

III-49 高炉スラグを添加したセグメントの性質に関する試験

東京湾横断道路(株) 正 和佐 勇次郎
 正 阿部 廣二
 正 ○吉田 幸司

1. 試験目的

東京湾横断道路シールドトンネルは大深度の海底下に建設されるため、水圧が常時6kgf/cm²程度作用し塩分環境下にさらされる。したがって、トンネルに使用するセグメントには十分な止水性と塩分に対する耐久性が要求される。耐海水性という点では、高炉セメントの使用が既往の実験等より効果的であるとされており、今回以下のような点に着目して高炉スラグを添加したセグメントの試験を行った。

- ①耐海水性の向上 (蒸気養生を行うことによって失われぬか)
- ②マスコンクリートの内部温度の抑制 (温度ひびわれの防止効果)
- ③強度特性の把握 (脱型強度や設計強度が所定の配合・時間で得られるか)
- ④乾燥収縮のひびわれ性状の把握 (高炉セメントは乾燥収縮を受け易い傾向がある)

2. 試験方法

試験は普通ポルトランドセメントに高炉スラグを50%添加したコンクリートを対象とし、蒸気養生温度・水中養生期間等を変化させて行った。試験ケースは表-1に示すとおりであり、以下の項目について実施した。

- ①強度試験(脱型、7日、28日、91日)
- ②浸透・透水試験(透水係数、塩分量の測定)
- ③浸せき試験(外観形状変化、細孔容積・粉末X線回折測定)
- ④大型試験(内部発生温度の測定、ひびわれ観察)

3. 試験結果

3-1 耐海水性の向上

透水係数は表-2に示す通りであり、高炉スラグを添加することによりかなり緻密なコンクリートが得られた。

また、塩分浸透においても抑制傾向の効果が認められた。

3-2 マスコンクリートの内部温度の抑制

コンクリートの内部発熱温度は、普通ポルトランドセメント供試体(蒸気養生45°C)が58°Cであったのに対し、高炉スラグを添加した供試体(蒸気養生45°C)は41°Cとかなり抑制された。

このときの内部拘束による温度ひびわれは、養生水槽投入直後の供試体中央と表面の温度差が35°C程度あった普通ポルトランドセメント供試体には発生したが、25°C程度に抑制できた高炉スラグを添加した供試体では認められなかった。このことより、高炉スラグの添加は内部温度およびこれに伴う温度ひびわれの抑制に効果的であることがわかった。

また、温度ひびわれの防止を確実にを行うには、養生水槽の温度を管理する必要があるとわかった。

3-3 強度特性の把握

①脱型強度(18時間後で150kgf/cm²)

普通ポルトランドセメント供試体(蒸気養生45°C)では184kgf/cm²と十分に発現しているが、高炉スラ

表-1 試験ケース

試験ケース		1	2	3	4	5
配 合	W/C %	34.5				
	単位セメント kg/m ³	400				
条 件	高炉 スラグ 添加率 %	0	50			
	γ _レ -γ _{cm²/g}	-	4500			
蒸 気 養 生 条 件	上昇温度 °C/時	20				
	最高温度 °C	45	45	45	65	45
	保持時間 時間	2	3	3	2	3
	降下速度 °C/時	自然降下				5
水中養生期間 日		7	7	3	7	7

表-2 透水試験結果

単位 ×10⁻¹¹ cm/s

試験ケース	1	2	3	4	5
1 回目	4.1	1.2	0.5	0.2	0.4
2 回目	3.7	0.3	0.2	0.3	0.1
平均	3.9	0.4			

グを添加した供試体(蒸気養生45°C)では106~119kgf/cm²と低かった。なお、本試験は冬季の厳寒期に実施したものであり、その後の追加実験でコンクリートの練り上がり温度が高いものでは脱型強度の確保は可能であった。また、蒸気養生温度を65°Cとしたものは222kgf/cm²と高い強度が得られた。

②設計強度($\sigma_{ck}=480\text{kgf/cm}^2$)と強度の発現

普通ポルトランドセメント供試体(蒸気養生45°C)では28日で690kgf/cm²と十分に設計強度を上回る強度が得られた。また、高炉スラグを添加した供試体(蒸気養生45°C)で水中養生を7日行ったものは、28日で527kgf/cm²と設計強度を上回る強度が得られ、91日では629~651kgf/cm²が得られた。

しかしながら、水中養生が3日と短かったものや、蒸気養生温度を65°Cと上げすぎたものは、28日強度が480~496kgf/cm²、91日強度が586~590kgf/cm²と強度発現は低下している。

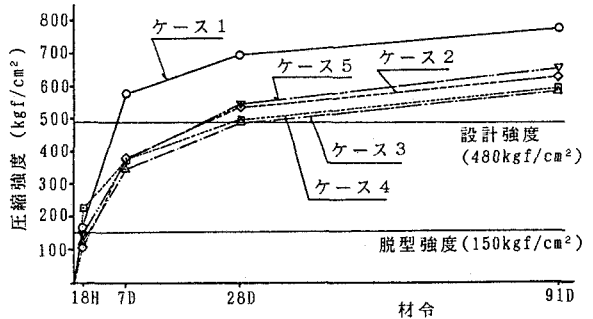


図-1 強度試験結果

3-4 乾燥収縮によるひびわれ性状の把握

高炉スラグを添加した供試体の乾燥収縮によるひびわれは、普通ポルトランドセメント供試体に比べて多く発生した。特に水中養生が3日と短かった供試体では非常に多かった。また、ひびわれの深さは普通ポルトランドセメント供試体で最大13mm、高炉スラグを添加した供試体で10mm程度であった。

その後の追加実験等により、初期強度を大きくしたり十分な締め固めを行うことにより、乾燥収縮ひびわれはかなり減少させることができることが判明した。

3-5 シール溝に沿ったひびわれ

本試験では、普通ポルトランドセメント供試体および高炉スラグを添加した供試体ともシール溝に沿ったひびわれが発生した。ひびわれの長さや幅は高炉スラグを添加した供試体の方が多いが、深さは普通ポルトランドセメント供試体で最大30mm(平均20mm)、高炉スラグを添加した供試体で最大25mm(平均15mm)と後者の方が若干少なかった。

なお、このひびわれは追加実験により、十分な締め固めを行うことにより消失できることが判明した。

4. まとめ

今回の試験の結果、高炉スラグを添加したセグメントコンクリートに関して判明した点は次の通りである。

- ① コンクリートは非常に緻密であり、耐海水性が期待できる。
- ② 内部発生温度を抑えることができ、温度ひびわれの発生を防止できる。
- ③ 冬季に脱型強度が得にくい。
- ④ 乾燥収縮ひびわれは、普通ポルトランドセメントのセグメントに比較して多くなる。

以上の結果、セグメントコンクリートの耐久性を向上させるためには、高炉スラグを添加することが有効と考えられる。なお、高炉スラグを添加することによって③、④の問題点が生じることとなるが、この2点は打設方法や初期強度発現の方法を工夫することで十分対応可能である。

最後に、本試験を進めるにあたり適切なご指導を頂いた東京湾横断道路セグメント用コンクリート耐久性試験検討委員会の大即信明委員長をはじめ委員の皆様、土木研究センターの柳田力氏およびセグメント工業会の皆様に感謝申し上げます。

【参考文献】

1)大即信明, 森好生 他; 海洋環境におけるコンクリート中の塩素に関する一考察, 土木学会論文集, NO.332, 1983 2)小林一輔 他; 高炉セメントコンクリートの塩化物遮蔽性能(1), 生産研究 Vol.41 No.6, 1989 他