

製の埋込型熱電対T型を、収縮量測定には、同社製の埋込型ひずみ計 KM-100B を用いた。計測は1ヶ月を目安に行い、その間、試験体は一定間隔に配置したローラーにて支持し、自由に変形ができるようにした。

3. 実験桁(主桁)製作確認実験

3.1 実験桁製作

実桁と同一形状の実験桁を製作した。実験桁の配合は、高炉スラグ微粉末混和と早強セメント単味の2種類とし、製作は同時に行った。各配合の計測位置、状況及び主桁形状を、図-1に示す。

養生は製品同一養生を基本とし、供試体のみ標準養生も行った。製品同一養生は、コンクリート打設後、常圧蒸気養生を行い、その後、型枠脱型をし、屋外にて暴露養生を行った。

3.2 結果

(1) 圧縮強度及び静弾性係数

表-3、図-2に圧縮強度及び静弾性係数の結果を示す。この結果から、配合強度及び設計基準強度を満足していることがわかる。また、図-2から、高炉スラグ微粉末混和、早強単味とも静弾性係数に差がみられず、両配合とも材齢が大きくなるにつれ、土木学会の設計値に近づいていることがわかる。

表-3 コンクリートの圧縮強度

配合	養生	圧縮強度(N/mm ²)		
		σ_1	σ_7	σ_{28}
早強単味	蒸気→屋外	37.5	45.6	48.2
	標準養生	-	44.9	54.9
高炉スラグ	蒸気→屋外	38.2	51.5	61.2
	標準養生	-	44.0	63.2

(2) 温度性状

図-3、図-4に主桁ブロック1-1断面の桁中心の上部位置におけるコンクリートの温度変化を示す。図-3から、コンクリート打設直後の温度性状をみると、早強単味の方がコンクリートの温度上昇速度が大きいたことがわかる。早強単味は高炉スラグ微粉末混和に比べ、温度上昇開始が約3時間程度はやく、打設開始から急速に温度上昇がみられた。また、蒸気養生中のコンクリート温度は、早強単味が高炉スラグ微粉末混和より高くなっており、ピーク時を過ぎると同等となった。この結果から、蒸気養生を行った場合の高炉スラグ微粉末混和の温度性状は、早強単味より低いこ

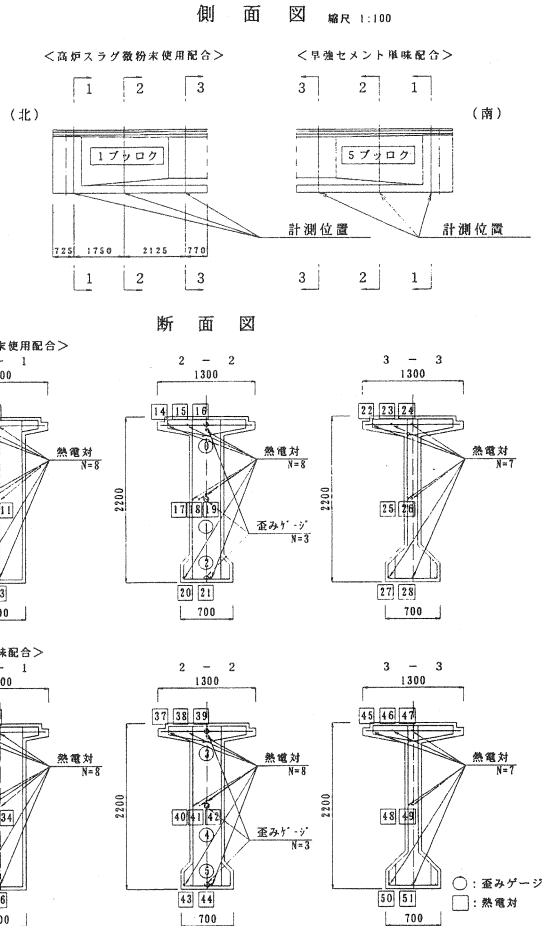


図-1 主桁計測位置及び状況

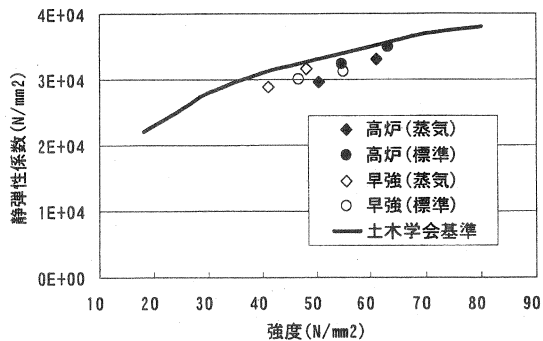


図-2 圧縮強度及び静弾性係数

とがわかる。このことは、高炉スラグ微粉末混和は早強単味に比べ水結合材比が小さいが、結合材の 50 % を高炉スラグ微粉末で置換しており、セメント量が少ないことが原因と考えられる。

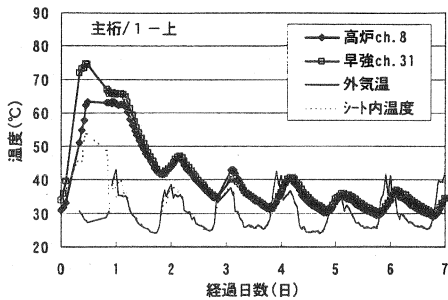


図-3 初期の温度変化

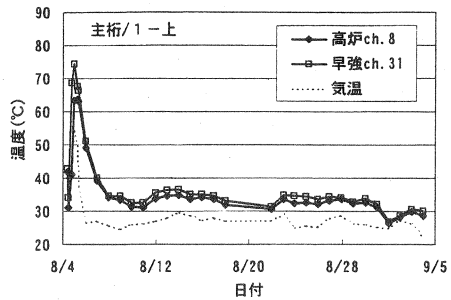


図-4 コンクリートの温度変化

(3) ひずみ

主桁は、蒸気養生を行っており、温度の影響によりこの期間のひずみの変化量が大きくなっている。この影響を除くために図-3からひずみは温度の落ち着いた材齢約84時間後を0点として表した。図-5に主桁 2-2 断面の上部におけるひずみの経時変化を示す。ひずみの1日における計測時間は午前0時の値を用いた。高炉スラグ微粉末混和と早強セメント単味を比較すると、高炉スラグ微粉末混和の方が、収縮ひずみが大きくなっており、その差は約40 μであった。しかし、示方書で用いられる設計値 200×10^{-6} より十分小さい値であった。

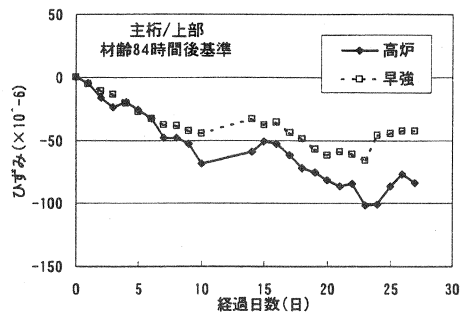


図-5 ひずみ

4. PC板製作確認実験

4.1 実PC板製作

実PC板と同一形状の実験PC板を製作した。配合は、主桁と同様とし、高炉スラグ微粉末混和配合3枚、早強セメント単味3枚、合計6枚製作した。養生は、試験体では、製品同一養生及び水中養生を行い、供試体では、製品同一養生及び標準養生を行った。水中養生は、常圧蒸気養生後、材齢1日で屋外の水槽にて水中養生を行ったものである。各配合の計測位置、計測状況及びPC板形状を図-6、図-7に示す。

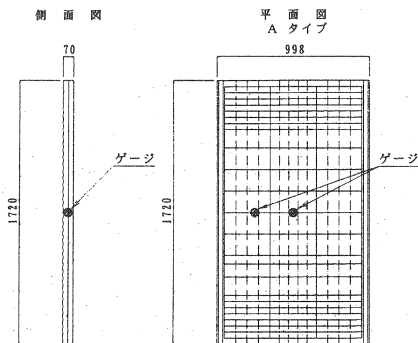


図-6 PC板計測位置

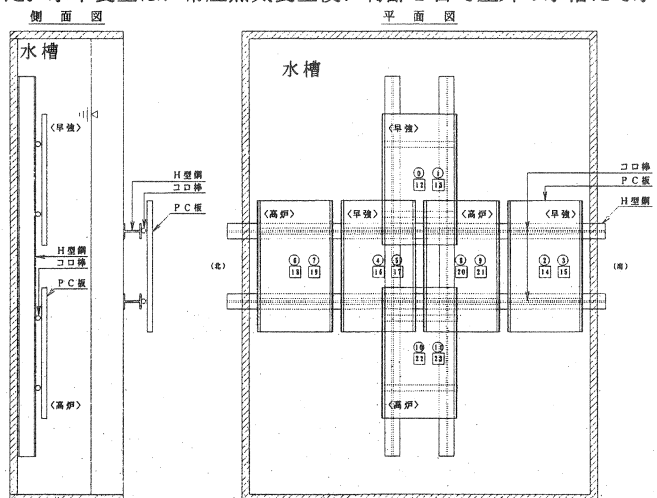


図-7 PC板計測位置及び状況

4.2 結果

(1) 圧縮強度及び静弾性係数

表-4、図-8に圧縮強度及び静弾性係数の結果を示す。どの配合、養生条件においても全体的に、強度発現性がよくない結果となった。また、早強単味の方が高炉スラグ微粉末混和に比べ圧縮強度が大きくなっており、主桁と逆の傾向がみられた。図-8から、高炉スラグ微粉末混和の配合は、初期材齢において早強単味に比べ静弾性係数が小さくなるが、材齢が大きくなるにつれ、高炉スラグ微粉末混和、早強単味とも土木学会の設計値に近づいており、配合による差はみられない。

表-4 コンクリートの圧縮強度

配合	養生	圧縮強度 (N/mm ²)		
		σ_1	σ_7	σ_{28}
早強単味	蒸気→屋外	30.3	43.4	48.9
	標準養生	—	46.1	55.3
高炉スラグ	蒸気→屋外	28.3	40.3	48.9
	標準養生	—	30.9	53.5

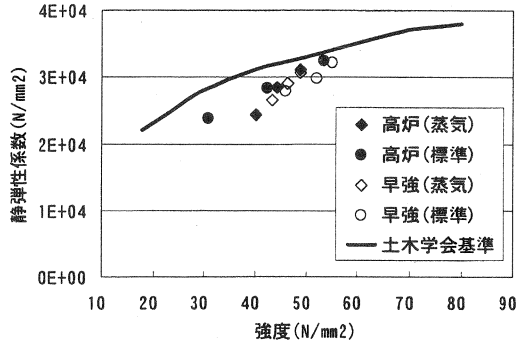


図-8 圧縮強度及び静弾性係数

(2) 温度性状

図-9、図-10にコンクリートの温度変化を示す。図中の水中は、水中養生を行ったもので、気中と記してあるものは、製品同一養生を行ったものである。

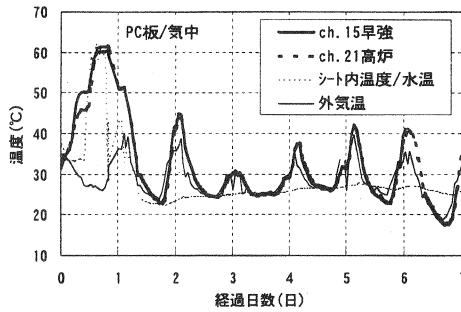
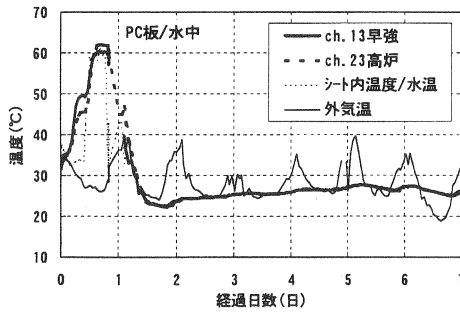


図-9 初期の温度変化

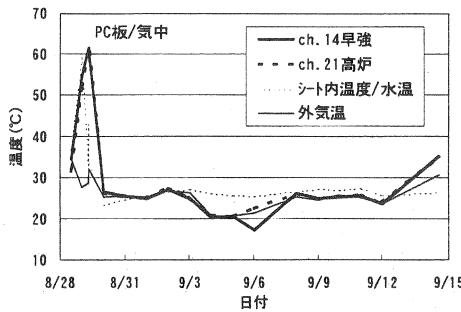
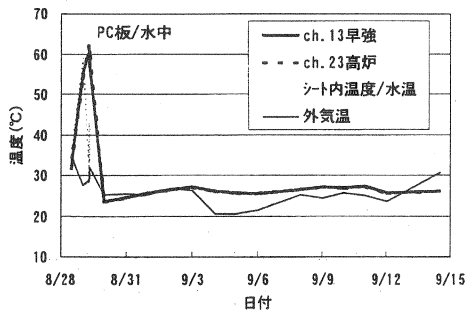


図-10 コンクリートの温度変化

図-9から、コンクリート打設直後の温度性状をみると、主桁と同様に早強単味の方が高炉スラグ微粉末混和に比べ温度上昇が大きくなっていることがわかる。蒸気養生開始後は逆に、高炉スラグ微粉末混和の方が温度上昇が大きく、蒸気養生中の温度も高炉スラグ微粉末混和の方が、早強単味より若干高くなっているが、ピーク時を過ぎると、早強単味、高炉スラグ微粉末混和とも、ほとんど同様の温度性状を示してい

ることがわかる。

水中養生を行ったPC板では、水中養生を開始した材齢1日から、早強単味、高炉スラグ微粉末混和とも、水槽の水温と同様の温度変化を示している。屋外暴露養生を行ったPC板では、材齢約36時間で温度が落ち着いており、これ以降、両配合とも同様の温度変化を示している。

(3) ひずみ

図-11にコンクリート打設直後を基準としたコンクリートひずみの経時変化を示す。PC板は、蒸気養生終了後材齢17時間後でプレストレスを導入しており、図中の値はプレストレスによる収縮量を含んだ値である。今回の実験では、プレストレスを導入しない場合の収縮量を測定しなかったため、プレストレスによる収縮を含んだひずみ量で検討を行うものとする。図から、早強単味と高炉スラグ微粉末混和を比較すると大きな差がみられず、PC板においては、高炉スラグ微粉末を混和してもひずみにそれほど影響がないことがわかる。

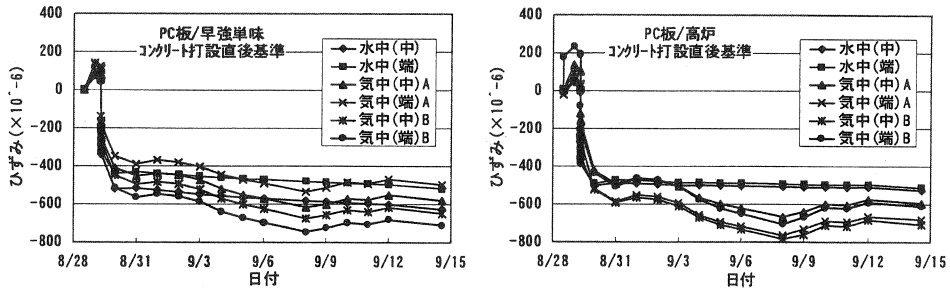


図-11 ひずみ (コンクリート打設時基準)

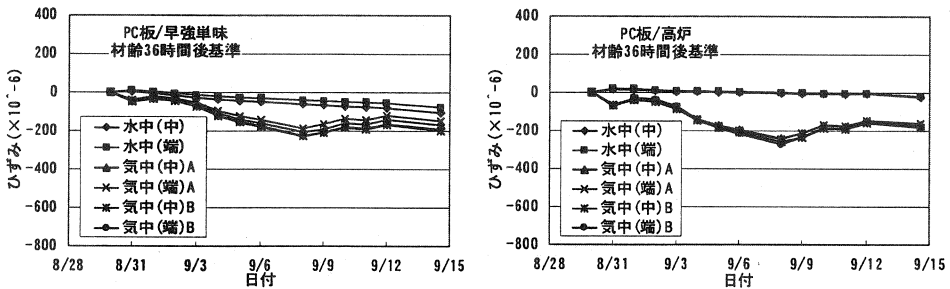


図-12 ひずみ (材齢36時間基準)

PC板のコンクリート温度が安定する時間を基準としたひずみの測定結果を図-12に示す。PC板は蒸気養生を行っており、初期材齢では温度変化が激しく、ひずみの変化量が大きい。この影響を除くため、ひずみは図-9から温度の落ち着いた材齢約36時間を0点として表した。このとき、プレストレスは材齢約17時間で導入済みである。図から、両配合とも、水中養生を行った方が屋外暴露養生を行った場合に比べひずみ量が小さくなっていることがわかる。水中養生を行った場合、早強単味に比べ、高炉スラグ微粉末混和の方がひずみ量が小さくなっている。これは、高炉スラグ微粉末混和では、早強単味に比べ組織が緻密化しており毛細管張力が大きく収縮量も大きくなるが、水中養生のため強度増加による影響の方が大きく、ひずみ量が小さくなったと考えられる。

また、屋外暴露養生を行った場合、初期材齢においては高炉スラグ微粉末混和の方が若干、ひずみ量が大きくなるが、材齢が進むにつれ差異は小さくなった。

高炉スラグ微粉末混和は早強単味に比べ、水中養生と屋外暴露養生のひずみ量の差が大きくなっている。このことから、早強単味に比べ高炉スラグ微粉末混和の方が養生による影響を受けやすく、ある程度の材齢まで湿潤養生を行うことによってひずみ量を低減できると考えられる。

5. まとめ

主桁及びP C板の製作確認実験を行った結果、以下のことがわかった。

- ①圧縮強度及び静弾性係数：圧縮強度は、最大骨材寸法 15 mm の P C 板の方が全体的に小さい値となった。また、静弾性係数では、早強単味、高炉スラグ微粉末とも、初期材齢では土木学会の設計値より小さい値となったが、材齢が大きくなるにつれ両配合とも設計値に近づいており、配合による差はみられない。
- ②温度性状：高炉スラグ微粉末混和に比べ早強単味の方が打設直後からの温度上昇速度が大きくなった。蒸気養生を行った場合、P C 板では、高炉スラグ微粉末混和と早強単味で、温度性状に差がみられなかったが、主桁では、早強単味が高炉スラグ微粉末混和に比べ高くなり、また、養生シート内の温度とコンクリート温度に差がみられた。ピーク時以降では、高炉スラグ微粉末混和、早強単味とも同様の温度性状を示した。主桁、P C 板はともに蒸気養生を行っており、初期材齢の温度変化が大きいのが、コンクリート温度が落ち着くのは、主桁では材齢約 84 時間後、P C 板では材齢約 36 時間後となった。
- ③ひずみ：屋外暴露養生を行った場合、高炉スラグ微粉末混和の方がひずみが大きい値となったが逆に水中養生を行った場合では、高炉スラグ微粉末混和の方がひずみが小さくなった。

蒸気養生を行った場合、早強単味は高炉スラグ微粉末混和に比べ、コンクリート温度が高くなる結果となった。この傾向は、P C 板ではみられず、主桁においてみられ、部材の大きさによって、温度性状に差がみられると考えられる。また今回は、製作が夏季を中心としていることを考慮し、単位セメント量を従来の配合から少なくしているため、高炉スラグ微粉末混和により、初期の温度上昇が抑制されたと考えられる。ひずみについては水中養生を行った場合、高炉スラグ微粉末混和の方が早強単味に比べひずみが小さくなり、逆に屋外暴露養生を行った場合、高炉スラグ微粉末混和の方がひずみが大きい結果となった。養生条件によってひずみに逆の傾向がみられた。一般的に、高炉スラグ微粉末混和の場合、ひずみは、初期材齢では大きくなるが、コンクリート強度の増加に伴いその差は小さくなり、長期においては同等となるといわれている。今回の実験では計測期間が約 1 ヶ月と短いため、その特性については把握できなかった。しかし、高炉スラグ微粉末のこれらの特性を考慮すると、高炉スラグ微粉末を適用した場合、従来の早強単味に比べ大きな差はなく、P C コンボ橋に適用可能であることがわかった。

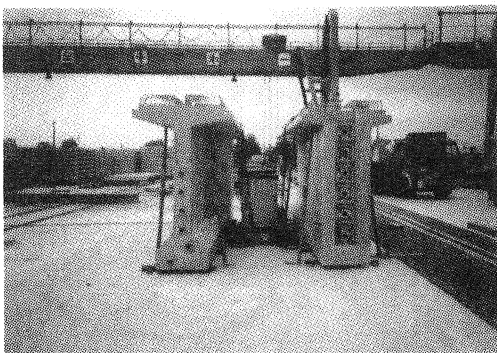


写真-1 主桁計測状況

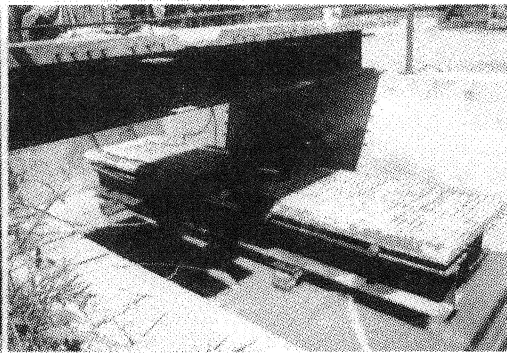


写真-2 P C板計測状況

参考文献

- 1) 高耐久性 PC 構造物開発検討委員会：高炉スラグ微粉末を使用した高耐久性プレストレストコンクリート構造物の開発，日本材料学会，1998.3
- 2) 土木学会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針 平成 8 年 6 月