

が安くすむことで、したがって、より遠い島での発電が可能となる。冷却用水、補給用水、送電などの技術的な問題はほとんど火力発電と同じである。

電力生産に関しわが国に独特なものとして、将来重要性をおびてくるのは、地熱発電であろう。地熱のエネルギーの発生源は、根本的には地球内に存在する放射物質であると考えられており、したがって、その潜在的エネルギー量は、鉱物資源としての放射能物質にたよる限りでの原子力発電に比較すれば、無尽蔵といえるものである。日本は世界一の火山国であり、構造地質的に地熱の存在状況が明らかにされ、加うるにボーリング技術が進歩するならば、地熱開発は飛躍的に発展する可能性もっている。現在のわが国の地熱開発技術の発展から押し、恐らく 30 年後は、出力において水力発電をしのぐものとなろう。将来は現在のように 1000 m 内外の深さの地熱を利用するだけではなく、5000~10000 m あるいはそれ以上の深さの地熱までが利用されるようになるであろう。また、余談ではあるが、この地熱開発の技術をもとにして、現在は災害としか考えられていない火山爆発や、地震を制御することが問題になり始めるころであろう。

地熱発電と水力発電は、地域的な性格が強いので、その供給区域は、電力を集中して消費する都市以外の地域を主として分担することになる。

石油や電力にくらべると消費量はきわめて少ないが、エネルギーとしては無視できないガス、蒸気、温水の供給問題がある。これらはおもに都市地域で発達するものであるが、ボタンとコック時代の生産と生活には欠かすことのできないエネルギーである。

ガスは産炭地付近では現在どおりの石炭ガスが中心になっているかも知れないが、全国的に見るならば、石油と同様シベリヤ方面からパイプラインで輸送されてくる天然ガスが、主要な部分を占めるであろう。また、この天然ガスは化学工業の原料としても重要な役割りを果たすものである。

蒸気の熱源に、冶金工場などの副産物として生ずる余熱も若干用いられはするが、その主要な部分は地熱の開発によって採集された蒸気であろう。温水も主として地熱開発によってもなって副次的に産出する多量の高温泉のうち、不純物の少ない良質のものが用いられ、不足分は都市に供給されている蒸気で上水を加熱して補なわれることになろう。したがって、都市ではこれらのエネルギー輸送パイプに加えて送配電線、上・下水道用のパイプなどが各家庭や各工場へと、四通八達するので、これらを合理的に配置した共用溝の根本的な建設が行なわれなければならない。

現在、人為的には放置されており、ある意味ではただ

乱獲の対象としかになっていない大洋における海産物の有効利用、すなわち、大洋の田畑化、牧場化がそのころには実現されている。そのエネルギー源として、陸を離れた大洋の中でも利用できる、黒潮、親潮などの潮流力による潮流発電、海洋の深部と表面との温度差による発電や波力発電、潮流発電、風力発電なども小規模ではあるが開発され、また、移動自由な原子力発電船などが大活躍をするであろう。

夢のような話と思われるかも知れないが、30 年後に実際問題となってくるのは、月世界でのエネルギー開発である。月と地球の往復ははるか以前に成功しており、すでにかなりの人々が月世界で長期的に生活するようになってきている。大気がきわめて稀薄で真空に近いので、月は天体の観測には地球よりはるかに適している。また、月の表面では引力は地球上の約 6 分の 1 であるから、他惑星探検用のロケット基地としては好適である。これらの装置の生産を月で行なう必要があり、そのためにはまずエネルギーの開発が行なわれなければならない。初期の段階では恐らく曇ることのない月では太陽熱の利用がエネルギー開発の中心となろう。(筆者・電力中央研究所)

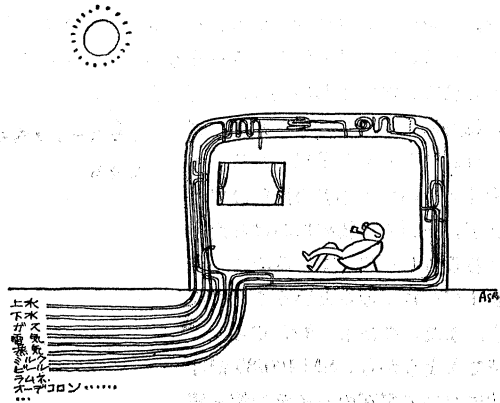
その 6

土木構造物と材料

横道英雄

土木構造物たとえば橋は、あらゆる二次応力を含む厳密計算が行なわれる結果、材料強度に対する安全率はいまよりも小さくとられ、材料の進歩と相まって、部材断面の寸法は今日にくらべて大分小さくなるはずである。

四通八達する各種パイプを合理的に配置せねばならない



このことはプレファブ化の促進に重要な役割りを果たす。そうでなくても、公共事業量の増大と、労働時間の短縮、監督官の不足などを解決するためにプレファブは必至のものであり、また、一方において、全国道路網、特に高速道路の一応の整備とトレーラーをふくむ輸送機関の発達、および組立用起重機車の能力の巨大化などによって、山間町村のすみずみにまで長大重量物をふくむ部材輸送力が増大し、世はあげてプレファブ時代となることは明らかである。

そして材料が鋼であるか、コンクリートであるか、あるいはその他の材料であるかのいかにかわからず、橋のほとんどの部材が工場生産となり、現場においては単に機械を駆使してこれらのユニットを組立てることが主な作業となる。事業主側の監督官はほとんど立会の必要がなく、完了後に載荷試験、その他の科学的な試験調査による検収が厳重に行なわれる。

それでは構造用の土木材料はどうであろうか。橋でいえば、その時代の技術は最大スパンの記録によって表象されるから、長大橋を実現するためには、「より強く、より軽く」という、材料に対しての欲求がますます激しくなるのは当然である。

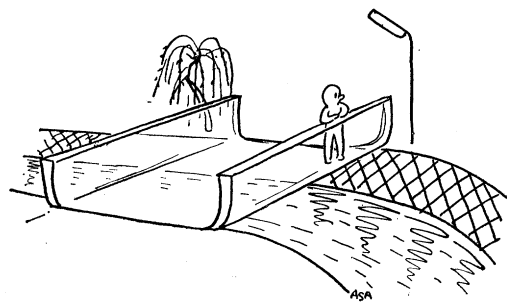
まず、鋼についていえば、スパン1000m以上の超大橋は別として、1000m以下のスパンの橋に対して一般に用いられる構造用鋼としては、今日の記号をそのまま用いて表わすものとすれば、SM100/85級鋼(85は降伏点)ぐらいに落着くであろう。もちろんこれ以上の高性能をもついわゆる強靱鋼が今日でも可能であるが、これは大砲の砲身などの特殊用途のもので、特定の製鋼所で製造しうるにすぎない。製鉄所において大量生産が可能であり、しかも適当な市場価格のものという条件を考えればSM100/85ぐらいが適当のところである。また、このころになれば溶接技術の進歩はいちじるしいものとなっていようから、特に溶接性を問題にする必要はないとも思われるが、一応は溶接性についても優秀なSM鋼であるとしておく。化学成分は現在使用されているシリコン、マンガン、コロニウム、バナジウム、チタンなどのほかに、いまは高価と見られるもの、もしくはまだ考えられていない新しいものなどで、意外に安く入手できる元素の発見されることも十分予想される。耐腐食性についても相当の期待はできようが、一方では塗料における進歩がいちじるしくなっているの、やはりまだこれに頼るといことになろう。また、のびも19%ぐらいは維持できようから、SM100/85鋼は大体において現在のハイテン鋼と同

プラスチック橋もできる

じような取扱いができるもので、強度が2倍になったと考えてよい。しかし、許容応力度は上述の理由から少し高くして降伏点の約70%の6000kg/cm²はとり得るので、SM50の約3.7倍になる。このことだけでも、部材断面の寸法が現在に比してかなり小さくできることが考えられる。工場における合成断面の製作はもちろん溶接によるが、現場における部材継手には、ハイテンボルト、ハイテンリベットとならんで、高性能自動制御方式の溶接機による現場溶接が実用化されるのも遅くはないであろう。

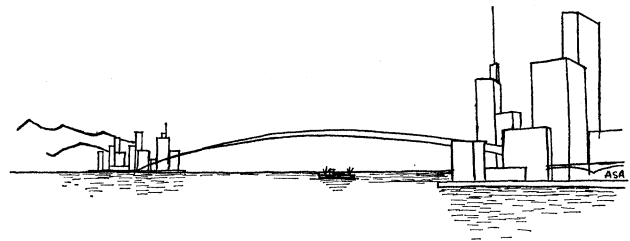
つぎに、コンクリートは依然として鋼とともに土木材料の主役をつとめている。レディミクストコンクリートの利用万能時代となり、コンクリートの品質管理に対する信頼は高くなり、現場コンクリートの設計強度は600kg/cm²が一般に用いられる。極端なプレファブ化が行われるので、RC、PRC、およびPCの部材は工場生産となるが、工場製作の場合は強度800kg/cm²のコンクリートが実用化される。セメントの品質改良による引張強度の増大はあまり期待できないとしても、鉱物繊維、または人造繊維の混和によって、コンクリートの引張強度は現在の2~2.5倍、すなわち圧縮強度の20%ぐらいにはなる。また、収縮をなくする膨張セメントも可能であると思われるから、引張強度の増大と収縮応力の除去が得られることにより、RC桁のひびわれ安全度がいちじるしく増加し、圧縮強度の増大と相まって、RC、PRCの応用範囲が画期的に増大する。このことはまた、コンクリートひびわれ安全度の増大により現在の2倍以上の強度の高張力鋼、たとえば115/95級の異形棒鋼が使用可能となることによって促進される。

さらに考えられることは、アルミナセメントの実用化である。これによりコンクリートの圧縮強度1200kg/cm²は可能となり、しかも材令1日で、その75%の強度が得られるから、このためコンクリート部材の寸法はさらに縮少しうだけでなく、プレファブ部材の現場接合がいちじるしく有利となる。価格は、大量生産によって現在の普通セメントの約5倍から2倍程度に低減するであろうから、経済的にも十分実用しうるに違いない。



つぎにプラスチックはどうであらうか。現在すでに熱硬化性樹脂系の強化ポリエステル樹脂 FRP では、引張強度 42、圧縮強度 48 (kg/mm²) で比重 1.8 という、軽量で、しかも鋼に匹敵する強度をもつものが製造されていることから、将来新しい化合物の発見、混合物の開発、

ウルトラ C・
長大スパン橋



それらの製造方法と、製品化の方法の進歩発達などによって、さらに高強度が予想される。プラスチックの利点としては、軽量であるため死荷重は減少し、運搬組立てが容易であること、圧延の必要がなく、任意断面の部材作製が容易で、しかも寸法の精度は高いこと、強度はコンクリートより大で、鋼に匹敵しうること、耐久性がよく、塗料などの維持費を必要としないこと、現場における組立は接着剤、その他の方法を用いて比較的簡単に行なうることなどである。ただ欠点としては、せん断強度は鋼に劣ること (引張強度の約 35%)、ヤング係数が小さいこと (引張強度の約 80 倍)、最後に価格の高いことがあげられる。価格については単位容積当りでは現在鋼の 1.8 倍であるが、将来大量生産によってその 1/2 には低下しようと思われるから、その物理的性質をよく利用することにより、橋などの主構造材料として、鋼、およびコンクリートにつぐ重要な地位を占めるものと考えられる。ただし、ヤング係数がコンクリートとほぼ同じか、またはそれより小さいので、鉄筋用としてはあまり有利でなく、したがってプラスチックは単独の構造用材として、もしくは他の材料の部材との合成による合成桁として用いられる。

最後に以上のような土木材料の発達にともなって、構造物ではどのような発展を見るであろうか。土木構造物の代表である橋について考えてみよう。

まず橋のスパンについては、最大スパンの形式としては、やはり鋼吊橋であって、今日の世界記録 1300 m (ニューヨーク、Verra Zano 橋、1964 年) から 2000 m 台へと発展するものもそう遠くないことであろう。もし必要性と、地理的条件などがそろえば、スパン 3000 m の鋼吊橋の架設も可能である。わが国でも、四国~本州の交通連絡橋としてスパン 1000 m 級の鋼吊橋、および 500 m 級の PRC、または PC 桁橋 (またはアーチ橋) がすでに架設されているであろう。また、関門トンネルはすでに限界交通量に達し、その解決策として 1500 m

の海峡は格好の地点であるから、工期および工費において有利な長大橋の架設を見るに違いない。青函トンネルはすでに築造されているであろうが、これに刺戟されて、国道の連絡も当然問題となり、同じ理由から長大橋架が計画され、架設されることになる。ただし、この場合最大水深 140 m を克服しなければならないが、サンフランシスコの Transbay 橋において 1936 年すでに水深 73 m での橋脚工事に成功していることを思えば、水深 140 m は可能であると考えられる。スパン割りとしては、鋼橋の 2000~3000 m 級スパンを主軸とし、これにコンクリート橋 1000 m スパンが配せられる。このうち 1000 m のコンクリート橋は、PRC 構造の 1 ヒンジ連続桁で、プレファブ式突出し架設工法を用い、圧縮強度 1200、引張強度 240 kg/cm² のコンクリート、200/160 級高張力異形棒鋼直径 60 mm を使用した場合、桁高 3~70 m、有効幅員車道 9.5 m、歩道 2×3.0 m に対し、1 径間分コンクリート 56000 m³、鋼材 14000 t に達するものと思われる。

以上のような長大スパンの橋は別として、1000 m 以内の中、小スパンの橋の工事量も今日以上に増加することは十分予想される。特に都市交通における高架橋では、下部工事の既設構造物におよぼす影響、用地買収などを考慮して 100 m 単位のスパンの 2 層または多層式橋が要求される。しかも、支保工を用いないプレファブ急速施工法が用いられる。また、交通量と自動車荷重の増大および耐用年限などの理由から、既存橋の架換工事も行なわれる。地域開発の進むことにより河川流量は増加の一途をたどることになるが、堤防の間隔はむしろ狭められて高くなり、このことから橋の架換え、および新設が盛んになる。これらの橋では、経済条件、施工条件などに応じてそれぞれ適当の材料が用いられるであろうが、一般的にいつては 100~1000 m は鋼橋、30~300 m はコンクリート橋、30 m 以下はプラスチック橋が主に用いられよう。 (筆者・正会員 北海道大学教授)

水理講演会講演集頒布

第 8 回 水理講演会講演集	B 5 判	78 頁	定価 450 円	会員特価 400 円 (〒 50 円)
【近刊】第 9 回 水理講演会講演集	B 5 判	80 頁	定価 600 円	会員特価 550 円 (〒 50 円)