

文献調査委員会

ボルト接合された A514 鋼大型継手の挙動  
*Proc. of A.S.C.E., ST/星 正明*  
 降雨域の移動が表面流出に及ぼす影響についての  
 実験的研究 *Water Resources Research/虫明 功臣*  
 地下貯水池式揚水発電所と原子力発電所の連繫  
*Civil Engineering/金川 忠*  
 効率的なパイプ利用方法  
*The Dock & Harbour Authority/木本 英明*  
 ジャンボ ジェット機に対する舗装評価と設計  
*Proc. of A.S.C.E., TE/島田 八郎*

ボルト接合された A 514 鋼大型継手の挙動

“Behavior of Large A 514 steel Bolted Joints”  
*Kulak, G.L. and Fisher J.W.*  
*Proc. of A.S.C.E., ST Vol. 95, No. 9*  
 pp. 1873~1886, September (1969)

この論文の目的は2つある。一つは高力ボルトで接合された構造用合金鋼 (A514 鋼) 引張部材の挙動を検討することであり、一つはそれとともに A514 鋼引張部材の設計基準を考えることである。荷重方向に2つ以上のボルトを有する引張継手において、各ボルト間の荷重分配は一樣ではなく、端ボルトで最大になり中央に向うに従ってだんだん減少していくということが認められている。この現象の理論解析法は一般的な場合についても、いまの問題の場合についてもすでに他に報告されているのでここで繰り返さない。なお、ボルトの接合形式は支圧型である。

A514 鋼の機械的性質は表-1 に示されている。他の構造用鋼との本質的な相違はその低い引張り強度-降伏応力比にある。伸びも著しく小さいが、吸収エネルギーの量はほぼ同じである。A514 鋼は圧力容器にかなり使われてきたが、そこで問題となるのは主に吸収エネルギーの量であるから、部材の延性が重要であると考えられる。橋梁および建築においては、事情はやや異なってくる。

現在 (1968 年) までの設計概念によれば引張部材における継手は、その部材の能力が十分発揮されるようになっていることが望ましいと考えられている。このことは、継手は部材が全断面降伏し得るようになっていなければ

表-1 A514 鋼の機械的性質

降伏応力 ksi (kg/mm <sup>2</sup> )	引張り強度 ksi (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)
100.0 以上 (70.4)	115.0~135.0 (81.0~95.0)	18 以上

なければならないか、あるいはもし全断面降伏する前に純断面で部材が破断するならば純断面の引張能力が発揮されるようになっていなければならないということの意味している。ボルトのせん断による破壊あるいは純断面での部材の破断による破壊は軸圧縮部材の座屈破壊と類似して急激に生じる。このことから、このような継手の安全率は少なくとも 2.0 であるべきだと考えられる。

以下の検討の基礎となるのは 7/8 in 径のボルトが 3 1/2 in 間隔でならんだ 1 列ボルト継手での理論解析である。鋼板およびボルトの強度には規格の最小値が用いられている。

ボルトのせん断による破壊と純断面での板の破断による破壊との境界は図-1~4 に示されている。A<sub>n</sub> は母材あるいは添接材の純断面積であり、A<sub>s</sub> はボルトの全せん断面積である。A<sub>n</sub>/A<sub>s</sub>=∞ は全てのボルトが等しい荷重を分担する“理想的な”継手を表わしている。A514 鋼の許容応力に 60 ksi を A490 ボルトに建築で使われている 32 ksi の許容応力を使うと A<sub>n</sub>/A<sub>s</sub>=0.53 となり、約 85 in までの継手に対し破壊は板の破断で起る

図-1 破壊形式の境界 (τ 対 L), A 490 ボルト

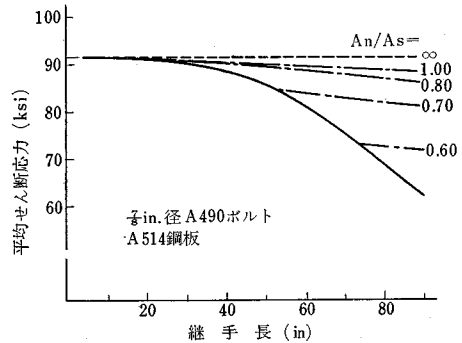


図-2 破壊形式の境界 (τ 対 L), A 325 ボルト

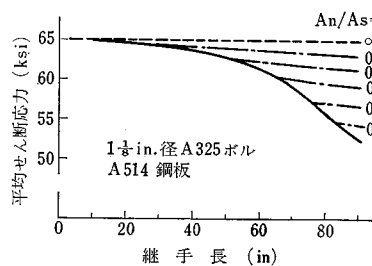
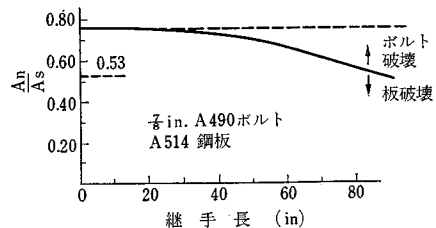
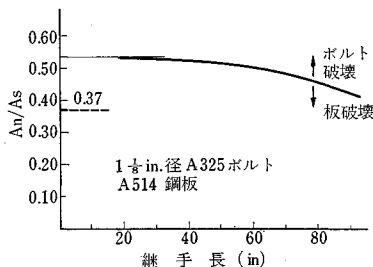


図-3 破壊形式の境界 (A<sub>n</sub>/A<sub>s</sub> 対 L), A 490 ボルト



図一四 破壊形式の境界 ( $A_n/A_s$  対  $L$ ), A 325 ボルト



(図一三)。また A325 ボルトに 22 ksi の許容応力を用いると  $A_n/A_s=0.37$  となり、破壊は板の破断により支配されることがわかる(図一四)。支圧型継手の場合について最近提案された許容応力(A490 に対し 40 ksi, A325 に対し 30 ksi)を使うと板の破断が支配的であるのは A490 では約 60 in までの継手であり、A325 に対しては約 65 in までになる。

$A_n/A_s$  比は“剛性係数”と考えられ、与えられた継手長で  $A_n/A_s$  比が増加するという事は荷重の分配がより均一になることを意味している。もちろんボルトが荷重を均一に分担する方が望ましい。 $A_n/A_s$  比を高くするには、鋼板の許容応力を下げるか、ボルトの許容せん断応力を高くするかの2つが考えられるが、後者の方が有効であると考えられる。

破壊する前に全断面降伏することが望ましいと一般的に考えられてきた。いろいろな条件により異なるが、これが A514 鋼において満たされるためには部材の純断面積  $A_n$  と全断面積  $A_g$  の比は 87% 以上でなければならないことになる。

以上のことを考慮して、ボルト接合された A514 鋼部材に対する可能な設計基準を検討する。A514 鋼に 60 ksi の許容応力を A490 ボルトに 40 ksi の許容せん断応力を用いると、60 in 以上の継手では破壊がボルトのせん断で起り、安全率を継手破壊時の平均せん断応力を許容ボルトせん断応力で割ったものとする、60 in で安全率は 2.02 となり 84 in で 1.98 となる。そしてこのボルト破断領域では終局強度に達する前に全断面の降伏が生じている。また 30 ksi の許容せん断応力を A325 ボルトに対して使うと、65 in 以上の継手でボルトの破断が支配的となり、安全率は 65 in で 2.02, 84 in で 1.98 となる。そしてこの領域でも全断面は破壊前に降伏する。したがって、これらの許容応力を用いるとボルトのせん断で破壊が生じる継手においては満足な結果が得られる。しかし最も普通に用いられる 5 ft 以下の継手では、全断面が降伏する前に純断面で板が破断してしまうであろう。このような継手においても全断面が降伏するのを保証するには、 $A_n/A_g$  が 87% 以上になるように継手で板幅あるいは板厚を増して断面積を大きく

する方法が有効である。この方法を用いれば満足な結果が得られる。しかも A514 鋼は溶接可能であるから、継手で板を溶接して幅を増すことはわりあい簡単にでき、それによる価格の増加もわずかであろう。

いままでに述べられてきた A514 鋼部材およびその継手の設計における困難さは、継手が破壊する前に全断面が降伏することが望ましいということから生じていた。しかしながらこれに代る方法が使われることも可能である。これは継手の変形能を考慮せずにただ十分な強度が得られるようにさえなっていればよいというものである。しかし、もしこの方法が A514 鋼引張部材に適用されるならば  $A_n/A_g$  比が 87% 以下のときには 60 ksi の許容応力は割引かれるべきである。

この研究の基礎となっている理論解析の有効性は多くの実験により検証されている。終局継手荷重についての理論値と実験値との相違は約 6% であった。

(委員 星埜 正明・訳)

## 降雨域の移動が表面流出に及ぼす影響についての実験的研究

“A Laboratory Study of Surface Runoff Due to Moving Rainstorms”

Yen, B.C. and Chow, V.T.

Water Resources Research Vol. 5, No. 5, pp. 989~1006, October (1969)

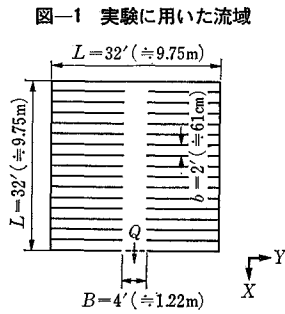
### (1) はじめに

降雨時における流域からの表面流出は、降雨の水文気象学的特徴ならびに流域の地形学的特性によって異なる。流域での総雨量が一定であっても、降雨が時間的・空間的に分布をもつので、出力(すなわち流量)も降雨の移動にともなって時間的・空間的に変化する。しかしながら、現在までに降雨の移動が流出に及ぼす影響について十分に検討した文献はあまりない。降雨の移動が表面流出ハイドログラフに及ぼす影響を及ぼすかについての情報を得るための現地実験や実験室内での研究は、従来はほとんど行なわれなかったが、最近になって、実験技術が進歩し、単純化した流域を用いて実験を行なうことが可能になってきた。このような実験手法を用いれば、さまざまな水文気象学的条件や地形学的条件を簡単にコントロールすることができるし、おのおのの要素の効果を個々に検討することが可能である。

### (2) 実験設備

実験に用いる流域の形状寸法は、図一1の通りである。流域は縦方向の水路部と横方向の表面流出部分よりなっている。水路部の勾配  $s_x$  は可変であり、横方向の斜面の勾配  $s_y$  は、すべての実験を通じて 1% に保たれ

た。斜面横方向には、 $Y$  軸の向きに水が流れるように、 $2\text{ ft} (\doteq 61\text{ cm})$  間隔に  $1\text{ in} (\doteq 2.5\text{ cm})$  の角材が張り付けてある。降雨は、水路を中心として対称な両斜面から中央の水路部に流下し、さらに水路を流下して下流端に達する。



降雨発生装置の概略は次の通りである。40 ft ( $\doteq 12.18\text{ m}$ ) 四方の面積に、 $2\text{ ft} \times 2\text{ ft} \times 13/4\text{ in} (\doteq 4.45\text{ cm})$  の降雨発生ボックスが 400 個セットされており、4 個ずつが一組となって同一の EDVA (Electronic Digital Valve) Assembly に連結されている。したがって、おのおのが流量制御のための EDVA を備えた 100 組の降雨発生単位によって、全流域は覆われている。バルブの開閉を制御することによって、任意の継続時間の 15 種類の降雨強度の雨を各単位で独立に降らせることができる。このようにして、100 組の装置を操作すれば、最大 40 ft 四方の面に、時間的・空間的に変化する雨を降らすことが可能である。

### (3) 次元解析ならびに実験データの解析

本研究では、降雨の移動が表面流出に及ぼす影響に関する基礎的情報を得るという目的で、不必要な複雑さは避け、流域上を一定速度で移動する。空間的には一様分布の降雨を用いる。また、実験中の蒸発は無視できるものとする。このような単純化のもとで、水文気象学的要素は、降雨強度  $i$ 、流域上のある点における降雨継続時間  $T$ 、降雨の移動速度 ( $W$ ) の  $x$  方向成分  $W_x$  と  $y$  方向成分  $W_y$ 、雨滴の径  $d$  および雨滴の concentration  $C$  である。一方、流域の地形学的要素としては、流域長および流域幅  $L$ 、流域の  $x$  方向の勾配  $s_x$ 、 $y$  方向の勾配  $s_y$ 、表面の粗度  $k$ 、水路部の長さ  $L$  と幅  $B$ 、横方向の表面流出幅  $b$  とその長さ  $1/2(L-B)$  が挙げられる。

したがって、任意の時刻  $t$  における水路下流端の表面流出量  $Q$  は、

$$Q = F_1(t, L, B, b, s_x, s_y, k, i, d, c, T, W_x, W_y, \nu, \sigma, \rho, g) \dots (1)$$

ここに、 $\nu, \sigma, \rho, g$  はそれぞれ、流体の動粘性係数、表面張力、密度および重力の加速度である。

次元解析によって、式 (1) を無次元表示すれば、

$$\frac{Q}{iA} = F_2\left(\frac{t}{T}, \frac{B}{L}, \frac{b}{L}, s_x, s_y, \frac{k}{L}, \frac{gd^3}{\nu^2}, c, \frac{T_i}{L}, \frac{W_x}{i}, \frac{W_y}{i}, \frac{iL}{\nu}, \frac{\rho Li^2}{\sigma}, \frac{i^2}{gL}\right) \dots (2)$$

同様に、ピーク流量  $Q_p$  とその生起時刻  $t_p$  は、

図-3 降雨の移動速度によるピーク流量の変化  
(a) 降雨  $x$  が方向に移動する場合

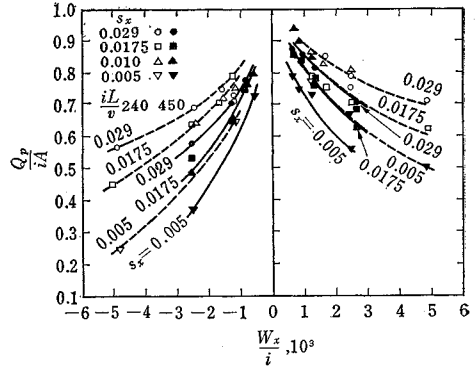


図-3(b). 降雨が  $y$  方向に移動する場合

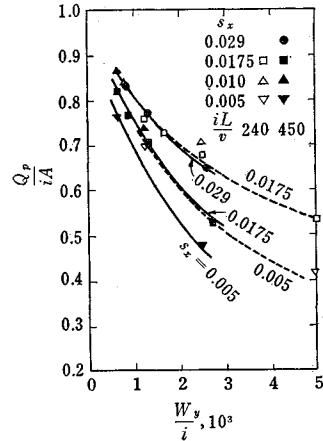


図-4 ピーク流量発現時刻ならびに半減時刻  
(a) 降雨が上流へ向けて移動する場合

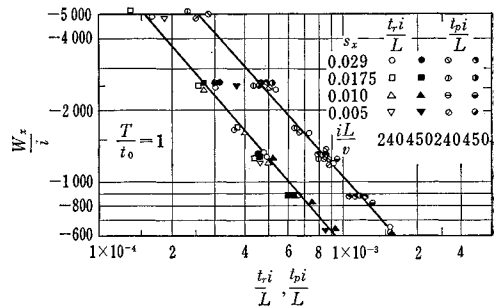


図-4(b) 降雨が下流へ向けて移動する場合

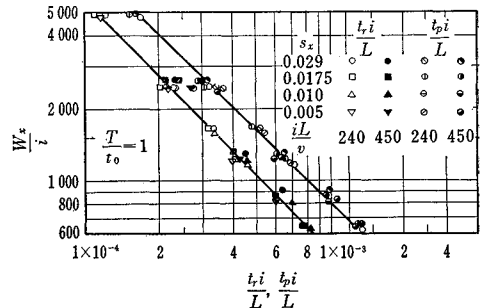


図-5 移動速度が遅れ時間に及ぼす影響  
(a) 降雨が上流へ向けて移動する場合

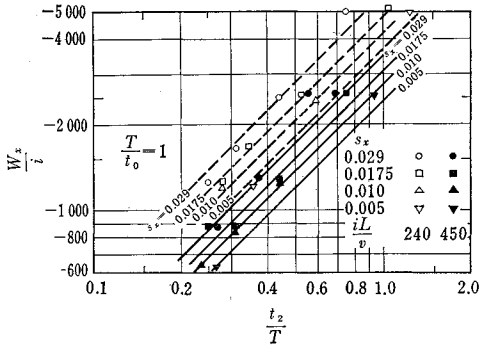


図-5(b) 降雨が下流へ向けて移動する場合

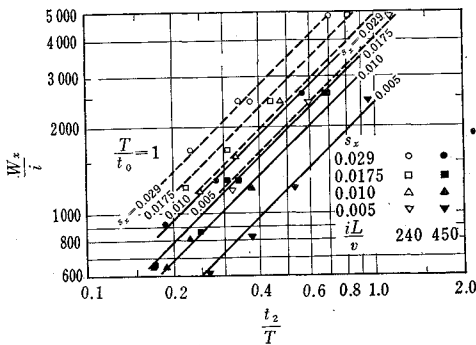
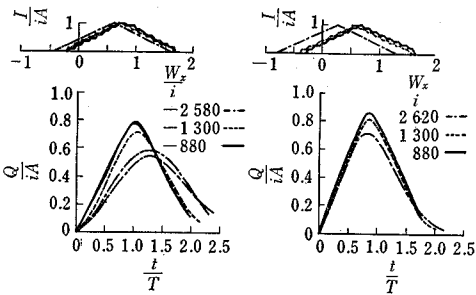


図-6 実験で得られたヒドログラフ  
 $S_x=0.029, iL/v=440$

- (a) 降雨が上流へ向けて移動する場合  
(b) 降雨が下流へ向けて移動する場合  
(I は任意の時刻における流域総雨量)



次のように無次元表示される。

$$\frac{Q_p}{iA}, \frac{t_{pi}}{L} = F_{3,4} \left( \frac{B}{L}, \frac{b}{L}, s_x, s_y, \frac{k}{L}, \frac{gd^3}{v^2}, c, \frac{T_i}{L}, \frac{W_x}{i}, \frac{W_y}{i}, \frac{iL}{v}, \frac{\rho Li^2}{v}, \frac{i^2}{gL} \right) \dots \dots \dots (3)$$

ここに行なわれた実験の条件のもとでは、式(2)は次のように簡略化される。

$$\frac{Q}{iA} = F_5 \left( \frac{t}{T}, s_x, \frac{W_x}{i}, \frac{W_y}{i} \right) \dots \dots \dots (4)$$

実験は、降雨の移動速度を 14 種類、降雨強度を 2 種

類、水路部の勾配を 4 種類にそれぞれ変えて、合計 78 ケースについて行なわれた。実験データを上述の無次元値で整理しプロットしたのが 図-3~6 である。

(4) 結 論

- 1) 表面流出ヒドログラフの形は、降雨の移動速度によって変化する。
- 2) ピーク流量の無次元値  $Q_p/iA$  は、 $|W|/i$  の増加に伴なって減少する。減少の傾向は、 $x$  方向の勾配が小さいほど、あるいは、表面の粗度が大きいほど著しい。
- 3) ピーク流量生起時刻  $t_{pi}/L$  ならびに流量の半減時刻の無次元表示  $t_{r}/L$  は、 $|W|/i$  の増加につれて減少する指数関数で表わすことができる。
- 4) 降雨域の移動下にある流域では、結論 2) と 3) のように、 $|W|/i$  の影響が効果をもつ傾向にあるであろう。
- 5) 本実験条件のもとでは、降雨中心からピーク流量生起時刻までの遅れ時間  $t_2$  は、主として降雨強度によって変化することが判明した(図番号は原文通り)。

(委員 虫明 功臣・訳)

地下貯水池式揚水発電所と  
原子力発電所の連繋

“Underground Reservoirs : Pumped Storage of the Future?”  
Sorensen, K.E.  
Civil Engineering Vol. 39, No. 3,  
pp. 66~70, March (1969)

従来の揚水発電所に適したサイトはいずれは用地の確保が難しくなるであろう。そこで著者は地下式揚水発電を主張している。つまり上部貯水池は自然の湖、川、人造湖または海洋とし、下部貯水池と発電所は地下深部に掘削された空洞内に設けるものである。このような計画はコスト的にも可能性はあるし、自然環境上公害に対する不利な条件が少ない。

揚水発電所として最も早く発表されたものには、1930 年の Markwart と 1931 年の Leroy F. Harza のものがある。当時、ヨーロッパには 12 の揚水発電計画があり、他に日本に 1 つ、アメリカに 7 MW のものが 1 つあっただけである。

今日、アメリカでは 15 の揚水発電所が運転中であり、その総計は 3680 MW である。追加計画として建設中の 7 つは合計 2245 MW である。そして少なくとも 20000 MW が今後の 10 年計画として、目下調査研究中である。

従来の揚水発電方式も、位置的に有利で低コスト揚水発電を生み出すことのできるような地域であれば、大いに利用する必要がある。たとえば、ニューヨーク市の近

くのハドソン河付近もその1つと考えられる。しかし多くのサイトでは種々の社会的制約が存在している。この制約に打ち勝つことのできる新しいタイプ、つまり地下式揚水発電所について述べている。この計画の拡張は、原子力発電と揚水発電を結合した電力センターや電力島をつくることになる。

このタイプのもので最も早く発表されたのは1930年で、廃坑を応用したものであった。その後1964年にはシカゴの地下を舞台に計画された。つい最近では、モスクワでの世界動力会議で、スウェーデンとアメリカの技術者が提案したところによると、新しく探鉱するために掘った地下空洞を利用して揚水発電所を地下につくることが経済的であるとしている。その場合、設備費はkWあたり1.8万円ないし4.9万円程度と算定された。

今日の技術で、アメリカで2万円ないし3万円/kWで建設するためには、揚水発電所を2段あるいは3段に滝落しの位置関係に計画することが望ましいとされている。しかし、将来は1段ですませられるかも知れない。

地下式揚水発電計画は種々の社会的制約に打ち勝つことができるという可能性が非常に強い。計画位置は地形学よりむしろ地質学の方が判断要素となり得る。またアメリカの主要都市は、海洋や湖や主要河川のような大きな水源に近接しているため、取放水に適している。

地下式揚水発電所の場合、地表設備はほとんど必要ない。わずかに、取水口、搬入口、換気設備が必要とされるだけである。このように地表環境を破壊しないですむ。

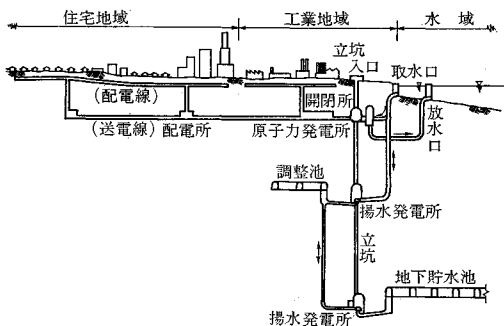
この形式の発電所は、都市や近郊の地下につくることができるので、損失の大きい長距離送電網を必要としない。また配電設備もすべて地下につくる。

### (1) 電力センター

地下式揚水発電計画は、地下の大きな掘削についても研究される必要がある。この概念は原子力発電所の地下

図-1 原子力発電所と揚水発電所が地下の電力センターで結合された場合の概念図

(取水口、立坑入口、立坑、開閉所、配電所、送電用トンネルなどが共用できる。)



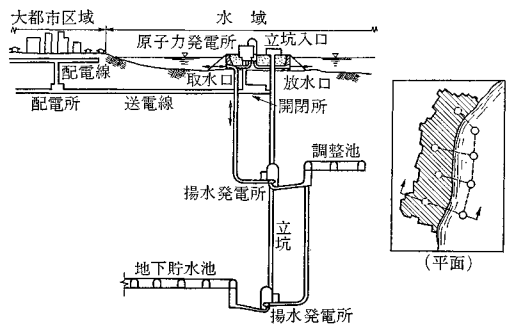
収納のためにも役に立つ。もし原子力発電所と揚水発電所が地下の電力センターで結合された場合にはかなり有利である(図-1参照)。全部の大都市に送電するいくつかのセンターは、システムとして出力を調節できるようにする。つまり、各センターがそれぞれ相互に電力を融通することができるようにする。

### (2) 電力島

この電力島は、図-2にみられるように、沖合に位置する人工島で、築島材料は地下建設のときの掘削によってまかなう。原子力発電や開閉所は地下か島の上におく。冷却水は沖合から入手することができる。これらの人工島は陸地から8ないし32km離れたところがあれば、目ざわりでもないし、放射能などの公害にも対処しやすい。

図-2 原子力発電所と揚水発電所が電力島で結合された場合の概念図

(築島材料は地下建設のときの掘削によってまかなう。原子力発電所や開閉所は地下か島の上におく。)



地下式揚水発電計画の将来は、原子力発電の開発が予想通りに達成されるならば、非常に有望なものである。電力産業のなかで、原子力発電と揚水発電は競争する立場にはなく、むしろ共同する体制を強化すべきである。この結合によって、原子力発電の設計者は急激な負荷変動や部分的な電力の供給などにわずらわされることがなくなる。逆に揚水発電の設計者は、必要な貯水容量や運転特性を従来よりもっと正確に先をみて決めることができる。(金川 忠・訳)

### 効率的なバース利用方法

“Improving Berth Utilisation”  
Williamson, E. and Thronton, R.C.  
The Dock & Harbour Authority  
Vol. 50, No. 584, pp. 51~54, June (1969)

ロンドン港ポートオーソリティーは、バース利用の改善に関する研究を行なった。この論文は雑貨用バースについての研究の一部である。

いま、3000 t の荷揚げを行なう場合の船舶のバース利用についてモデルを作って検討してみる。この際次の項目を初期条件として考える。① 3000 t の貨物のうち、半分は船舶から直接“はしけ”に荷揚げし、残りの半分は上屋に荷揚げされ、そこからトラックや鉄道によって内陸へ配送される。② 上屋の容量は1250 tである。この場合、③ 荷揚げ時間は平均6日を要し、④ 荷揚げ開始と配送のための上屋における仕分けの開始との間に通常2日間の遅れがあり、⑤ 仕分け時間は約12日を要する。⑥ 同船型の船が続くとすると、次船が同じバースを利用できる条件は上屋のスペースが確保できる場合である。この時点の上屋の整理水準を300 tとし、次船の荷揚げ開始のために950 tの床面積が用意される。⑦ また上屋が整理水準に達した時点と次船の荷揚げ開始の間のギャップを2日とする。

この初期条件における船舶のサイクルタイムは図-1のケース1に相当する10日である。このケース1では10日ごとに3000 tの割合で貨物が荷揚げされ、年間250日の作業を行なうとすれば、年間75000 tの貨物取扱量となり、その半分が上屋に荷揚げされたことになる。

ここでバース利用を改善するためのファクターとして、荷揚げ速度、上屋での仕分け速度、上屋容量の3つをとる。この3つのファクターを次のように変化させてケース1にそれぞれ組み合わせた場合の効果を示したのが図-1のケース2~9である。

(1) 荷揚げ速度を50%増加させた場合

図-1 荷揚げ用バースモデルのダイアグラム

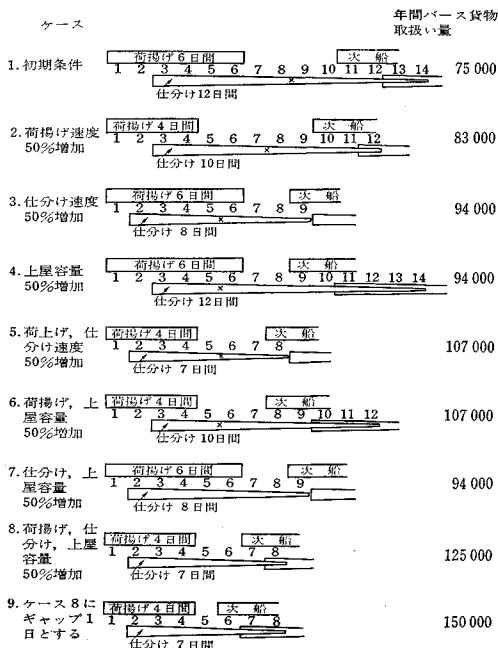
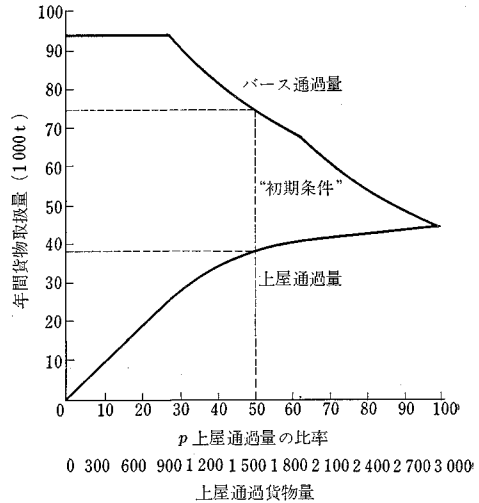


図-2 上屋通過量に対する年間バース取扱い貨物量と上屋通過量との関係



- (2) 仕分け速度を50%増加させた場合
- (3) 上屋の容量を50%増加させた場合

バースの取扱い貨物量に影響するもう一つのファクターは上屋を通過する貨物の比率である。前述のモデルではこの比率(P)を50%と仮定した。Pを変化させたときの取扱い貨物量の変化を示したのが図-2である。Pが高くなるにつれて上屋の整理水準に到達するのが遅れ、その分だけサイクルタイムが延びてバースの年間取扱量が減少することになる。

以上より次のような結論になる。上屋の容量がバース通過貨物量の50%以下の場合、バースの取扱い貨物量を制限しているのは上屋の輻輳によるものであろう。荷揚げ速度の増加はバースの取扱い貨物の増加に大きな効果がない。むしろ次のような場合のみバースの取扱い貨物量の増加が可能である。

- (a) 上屋の有効容量を増加させること。
- (b) 仕分け作業をスピードアップすること。

(委員 木本 英明・訳)

### ジャンボ ジェット機に対する 舗装評価と設計

“Pavement Evaluation and Design for Jumbo Jets”  
 Vallerga, B.A. and McCullough, B.F.  
 Proc. of A.S.C.E., TE, Vol. 95, No. 4  
 pp. 639~658, November (1969)

(1) はじめに

新たに登場するジャボ ジェット機などは、重量がこれまでの航空機に比較すると飛躍的に大きくなっている。このため従来の空港の舗装を評価し、必要であれば

補強をする必要がある。

## (2) 評価・設計の方法

舗装を評価したり設計するにあたり、次の仮定を行なった。

1) 舗装体は、移動する車輪のもとで、弾性体として働かし、応力、ひずみおよび変位は、パーミスターによる層構造の解析、またはダンカンなどによる有限要素法のいずれかによった。

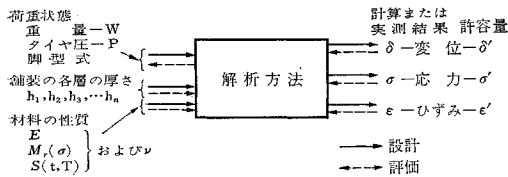
2) 舗装体を構成する材料は、ポアソン比  $\nu$  と、弾性係数  $E$ 、復元係数  $M_r$ 、剛性係数  $S$  のうちのいずれか一つにより表わす。

3) 応力、ひずみまたは変位の許容値は、既設の舗装の既知の荷重のもとでの挙動および舗装を構成する材料自身の強度の一方または両方に関係づけて決める。

さらにアスファルトおよびコンクリートの疲労についての研究から、舗装の寿命も考慮することとし、応力またはひずみの許容値を、選定した期間に働らく荷重の繰返し回数に対して選んだ。

以上の仮定により評価ならびに設計を行なうが、その手順を図-1に表わす。設計の場合、入力として①荷重状態、②材料の性質、③舗装の各層の厚さの3つを入れ、応力、ひずみ、変位を求めてこれらと許容応力などを比較する。評価の場合は、①ある荷重における応力などの測定値、②既設舗装の挙動をこれまでの荷重条件や、材料の物理試験の結果に関係づけて決めた許容値、③材料の性質、④既設舗装の各層の厚さの4つにより車輪の荷重の値を求める。

図-1 設計および評価の手順



以上の評価や設計を行なうことにより、予想される荷重に耐えるために、既設舗装を建設しなおしたり、表面処理を行なったりするかを決めることになる。

## (3) 既設の空港への適用

### 1) ソルトレークシティ空港

ソルトレークシティ空港の計器滑走路は、アスファルト舗装より成り、ボーイング727型機が数年就航しており、相当損傷を受けている。この空港には、1972

図-2 B-747 に対する必要かさ上げ量

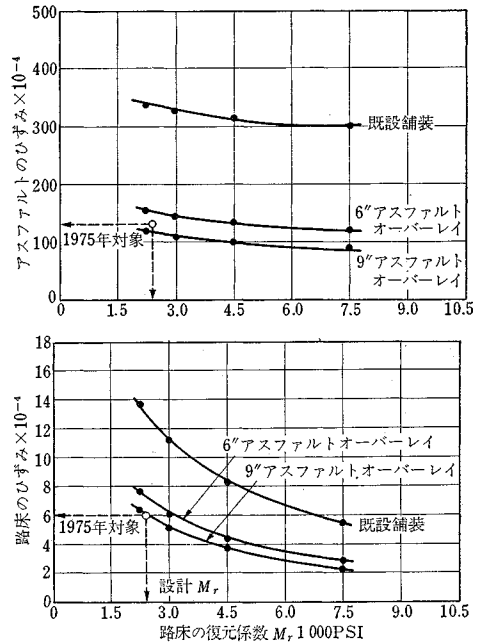
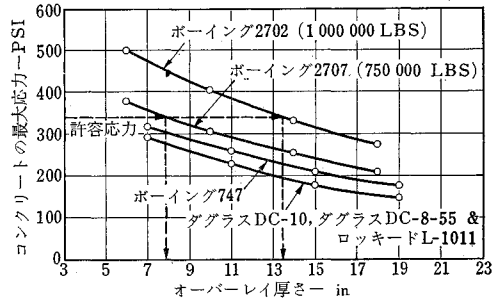


図-3 オーバーレイ厚さとコンクリートの最大応力



年に、ボーイング747型機が就航する予定になっている。現在および予想される航空機の運航回数を求め、舗装材料の性質を示す係数を調べ、ある荷重のもとに生ずる変位とひずみの関係などを試験した結果、ボーイング747型機に対して、アスファルトおよび路床内に生ずるひずみから、舗装の必要かさ上げ量を求めたものが図-2である。

### 2) パルムデイル空軍基地

この基地の滑走路は、セメントコンクリート舗装であるが、すでに損傷が目立ち始めており、今後は軍用、民間用に多く使用されることから補強を必要としている。対象をボーイング2707(超音速機)として、必要補強量を算出したが、その結果が図-3である。

(委員 島田杜八郎・訳)