

大広技術レポ

平成 19 年 1 月発行

- 世界史上最強の男 - チンギス・ハンに学ぶ



(株)大広エンジニアリング
代表取締役社長 正木 普

新年おめでとうございます。

本年が良き歳であるよう、また、皆様のご多幸を心より祈念申し上げます。

今年は、昨年読んだものの中で最も鮮明に残っている日本経済新聞に掲載中の堺屋太一氏著「世界を創った男 チンギス・ハン」を参考に、一層社内の活性化を図りたいと思っています。

チンギス・ハンが大蒙古帝国を形成する過程で取った手段は、一木一草も残さない残虐性がある一方、出身の氏族や身分、信仰に関わり無く、能力と貢献度によって役と力を与える平等無差別の組織作りでした。これまで家族別氏族別に集まっていたゲル(住居用丸型テント)を十戸、百戸、千戸、万戸隊別に並べ直し核家族化することによって勤労意欲を高め、万戸隊の中に軍馬の官、車両の官、食料の官、馬羊を飼育する官などの適切な人物を任命したのです。

現在 5 名程度にグループ分けした社内の組織は、核家族化に該当します。これはグループ内のコミュニケーションを活性化し信頼関係を高め、より高い成果を目指すためであり、より良いアイデア、新しい発想を期待するものです。当社は、地方のコンサルタントとして優秀な人材を求め、地元大学の諸先生方の指導を得て、全国ネットのコンサルタントに負けないオリジナリティのある提案が出来る会社を目指したいと思っています。

猪突創進の「大広イノベーション」を！

顧客の要望理解と信頼保持をモットーに



顧問 中本 至
(元建設省下水道部長 工学博士)

1、「猪突猛進」で無く「猪突創進」の精神で

昨年末、平成19年度の概算予算案が決まりました。安倍首相の提案する「美しい日本」の国土形成の中で、地方活性化には厳しい予算となり、公共事業費は3.5%減。その内訳は道路3.9%減、治水4.4%減、下水道5.5%減、港湾3.3%減などでした。ところが、3大都市圏の環状道路整備9.7%増、スーパー中核港湾整備37.5%増など成長力強化に供する事業の重点的予算増に関心をもたざるを得ないのです。

だからこそ、私は「住民が何を要望しているのかを理解して、地方の今後の発展に何が必要か」を考えて、仕事を進める必要性が出てきたと痛感しております。

今年は「干支(えと)最後の猪・亥(がい)」で、懸命に追いかける年です。

猪は、猪突だけでなく本能の抑止力が働き、障害物の前で向きを変える賢明さがあります。だから、農作物被害で猪退治を試みても人間様の知恵を上回って捕獲出来ないのです。

私はこの猪の行動から、今年は創造しつつ思考して進む「猪突創進」としたいのです。

2、ユニークな「イノベーション」を前向きに

わが国は財政再建も重要な課題ですが、連続しての公共事業費の削減は地域格差などを産み、また、今後の地域発展成長の基盤となる社会資本の再構築をして置かなければ必ずや禍根を残す事が目にみえております。

そこで、成長重視のためのユニークな「イノベーション」が必要になってくるのです。大広エンジニアリングにとっても十分意識しなければならない課題なのです。

イノベーションという言葉は、「技術革新」と訳されていますが、私はそれだけでなく、「刷新(弊害を取り除く)、新機軸(新しい計画の組み立て)、新資源の開拓、新しい経営組織の実施などを含めた景気の長期波動(シュンペーターの説)の起動力」(広辞苑引用)と、広い意味で把握したいのです。

すなわち、コンサルタントにおいてもイノベーションの新しい経営・組織とか技術面での新資源、景気動向などハード、ソフト両面にわたる感覚を持つことが不可欠です。

3、「大広イノベーション」で顧客の要望理解と信頼保持を

いまや、事業費削減(平成10年ごろの2分の1程度)と低価格受注(品質管理法が未熟成)の厳しい中、大広エンジニアリングはこの事態を乗り越え、顧客の要望を理解し信頼を保持する為に、独自のイノベーションで猪突創進する必要があります。

具体的には、道路、上下水道、河川、ダム、砂防、都市施設などの企画、計画、建設、工事管理、事業運営、維持管理等を行う場合に「将来の人口動態の見直し」「地域計画の変更」「農業・公園・観光・海岸等の施設との供用性」「少子高齢化対応」「新資源・エネルギーの利用と開発」「洪水・地震予防と発生後対策」「アセットマネジメント(資産管理)」「地域の景気起動」「PFI」など地域の利益誘導を複合的に配慮することをモットーといたします。例示として、下水道では新機軸として「バイオマスエネルギーの活用」、水の循環利益として「再生水・融雪水の利用」「管路更正・修繕事業の地域体系化」「汚泥の肥料・資源化による利潤追求手法の確立」などであります。

大広エンジニアリングは今年は「猪突創進のイノベーション」を旗印に、飛躍してまいりますので、よろしくごお願い申し上げます。

大広エンジニアリング倫理要綱

[主 旨]

大広エンジニアリングは、社会的関心が高まりつつあるCSR（corporate social responsibility・企業の社会的責任）について、会社をあげて積極的に推進するための組織として、平成18年12月8日付けで「企業倫理委員会」を設置しました。

当社は、上下水道、河川、ダム、砂防、道路、都市施設、環境対策、災害復旧等を対象として、企画、設計、施工及び維持管理等について、技術情報、技術の成果、技術創造を提供する企業であることを自覚し、優れた専門技術をもって、顧客の要望に応えることとしております。

これまでも、当社役職員は常日頃からこの理念をよく理解し、社会との調和をはかるべく法令、規則を遵守しつつ、企業自らが適正な利益を確保することを目標に、活動を展開してまいりました。

今回、この目標を確立するために改めて当社に倫理要綱を設定し、役職員の日々の行動規範と致しました。

[綱 領]

当社の使命と社会的責任

（当社の使命）

社会のニーズを正確に理解し、高度な技術をもって効率よく、社会資本の整備・充実に貢献する。

（社会的責任）

社会の構成員としての自覚をもち、社会の要請に応え、良識と責任ある行動をとる。

（社会との調和の促進）

いかなる場合においても、人格を尊重し、地域社会との良好な関係を構築・維持し、社会貢献活動を行う。

（環境保全）

常に環境問題への取り組みを重要な使命と認識し、自主的かつ積極的に環境保全に十分配慮した事業活動を行う。

顧客の信頼に応える

（良好な成果品の提供）

顧客のニーズを理解し、責任をもって業務に当たり、顧客の信頼に応える。

（公正な競争）

高度で効率のよい技術力の蓄積によって、企業競争力を強化し、公正かつ自由な競争を行う。

（守秘義務）

実務の遂行中に知り得た秘密事項は、顧客の事情を勘案し的確に保護する。

役職員の行動と責任と地位向上

（公正取引）

顧客、マーケティングに関して、関連する相手と公正な取引をすること。また、利害関係先への社会通念上、社交儀礼の範囲を超える便宜供与をしてはならない。

(利益相反，衝突の禁止)
業務を遂行するにあたって、個人的利益を会社の利益と対立、衝突させてはならない。

(技術の研鑽)
常日頃より技術の研究、工夫に努め、新技術の創造・開発に研鑽する。
また、当社の有効で優れた技術力を関係先にアピールすることによって、地位向上を図る。

実践のために

(体制の整備)
倫理委員会の要請により、適宜、当社の体制を再整備する。

(違背に対する措置)
役職員がこの倫理要綱に違背した場合は、倫理委員会において検討・整理し、当社の会長・社長に報告して、社長はその措置を決定する。

平成18年12月8日

倫理委員会 構成

委員長	石村	清治	(取締役相談役)
委員	吉国	洋	(元広島大学教授)
"	米倉	亜州夫	(広島工業大学教授)
"	中本	至	(元建設省下水道部長)
"	大本	和則	(平成18年度広島弁護士会会長)
"	近藤	誠子	(公認会計士事務所)
"	宅見	学	(取締役技術部長)
"	中谷	哲也	(取締役総務部長)
"	山本	修照	(事務局・技術開発部長)



CSRとは

企業の社会的責任(Corporate Social Responsibility)と訳される。企業がステークホルダー(経営、職員、顧客など)に対して負っている責任を指す。具体的には法令順守、人権配慮、環境保護、雇用など多岐にわたる。欧米を中心に1990年代以降にCSR意識が広がり、日本でも定着しつつある。株式市場ではCSR対応を重視する「社会的責任投資(SRI)」の関心も高まっている。昨年4月には国連が年金基金などの機関投資家に環境・社会・企業統治の3要素を重視するよう求める「責任投資原則」を定めた。

- ・顧客 顧客満足度の向上。 ・地域社会 環境への取り組み，社会貢献
- ・職員 安全対策の徹底，社員教育の推進，労働環境の整備

下水道管の寿命を伸ばす 「高耐酸性コンクリートの開発研究」



広島工業大学
建設工学科
教授 米倉 亜州夫



大広エンジニアリング
技術開発部
部長 山本 修照

1. 下水道用コンクリートが危ない

今、微生物が介在する硫酸によるコンクリートの劣化が大きな社会問題となっている。日本で一番早く下水道管敷設事業が始まった東京都では、道路下の下水道管が腐食して道路を陥没させる事故が年間約 1000 件も起きていると土木学会誌¹⁾に報告されている。また、土木学会コンクリート委員会化学的浸食・溶脱研究小委員会の報告「コンクリートの化学的浸食・溶脱に関する研究の現状」²⁾では、**化学的浸食には、コンクリート自体の性能をいくら高めても、要求性能を確保出来ない場合がある**ことを報告している。このような現状から日本下水道事業団では、火急な対策として2004年4月に「通常のコンクリートや補修モルタルの10倍以上の耐硫酸性が得られる耐硫酸性コンクリートおよびコンクリート補修材料の開発共同研究」を募集した。

まさに、**コンクリートの耐硫酸性能を高める研究**は緊急を要する課題であり、産学官をあげて多くの研究が成されてきたが、いまだ満足出来る結果は得られていない。そのため現在、コンクリート補修材として使われるものは樹脂系補修材（ライニング工法、内面補強工法）が主流で、その他特殊な工法として抗菌コンクリートがあるが**コンクリート自体が耐酸性を持つものは極めて少ない**²⁾。

本研究は、東京都下水道局の耐酸性に関する要求性能を満たす「**耐硫酸性コンクリートの開発**」がテーマで、広島工業大学と弊社他7社で共同研究を進めている。

使用する粉体は、普通ポルトランドセメントの他にフライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフューム、これに早期強度を満足させるため中国から輸入した高炉フュームを使い、これら組み合わせによる**三成分系モルタル**として大きな成果を得ている。

2. 下水道コンクリート劣化のメカニズム

下水道コンクリートの硫酸による劣化は、以下のようにして起こると言われている³⁾。図1に示すように、下水道の下水部には嫌気性の硫酸塩還元細菌が生息しており、この細菌が生活廃水中に存在する硫酸イオンを硫化水素に変化させる。生成された硫化水素が流れの乱れる箇所です下水道上部大気中にガスとして放散される。下水道上部の

大気中好気性環境においては、硫酸化細菌やその他種々の細菌が生息しており、**これらの細菌が硫化水素ガスを硫酸に変え、この硫酸によってコンクリートの劣化が生じる。**

これを化学式で示せば、まず、セメント（主成分 C_3S や C_2S ）と水との水和反応により、

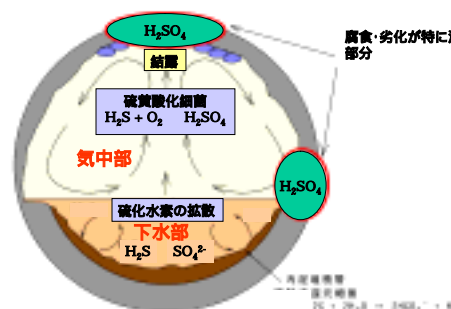
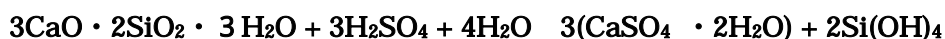


図1 下水道管劣化メカニズム

硬いシリケート水和物 (C-S-H ゲル) と水酸化カルシウム Ca(OH)_2 が生成される。



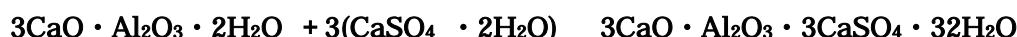
この水酸化カルシウムは、硫酸 H_2SO_4 との反応によって、二水石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を生成し、これが強酸中で軟化して泥状になる。また、硬化した部分も徐々に反応する。



(C-S-H ゲル)

(二水石膏): 強酸中で軟化(プロポヨ)

また、セメントの構成成分の一つであるアルミン酸三石灰 C_3A は石膏と反応してエトリンガイトを生じるが、強酸中では石膏化する。



(C_3A)

(エトリンガイト)

これらの二次的反応も加わりコンクリートはボロボロになり、鉄筋まで露出する。

3. 劣化を遅らせる材料の組み合わせ

上記の反応式から、耐酸性を得る有力な手段は石膏の生成を抑制すること。即ち、石膏生成の基となる水酸化カルシウムの生成を減少させれば良いことになる。その抑制方法は、第1に、セメントの使用量を出来るだけ減らすこと、すると C_3A も減少する。第2に、フライアッシュや高炉スラグ微粉末を出来るだけ多く混入して、フライアッシュのポゾラン反応性または高炉スラグ微粉末の潜在水硬性によって水酸化カルシウムの大部分を消費させることが考えられる。しかし、以上の考えに基づいて実験した結果は、後述するように、十分な耐酸性は得られなかった。これは、ポゾラン反応でも潜在水硬性の場合でも、反応速度が遅いため、水和反応によって生成した水酸化カルシウムがこれら混和材と反応する前に硫酸と反応するためと考えられる。この改善策として、材齢初期に強度発現性の高い高炉フュームに注目した。しかし、高炉フュームと普通ポルトランドセメントの二成分系の場合も十分な耐酸性は得られず、普通ポルトランドセメントと高炉フュームをベースに、フライアッシュまたは高炉スラグ微粉末を混入する三成分系の組み合わせを行い、初めて希硫酸中 (pH=1 程度) での暴露試験において良好な耐酸性モルタルが得られた。

4. 高炉フュームの特徴

高炉フュームは中国の小型溶鉱炉の炉頂から集塵される超微粉末ダストで、平均粒径約 $4 \mu\text{m}$ 、比表面積 $21,000\text{cm}^2/\text{g}$ 、写真1に示すように、球形をしており、セメント粒子の $1/10$ 程度、密度 $2.05\text{g}/\text{cm}^3$ である。炉内の高温で気化した SiO が炉頂で酸化され、シリカ SiO_2 となるが、急冷されるために結晶化せず、反応性の高い非晶質 (アモルファス) となる。ナトリウム換算の R_2O が約 6.9% と高く、収縮を低減させるためか石膏が約 20% 添加されている。

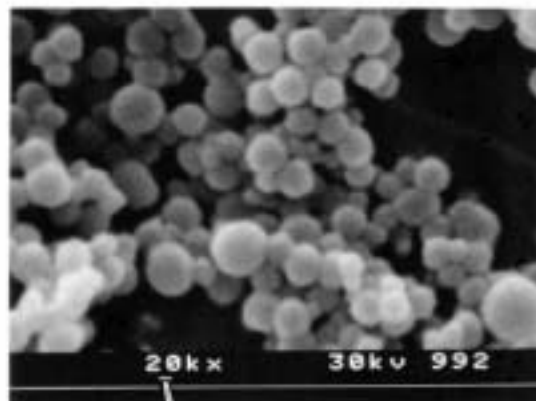


写真1 高炉フューム

日本の高炉は近代化されており、熱をリサイクルするため排ガスがほとんど出ない構造となっているため、高炉フュームは日本では採取出来ない。溶鉱炉の下部で、銑鉄の上に溜まる高炉スラグとは異なり、潜在水硬性でなくポゾラン反応性が高い。高炉フュームをセメント重量の 15～25%置換したコンクリートは強度発現性が高いため、中国では高強度コンクリートに使用されている。しかし、材齢初期の強度発現性は大きいですが、その後の強度の伸びは非常に小さい。従って、長期に強度を発現するフライアッシュや高炉スラグ微粉末と高炉フュームを併用することで耐酸性コンクリートを実現出来ると思われる。

5 . 耐酸性モルタル実現のための実験

写真 2 は、pH=1.5 の希硫酸に 3 ヶ月間暴露した 5×10cm のモルタル供試体である。左側の表面がブヨブヨのものは、粉体として 100% 混入の普通ポルトランドセメント(OPC と略記)モルタルで、右側の健全なものは高炉フューム(BFF)25%、高炉スラグ微粉末(BFS)50%、OPC 25%の三成分系モルタルである。



写真 2 希硫酸暴露供試体

図 2 は、写真 2 の供試体を取り出し、表層の軟化部分をワイヤブラシで取り除き質量を測った結果である。縦軸は重量変化率、横軸は使用セメント量を表す。OPC のみ(無混入)はセメント量 100%の質量変化率で、BFF25 は高炉フューム 25%と OPC75%使用の二成分系モルタルのことでセメント量 75%の上にプロットした。BFF25 BFS50 は高炉フューム 25%、BFS50%、OPC25%の三成分系モルタル、SF はシリカフュームを混入したモルタル(比表面積 200,000cm²/g の超微粒子)である。

ここに、無混入の場合は 30%質量が低下しているのに対し、OPC25%使用の三成分系モルタルでは低下なし。また、OPC50%付近の二成分系では 15～20%低下した。この実験結果から、硫酸による劣化は、セメント使用量の増加に伴い比例的に増大することが解かった。

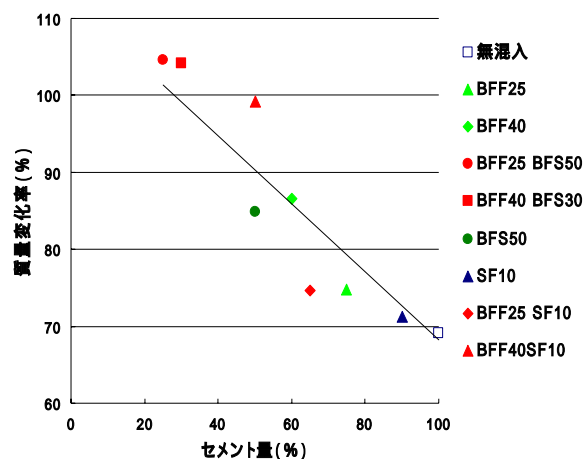


図 2 質量残存率とセメント量の関係 W/B=0.3,標準養生後 14日 pH=1.5 に暴露

6 . 暴露試験の経過

写真 3 は、下水道内に 2 年間暴露した二成分系モルタルの劣化状況を示したもので、測定時の pH=2 程度であった。SF10 (シリカフューム) の場合、セメント量が 90%あるためか、劣化が著しい。

写真 4 および写真 5 は pH=0.5 の希硫酸中に 3 ヶ月間暴露した状況下での、写真 4 は、フライアッシュ(FA)20%と OPC80%の二成分系モルタル。写真 5 は、BFF20%、FA40%、OPC40%の三成分系モルタルの場合を示している。

三成分系の場合は原形をとどめ、質量減少がわずかであるのに対し、二成分系の場合は供試体表面がタマネギの皮を剥くように剥離して、約 25%質量が減少した。

写真5の三成分系では、供試体が原型を留めているため圧縮強度試験が実施できた。その結果は図3であるが、硫酸浸漬による影響で圧縮強度は、同一期間 20 水中で標準養生した場合の 1/2 程度に減少している。しかし、実構造物の断面は大きいので、従来のコンクリートの場合より遙かに耐酸性の大きいものが実現できたと思われる。



高炉フューム 30% 高炉スラグ微粉末50% シリカフューム 10%

写真3 下水道内気中部暴露供試体

7. 実験結果のまとめ

下水道コンクリートの硫酸による劣化を防止するためには、硫酸と反応する水酸化カルシウムの量を極力減少させることが必要である。そのためにはセメント量を 30% 程度に減少させ、減少分をフライアッシュや高炉スラグ微粉末の多量添加で置き換え、ポゾラン反応や潜在水硬性によって水酸化カルシウムを消費させればよい。しかし、この二材料では早期強度の発現が不足するため高炉フュームを添加することによって大幅な改善成果が得られた。



写真4

OPC(70%)+FA(30%)



写真5

OPC(40)+FA(40)+ BFF(20%)

(pH=0.5 希硫酸中)

8. 今後の展開

本研究はいま、企業との共同研究において

耐酸機構の化学的解明

高炉フュームの代替材開発

をテーマとして活動中で、今後の結果報告に注目していただきたい。

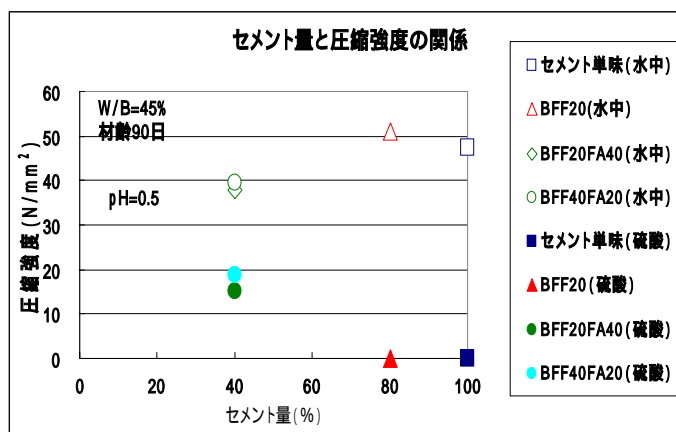


図3 希硫酸中暴露及び標準養生したモルタルの圧縮強度

参考文献

- 1) 松浦将行：東京区部における計画的、効率的な下水道管渠の再構築、土木学会誌、特集「社会資本へのアセットマネジメント導入に向けて」、Vol.89No.8, pp.027-029, 2004
- 2) 土木学会コンクリート委員会化学的浸食・溶脱研究小委員会：コンクリートの化学的浸食・溶脱に関する研究の現状、コンクリート技術シリーズ、2003,6
- 3) 日本下水道事業団・技術評価委員会・防食専門委員会：下水道構造物に対するコンクリート腐食抑制技術及び防食技術の評価に関する報告書、2001,3