

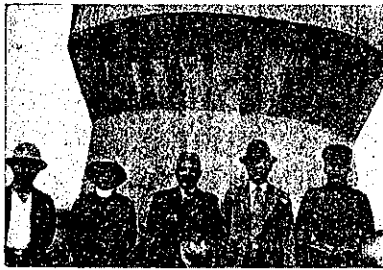
## コンクリート構造物の失敗の経緯

會員 西 畑 常\*

〇〇線及〇〇線の鉄道建設工事の建造物の内或一部分に遊離石灰を多量に噴出し其の部分に龜裂を生ぜしものあり、或は橋梁の翼壁の如きは表面剝落を來せるものあり、又は伏樋管の面壁一部崩壊を來せるあり、殊に〇〇線第6工區〇〇〇隧道覆工の如きは其の程度最も甚しく延長 525 m の内約 1/3 は表面一小部分づゝ片平に剝落し痕痕(アバタ)を生じ或は鈍にて打てばボンボンと空間ある音を發せり。斯くの如く建造物に異狀を生ぜし原因の判明せざりし以前には揣摩臆測熾んして種々の説あり遂には一時撫順セメントの使用を嚴禁して其の原因を火急的に調査したり。

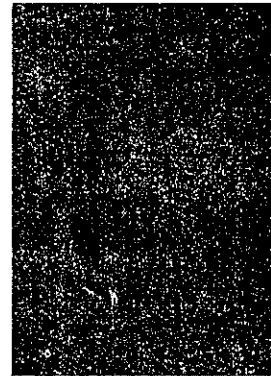
然るに其の後數回の調査に於て遂に此の沿線に産する細骨材中にはセメントに最も有害なる有機物を含有し居る故を以て充分に洗滌せざれば使用不可能なることを化学的試験と物理的試験の結果に於て始めて断定するを得たり。

図-1. 〇〇橋梁第7號橋脚



(10×20 m) 4 km 275 m 第1工區  
遊離石灰流出及龜裂の状態  
(高岡組施工)

図-2. 〇〇橋梁第3號橋脚



(5×10 m) 60 km 486 m 第4工區  
豎龜裂の状態 (坂本組施工)

図-3. 〇〇橋梁第2號橋脚



(7×20 m) 67 km 500 m 第4工區  
水平龜裂箇所を鉄筋コンクリートにて補修す (坂本組施工)

図-4. 〇〇橋梁翼壁



(1×20 m) 96 km 906 m 第5工區  
梅河口方左側下部は水の爲甚しく変質せる状態を示す (今井組施工)

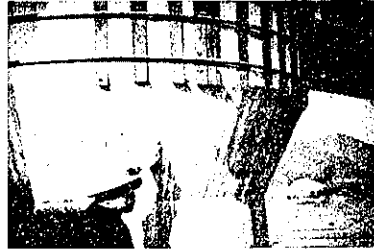
\* 滿鉄社員

図-5.



第6工區○○隧道坑門より15m入りたる左側壁悪しき箇所をダイナマイトにて破壊し奥を検したるに20m変質せり(榑谷組施工)

図-6. ○○橋梁第4號橋脚



(5×10m)123 km 920 m 第7工區(根本組施工)

図-7. ○○橋梁第1號橋脚



(2×10m+15×20m)135 km 705 m 第8工區変質せしコンクリートを缺き取りたる奥より尙遊離石灰を多量に流出せり(大倉土木施工)

蹶つて過去1箇年の期間、現場員一同は異口同音に撫順セメント製品中の一部粗悪品のもの含有せし爲、斯くの如き結果となるものなりと自ら堅く信じて他人の言に耳を藉さず、爲に撫順セメント株式會社に於ては前後2回に亘り社員を現地に出張せしめ満鉄建設局工事課員及現場員と立會實地調査を行へり。又一方満鉄研究所セメント試験係員を現地に派し種々試験の結果遂にセメントの性質には非ずして此の附近より産する天然産骨材殊に細骨材中に有機物を含有し居ること判然し而かも山間に産するものは比較的少量に之を含有し、河川又は谿谷にて洗滌せるもの程比較的有機物含有量少きことを確認せり。

此處に始めて今迄其の責任の大半を着て居た撫順セメントも大体安心して使用するを得るに到れり。

抑々小生が○○○隧道の竣工検査をせし關係上屢、現地に出張してコンクリートの異状の状態を調査し又撫順セメント株式會社工場をも視察調査せり。

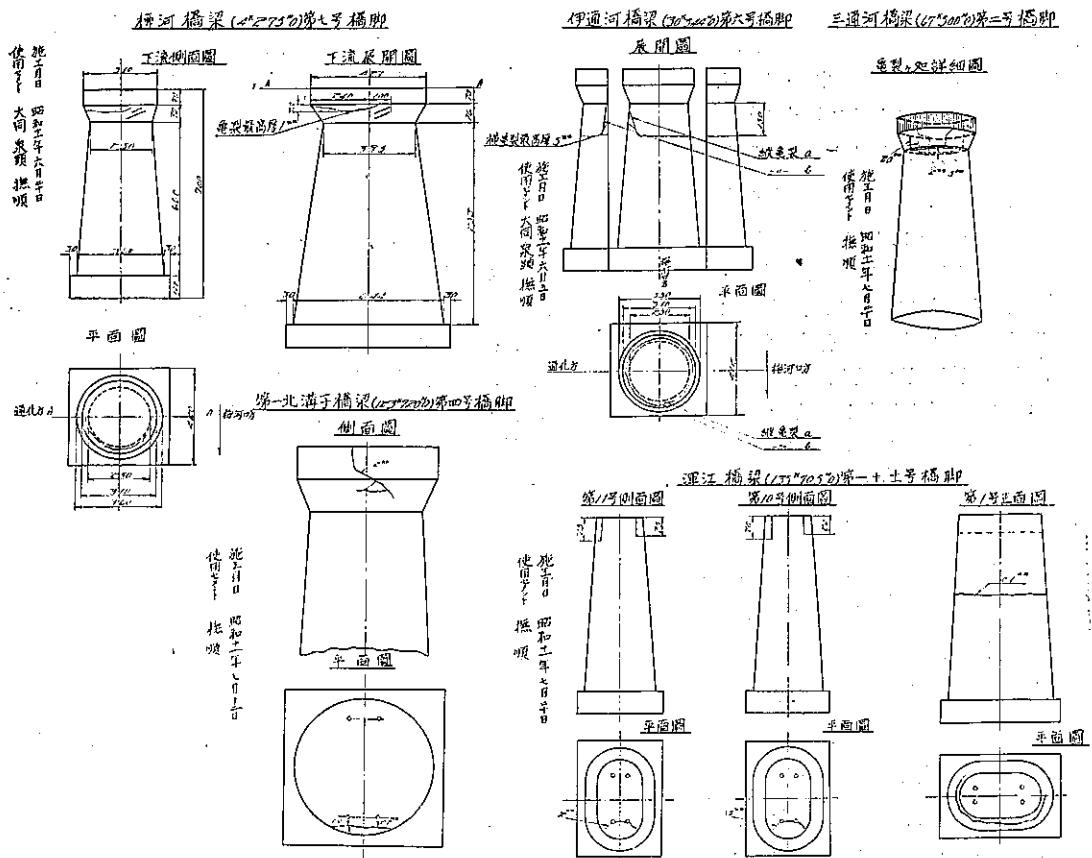
斯くの如く昭和13年5月より同年10月迄半箇年の日子と多數の人々の手を煩して遂に上記の如く細骨材料中に有機物を含有し居ることが其の主なる原因なりと結論を與へられたり。

然れ共其の他にもセメントの性質と品質に依り或は急結性のものあり又は緩結性のものありて現場員一同の神經を尖らせたりしが、此の大問題も上記の如き原因に依ること判明し以降は注意の主要點を確認して之が有機物を除去して使用することを得、茲に始めて安心して作業を進捗せしむるに到れり。

今、次に當時の経緯を記して参考の一端に供せむとす。

○○線及○○線には撫順セメント162000袋、泉頭セメント122540袋、大同セメント40000袋、遼陽セメント54780袋、鞍山高炉セメント60000袋及淺野ベロセメント12000袋、總計451320袋のセメントを使用したるが故にコンクリートの異状の原因は果して撫順セメントに起因するや頗る疑問の點あるも、○○線の各所の異状に付き現場員の言明及報告に依れば異状箇所は總べて撫順セメントのみ使用せし箇所或は撫順セメントと他

図-8.



種セメントを混用せし箇所に限定せりと且其の龜裂の状態其他より考察するに異狀發生は撫順セメントの性質が遊離石灰を多量に含有すること、凍害を蒙り易きに基因するものなりとせられたるを以て次に之等に付き現場其他當時の模様を記して参考とせむ。

- (イ) ○○線工事中 101 km 100 m 蓋函築工事に撫順セメントを使用して躯体コンクリートを施工せるに硬化不良の爲、之を取毀し廢棄の上再施工せり。
  - (ロ) ○○○隧道覆工コンクリート施工の際凝結急速にして練合せ中、既に凝結しコンクリート工は施工不可能となり、之を廢棄の巴むなきに至り淺野ベロセメントを使用して覆工コンクリートを再施工せり。
  - (ハ) 異狀箇所のコンクリートは其の出來榮より見て一般良好にして混合水質を試験の結果弱酸性低硬度なるもコンクリートに有害とは思はず結論的に普通の水と大差なし。昭和 12 年 5 月 20 日○○○隧道附近及○○○○橋梁右岸の水を試料として試験せり。
  - (ニ) セメントの性質に付き比較的礫土多く珪酸少きセメントは化学的結合不安全なる傾向あるものゝ如し。○○線に使用したる撫順セメントの化学的成分は珪酸に比し礫土の量過多なるが如く従つて変質の虞なしとせず。
  - (ホ) 一般セメントに於ては石膏量は強度に對し大なる影響なきに撫順セメントは石膏量が強度に影響すること大なる傾向あり、然るに○○線に使用したるセメントは石膏量少くして強度を小ならしむる傾向のものあらむ。
  - (ヘ) 遊離石灰即ち水酸化石灰  $Ca(OH)_2$  の析出は龜裂の一因ともなり、建造物が絶えず又は頻發的に水に接觸する場合に此の水酸化石灰が水溶性化合物である以上懸念なしとせず。
- 撫順セメントは他種セメントより遊離石灰の含有量多し。

(ト) 撫順セメントは骨材及水に含有する有機物がセメントの性質を著しく変質爲さしむる缺點あらむ(他種セメントに比較して)故に一層の注意を要す。

(チ) 惟ふに〇〇線に配給せられたる撫順セメントは昭和9年奉特許第105594號に係り其の社創設日尙淺き時期に製造せられし爲か製品中の一部に不良品ありたるものにて其の大部分が〇〇〇隧道に配給せられ(撫順セメント11355袋、淺野ペロセメント4005袋使用)残餘が異狀發生の各箇所に分散配置せられしものならむか。

以上の如き理由に基くものと看做され既成建造物中コンクリートの異狀の責任は悉く撫順セメント使用に起因するものと現場機關の人々は想像せられしが、小生は昭和12年6月22日の中間報告書に記載せし如く、

(1) 一般セメント工場にて均一なるセメントの製品を得ることは仲々の至難なるものなればセメント使用者としては此の點を充分に考慮して其の探るべき方策に誤りなからむことを希望す。

(2) 〇〇線水洞工事區六道溝分區に於て撫順セメント及遼陽セメントの雙方を現場にて使用中のコンクリートを其の儘試料として試験体を作成し檢するに遼陽セメントの方が撫順セメントに比し硬化悪しき結果を得たり。

(3) 故に現場に於て最も適當なる方法としては撫順、遼陽、泉頭等各社製品のポルトランドセメントを半數づゝ混合攪拌して使用すれば何れの品に缺點ありとするも、從來の如き甚しき缺陷は切半に依り除去せられ安全なりとす。

但しポルトランドセメントとアルミナセメントの如き其の性質の異りたるものは混合使用すべからず。

尙現場を調査したる結果次の如き変質セメントのあること想像せられたり。

(1) 混合前に風化其の他の影響を蒙り変質せること。

(2) 混合後骨材其の影響を受け硬化の遲速に大なる影響を與へること。

(3) 一旦硬化後コンクリートが変質せしこと。

此の3點の内第1原因調査の爲、現場にて不良品なりと稱せられしセメントに付き薄片試験の結果完全なりき(〇〇線水洞工事區六道溝分區に於て昭和12年6月16日試験)。

第2の混合後骨材中に含有せる有機物の爲、硬化不充分なるものゝ影響は最大なりき、之は骨材を充分に洗滌して有機物を除去して使用すべし。

第3の原因に依る硬化後変質する場合〇〇線〇〇〇隧道工の如く一旦硬化して相當強度を有するも嚴寒の爲凍害を蒙り又は酸性の作用其の他の事由にて変質し施工當時の強度をも失ふことゝなり、又淡水の作用をも受け化学的に或は物理的に強度を減ず、而して其の変質の時機も推算出來難きもの多し。

滿洲産セメント一覽表

名稱種別	關東州小野田	滿洲洋灰	撫順洋灰	本溪湖洋灰	滿洲小野田	大同洋灰	哈爾濱洋灰
所在地	大連市外周水子及鞍山	遼陽	撫順	本溪湖	泉頭	吉林	哈爾濱
資本金	500萬円	250萬円	250萬円	300萬円	500萬円	300萬円	250萬円
拂込資本金	500萬円	150萬円	250萬円	300萬円	250萬円	300萬円	125萬円
系統	小野田	篠塚、三菱、淺野、壘城、七尾	滿鉄	大倉、古河、澁澤、淺野	小野田	淺野	角田正喬三井
創立	昭和9年	昭和10年	昭和9年	昭和11年	昭和10年	昭和9年	昭和9年
製造	昭和9年	昭和11年	昭和10年	昭和12年	昭和11年	昭和10年	昭和10年
年産	38萬噸	9萬噸	10萬噸	10萬噸	10萬噸	11萬噸	13萬噸
能力	760萬袋	180萬袋	200萬袋	200萬袋	200萬袋	220萬袋	260萬袋

備考

(1) 關東州小野田セメントは從來小野田セメント周水子工場として製品を販賣し居たものなりしが、昭和9年改組せり。

尙同社は鞍山工場にて高炉セメント年産13萬噸260萬袋を製出し漢中に含む。

(2) 撫順セメントはポルトランドセメント及珪酸セメントの製品あり。

撫順セメント試験一覽表

(1) 昭和 12 年 1 月製造撫順セメントの化学分析平均結果

不溶解残渣	珪酸	礬土	酸化鉄	石灰	苦土	無水硫酸	灼熱減量
0.5	19.79	7.86	3.52	63.96	1.61	1.53	0.52

但し此の分析結果に於ける礬土と稱するものは酸化チタニウム約 0.5%, 酸化マンガン約 0.1% と磷酸の少量の含量を示すものなり。

(2) 日本ポルトランドセメント標準規格に依る物理試験結果

比重	粉 末 程 度	凝 結				膨 脹 性 龜 裂	
		温 度	水 量	始 發	終 結	浸 水	沸 煮
3.14	4.3	20°	26.7%	3.09 時	4.11 時	安 全	完 全

モルタルの強度 (1:3) (kg/cm<sup>2</sup>)

耐 圧 力				抗 張 力			
水 量	3 日	7 日	28 日	水 量	3 日	7 日	28 日
7.0	376	470	539	7.0	35.1	36.8	40.8

コンクリートの強度

本試験に用ゐたる骨材は撫順に於て採取したる渾河産砂、砂利にして此の地方の實際工事用のものを水洗せず其の儘使用したる場合の結果を示すものなり。

骨材の粒度率		骨材の容重		配合比 (容積)	水セメント比	ウオーカビリティー	
砂	砂利	砂	砂利			スランプ	フロー
2.71	7.15	1 520	1 620	1:2:4	63%	cm 14.0	% 229

水 槽 の 温 度			応 圧 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日
20.0	19.5	19.3	61.0	112.0	164.0

撫順セメント長期試験一覽表

昭和 11 年 4 月上旬製品撫順セメントに付き 1 箇年試験を爲したる結果

粉末粒度 (%)	凝 結			モ ル タ ル 耐 圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> )					
	水 量	始 發	終 結	3 日	7 日	28 日	3 箇月	6 箇月	1 箇年
3.4	25.5	1.55 時	2.52 時	496	534	530	647	678	697

モルタル抗張力 (1:3) (kg/cm<sup>2</sup>)

3 日	7 日	28 日	3 箇月	6 箇月	1 箇年
39.6	35.6	41.9	42.4	45.9	48.7

コンクリート骨材は渾河産砂、砂利にして水洗せず其の儘使用、水セメント比 67%

コンクリート (1:2:4) 応圧強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

3 日	7 日	14 日	28 日	3 箇月	6 箇月	1 箇年
83.2	124.5	159.1	174.3	199.2	205.5	217.9

有機物含有量試験表

試料名稱	有機物含有量%		
	タンニン酸	磷酸 (P)	磷酸 ( $H_2 PO_4$ )
〇〇線第6區 〇〇〇隧道附近の砂		0.057	0.180
〇〇線第4工區 65 km 單桁橋附近の砂	0.601		
" 67.7 km 大羅園河砂	1.221	0.022	0.069
" 第5工區 第1 〇〇隧道砂	0.820	0.049	0.140
" 第6工區 78.7 km 拱橋附近砂	0.900	0.033	0.104

## 撫順セメントの性質の一端

抑々撫順セメントは特許第 105594 號に依り撫順産オイルシエール(油母頁岩)獨特の性質を利用して、之に關東州甘井子産石灰石を混合して高級セメント製造法を以て濕式法に依り製出したる東洋に於ける最新唯一の製品なり。

然るに一時其の製品の一部に急結性のセメントあり又は緩結性のものもありたり。

之は何故斯くなりしや小生調査の結果同転窯にて焼灼されて製出したるクリンカーが未だ充分に冷却せざる内に次のセメント製造工程に進み石膏を混合せし爲、熱に依り石膏の効果を喪失して結局石膏を配合せざるものと等しくなりたる製品あり、従つて急結性となれり。

又反對に石膏量を多量に混合すれば緩結性のセメントとならむ。

繼つて石膏の配合量は機械力に依り自働計量機に依り間断なく一樣に配合せられ居り斯くの如きことは絶対に起り得ぬことなれども、夫には此處に付切つて居る監視人と勞働者の觀視如何に關聯して起因するものならむ。

斯くの如きセメントを使用して施工せりとするも建造物の耐圧強度に於て結局日本ポルトランドセメント標準規格以下に低下することは殆どなきものと思惟す。

但し骨材中セメントに最も有害なる有機物を含有せし場合は之はセメントの性質に非ざるものとす。

## 結 論

撫順セメント製品中其の一部に急結性のものありたるを以て〇〇、〇〇兩線に於ける構造物の異狀狀態の原因の殆ど全責任を一時負擔されたりしが、其の後に至り大部分の原因は細骨材中に含有せしセメントに最も有害なる有機物の影響なりしこと判然し茲に本問題は結論を得たり。

## 附 記

勿論各種セメントに對して有機物の有害なる感度等細密なる點に就ては尙後日比較試験に俟つこと當然なり。