

九州大学 エネ部 正員 松下 啓通
 西鉄CEコンサルタント 〃 築城 永
 〃 〃 高橋 健治
 九州大学 エネ部 准員 徳 弘 健二

1. まえがき

西鉄大牟田線思案橋川橋脚(大正11年認可)基礎コンクリートは、河川流の侵食等により、かなりの損傷がみられ、補修あるいは取替えの必要があると思われた。したがって、この対策方法の基礎資料とするため、基礎上の橋脚コンクリートについて長期耐圧試験と行なった。50年ものことであり、当時の図面は入手できたものの、コンクリートの配合は1:3:6ということが記されている以外には、材料その他不明の点も多く、本試験結果を以前のデータと比較することはできなかったが、長期と経たコンクリートの性質として参考にすることはあると考え、ここに報告する。

2. 試験方法、結果および考察

試験体試体は、橋脚の下流側(No.1)、中央部(No.2)、上流側(No.3)の3地帯から、それぞれ1本ずつ13×40 cmのコンクリートコアを抜きとり、図-1に示すようにダイヤモンドカッターで切断して、各試験に供した。コア抜きとり時の観察によると、橋脚コンクリートには、その表面一部にわずかに侵食のあとがある以外、ほとんど損傷らしきものは認められなかった。

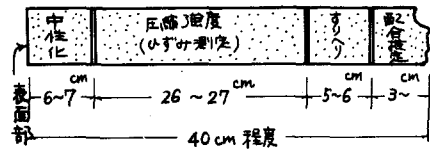


図-1 試験体試体

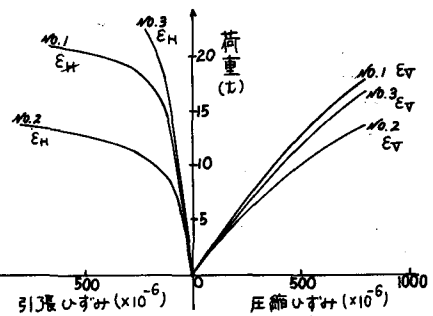


図-2 コアの応力-ひずみ曲線

コンクリートコアの圧縮強度試験結果を表-1に示す。このとき、供試体側面に貼付したワイヤーストレージージにより求めた応力-ひずみ曲線を図-2に示す。また、応力-ひずみ曲線より求めた圧縮強度の1/3値における割断係数およびポアソン比も表-1に示した。圧縮強度の平均値は164 kg/cm²であり、橋脚コンクリートと比べるといくぶん強度的には小さいのであろう。また130 kg/cm²にも満たないものもあり、構造1000上、必ずしも安全なコンクリートとはいえない。静弾性係数およびポアソン比は、圧縮強度からみて妥当な値といえよう。

表-1 コアの圧縮試験結果

試料	No.1	No.2	No.3
単位重量(γ _m)	2.22	2.23	2.26
圧縮強度(σ _{cm})	172	127	194
静弾性係数(×10 ⁵ kg/cm ²)	2.05	1.82	1.96
ポアソン比	0.21	0.21	0.18

長期と経たコンクリートは、その表面および亀裂部分から空気中の炭酸ガスの作用を受け、Ca(OH)₂はCaCO₃に変化し、次第にアルカリ性を消失してゆく、いわゆる中性化とよばれている。この中性化深さある程度コンクリートの密度と評価する指標とすると考え、中性化試験と行なった。試験はフェノールフタレン(変色域pH 8.2~10.0)によったが、その結果、中性化深さは、No.2供試体で2~8 mm、No.3供試体で40~56 mmであった。また、骨材(玉砂利)が剥離するようにしてあらわれたモルタル面では中性化している様子が表面近くでうかがわれた。渋谷稔博士によると、中性化深さx cmに要する年数t年は、 $t = 0.3(1+3w_0)x^2 / (w_0 - 0.3)^2$ と示されるといわれている。今、水セメント比を0.60とすると、 $t = 9.33 x^2$ となり、 $t = 50$ 年とすると $x = 2.3$ cmとなると

る。この訂正値は、No.2 試体の実測値より大きく、No.3 試体のそれより小さくはなっている。

コンクリート橋脚をこのまま補修して使用するとすれば、当然すりへりの作用を受けるため、ドリー硬度試験により、すりみがき抵抗を求めたすりへり試験を行ない、角閃岩砕石（最大寸法 40mm）を用いたコンクリートと比較した。すりへり試験条件は、すりへり面の圧力と 0.27 kg/cm^2 、すりへり促進のため散布するカーボランタムの添加量と 10 g/min 、試験機回転数と 2000 回転（速 4000rpm）と一定にした。試験結果を表-2 に示す。すりへり減量長さと比較すると、角閃岩砕石コンクリートより本試料のほうがいくぶん減量長さが大きくなっているものの、水セメント比や使用骨材の品質によりすりへり抵抗が異なることを考えると、本調査試料がすりへりに対して抵抗性が小さいとはいえない。

コンクリートの配合については、当時の図面に 1:3:6 と記されている以外は不明であるため、セメント協会“硬化コンクリートの配合推定方法”により配合推定を行なった。この方法は、表乾および絶乾ベースでのコンクリートの単位容積重量を測定した試料を全粉砕して分析用試料とし、希硫酸で溶解することにより、その不溶成分から単位骨材量を推定し、次に溶解した溶液中の CaO を定量して単位セメント量を推定するものであるが、セメント、骨材などの使用材料の成分不明や、代表的試料の採取の困難さ、コンクリートの水分移動がコンクリートの経年により相当異なることなどの理由により一般に困難であるといわれており、しかも本調査のように長年目の経過したコンクリートでは、コンクリートの炭酸化、セメント水和物の難溶性などの恐れから、なお一層精度の低いものとなることは十分考えられる。また、間接的な方法による推定方法であり、単位水量に関する精度は著しく低いことはいくまでもない。配合推定試験結果のうち、分析試験結果を表-3 に示す。試験値は、コンクリートコア3本につき10ヶ所求めたが、大差はなかった。その3本の平均値で示している。これより、試料乾燥ベースにおける配合割合を推定すると、次式により、表-4 に示す通りとなる。

$$\text{単位骨材量 (kg/m}^3\text{)} = \text{絶乾単位容積重量} \times \frac{\text{コンクリート中の insol}}{\text{骨材中の insol}}$$

$$\text{単位セメント量 (kg/m}^3\text{)} = \text{絶乾単位容積重量} \times \frac{\text{コンクリート中の CaO} - \text{骨材中の CaO} \times \frac{\text{コンクリート中の insol}}{\text{骨材中の insol}}}{\text{セメント中の CaO}}$$

$$\text{単位水量 (kg/m}^3\text{)} = \begin{cases} \text{表乾単位容積重量} - (\text{単位セメント量} + \text{単位骨材量}) \cdots (1) \\ 1000 - \left(\frac{\text{単位セメント量}}{\text{セメント比重}} + \frac{\text{単位骨材量}}{\text{骨材比重}} + 10 \times \text{空気量} \right) \cdots (2) \end{cases}$$

試験結果では単位水量が過大になっており、水セメント比が 100% を越えているが、これは単位水量の推定が困難なことを示すものであろう。なお、セメント骨材比がほぼ 1:9 になっており、これは当時の図面より貧配合となる結果である。

以上、調査結果を示したが、本橋脚は取り壊しと決まったことを付記する。本実験には九大学生村上秀一君に多大なご協力があった。ここに御礼申し上げよう。

表-2 すりへり試験結果

試料	L ₀ (mm)	L (mm)	L-L ₀ (mm)
No.1	68.3	60.3	-8.0
No.2	64.2	56.8	-7.4
No.3	65.1	56.4	-8.7
角閃岩砕石 コンクリート	$\frac{W}{C} = 0.40$		-6.0
	$\frac{W}{C} = 0.45$		-6.4
	$\frac{W}{C} = 0.50$		-7.5

L₀: すりへり試験前の試料長

L: すりへり試験後の試料長

L-L₀: すりへり減量長

表-3 分析試験結果

	分析値
単位容積重量 (kg/m ³)	
表乾ベース	2282
絶乾ベース	2102
化学分析値 (%)	
(絶乾ベース)	
コンクリート中の CaO	6.06
“ insol	82.46
“ ig.loss	3.12
原材料の分析値 (%)	
セメント中の CaO *	63.0
骨材中の CaO **	0.3
“ insol **	95.4
“ ig.loss **	1.7

* 昭和 2 年内務省土木試験所報告の 12 試料の平均値

** セメント協会による全口平均値から、細骨材率と 40% として算出したもの

単位セメント量 (kg/m ³)	単位骨材量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)
193	1852	202 *
		237 **

* (1) 式により計算した場合

** (2) 式により計算した場合
但し $\alpha_s = 3.15$ $\alpha_g = \alpha_s = 2.63$
空気量 3%