

プレストレスト コンクリートに用いる セメントについて

浅 野 忠

1. PC 用セメントに要求される性質

最近改訂された「土木学会・プレストレスト コンクリート設計施工指針案」を見せてもらったが、それによると、プレストレスト コンクリート（以下 PC と略記する）用には、「セメントは JIS R 5210（ポルトランドセメント）に合うものを用いる」と規定し、その解説に、「PC に用いるセメントは、一般に高強度のものであって、これをコンクリートに用いたときクリープや乾燥収縮、等の体積変化が少ないものを選ぶ必要がある」と記されていた。

PC 用セメントに高強度のものが要求されるのは、プレストレッシングの特長を十分発揮する上からも、部材断面を小さくして自重を軽減する上からも当然のことであろう。

体積変化の少ないセメントが要求されるのは、乾燥収縮やクリープが大きいと、せっかく導入されたプレストレスが余計に減殺される結果になるからで、この要求も欠くことはできない。ここで、ちょっと体積変化にふれて見ると、乾燥収縮とクリープとはよく似た現象なのである。コンクリート中にはセメントの水和によりゲルが生成されているが、結合水以外の水、すなわちゲルに吸水されている水や、コンクリートの空げきをみたしている水は、乾燥すれば蒸発逸散しコンクリートは乾燥収縮する。もし、プレストレスのような持続荷重を受けるとゲルに吸水されている水までも、しぼり出されるのでクリープ変形することになる。

このほかに、セメントの水和熱の小さいことも望まれる性質であろう。水和熱が大きいとコンクリートの硬化時の発熱が大となり、部材寸法が大きい場合など、表面から冷却すると内部と表面との間に温度差を生じ、その

ためコンクリート表面にひびわれの発生を見ることがある。さて以上の要求に対しては、早強ポルトランドセメントまたは普通ポルトランドセメントが適するが、水和熱以外の点では、早強セメントの方がまさるので、後述するように日本では PC 用に早強品が多く使用されている。

コンクリートの収縮にはセメントの粉末度が問題になること（粉末度の細かい方が収縮は大となる傾向はある）がよくあるが、それよりも化学組成の影響の方が大きい。けい酸 3 石灰 (C_3S) の多いセメント、あるいはアルミン酸 3 石灰 (C_3A) の少ないセメントを用いた方がコンクリートの収縮は少ないといっているので、この要求に合うのが早強ポルトランドセメントである。

2. 早強ポルトランドセメントについて

普通セメントにくらべると、表—1に見られるように早期強度はもちろん、材令 91 日においても、なおかなり高い。

表—1 JIS R 5210 によるセメント試験成績

セメント種別	粉末度		フロー	曲げ強度 (kg/cm ²)					圧縮強度 (kg/cm ²)				
	ブレン cm ² /g	88μ 残%		mm	1日	3日	7日	28日	91日	1日	3日	7日	28日
普通	3310	1.9	241	—	33.5	49.3	72.5	79.6	—	135	232	419	492
早強	4260	0.6	249	27.9	50.6	65.5	81.7	87.6	99	232	338	474	519

註：小野田セメントKKの最近1年間の平均値

乾燥収縮およびクリープについて、コンクリート供試体により試験した結果は、図—1, 2 のとおりである。また、日本セメント技術協会収縮委員会の共同試験によるモルタル供試体についての試験結果は 図—3 のとおりである。いずれの試験結果も体積変化は、普通、早強、中庸熱セメントの順に小さくなっている。

従来、早強セメントは普通セメントにくらべて粉末度

図-1 コンクリートの乾燥、硬化、収縮

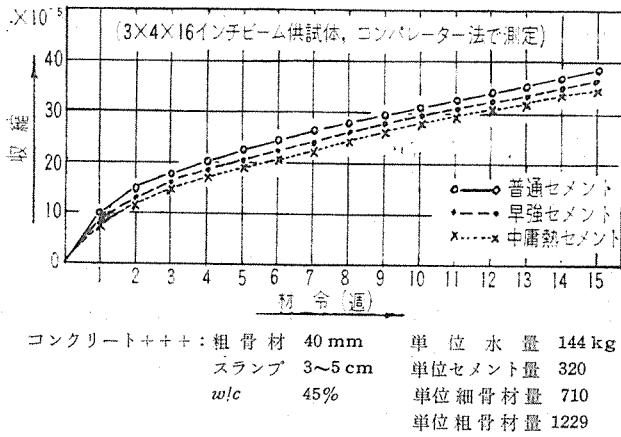


図-2 コンクリートのクリープひずみ

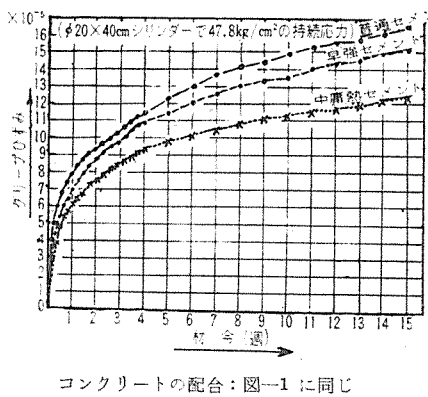
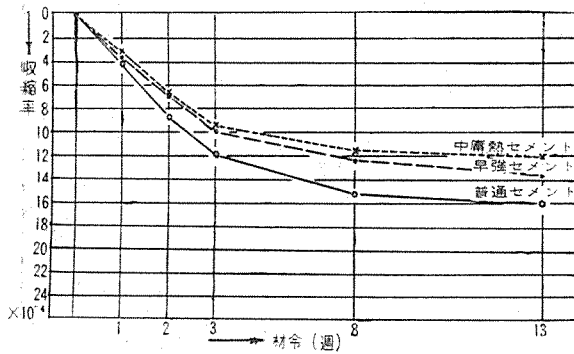


図-3 各種セメントの長さ変化



が高いことから、コンクリートの収縮やクリープは、普通セメント使用の場合より大きいのではないかと心配される向きもあったが、粉末度のマイナスの影響よりも化学成分その他のプラスの影響の方が大きくて、上記のような結果になったのである。

3. 普通ポルトランドセメントについて

ドイツではPC用に普通ポルトランドセメントが多く使用されているようである。先年日本に来たあるドイツ人技師の話では、「PC用コンクリートの発熱とクリ

ープには特に意を用い、コンクリートの単位セメント量もできるだけこれを少なくすることにつとめている。日本のPCには500kg近い単位セメント量が使用されていると聞かすが、非常に多いと思う」と感想をもらしていた。

普通セメントと早強セメントとの水和熱は、材令4週においてそれぞれ83 cal/g 前後および97 cal/g 前後であるから、コンクリートを断熱養生すれば、その発熱量は大体セメントの水和熱に比例し、早強セメントを用いれば大きくなることは事実である。それで、部材寸法の大きなものを現場で施工することの多いドイツでは普通セメントを用いることが多くなるのではないだろうか。

PC用に、日本では早強セメントが、ドイツでは普通セメントが多く用いられる理由は、上記のほか、国民性からくるものがありそうに思えるのである。というのは、日本では早強性のセメントを、それも多量に用いて、少しでも早く強度を発揮させ、少しでも早くプレストレスを導入しようとするが、ドイツではそんなにあわてる必要なく所定の強度が出るまでゆっくり待ち、それから、おもむろにプレストレス導入を行えばよいという考え方らしい。

そこで、日本的施工には早強セメントの方が適することになるが、普通ポルトランドセメントでも特に良質のもの、たとえば改良焼成法による普通セメントは従来のものにくらべ、成分は同じでも早強セメントに近い強度を発揮するので、部材寸法が大きい場合とか、暑中の施工とかには、この種の普通セメントを使用する方が有利になってくると思われる。

土木学会PC設計施工指針の解説に、「PCには、従来早強ポルトランドセメントが用いられることが多かったが、これは早期に高強度を発揮させて、工事工程の短縮をはかるとい施工上の要求からのものであって、必ずしも早強ポルトランドセメントを用いる必要はないのである」と記されているのは、まことに行きとどいた注意と思う。

ソ連の文献によると、セメントを湿式で極微粉碎して用いたコンクリートでは、材令数時間で圧縮強度が300~400 kg/cm²に達し、これをさらに高圧高温養生すれば