

高炉スラグ微粉末を混入した PC 桁の有効プレストレス量の検証

九州大学大学院 学生会員 坂本賢次 新日鐵高炉セメント(株) 正会員 前田悦孝
 (株)安部工業所 正会員 江崎 守 九州大学大学院 フェロー 松下博通
 九州大学大学院 正会員 鶴田浩章

1. はじめに

プレストレストコンクリート構造物の高耐久化を図る上で高炉スラグ微粉末を使用することの有効性については、室内試験のレベルでは確認されている。しかし、高炉スラグ微粉末と PC 構造物の実規模での乾燥収縮・クリープ性状を調査した例は少なくデータの蓄積が急がれている。

そこで、昨年度実際の桁と同一のプレテンション式 PC 桁を試験体とし、高炉スラグ微粉末の混入による乾燥収縮やクリープ性状への影響について約 1 年間調査し、静的曲げ破壊試験を行った。その結果より有効プレストレス量の検証を行い、高炉スラグ微粉末の混入による違いについて比較・検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料と試験桁の形状寸法

セメントは早強ポルトランドセメント（密度 3.14g/cm^3 ）、混和材は高炉スラグ微粉末（密度 2.91g/cm^3 比表面積 $6100\text{cm}^2/\text{g}$ ）、細骨材は佐賀県佐賀郡大和町産の川砂（密度 2.55g/cm^3 、粗粒率 2.87）、粗骨材は熊本県鹿本郡鹿北町産の砕石（最大寸法 20mm 、密度 3.00g/cm^3 、粗粒率 6.57）、混和剤はポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用した。

試験体は、図-1 に示す形状の試験桁を用いた。配合は 2 種類あり、結合材に早強ポルトランドセメントのみを使用した従来配合（ $W/C=40\%$ ）（早強単味）と早強ポルトランドセメントを高炉スラグ微粉末で 50% 置換した配合（ $W/B=35\%$ ）（スラグ混入）を用いた。

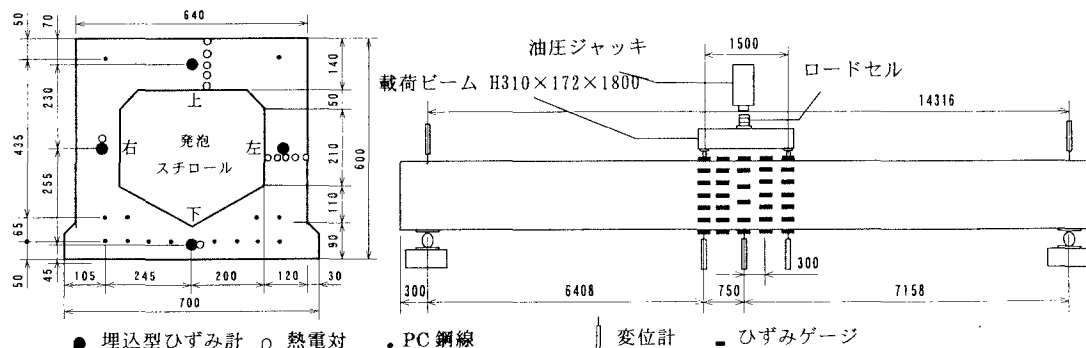


図-1 試験体・載荷装置概略図 (単位 mm)

2. 2 実験方法

試験桁は蒸気養生を行い打設後 18 時間で脱型し屋外に暴露した。収縮ひずみは埋込型ひずみ計を用いて測定した。乾燥収縮は PC 鋼線の代わりに鉄筋を配置した RC 桁で、クリープは実際の桁と同じものである PC 桁より測定した。静的曲げ破壊試験は、PC 桁を図-1 に示す装置を用い 2 点載荷によって行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 乾燥収縮・クリープ

表-1 に乾燥収縮ひずみとクリープ係数及び圧縮強度・静弾性係数の有効プレストレス量算出に用いた値を示す。表のように乾燥収縮・クリープ係数とも高炉スラグ微粉末を混入したほうが小さな値を示した。またどちらの桁においても乾燥収縮・クリープ係数とも設計値よりも小さな値を示した。圧縮強度は高炉スラグ微粉末を混入したほうが大きくなった。

3. 2 静的曲げ破壊試験

図-2 に荷重-中央点変位曲線を、表-2 に荷重-中央点変位関係を示す。高炉スラグ微粉末を混入した試験桁のほうが各荷重ともやや大きな値となっている。これは圧縮強度が高炉スラグ微粉末を混入したほうが大きいためと考えられる。しかし全体の挙動としては両方の桁にほぼ差異はないといえる。

3. 3 有効プレストレス

まず有効プレストレス量を次の2つの方法で算出した。

- ・乾燥収縮等に設計値を用い算出
- ・乾燥収縮等実験値を用い算出

載荷試験時のPC鋼材の有効引張力 (σ_{pe})は導入直後のPC鋼材引張応力(σ_{pi})からPC鋼材のリラクセーションによる減少量($\Delta\sigma_{py}$)とクリープ・乾燥収縮($\Delta\sigma_{ps}$)による減少量を除いた道路橋示方書の次式²⁾を用いた。

$$\sigma_{pe} = \sigma_{pi} - \Delta\sigma_{py} - \Delta\sigma_{ps}$$

次に静的曲げ破壊試験の結果より次の2つの方法で有効プレストレス量を求め、計算により求めた有効プレストレス量との比較を行った。

- ・ひび割れ荷重より算出
- ・再びひび割れ荷重より算出

載荷によりひび割れが発生したとき、桁のコンクリート応力は下縁で曲げ強度（引張強度の1.8倍と仮定する）となっている。載荷荷重による応力分布と自重による応力分布はわかっているので、これらより有効プレストレスの下縁応力度が計算できる。また再びひび割れが発生したときには下縁の応力が0となっているので同様に有効プレストレス量が求まる。

表-3 に静的曲げ破壊試験時におけるPC鋼線の有効引張応力を示す。表より静的曲げ破壊試験時のPC鋼材の有効引張力は、現在の設計方法で計算されているものと早強単味で同等、スラグ混和でそれを越える値を示すことがわかる。またスラグを混和した桁と従来の早強単味の桁とを比較すると、静的曲げ破壊試験時の有効引張応力は、高炉スラグ微粉末を混和した桁のほうが大きな値を示した。これは乾燥収縮やクリープによる収縮量が早強単味よりスラグを混和したほうが小さくなっているためである。

4. まとめ

以上の検討より以下の知見が得られた。

- ・静的曲げ破壊試験時における桁の挙動に高炉スラグ微粉末混入による悪影響は認められなかった。
- ・静的曲げ破壊試験時における有効プレストレス量は、高炉スラグ微粉末を混入した桁のほうが大きいことが確認された。

参考文献 1)松下博通他：高耐久性PC桁の収縮・クリープ性状，第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.103-108，2000．10
2)日本道路協会：道路橋示方書・解説Ⅲコンクリート橋編，pp.32-44，1994

表-1 有効プレストレス量の計算に用いた各値¹⁾

	設計値	スラグ混入	早強単味
乾燥収縮($\times 10^{-6}$)	200	126	152
クリープ係数	3.00	1.42	1.66
圧縮強度(N/mm ²)	49.1	65.7	59.9
静弾性係数(kN/mm ²)	導入時	28.9	27.0
	載荷試験時	32.3	34.1
引張強度(N/mm ²)	3.08	3.42	4.17

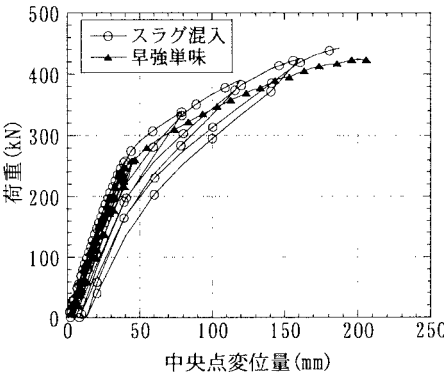


図-2 中央点変位量と荷重

表-2 静的曲げ破壊試験時の各値

	荷重(kN)	中央点変位(mm)
スラグ混入	亀裂時	211
	再亀裂時	137
	終局時	258
	破壊時	441
早強単味	亀裂時	186
	再亀裂時	108
	終局時	258
	破壊時	423

表-3 PC鋼材の有効引張応力

算出値	使用した静弾性係数等	有効引張応力(N/mm ²)	
		スラグ混入	早強単味
プレストレス導入直後	設計値	1168	
	実験値	1162	1145
載荷試験時計算値	設計値	878	
	実験値	1035	991
載荷試験実測値	亀裂荷重	1003	802
	再亀裂荷重	1007	873