土木工事における高分子工の応用

——工事の施工可能性を増大する新工法——

金森誠之*

1. はしがき

分子量 10 000 以上を有するポリエチレン，塩化ビニリデン，ホリエステルなどの高分子材料を土木資材とした高分子工を生むと，従来の土工，石工，コンクリート工，鉄工などでできなかつた工事も可能になり，できる工事も非常に容易に，迅速に，安価になる。

われわれの土木工法は，われわれの力だけでは画期的な進歩はできないのであつて，新しい材料が生れたとき躍進する。

鉄材が生れたとき，セメントが生れたとき，皆そうであつた。1940 年頃から高分子材料が生れ育つて，強い，腐らない，軽い材料ができ，それが一日一日と安価になつて行つている。世界の土木はこの福音をよそごとのようにそしらぬ顔をしている。それではならないと私は叫びたい。テレビを見るとき，石油からのナイロンの靴下をはいたとき，人工衛星が地球を廻り初めた記事をよんだとき，土木の私達は大体明治大正の技術で数千億円の金を使つている。ことに肩身の狭い思いをしていながら……。

2. 堤防被覆高分子工

例えば，**写真—1,2** は筑後川の大洪水で，破堤直前の越流状況の決死的写真である。

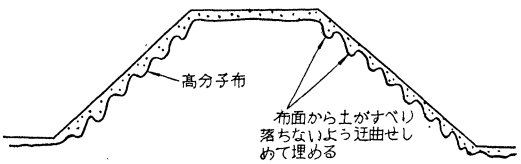
われわれはこのように全川にわたつて越流が初まると，水防ができないとして，逃げてしまつている。これで切れない堤防は作れないとしてあきらめている。

写真—1 東櫛原堤防取付附近破堤直前
(昭.28.6.26.17 時頃)

写真—2 同　　上

それが，ポリエステルなり，塩化ビニリデンなりの布を **図—1** のように埋めて置けば，利根川，筑後川といつた大河川でも，その上を深さ 1 m で越流する時間は，お

図—1



そらくは数時間にすぎないであろうから高分子工は破れない。越流しただけの水量では人蓄は安泰である。こうした写真も決死でなしに，芸術写真になるであろう。しかもその工費は厚さ 1 m の土砂の値段に相当するのみであり水密で，堤防から浸潤線などという言葉が消える。

土木工事では，先例はという言葉がある。先例によつて工事をやつておけば自分の責任がまぬかれる，ずるい考えである。先例は先例はと仕事をして行けば絶対に進歩がない。こうした工法も，化学者は腐らないといつてもその先例はと聞く。こうしていては百年またねば行われないだろう。

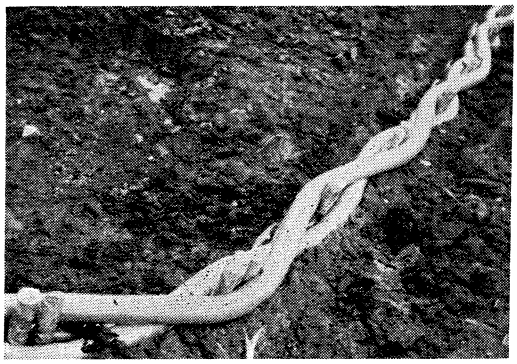
しかし，例えば溜池の堤防で，高分子工を使わず，越流し破堤して人を殺したとき，施行者は，一応不作為による犯罪人として取調べられるときもくるであろう。

3. 高分子 Tubeconcrete 工

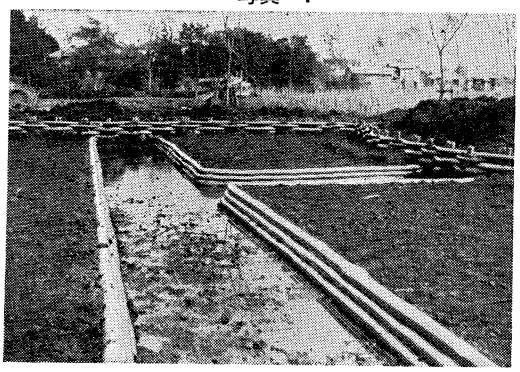
ささやかな不可能としては，**写真—3,4** に見る，鉄筋コンクリートの柵工である。ダンスホール フロリダの山名社長の家に遊びに行つたところ，外人のために広大な庭を公開していて，菖蒲園を掘削中であつた。この岸

* 正員　工博　金森綜合土木研究所所長

写真—3



写真—4



に，日本庭園にふさわしい，くさらない柵工がほしいという。コンクリートの柵工は従来の工法では不可能であるが，高分子工では写真のごとく美しくできた。

工法は，ポリエチレンのチューブに，ソーセージのように生コンクリートをつめながら横たえてゆく。非常にやさしい工法で，この工事は，植木屋と二，三人の手伝いとで，4 000 円/m³ のコンクリート費と，15 円/m のポリエチレン フィルムでできている。

筆者はこの工法を Tubec-oncrete 略してチューコン工と名づけている。

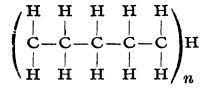
4. 高分子工とは

高分子工の例示は後にゆづり，高分子工になじむためには，まず合成高分子とは，土木工学的にどんなものであるかを知らなければ油が乗らないであろう。

筆者も丸善などへ行つてこれに関する本を探したが，いずれも応用化学への本で，ぴつたりと捕えにくかつた。「化学反応でできる天然物と同じ化学構造のものを合成高分子という」のも一つの定義らしいが，これではわからない。

ポリエステル樹脂はどんなものかと調べると「カーボキシル基と，水酸基との間に，エステル結合が高分子形体の主要原因となつている化合物をポリエステル樹脂という。というのでは，おそらく，土木屋として，筆者だけが化学智識が足りないから悪いのだとは思えない。

亀の甲でポリエチレンは



だといわれてはなおさらわからない。

専門家に教えられ，読書百ペン意自ら通ぜしめて，ようやく土木工学への合成高分子はまあこんなものとわかつた。

まず私達は1から初めなければならない。

物体は分子から成り分子は原子からなり，原子は電子，中性子からなり，どの原子も同じ電子，中性子から成つているが，その数，運動の仕方で，異なつた原子—分子—物質ができているのである。

一方物体が結合するのに，三つの仕方があつて，食塩のように，イオン結合をしているもの，鉄のように金属結合をしているもの，ダイヤモンドのように主鎖の各原子は電子を共有している，共有結合をしているものであつて，共有結合は最も強い結合で，石綿は，一次の線状の共有結合であるから，糸状に割きやすく，雲母は二次の網状の共有結合であるから，板状に割れやすい。三次の立体的に共有結合をしているダイヤモンドはいずれの方向にも強い。科学は日進月歩して，2 000 気圧，3 000 度というような装置が，百億円くらい出せばできるようになつて人工で共有結合をなさしめうる時代となり，分子量 10 000 以上の共有結合のした高分子材料を創造した。低分子材料の合成では性質が変らないが，高分子材料は，熱にも強く，耐酸耐塩基であり，非常に強い変つた優良の材料が生れたのである。分子量が多ければ多いほど強いようである。

そうなると，いろいろのものから，高分子材料がまるで元の形と変つてできるようになつた。そうしてそれらがその性質を改良するとともに，いままで捨てていた物質，例えば石油精製時における廃ガスなどからもできるようになつた。特に土木界への導入可能は値段の安くなつたことで，今日なお一日一日と安くなつていつている。特に画期的に安くなりそうな望みは，放射線照射によつて共有結合が行われ，すでにエチレンからポリエチレンを生んだそうで，やがては砂利，砂と同じ値段にもなるときがくるかも知れない。高分子界は恐ろしい早さで進んでいる。われわれ土木屋も先例は，などといつてはおられないはずである。

合成高分子は各種多様あるが，つぎつぎへと望ましい材料も生まれてくるであろう。ポリエステル系から鉄材の数分の一の軽さで，鉄材の強度に数倍し，鉄材より安価な橋梁のできる日も夢ではないと推察される。

最初私達の身近に表われたのはビニールで，土木的にはそう望ましい材料ではないが，土木の人で合成高分子材料をビニールと称し，「買つた鞄はすぐ壊れたよ」などいつている幼稚な人さえ少なくない。

今日土木への材料はビニールも使えるが，石油から作るポリエチレン，塩化ビニリデン，ポリエステルで，シリコンも二次的には使える。

ポリエチレンはフィルム状にしてコンクリートの型に塩化ビニリデンは，繊維の布状にして，護岸布，沈床布などとして最適であろう。ポリエステルは非常に強く，鉄に比し目方は1/6，強さは80％，淡路への橋など楽々とかけれる。また従来鉄の腐食で困つた海中工作物の問題はただちに解決される。

いずれも，多少紫外線による老化があるが（これも除かれつつある）絶対に腐らない。強い恒久材料であることは化学者は証明している。

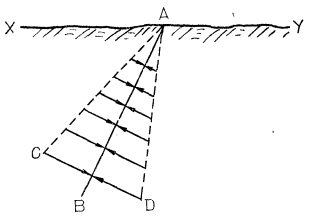
5. 完璧の間知石積

筆者は間知石積はわが国独得の優秀な土留壁工法として，また現実に城の石垣の地表に平静に対抗しているのを見て，かつは米軍進駐時，計算の理論がないからといつて，使用を禁止されたということに反発して，完璧の間知石積を志していた。

間知石積には理論がないのではない。築城上の秘法として，秘かに伝えられていたのであろう。宮内省に蔵せられていた紙型などからして，筆者は一応推察し，筆者の土圧論というより〝清正の土圧論〟であつたろうを立てた。従来の土圧論は，机上の数学的歩みはもつともらしいが，実用上まことに曖昧なもので，安息角は30°などとまことしやかに計算しても，そこの全土質が，一様にそんな状態であろうことは絶対にない。雨水のしみ込み方でまた違つてくる。松が一本生えても根本から崩れてしまう仮定の計算でそれが横行して，数億円の工事が年々行われている。近ごろクレーの理論が用いられるようになつたが，まだまだ勾配の壁の計算には使われない。クーロンは荻生租来，ランキンはペルリが浦賀へ来た昔の理論である。日本人は片仮名の人を尊敬する習慣の人が多い。

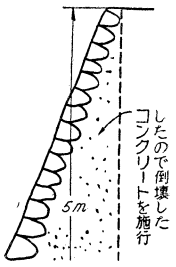
そこでカトウキヨマサの土圧論を述べよう。**図—2** に示すように，無限につづく X-Y を表面とする地中において，任意の面 A-B を考えるとこの面は安泰で，雨が降ろうが地震があろうが平静無事である。これは，この面に作用する土圧 ABC と ABD とが常に等しいからである。いま XBD の土を取り去つたとすると，A-B 面には，この面に土圧 ABD が働いてくる。

図—2



キヨマサは，土圧 ADE に対して，石垣で土圧 ACB と同じように働かしめたのであつて，石垣は空積で，フレキシブルに，土へよりかからせることによつて土圧を殺している工法をとつたのである。理論を記していると長くなるから次の機会にゆずり，結論的に石と石とは，フレキシブルにかみ合つて外にない構造とし，できればそれを引き止める石を所々へ設けると完璧なる間知石積ができる。

図—3

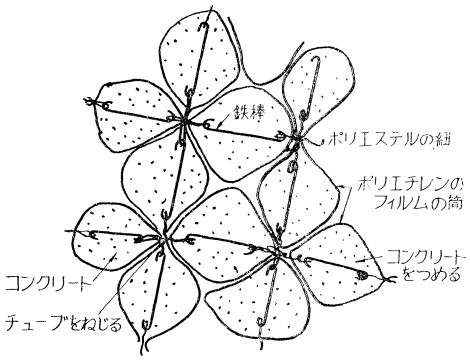


間知石積は練り積みは面白くない。はなはだしく面白くない例として，先年大淀川で，**図—3** のように，下水管か何かを入れるため，5mくらいの空積の間知石積を取り除き，復旧に点線のごとくコンクリートを裏込めにして，土へよりかかる力をなくしているを見た。これは，土へ改める石垣の力をコンクリートで殺したのだから，大変である。止めよと忠言したが，空積でも大丈夫なのにコンクリートで強めて弱くなるはずがない，とそのまま施行したが，もちろん埋戻しと同時に倒壊したそうである。

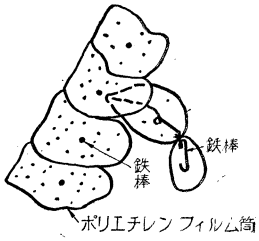
石と石とを抜けないようにかみ合わせて完全に抜け出さないようにし，必要なカ所で，引つぱりをつける間知石積は従来の工法では不可能であるが，高分子工では非常にやさしい工法である。

写真—5 に見るように，ポリエチレンの長いチューブに丸棒と，丸棒を連結する合成高分子のヒモとを通し，コンクリートをつめては，ヒモの所でねじり，次のコンクリートを入れる。ヒモはブロック5コくらい，つり下げられる強さにしておいて写真は層に積んだが，**図—4**

図—4

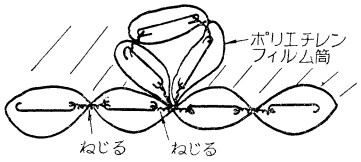


図—5



写真—5

図—6



のように谷積として交叉せしめ，図—5 および 図—6 のようにブロックを土中に埋める。

ブロックとブロックのかみ合いは，手で押せば生コンクリートだから自由にかみ合わされる。場合によつては小さいブロックを間に挟むこともある。

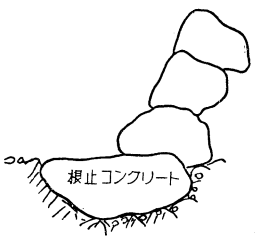
6. 護岸の根止め

チューコン高分子工は，水中コンクリートにおいて，さらに有難さが加わる。排水がいらない，コンクリートを打つた上を少々の波が走つても平気である。

護岸は根止めさえやられなければ壊されないといつてもよい。宮本武之輔君も生前よくいつていたが，その根元を壊される原因の何割かは，型板を外した根止めコンクリート面に沿つて水が走り，地盤が埋戻しの弱い状態だからただちに洗掘され，それが原因となつて根止め流失することでやられている。

高分子工による根止め工は排水がいらない。締切がやられての災害がない。掘つた形どおりにコンクリートが埋まつて，もとの良地盤と密着する。従つて前面は凹凸して水が走れない（図—7）。

図—7



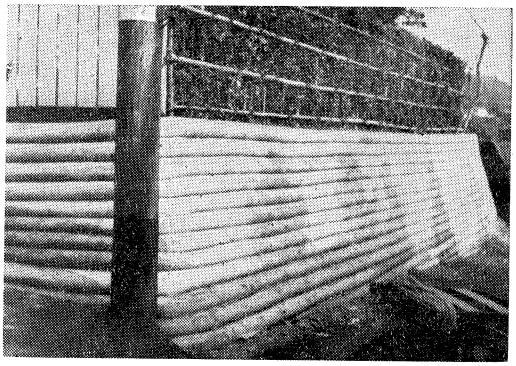
写真—6 はコンクリートの柵工であるが，柵の下部が洗掘されると自然に落ちて穴をふさいでゆく理想的な工法である。これには部分的に曲れるよう，間知石のときのようにヒモで連結して，扱つたフレキシブルの工法がよい。

写真—6

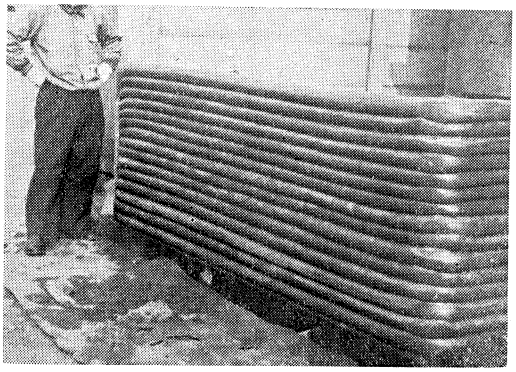
7. ウエルとケーソン等

写真—7 は屋敷の土留壁，写真—8 は垣根の壁であるが，互いにかみ合つている一つの状態を示したもので，ウエルにしてもケーソンにしても，四隅またはとこ

写真—7



写真—8



ろどころに鉄筋コンクリートの杭を打ち込み，水中でこのようにチューコンを重ねてゆけばできる。場合によつて柵に編んでもよい。この工費の節減たるや莫大なものである。

排水して中埋めコンクリートを施してもよいが，プレパクトで中埋めすれば，チューコンに水圧を受けないから，なおさら容易である。

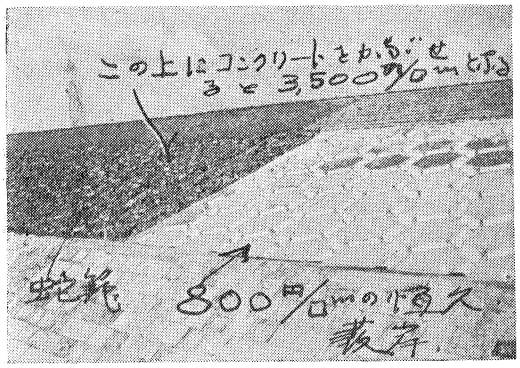
8. ポータブル護岸

これまで一時の応旧工事の護岸に用いる工法は蛇籠であるが，蛇籠が用済になつたから，籠を外して玉石を取出して片づけることはかえつて費用がかかるので，本護岸を施工するには，そのままその上にコンクリートを施工する習慣になつている。

和歌山県の有田川，日高川は昭和 28 年の大洪水で，復旧工事の築堤中，再び洪水に襲われ，護岸のやつていない 5,6 億円からの工事が流されてしまつたので，築堤ができると急いで護岸というので蛇籠護岸を施したが，

3億円ものそれらが改築しなければならなくなつて，これにコンクリートをかぶせると，そう大切でもない護岸までも，3500円/m² もかかると悩んでいる。いま両川で施工している。亀甲構法ワク工は永久護岸で，800円でできているのだから，あきらめきれないらしい(写真—9)。

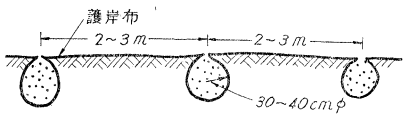
写真—9



蛇籠工を永久工法とする高分子工を研究中で，そのみとおしもついているが，後述することにして，それよりも塩化ビニリデン，またはポリエステルの繊維で，1 m² 当り 300～500 円 の布が織れる。ヤール幅で強さは数トン，酸にも塩基にもやられない。水へつけると強度は2割くらい増す。必要に応じ水密にもできるというポータブルの護岸材料ができる。筆者は護岸布と名づけている。

護岸布による護岸は，石橋をたいての工法としては，蛇籠のごとく径 30～40 cm の筒をつくり，これにその現場の土砂を入れれば，蛇籠より安価で，恒久で，用ずみになれば取片ずけて別の場所で再使用できるが，それまでの必要はない。図—8 に示すように，2～3 m ごとに 30～40 cm の包土をこしらえ土中へ埋め，その上に盗難よけのタールかアスファルトを流し土砂をかぶせ

図—8



る。これでは人夫四，五人で1日 100 m² 以上の早さでで き，工費 500～700 円でたりる。

9. 結　　論

高分子工によつての土木工法を革新する工法はまだまだ続くが，すでに筆者が解決していることに次のような問題がある。

a) 道路の駒止めで，自動車がぶつかつても，絶対に落ちない工法。

b) 土工中，降雨があつても泥化せず，できれば雨中でも機械化施工のできる工法。

c) 砂防工事で，排水費を皆無にする工法。

d) 重力擁壁の大部分を，その場所の土砂を用いて工費をいちじるしく低下する工法。

e) 杭打工において各地層にあるすべての堅い層を利用できる杭打工法。

これらについてはまた稿を改めて述べることにするが，各位のご意見もぜひ伺いたいと考えている。このほかに大きな問題として，水防工法があることだけをここに強く書き加えておく。

海岸保全施設設計便覧

本書は海岸保全のための構造物建設に従事する技術者に，調査，計画，設計についての統一的な考え方を示し，現段階における海岸工学の理論，実測結果などをいかに応用すべきかを，実例をもつて示すことを目的に書かれたものです。

体　裁：A5 判 242 ページ，口絵写真2ページ，上質紙使用・図表多数，ビニール・クロース装上製
頒　価：**一般　350 円（〒 30 円）　　会員特価　300 円（〒 30 円）**

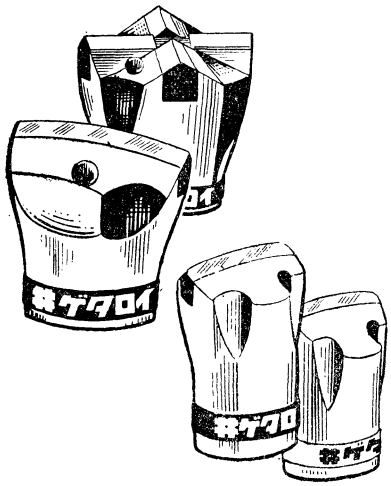
改訂コンクリート標準示方書

一昨年11月初版刊行以来現在第6版を頒布中であります。まとまつた御註文が多いため，発送上の手違い，その他で御迷惑をおかけした向きもあるかと存じますが，何卒悪しからず御諒承下さい。

体　裁：B 6 判 350 ページ，上質紙使用，ビニール・クロス上装本
内　容：無筋コンクリート・鉄筋コンクリート・コンクリート舗装・ダムコンクリート・各部門の標準示方書および土木学会規準（標準試験方法，その他）
頒　価：**定価　350 円（〒 35 円）　　会員特価 300 円（〒 35 円）**

作業の合理化に！ 超硬工具

井ゲタロイ



クロスビット

カービット

住友電気工業株式会社

大阪・東京・名古屋・福岡

セメントコンクリート　11月号　No. 129

コンクリート骨材特集

B5判　166ページ
特価1部150円〔〒20円〕
（10部以上まとめて御注文のときは送料不要）

——内　容——

・わが国最近のコンクリート骨材事情	通産省窯業建材課	山本源一郎氏
・地質学並びに岩石学的に見たコンクリート用骨材	建設省土木研究所	小野寺　透氏
・コンクリートに及ぼす骨材性質の影響	北海道大学	横道英雄氏
・現在わが国各地方に生産せられる骨材	建設省各地方建設局7ヶ所	
・品質管理上から見た骨材についての注意事項	国鉄施設局土木課長	坂本貞雄氏
・笹川ダムにおける骨材の製造	福井県真名川開発建設事務所長	井上清太郎氏
・軽量骨材	建設省建築研究所	平賀謙一氏
・放射線遮蔽用骨材	日本セメント株式会社研究所	佐治健治郎氏
・川砂利から砕石へ（鉄筋コンクリート建物への砕石の利用）	東京大学	浜田　稔氏
・海岸砂の利用と塩分含有量	明治大学	狩野春一氏
・高炉スラグ砕石のコンクリート骨材への利用	八幡製鉄株式会社	中村　清氏外
	日本鋼管株式会社	栗山俊次氏外
・骨材の試験	建設省土木研究所	伊東茂富氏
・骨材に関する文献 土木関係	建設省土木研究所	山田順治氏
・骨材に関する文献 建築関係	〃 建築研究所	白山和久氏
・骨材関係の特許実用新案抜萃	特許庁無機材料課	小松秀岳氏

発行所　社団法人　日本セメント技術協会　東京都港区赤坂台町1番地　振替東京196803　電赤坂（48）8541～3