサイト、長石、石英のみであったことから裏付けられる。また、中性化試験結果では、中性化深さが2~5 mm程度と小さく、一般に想定される値よりかなり小さいものである。

図-3、4に、加熱後のコンクリートコアの圧縮強度および動弾性係数の変化を示した。P-3-3号試体の105°C加熱後の圧縮強度が小さい値を示しているが、これは試体の一部にジャンクがあったためであり、このデータは無視すれば、長期保存コンクリートと若林令コンクリートでは、加熱による強度や動弾性係数の変化に差はないと考える。本試験に当り、西鉄CEユルカント、麻生コンクリートのデータも併用した。加熱に伴う変化は、

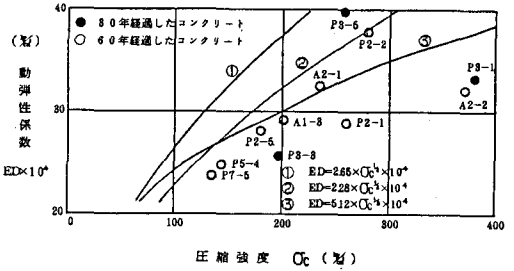


図-2 圧縮強度と動弾性係数の関係

表-3 配合推定試験結果

項目	供試体番号		
	P2-8	P2-9	P2-10
コンクリート	単位体積重量	227.0	228.8
	吸水率	21.45	22.11
	吸水率(%)	12.5	12.2
コンクリートの分析値(%)	CaO	4.8	4.5
	SiO ₂	81.7	79.3
	Fe ₂ O ₃	4.3	3.8
セメント	CaO	66.0	
	SiO ₂	0.5	
	Fe ₂ O ₃	0.8	
灰・砂混合	CaO	9.54	
	SiO ₂	1.9	
	Fe ₂ O ₃	1.4	
配合推定による推定値	灰・砂混合	2.63	
	セメントの比重	3.16	
単位体積重量の配合割合(%)	セメント	2.4	2.7
	灰・砂混合	2.8	2.4
	セメント	1.927	1.924
単位体積重量の配合割合(%)	セメント	1.57	1.44
	灰・砂混合	2.1	2.5
	セメント	7.33	7.96
単位体積重量の配合割合(%)	セメント	5.0	4.6
	灰・砂混合	1.924	1.929
	セメントの比重(1.5-LD)	2.7	2.8

表-4 溶解分析結果

供試体番号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	RO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Total
P2-8	4.8	62.8	15.4	4.4	7.1	1.1	2.64	1.94	98.88
P2-9	3.8	58.9	16.2	4.9	6.9	1.8	2.82	1.76	98.88
P2-10	2.9	61.9	17.0	4.9	7.0	1.2	2.80	1.90	98.80

図-3、4に、加熱後のコンクリートコアの圧縮強度および動弾性係数の変化を示した。P-3-3号試体の105°C加熱後の圧縮強度が小さい値を示しているが、これは試体の一部にジャンクがあったためであり、このデータは無視すれば、長期保存コンクリートと若林令コンクリートでは、加熱による強度や動弾性係数の変化に差はないと考える。

本試験に当り、西鉄CEユルカント、麻生コンクリートのデータも併用した。加熱に伴う変化は、

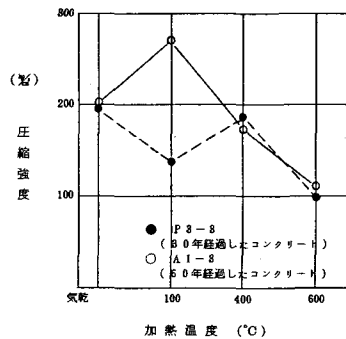


図-3 加熱温度と圧縮強度の関係

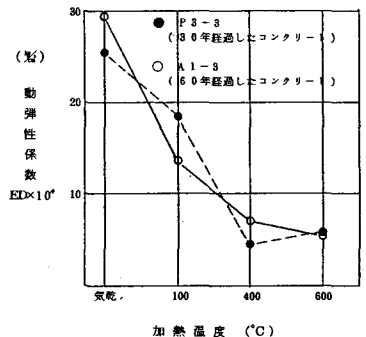


図-4 加熱温度と動弾性係数の関係