

八久和ダムに使用したセメントの品質の変動について

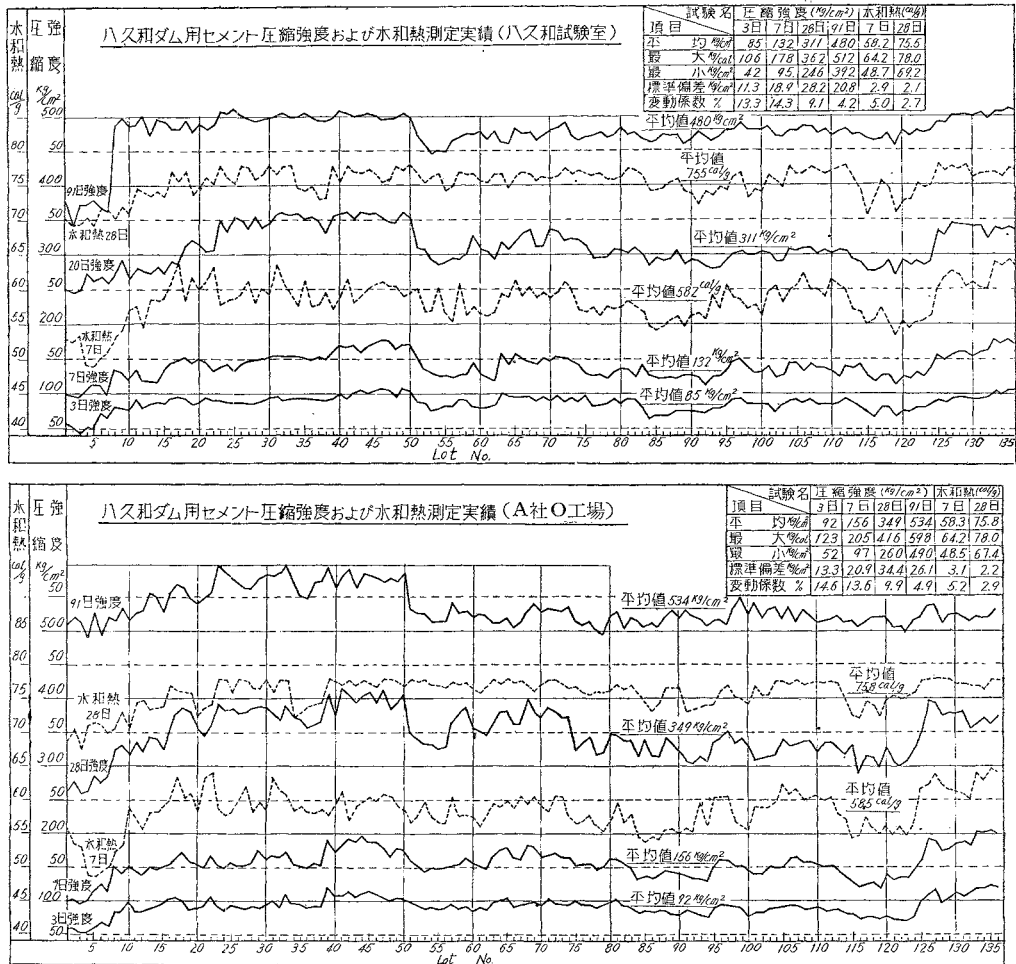
矢 崎 道 美*
石 垣 茂**

要 旨 八久和ダムは最上川上流に造られた約 360 000 m³ の重力式コンクリートダムで、セメントは中庸熱と低熱の中間程度のもので、骨材は砕石、砕砂を使用した。本文はこれらの材料のうちセメントの変動の詳細を記し、参考に骨材およびコンクリートの変動の概要と、その関連性を検討した結果について述べたものである。

1. セメントの品質管理

試験室では八久和ダム用セメントの規格 ①圧縮強さの標準、7日：-95 kg/cm²、28日：-240 kg/cm²、91日：-380 kg/cm²、②水和熱の標準、7日：-65 cal/g、28日：-75 cal/g、③28日における圧縮強度の月間の変動

図-1 強度と水和熱の検取と出荷試験結果



* 正員 東北電力KK水力建設部長
** 正員 東北電力KK水力建設部土木建設課

係数が5%以内)で製造されたセメントに対して工場
立あいの土試料を採取し、現場に持ち帰って試験を行
ない、結果を見てから出荷を指令した。この試験結果を取
りまとめて記載するとともに工場試験課の結果も示す。

(1) セメントの貯蔵および品質

セメントは工場のサイロよりタンカー船で酒田 S.S.
のサイロに入れ、これより使用するだけトラックおよび
索道で現場のサイロに入れて、フラクソーでバッチャー
貯蔵ビンに入るので強熱減量および比重等を測って見た
が、品質の低下はほとんど見られなかつたので検収試験

の結果で品質の管理をした。また工事の工程に合わせる
ため夏型、冬型セメントに分けて規格の範囲内で調整す
ることとした。

(2) 検収試験と出荷試験の結果

セメントの試験は 500 t につき一回の試験を行ない計
136 回、68 000 t の強度と水和熱の成績を 図-1 に示す。

また、このセメントを夏型、冬型に区別して諸性質を
比較したのが 表-1.2.3 であり、表-4.5 は月間の 28
日における圧縮強度と水和熱の平均および、これらの変
動を示す。

表-1(a) 夏型セメント総合成績表(物理)

(八久和試験室)

| 項目 種別 | 比重 | ブレン法 (cm ² /g) | 凝 結 | | 水和熱 (cal/g) | | フロー値 (mm) | 曲げ強度 (kg/cm ²) | | | | 圧縮強度 (kg/cm ²) | | | | 備 考 |
|----------|------|------------------------------|--------------|--------------|----------------|------|--------------|----------------------------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|--|
| | | | 始 発 (h-m) | 終 結 (h-m) | 7 日 | 28 日 | | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 3.21 | 3 120 | 3~19 | 4~24 | 57.4 | 75.0 | 248 | 26.1 | 32.3 | 57.8 | 77.2 | 81 | 130 | 296 | 471 | 試料数 96 個 Lot No. 1~22 No. 51~124 |
| 最大 | 3.24 | 3 370 | 4~01 | 5~07 | 64.0 | 77.0 | 259 | 26.8 | 37.4 | 65.5 | 84.8 | 99 | 155 | 336 | 501 | |
| 最小 | 3.20 | 2 940 | 2~40 | 3~40 | 48.7 | 69.2 | 236 | 14.0 | 22.1 | 50.5 | 67.8 | 42 | 95 | 246 | 392 | |
| 標準偏差 | — | 75.5 | — | — | 2.9 | 2.1 | 5.2 | 2.5 | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 10.8 | 13.2 | 18.2 | 18.2 | |
| 変動係数(%) | — | 2.4 | — | — | 5.1 | 2.8 | 2.1 | 11.7 | 8.4 | 4.5 | 3.2 | 13.3 | 10.2 | 6.1 | 3.9 | |

表-1(b) 同 上

(A社O工場)

| 項目 種別 | 比重 | ブレン法 (cm ² /g) | 凝 結 | | 水和熱 (cal/g) | | フロー値 (mm) | 曲げ強度 (kg/cm ²) | | | | 圧縮強度 (kg/cm ²) | | | | 備 考 |
|----------|------|------------------------------|--------------|--------------|----------------|------|--------------|----------------------------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|--|
| | | | 始 発 (h-m) | 終 結 (h-m) | 7 日 | 28 日 | | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 3.21 | 3 130 | 3~21 | 4~24 | 57.4 | 75.3 | 244 | 24.1 | 36.3 | 61.4 | 80.7 | 87 | 148 | 334 | 523 | 試料数 96 個 Lot No. 1~22 No. 51~124 |
| 最大 | 3.22 | 3 410 | 3~59 | 4~58 | 64.0 | 78.0 | 264 | 29.0 | 42.6 | 69.5 | 93.4 | 110 | 181 | 399 | 570 | |
| 最小 | 3.19 | 2 900 | 2~12 | 3~21 | 48.5 | 67.4 | 230 | 17.3 | 26.6 | 50.0 | 71.7 | 52 | 97 | 260 | 490 | |
| 標準偏差 | — | 88.9 | — | — | 3.0 | 2.3 | 8.3 | 2.5 | 3.5 | 3.9 | 3.5 | 11.4 | 17.2 | 28.5 | 15.2 | |
| 変動係数(%) | — | 2.8 | — | — | 5.2 | 3.0 | 3.4 | 10.3 | 9.5 | 6.3 | 4.4 | 13.1 | 11.6 | 8.5 | 3.0 | |

表-2(a) 冬型セメント総合成績表(物理)

(八久和試験室)

| 項目 種別 | 比重 | ブレン法 (cm ² /g) | 凝 結 | | 水和熱 (cal/g) | | フロー値 (mm) | 曲げ強度 (kg/cm ²) | | | | 圧縮強度 (kg/cm ²) | | | | 備 考 |
|----------|------|------------------------------|--------------|--------------|----------------|------|--------------|----------------------------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|--|
| | | | 始 発 (h-m) | 終 結 (h-m) | 7 日 | 28 日 | | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 3.21 | 3 220 | 2~56 | 4~01 | 60.2 | 76.6 | 250 | 25.3 | 37.3 | 63.4 | 82.3 | 94 | 158 | 347 | 501 | 試料数 40 個 Lot No. 23~50 No. 125~136 |
| 最大 | 3.22 | 3 310 | 3~13 | 4~18 | 64.2 | 78.0 | 260 | 28.0 | 41.4 | 70.6 | 87.2 | 106 | 178 | 362 | 512 | |
| 最小 | 3.19 | 3 080 | 2~22 | 3~22 | 57.0 | 73.0 | 238 | 23.8 | 34.3 | 58.5 | 77.0 | 85 | 131 | 323 | 489 | |
| 標準偏差 | — | 51.5 | — | — | 1.9 | 1.3 | 6.0 | 1.1 | 2.0 | 3.3 | 3.1 | 6.3 | 11.4 | 10.5 | 4.9 | |
| 変動係数(%) | — | 1.6 | — | — | 3.1 | 1.7 | 2.4 | 4.5 | 5.2 | 5.2 | 3.7 | 6.7 | 7.2 | 3.0 | 1.0 | |

表-2(b) 同 上

(A社O工場)

| 項目 種別 | 比重 | ブレン法 (cm ² /g) | 凝 結 | | 水和熱 (cal/g) | | フロー値 (mm) | 曲げ強度 (kg/cm ²) | | | | 圧縮強度 (kg/cm ²) | | | | 備 考 |
|----------|------|------------------------------|--------------|--------------|----------------|------|--------------|----------------------------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|--|
| | | | 始 発 (h-m) | 終 結 (h-m) | 7 日 | 28 日 | | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 91 日 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 3.21 | 3 230 | 2~56 | 4~02 | 60.4 | 76.9 | 250 | 27.7 | 41.1 | 67.7 | 84.9 | 103 | 175 | 384 | 560 | 試料数 40 個 Lot No. 23~50 No. 125~136 |
| 最大 | 3.22 | 3 320 | 3~23 | 4~28 | 64.6 | 78.0 | 260 | 31.8 | 46.3 | 74.0 | 91.9 | 123 | 204 | 411 | 598 | |
| 最小 | 3.20 | 3 100 | 2~23 | 3~28 | 57.0 | 72.2 | 237 | 23.9 | 37.3 | 62.9 | 80.5 | 87 | 151 | 347 | 508 | |
| 標準偏差 | — | 46.8 | — | — | 2.0 | 1.4 | 6.1 | 2.5 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 10.3 | 16.4 | 16.7 | 27.6 | |
| 変動係数(%) | — | 1.5 | — | — | 3.3 | 1.9 | 2.4 | 9.0 | 6.8 | 4.1 | 3.3 | 10.0 | 9.4 | 4.3 | 4.9 | |

表-3(a) 夏型、冬型セメントの化学分析結果比較表

(八久和試験室)

| 項目 種別 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | | | | 化学組成分より計算せる化合物 (%) | | | | | |
|----------|--------------------|-----------------------|----------------------------|---|--|------------------|-----------------|----------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------|--|
| | 強熱減量 (Ig, loss) | 不溶解残渣 (Insol, res) | シリカ (SiO ₂) | アルミナ (Al ₂ O ₃) | 酸化第二鉄 (Fe ₂ O ₃) | 酸化カルシウム (CaO) | マグネシウム (MgO) | 無水硫酸 (SO ₃) | 合計 | 珪酸三石灰 (C ₃ S) | 珪酸二石灰 (C ₂ S) | アルミニウム酸 三石灰 (C ₃ A) | アルミニウム酸 四石灰 (C ₄ AF) | 硫酸石灰 (CaSO ₄) | 計 | |
| 夏型 | 0.57 | 0.56 | 24.23 | 4.27 | 4.11 | 62.93 | 1.76 | 1.24 | 99.67 | 33.9 | 44.0 | 4.4 | 12.5 | 2.1 | 96.9 | |
| 冬型 | 0.58 | 0.55 | 24.02 | 4.19 | 4.00 | 63.29 | 1.81 | 1.26 | 99.70 | 37.6 | 40.6 | 4.3 | 12.2 | 2.1 | 96.8 | |

表-3(b) 夏型、冬型セメントの化学分析結果比較表

(A社O工場)

| 項目 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | | 化学組成分より計算せる化合物 (%) | | | | | | |
|----|--------------------|-----------------------|----------------------------|---|--|------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------|
| | 強熱減量 (lg, loss) | 不溶解残渣 (Insol, res) | シリカ (SiO ₂) | アルミナ (Al ₂ O ₃) | 酸化第二鉄 (Fe ₂ O ₃) | 酸化カルシウム (CaO) | マグネシウム (MgO) | 無水硫酸 (SO ₃) | 合計 | 珪酸三石灰 (C ₃ S) | 珪酸二石灰 (C ₂ S) | アルミン酸三石灰 (C ₃ A) | アルミン酸四石灰 (C ₄ AF) | 硫酸石灰 (CaSO ₄) | 計 |
| 夏型 | 0.59 | 0.55 | 24.17 | 4.22 | 4.06 | 63.13 | 1.77 | 1.19 | 99.78 | 35.7 | 42.5 | 4.3 | 12.4 | 2.0 | 96.9 |
| 冬型 | 0.53 | 0.55 | 24.09 | 4.15 | 4.06 | 63.34 | 1.76 | 1.27 | 99.75 | 37.4 | 40.9 | 4.1 | 12.4 | 2.2 | 97.0 |

注：夏型 Lot 1~22, 51~124 の 96 試料，冬型 Lot 23~50, 125~136 の 40 試料

表-4 圧縮強度と水和熱測定値の月および季節比較表
(八久和試験室)

| 月別 | Lot No. | 試料数 | 28日圧縮強度 | | 水和熱測定 | | | |
|------|------------------|-----|-----------------------------|-------------|------------|------|----------|-----|
| | | | 平均 (kg/cm ²) | 変動係数 (%) | 平均 (cal/g) | | 変動係数 (%) | |
| | | | | | 7日 | 28日 | 7日 | 28日 |
| 31-8 | 1~2 | 2 | 249 | — | 52.5 | 69.7 | — | — |
| 9 | 3~7 | 5 | 263 | 3.4 | 50.4 | 70.4 | 3.4 | 1.5 |
| 10 | 8~22 | 15 | 290 | 6.3 | 58.7 | 74.1 | 5.4 | 2.7 |
| 11 | 23~36 | 14 | 347 | 3.9 | 59.5 | 76.5 | 3.0 | 1.8 |
| 12 | 37~40 | 4 | 348 | 2.5 | 58.3 | 74.9 | 1.7 | 2.7 |
| 32-4 | 41~50 | 10 | 355 | 1.5 | 60.0 | 77.0 | 1.7 | 1.1 |
| 5 | 51~69 | 19 | 308 | 4.3 | 58.2 | 76.1 | 3.1 | 1.1 |
| 6 | 70~88 | 19 | 307 | 4.7 | 57.1 | 76.2 | 3.1 | 1.2 |
| 7 | 89~106 | 18 | 296 | 3.1 | 58.4 | 75.0 | 3.5 | 2.0 |
| 8 | 107~123 | 17 | 292 | 3.8 | 57.2 | 75.2 | 4.2 | 2.7 |
| 9 | 124~132 | 9 | 333 | 4.9 | 60.5 | 76.9 | 2.9 | 1.1 |
| 10 | 133~135 | 3 | 337 | 0.5 | 63.8 | 76.8 | 0.5 | 0.6 |
| 11 | 136 | 1 | 334 | — | 63.1 | 77.0 | — | — |
| 夏型 | 1~22 51~124 | 96 | 296 | 6.1 | 57.4 | 75.0 | 5.1 | 2.8 |
| 冬型 | 23~50 125~136 | 40 | 347 | 3.0 | 60.2 | 76.6 | 3.1 | 1.7 |
| 全部 | 1~136 | 136 | 311 | 9.1 | 58.2 | 75.5 | 5.0 | 2.7 |

表-5 圧縮強度と水和熱測定値の月および季節比較表
(A社O工場)

| 月別 | Lot No. | 試料数 | 28日圧縮強度 | | 水和熱測定 | | | |
|------|------------------|-----|-----------------------------|-------------|------------|------|----------|-----|
| | | | 平均 (kg/cm ²) | 変動係数 (%) | 平均 (cal/g) | | 変動係数 (%) | |
| | | | | | 7日 | 28日 | 7日 | 28日 |
| 31-8 | 1~2 | 2 | 270 | — | 54.7 | 69.8 | — | — |
| 9 | 3~7 | 5 | 275 | 4.1 | 49.9 | 70.2 | 3.4 | 2.2 |
| 10 | 8~22 | 15 | 347 | 6.4 | 58.9 | 74.0 | 5.8 | 2.4 |
| 11 | 23~36 | 14 | 381 | 2.6 | 59.6 | 76.3 | 2.8 | 2.5 |
| 12 | 37~40 | 4 | 375 | 5.2 | 58.4 | 75.9 | 3.1 | 2.4 |
| 32-4 | 41~50 | 10 | 403 | 2.4 | 59.7 | 77.4 | 2.1 | 0.5 |
| 5 | 51~69 | 19 | 361 | 5.5 | 58.5 | 77.2 | 2.4 | 0.7 |
| 6 | 70~88 | 19 | 344 | 6.8 | 57.0 | 76.2 | 3.6 | 1.5 |
| 7 | 89~106 | 18 | 325 | 4.3 | 58.2 | 75.5 | 4.0 | 1.9 |
| 8 | 107~123 | 17 | 319 | 4.6 | 57.5 | 75.5 | 4.3 | 2.5 |
| 9 | 124~132 | 9 | 370 | 5.7 | 61.1 | 77.3 | 3.1 | 0.9 |
| 10 | 133~135 | 3 | 366 | 1.1 | 63.9 | 76.9 | 1.0 | 0.8 |
| 11 | 136 | 1 | 374 | — | 64.2 | 77.6 | — | — |
| 夏型 | 1~22 51~124 | 96 | 334 | 8.5 | 57.4 | 75.3 | 5.2 | 3.0 |
| 冬型 | 23~50 125~136 | 40 | 384 | 4.3 | 60.4 | 76.9 | 2.0 | 1.4 |
| 全部 | 1~136 | 136 | 349 | 9.9 | 58.3 | 75.8 | 3.1 | 2.2 |

2. 骨材の品質

粗骨材の月別成績を 表-6,7 に示す。

表-6 粗骨材の月別成績表

| 月別 | F.M | 泥土量 | 単位重量 | 比重 | 空けき率 | 吸水量 | 試料数 |
|------|------|------|-------|------|------|------|-----|
| 31-8 | 8.36 | 0.3 | 1 692 | 2.65 | 36.1 | 0.70 | 3 |
| 9 | 9.00 | 0.21 | 1 591 | 2.66 | 40.1 | 1.00 | 6 |
| 10 | 8.99 | 0.15 | 1 756 | 2.66 | 34.0 | 0.82 | 5 |
| 11 | 8.91 | 0.19 | 1 761 | 2.67 | 34.1 | 0.70 | 6 |
| 12 | 9.06 | 0.14 | 1 744 | 2.67 | 34.6 | 0.70 | 2 |
| 32-4 | 8.93 | 0.19 | 1 670 | 2.65 | 37.0 | 0.90 | 5 |
| 5 | 8.97 | 0.27 | 1 619 | 2.65 | 38.5 | 1.05 | 6 |
| 6 | 8.92 | 0.28 | 1 660 | 2.64 | 37.1 | 0.87 | 6 |
| 7 | 8.95 | 0.28 | 1 656 | 2.64 | 37.1 | 0.99 | 6 |
| 8 | 8.84 | 0.32 | 1 646 | 2.66 | 37.9 | 0.81 | 6 |
| 9 | 8.93 | 0.29 | 1 666 | 2.65 | 37.1 | 0.63 | 6 |
| 10 | 8.88 | 0.26 | 1 655 | 2.66 | 37.8 | 0.70 | 6 |
| 11 | 8.88 | 0.29 | 1 633 | 2.65 | 37.8 | 0.92 | 3 |

表-7 細骨材の月別成績表

| 月別 | F.M | 泥土量 | 単位重量 | 比重 | 空けき率 | 表面水 | 吸水量 | 試料数 |
|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|
| 31-8 | 2.59 | 2.97 | 1 616 | 2.62 | 38.3 | 3.3 | — | 8 |
| 9 | 2.70 | 1.89 | 1 611 | 2.57 | 37.3 | 7.3 | 2.72 | 27 |
| 10 | 2.64 | 4.43 | 1 619 | 2.58 | 38.1 | 8.4 | 2.28 | 50 |
| 11 | 2.63 | 4.28 | 1 633 | 2.60 | 37.3 | 11.4 | 2.32 | 60 |
| 12 | 2.66 | 4.20 | 1 609 | 2.61 | 38.3 | 10.4 | 1.87 | 19 |
| 32-4 | 2.67 | 4.13 | 1 601 | 2.57 | 37.8 | 11.3 | 2.56 | 38 |
| 5 | 2.64 | 3.95 | 1 594 | 2.57 | 37.8 | 10.7 | 3.11 | 52 |
| 6 | 2.65 | 3.44 | 1 580 | 2.55 | 38.1 | 10.7 | 3.19 | 58 |
| 7 | 2.65 | 3.45 | 1 607 | 2.56 | 37.2 | 10.5 | 2.49 | 62 |
| 8 | 2.60 | 3.14 | 1 621 | 2.57 | 37.0 | 10.1 | 2.50 | 62 |
| 9 | 2.68 | 3.35 | 1 602 | 2.58 | 37.9 | 10.3 | 2.52 | 60 |
| 10 | 2.61 | 3.34 | 1 621 | 2.59 | 37.3 | 10.0 | 2.47 | 31 |
| 11 | 2.57 | 3.80 | 1 604 | 2.59 | 37.8 | 10.0 | 2.47 | 15 |

3. コンクリート品質

コンクリートの配合別の示方配合を表-8 に示し，月

間の各配合の変動を表-9 に記載した。また前にセメントを夏型，冬型に分けてあるので，これを使用した場合のコンクリートも分けて，変動を調べて見たのが表-10

表-8 示 方 配 合 表

| 配合別 | 粗骨材最大寸法 (mm) | スランブ (cm) | w/c (%) | セメント量 (kg) | ポゾリス No. 8 (kg) | 水 (kg) | 空気量 (%) | 絶対細骨材率 (%) | 骨材全量 (kg) | 細骨材 (kg) | 粗 骨 材 (kg) | | | |
|-----|--------------|-----------|---------|------------|-----------------|--------|---------|------------|-----------|----------|------------|-------|-------|------|
| | | | | | | | | | | | 150~80 | 80~40 | 40~20 | 20~5 |
| A | 150 | 3~4 | 45.0 | 216 | 0.54 | 97.0 | 3.5±1 | 23.0 | 2 100 | 476 | 650 | 470 | 260 | 244 |
| B | 150 | 3~4 | 57.0 | 170 | 0.43 | 97.0 | 3.5±1 | 23.0 | 2 138 | 484 | 661 | 480 | 265 | 248 |
| C | 150 | 3~4 | 62.0 | 160 | 0.40 | 99.0 | 3.5±1 | 24.0 | 2 139 | 507 | 653 | 473 | 261 | 245 |
| C' | 150 | 3~4 | 64.0 | 155 | 0.39 | 99.0 | 3.5±1 | 24.0 | 2 145 | 501 | 655 | 475 | 262 | 246 |

表-9 各配合の月間の変動

| 月別 | 項目 | A 配合 | | | B 配合 | | | C 配合 | | | C' 配合 | | |
|------|----|------|--------------------------|----------|------|--------------------------|----------|------|--------------------------|----------|-------|--------------------------|----------|
| | | 個数 | 平均 (kg/cm ²) | 変動係数 (%) | 個数 | 平均 (kg/cm ²) | 変動係数 (%) | 個数 | 平均 (kg/cm ²) | 変動係数 (%) | 個数 | 平均 (kg/cm ²) | 変動係数 (%) |
| 31-8 | 9 | 224 | 10.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 9 | 30 | 230 | 15.2 | 7 | 147 | 8.3 | 2 | 113 | — | — | — | — | |
| 10 | 19 | 268 | 17.3 | 9 | 180 | 7.7 | 29 | 164 | 17.9 | — | — | — | |
| 11 | 11 | 291 | 13.1 | 2 | 176 | — | 28 | 168 | 12.5 | — | — | — | |
| 12 | 3 | 292 | 7.4 | — | — | — | 8 | 194 | 8.9 | — | — | — | |
| 32-4 | 7 | 256 | 13.4 | 8 | 174 | 8.2 | 32 | 165 | 15.8 | — | — | — | |
| 5 | 17 | 248 | 9.5 | 16 | 173 | 7.8 | 34 | 165 | 11.6 | 21 | 145 | 7.1 | |
| 6 | 24 | 230 | 10.7 | 17 | 142 | 10.4 | — | — | — | 54 | 125 | 13.6 | |
| 7 | 26 | 241 | 9.9 | 20 | 156 | 11.4 | — | — | — | 62 | 128 | 12.8 | |
| 8 | 27 | 225 | 8.2 | 30 | 154 | 12.0 | — | — | — | 50 | 125 | 14.8 | |
| 9 | 87 | 237 | 8.9 | 3 | 188 | 10.6 | — | — | — | 8 | 159 | 8.3 | |
| 10 | 17 | 247 | 7.7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 11 | 3 | 254 | 5.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

表-10 コンクリートの品質管理実績

(a) 夏型セメント使用の場合

| 材令 | 3 日 強度 | | | | 7 日 強度 | | | | 28 日 強度 | | | | 91 日 強度 | | | | | | |
|----|--------|--------|--------------------------|--------------------------------|--------------|-----|--------|--------------------------|--------------------------------|--------------|------|--------|--------------------------|--------------------------------|--------------|------|--------|--------------------------|--------------------------------|
| | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) | 変動係数 (σ/̄) % | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) | 変動係数 (σ/̄) % | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) | 変動係数 (σ/̄) % | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) |
| A | 152 | 67 | 13.9 | 20.8 | 58 | 116 | 26.6 | 22.9 | 152 | 237 | 31.9 | 13.5 | 58 | 345 | 39.4 | 11.4 | | | |
| B | 99 | 40 | 7.5 | 18.8 | 16 | 77 | 12.7 | 16.5 | 99 | 158 | 19.8 | 12.5 | 16 | 244 | 20.0 | 8.2 | | | |
| C | 65 | 42 | 7.7 | 18.3 | 31 | 70 | 14.9 | 21.3 | 65 | 163 | 25.4 | 15.6 | 31 | 243 | 29.8 | 12.3 | | | |
| C' | 187 | 33 | 6.0 | 18.2 | 75 | 60 | 12.4 | 20.7 | 187 | 128 | 17.6 | 13.8 | 75 | 225 | 18.6 | 8.3 | | | |

(b) 冬型セメント使用の場合

| 材令 | 3 日 強度 | | | | 7 日 強度 | | | | 28 日 強度 | | | | 91 日 強度 | | | | | | |
|----|--------|--------|--------------------------|--------------------------------|--------------|-----|--------|--------------------------|--------------------------------|--------------|------|--------|--------------------------|--------------------------------|--------------|------|--------|--------------------------|--------------------------------|
| | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) | 変動係数 (σ/̄) % | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) | 変動係数 (σ/̄) % | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) | 変動係数 (σ/̄) % | 項目 | 個数 (N) | 平均 (kg/cm ²) | 標準偏差 (σ) (kg/cm ²) |
| A | 128 | 84 | 13.4 | 16.0 | 14 | 158 | 19.6 | 12.4 | 128 | 246 | 22.4 | 9.1 | 14 | 359 | 36.3 | 10.1 | | | |
| B | 14 | 53 | 9.4 | 17.7 | 3 | 87 | — | — | 14 | 177 | 14.4 | 8.1 | 3 | 246 | — | — | | | |
| C | 68 | 47 | 9.2 | 19.6 | 36 | 83 | 10.6 | 12.8 | 68 | 170 | 24.9 | 14.6 | 36 | 249 | 27.5 | 11.0 | | | |
| C' | 8 | 48 | 10.0 | 20.8 | 0 | — | — | — | 8 | 159 | 13.2 | 8.3 | 0 | — | — | — | | | |

注：試料を 50 mm でウェットスクリーンを 15×30 cm の供試体で行なった成績である。

表-11 各配合のスランブおよび空気量

| 配合 | スランブ (cm) | | | 空気量 (%) | | | 個数 |
|----|-----------|-----|-----|---------|-----|-----|-----|
| | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | |
| A | 3.4 | 6.0 | 1.0 | 3.4 | 4.7 | 1.8 | 280 |
| B | 3.4 | 6.0 | 0.5 | 3.4 | 4.0 | 1.9 | 113 |
| C | 3.1 | 6.0 | 0.5 | 3.4 | 4.8 | 1.4 | 133 |
| C' | 3.4 | 5.0 | 1.0 | 3.5 | 4.2 | 3.0 | 195 |

である。表-11 は各配合別のスランブおよび空気量を示す。

4. 結 言

(1) 当試験室とA社O工場の試験結果をくらべて見ると圧縮強度が 15% 程度O工場の方が上まわっているが、水和熱はほとんど同じ結果になっている。この傾向は夏型、冬型を通じていえる。

(2) 夏型、冬型の強度差は割合よく出ているが水和熱にはそれほどはつきり出てこなかった。

(3) 化学分析試験結果は当所とA社O工場の差があまりなく、夏型、冬型の区別は、はつきりあらわれた。

(4) セメントの品質の月間の変動は 31 年 10 月分

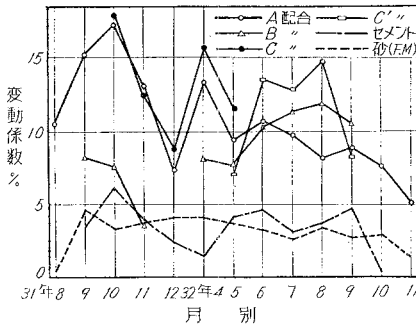
をのぞき、5%以下の変動係数になり、全セメントを通じて見ると 9.1% の変動係数となった(10 月分は初めて夏型より冬型に切りかえるため、少しずつ変えていたので特別に変動が大きくなった)。

(5) 夏型、冬型のセメントの品質の変動を比較すると、8.5% および 4.3% という変動係数になり冬型の方がはるかに少ない。これがコンクリートにもあらわれて冬型セメントを使用したコンクリートの変動は少なくなつた。これは夏型というセメント(低熱セメントに近いもの)が製造しにくいものであつたためかもしれない。

(6) コンクリートの 28 日強度を月別に見た変動係数はセメントの変動の大きかつた 31 年 10 月にA配合、C配合が多少大きな変動を示しただけで、他は 15% 程度の変動になつた。図-2 に示すとおり骨材が普通に管理された場合はセメントの変動がコンクリートの変動に大きく影響する。

注：4 月は積雪 2 m あまりあつたのをおして打設したので骨材の含水量が多く、変動が大きくなつたものと思われる。

図一2 コンクリートおよびセメントと砂 (F.M) の変動図



豆 知 識

カチオン乳剤について

道路用アスファルト乳剤は、最近まですべてアニオン（陰イオン）乳剤の1種類だけであつたが、ここ数年来欧米において、カチオン（陽イオン）乳剤といわれる新しい種類の乳剤が使用され始めてかなりの成果をあげている。乳剤は、互いに混合しにくい二つの液体（水とアスファルト）の一方（アスファルト）を微粒子として他方（水）中に分散させて得られる混合物である。この分散は特殊な溶解性のある第三の成分により維持されている。これが乳化剤であつて、アスファルトの乳化を容易にし、かつ生成した乳剤の安定性を増加させる働きがある。

乳化剤は、水と油（アスファルト）のいずれかに可溶でなければならない。それには親水性の極性基と親油性の非極性基を一つの分子内にもつている化合物であることが必要である。一例としてパルミチン酸ナトリウム塩の場合では、アルキル基が親油性でナトリウム塩の極性部分は親水性である。この種の分子は界面活性分子といわれ、溶解した分子は液の界面に吸着されて水相に極性基を、油相に非極性基を向けて配列する性質がある。乳剤中に分散したアスファルト微粒子の表面には乳化剤の分子が吸着されて非極性部分が粒子の内部に向き、極性部分が水の方に向けて連続した分子層を形成している。

乳化剤は通常、電離の傾向にもとづいて、アニオン活性、非イオン活性、カチオン活性、などと分類される。アニオン活性の乳化剤では活性を示す部分が負の電荷を持って電離するので、この種の乳化剤を用いた乳剤中のアスファルト微粒子は負に帯電する。これが従来のアニオン乳剤であるが、これに対しカチオン乳剤は、カチオン活性の乳化剤を使用し、そのためアスファルトの微粒子は正に帯電している。

アニオン乳剤の乳化剤はおもに高分子量の有機酸ナトリウム塩が使用される。多くの場合、アスファルトには高分子量の酸成分がふくまれているから、アスファルトを加熱溶解して希アルカリ水溶液を加え激しくかくはんすれば、アスファルトは水中に細かに分散して乳化が行なわれる。そのとき石けん状の乳化剤が形成される。酸をふくまないアスファルトは、もちろんこのままでは乳化されないのので適当な酸を乳化の前に加える必要がある。カチオン乳剤の場合は、乳化に先立つて高分子量のアミンを加える。加熱溶解したアスファルトとアミンの混合物をかくはんしながら希酸水溶液に加えるとカチオン活性の乳化剤

(7) 夏型、冬型セメントの強度差は短期では20%ほど冬型が大きく、長期では7%程度になつている。これがコンクリートに対する影響を調べてみると、各配合とも短期では20~30%の差になるが長期では2~4%程度の差にとどまり終局では同程度のコンクリートになることを示している。結果から見るとセメントを夏型、冬型に分けたことにより初期強度が低下し、水和熱はあまり差がなかつたので夏型を設けた意味がなく、冬型だけにした方が変動も少なくなつたのではないかと思われる。

であるアミン塩が形成される。

アニオン乳剤とカチオン乳剤との化学的な相違を要約すれば、
1. アニオン乳剤では乳化剤の活性部分が負の電荷を持ち、アスファルト微粒子は負に帯電している。これに対し、カチオン乳剤では正に帯電している。
2. アニオン乳剤では、乳化時の水相としてアルカリの水溶液が用いられ乳剤はアルカリ性を示すが、カチオン乳剤では酸が用いられて酸性を示す。

2種類の乳剤のこのように相反した性質は、特に乳剤と骨材との結合に大きく影響する。

アニオン乳剤は、表面が電気的に正である石灰石のようないわゆる疎水性の骨材に対して良好に付着するが、表面が電気的に負である珪酸質の骨材、たとえば石英はん岩、珪岩、ある種の砂岩などのいわゆる親水性の骨材に対しては付着が悪い。この現象は次のように説明される。石灰石の場合、骨材の表面には正の電荷がある。このためアニオン乳剤の負に帯電しているアスファルト微粒子は吸着されて電荷は中和し、乳化剤はアスファルトと骨材を結ぶつなぎとなる。他方、珪酸質の骨材では表面の電荷は負であるから、同種の負に帯電しているアスファルト微粒子は反撥して付着が悪くなる。これと全く反対に、カチオン乳剤は珪酸質の骨材に対して良好に付着するが、これも同様な説明で理解されるであろう。ある種の玄武岩や安山岩のように中間的な性質のものに対しては、どちらの乳剤も使用できるが比較的カチオン乳剤の方が骨材の広範囲な種類に使用できるようなのである。

カチオン乳剤は、今まで全く使用されなかつた、あるいは特殊な添加剤を用いてのみ利用されていたような骨材に良好に使用できるばかりでなく、骨材が極端に電気的に正のものでなければ湿つた骨材に対しても付着がよく分解も早いので、多雨地方、降雨期、または寒冷な時季にも使用することができる。

現在のところカチオン乳剤は若干高価であるし、施工時の条件がよかつたり骨材が極端に電気的に正のものであればアニオン乳剤を使用してよく、また使用する必要がある。

2種類の乳剤を併用するような場合、両乳剤は混合すると互いの電荷が中和して、乳化しているアスファルト微粒子は急速に合体して分離を起こす。このため貯蔵、使用に際しては取扱いに特に注意しなければならない。（土木研究所 南雲・記）