

本谷流路工 第8号堰堤提冠に於ける従来膠石 (グラノシック)コンクリートとΣ80 高強度コンクリートとの 磨耗量測定結果の報告 ～堤冠コンクリートの長寿命化～

工務係主任 木村 政人

多治見砂防国道事務所 工務第一課 (〒507-0023 多治見市小田町4丁目8-6)

はじめに

砂防堰堤の越流部は石礫が通過するため磨耗が激しく、土石流による破壊の危険があるため、一般的には磨耗に強く強度も発現する膠石コンクリートで堤冠の仕上げを厚さ50cmで行っている。膠石コンクリートは粗骨材のみで細骨材を用いないコンクリートのことで経験工学的に配合を変更してきており、現在の示方配合では発現強度の指定はなく、粗骨材の最大粒径とコンクリート1m³に用いるセメント量で定め(C=600, G_{max}=80mm)られている。(注：中津川管内ではH27よりG_{max}=40mmに変更)

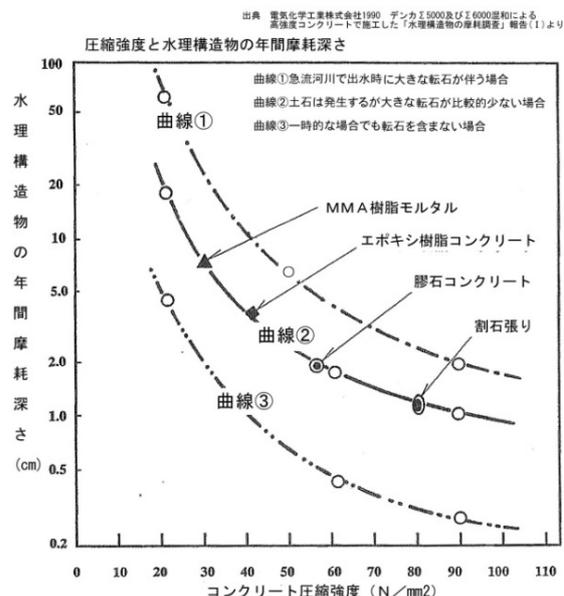
しかしながら、骨材80mmの調達が難しくなってきたこと、水和熱によるクラックが発生しやすいこと、流動性が無く施工性が非常に悪く仕上げに



苦勞することなどから、膠石コンクリートに変わる材料としていろいろな材料が試されている。

本谷流路工第8号堰堤は昭和55年に完成、30数年が経過し、堤体底部が土石流による洗掘により倒壊の懸念が発生した為、平成21年3月に副堰堤を前腹付け工法により補修を行った。

既往報告からコンクリートの磨耗抵抗性は圧縮強度と相関が見られ、下図のように圧縮強度が70N/mm²を上回ると優位性が顕著となる知見があるため今回は高強度コンクリートを採用し、堤冠部に高強度コンクリートを打設した。



1. 高強度コンクリートの配合



中津川出張所管内では過去に小規模な維持補修で使用した実績(経年観察は未実施)があるので、その最新製品である電気化学工業(株)製のエトリンガイト系高強度混和材Σ-80N(NETIS KT-110075-A:2012/01/31 登録)を用い圧縮強度 70N/mm²超の高強度コンクリートを試用した。

水結 合材 比 (%)	細骨 材率 (%)	セメ ント (高炉 B種)	特殊 混和 材 (Σ -80N)	水	細骨 材	粗骨 材 (Gma x25 mm)	高性 能 AE減 水剤
29.6	41.3	420	35	135	729	1001	5.23 3

エトリンガイト系高強度混和材Σ-80Nを用いた圧縮強度 70N/mm²超の高強度コンクリート配合例

圧縮強度の値は 70N/mm²以上を目標として、試験施工での材齢 28 日強度結果は右岸で 90.9 N/mm²、左岸では 94.4 N/mm²であった。

従来の配合 従来工法既設の膠石コンクリート(C=600,Gmax=80 mm)

水セメ ト比 (%)	細骨 材率 (%)	セメ ント	水	細 骨 材	粗骨材 (Gmax80 mm)	AE減 水剤	AE 剤
31.8	0.0	600	191	0	1564	3.000	1.680

圧縮強度の値は直近 n=36 で平均 39.1N/mm²であった。

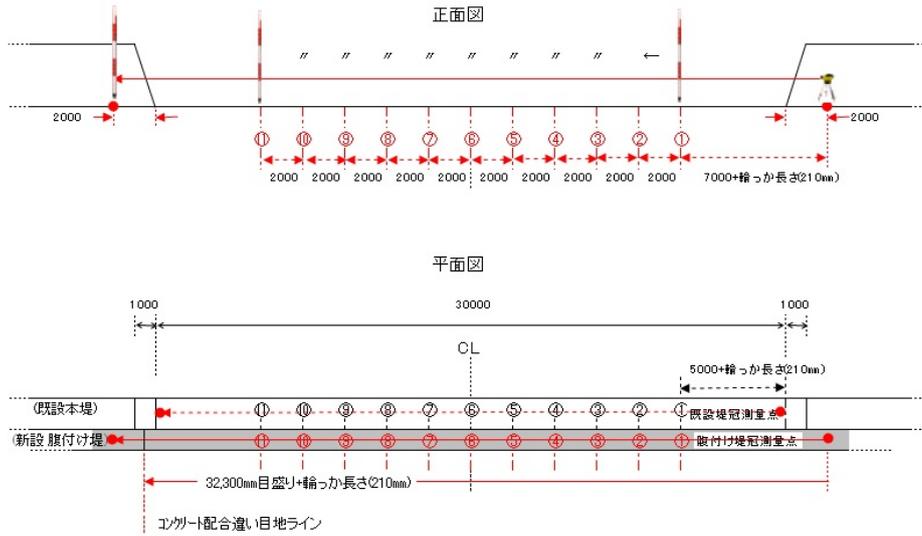
2. 摩耗量測定定点の概要



基準点は流失を防ぐため、下流へ腹付けした堤冠コンクリート部分には袖部を打設していないため流水の影響を受けない箇所があり、水通し下幅から 2.0m 外側に左岸・右岸それぞれ 1 対の測量鉾マーカーを設置し高さの基準点とした。

ほぼ直線形状の河川であること、上流に主堰堤があり、土砂の堆積などによる偏流は発生し難いと考え、比較的摩耗の起きやすい水通しセンターの 20 メートル間を定点観測することとし、2 メートルピッチで 11 点、新旧合わせて 22 点を設定した。

摩耗量測定・定点配置図



3. 摩耗量の測定結果

完成翌年度の4月に前項に示す各々の測点①～⑪の定点を設置、測定しその「初期値」を0とし各定点を6ヶ月毎に測定し11ポイントの摩耗量の値をグラフに示した。

測定期間は平成21年4月から平成27年4月までの72ヶ月間の経過報告である。但し平成22年9月に予定していた観測は直下流の工事の仮設により欠測したため前後より推定値としている。

3-1 供用開始以後の摩耗量

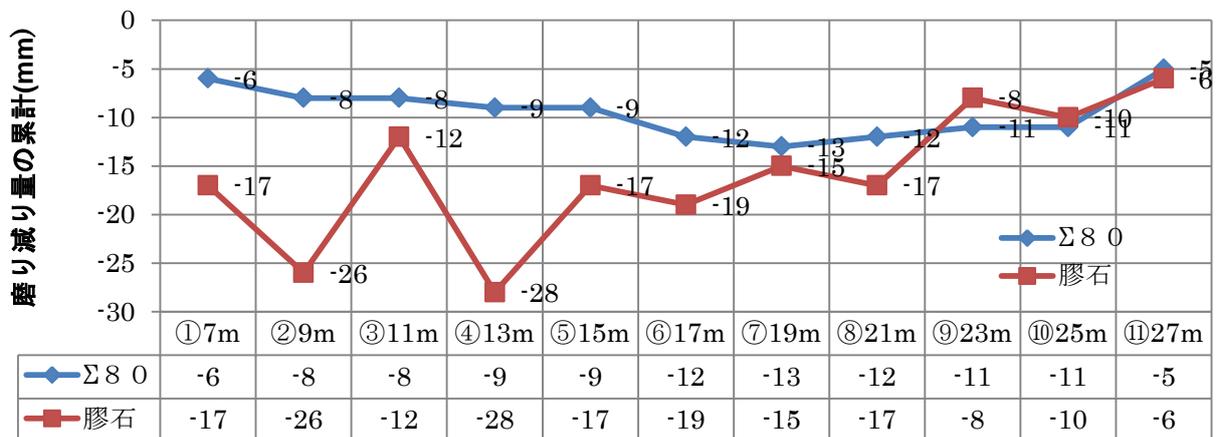
平成21年4月の観測開始から、72ヶ月間経過した摩耗量の累計は下記のとおりとなった。

下記結果から、従来配合の膠石コンクリートの堤冠上面は摩耗した凹凸の差が大きく、一方高強度混和材 Σ -80Nを用いモルタルを高強度化した堤冠上面は比較的均一な磨り減りを示している。

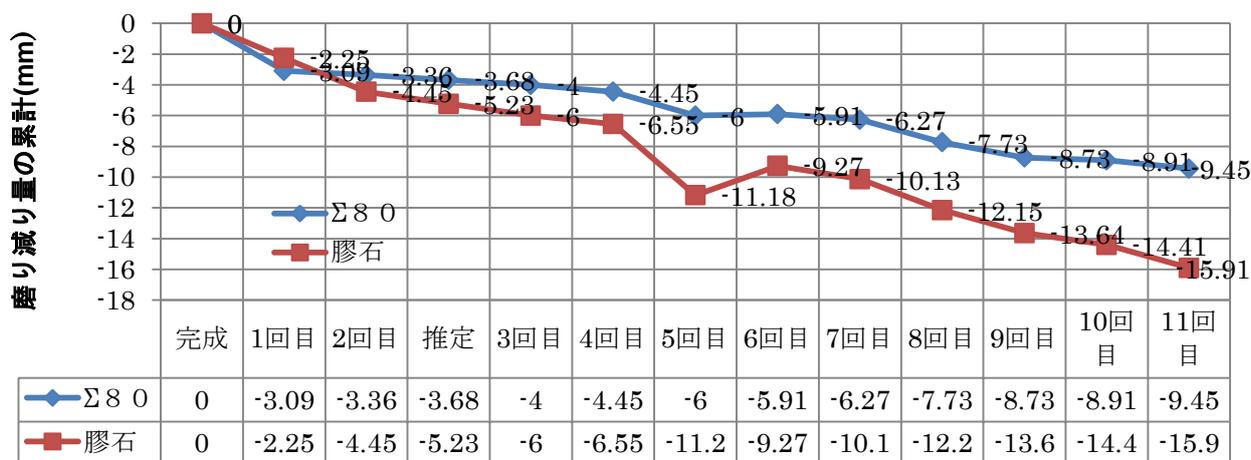
3-2 供用後6ヶ月毎の摩耗量の推移

平成21年4月の観測開始時をゼロとして、各測定点11点の平均値を半年毎に平成27年4月まで計測した11回の数値を次頁に表した。

堤冠コンクリートの摩耗量 72ヶ月経過



摩耗進行量 平均値の推移



1. 推移グラフから一回目の測定では新設堤冠の摩耗量が大きい結果となっているが、既設堤冠は既に30余年を経過し施工上の脆弱部分は既に磨り減りを終えている、一方新設堤冠では新たな上面脆弱部分が磨り減ったと思われる。2回目からは逆転している。
2. 完成後6年経過した現時点では、摩耗量が従来工法配合の膠石コンクリートで15.91mm、高強度混和材Σ-80Nコンクリートでは9.45mmとなっていて、摩耗量は新設堤冠の方が概ね40%改善されている。

3-3 完成後6年までの摩耗量から今後の摩耗量の推定について

完成以降6年間で11回の測定結果をもとに双方の摩耗進行量から相関式を求めた。

Σ80Nコンクリート

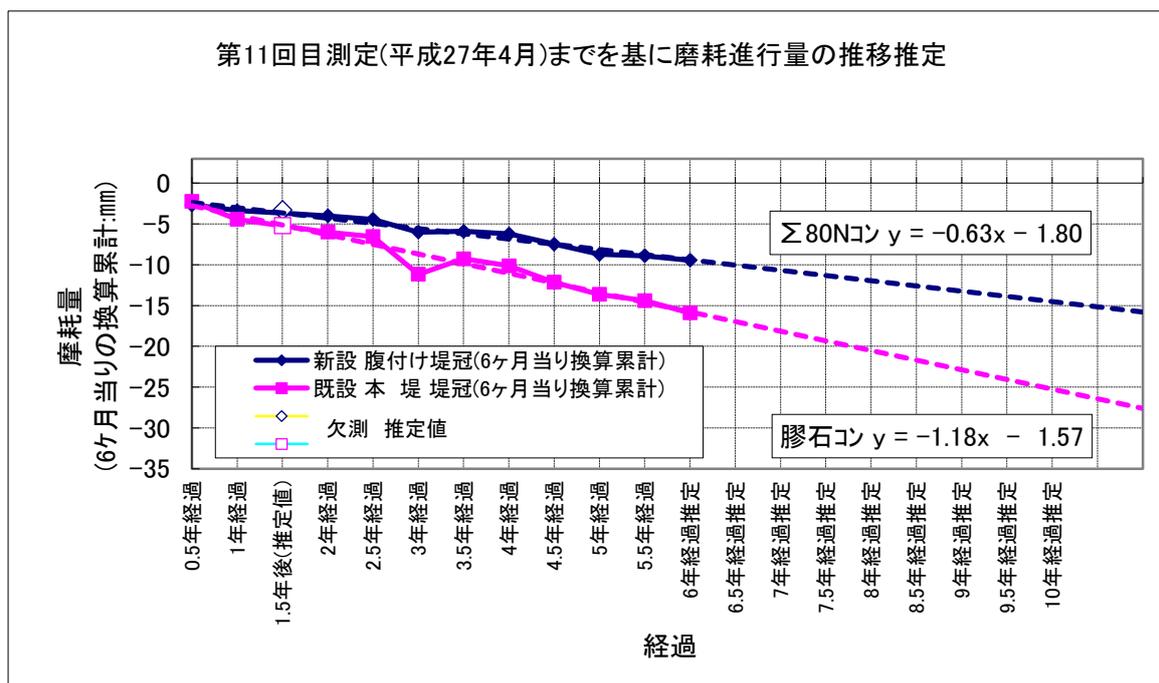
$$y = -0.63x - 1.80$$

膠石コンクリート

$$y = -1.18x - 1.57$$

と求められた。

第11回目測定(平成27年4月)までを基に摩耗進行量の推移推定



この相関式から、10年後の摩耗量を推定すると従来工法配合の膠石コンクリートで23.99mm、高強度混和材Σ-80Nコンクリートでは13.77mmと推定され概ね44%の改善が見込める。

4 堤冠コンクリートの長寿命化・ライフサイクルコスト(LCC)低減のための提案

今回の本谷流路工第8号砂防堰堤の補修工事は直接的に磨耗が原因ではないが、土砂流出の多い河川では、堤冠コンクリートの磨耗が激しく、深掘する事例が多く見られ、何らかの補修が必要となる状態となっている。

上記の磨耗データをもとに10年間で磨耗減損した磨耗量は

$$y = -1.18x - 1.57$$

から14.55mmが想定される。一方、高強度コンクリートを使用した新設堤冠は同様に

$$y = -0.63x - 1.80$$

から10年間の磨耗量は8.73mmが想定される。このことから高強度コンクリートを使用した場合には約1.7倍の耐摩耗性を有すると想定され補修時期の延期も期待される。

また、堤冠部の深掘れの原因が、摩耗箇所の偏りと弱点への集中によるものとする、高強度コンクリートの均一な磨り減りは、弱点となる深掘れを起こさず堰堤の長寿命化につながると考えられる。

5 材料の設計価格比較

	設計価格(円/m ³)
C600 配合	20,700
高強度Σ80N 配合	26,950
21-5-80BB 配合	15,550

C600 配合と高強度Σ80N 配合の材料価格差は6,250円/m³

6 工費の検討

本谷流路工第8号堰堤工事において 堰堤本体

に使用されたコンクリートと材料の内訳は以下のようになる。(単価は施工当時)

堰堤部所	配合	容量(m ³)	材料費(円)
本体部	21-5-80BB	177	2,752,350
	配合		
堤冠部	高強度Σ80N	11	296,450
	配合		
合計		188	3,048,800

堤冠コンクリートの使用量は11m³でありコンクリート材料費に占める堤冠コンクリート費は9.7%になるが、該工事におけるΣ80N 分の材料費のアップは68,750円であるから、Σ80N 分は2.3%に過ぎない。

今回は前腹付けの維持補修であるため、本体部のコンクリート量は多くはないが、新設堰堤に採用した場合、本体部分のコンクリート比率が多くなるため、Σ80N 分の費用は相対的に割合は少なくなる。

7 砂防堰堤への提案

(1) スリット型堰堤への提案

流下する土石流の貯留または減勢および水と土砂の分離を図ることを目的として設置事例が多くなっている鋼製スリット型堰堤は鋼製フレームを堰堤中央部のコンクリート基礎に設置する構造となっている。このコンクリート基礎部は構造上、広い面で流水と土石により磨耗を受ける。この基礎部は鋼製フレームを支える重要な部位であり高い耐久性を求められており、膠石コンクリートで施工されている。

また、膠石コンクリートの場合、スリットがあるが故に打設位置や使用できるバケット容量が制約され、また流動性の悪さから施工性が極端に悪く、日施工量のネックとなっており、改善が求められている。

したがってスリット型堰堤においても基礎部に高強度で磨耗性の優れた高強度コンクリートの適用が求められると考える。骨材の大きさやスラン

ブが確保できればポンプ打設も可能となり施工性が大幅に向上できる。

(2) 砂防ソイルセメント工法への提案

砂防ソイルセメント工法は現地発生材にセメントを混合し、堤体を構築するものであるが、堤体内部の設計強度はインセム工法で4N程度（多治見）であり摩耗や衝撃に強いものとはいえない。各工法とも外部保護材としてプレキャストコンクリートや鋼材等、強度のある物で覆い内部材を保護している。

したがって、砂防ソイルセメント工法においても、より高強度で磨耗性に優れたカバーコンクリートの必要性があると考ええる。

8. 考察

従来工法の膠石コンクリートと、今回試用したエトリンナイト系高強度混和材Σ-80N(電気化学工業(株)製 NETIS KT - 110075 - A)を用いた堤冠コンクリートに関し考察を記す。

1. 本高強度混和材を用いることで、既往のバッチャープラントで汎用セメントを用い 70 N/mm² 超の高強度コンクリートが容易に得られる。
2. 特殊機材を使用すること無く従来工種で施工が可能である。打設、均しも容易になった。
3. 両コンクリートの配合比較から、結合材量が140kg/m³程度下がるため水和熱の低減が図れ、水和熱降下時のコンクリート収縮ひび割れ発生に対する低減に寄与できる。
4. 高強度化コンクリートに伴いモルタルが高強度化され、堤冠上面が均一な磨耗面となった。
5. 供用後6年までの磨り減り量測定結果をもとに、10年後の推定で堤冠コンクリートの磨耗量が40%超程度改善され、長期間の補修回数低減に繋がりライフサイクルコストの低減効果が見込める。
6. 今回試用した高強度混和材Σ-80N コンクリートは高耐久性を目指し高性能 AE 減水剤を用い低単位水量の135kg/m³でスランプ8cmを確保したが、今回の実試験施工から高耐久性を維持したうえで

一層の施工性を確保するため、単位水量は変更せず高性能 AE 減水剤を増量しコンクリートスランプ 12~15cm の配合を検討することも更なる配合の完成度 UP に繋がると思われる。

9. 膠石コンクリート C600 との比較

膠石コンクリートのメリット

- ・細骨材が混入されていないため、密なコンクリートとなり耐摩耗性に有効である。
- ・長年の経験と試行により仕様が定められてきた。実績は多数ある。
- ・特殊な材料は必要としない

膠石コンクリートのデメリット

- ・セメント量が多いため、硬化時においてかなりの確率でひび割れが発生する。特に水通し側面部においてはひび割れが顕著である。
- ・強度指定されていないが品質にばらつきがある。(経験上 18~32N/mm²)
- ・コンクリートにかなりの粘性(山芋並)があるため施工しづらい。コテによる仕上げが決まりづらく、硬化直前の短時間に限られてくるため、作業員が増員となる。
- ・粘土が高いためアジテーターのドラムにひっついて全部荷卸しできない。材料ロスとなる。そのため、洗浄かすが発生する。残コンの処理費用がかかる。よって省力化を狙ってベルコン搬送を検討してみるが、骨材が落下するだけで、モルタル分はベルトに付着したままと想定される。

参考文献

- ※ 電気化学工業(株) デンカΣ5000及びΣ6000混和による高強度コンクリートで施工した「水利構造物の磨耗調査」
- ※ 電力中央研究所 O式スリヘリ試験方法
- ※ 電気化学工業(株) 高強度混和材デンカΣ80N技術資料