

# 干満差による軟弱地盤橋脚の動揺現象について

東 島 栄\*

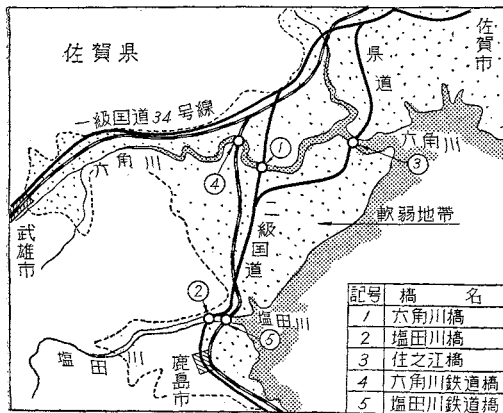
**要 旨** 有明海北岸一帯は非常な軟弱地帯で相当な深さまで軟弱粘土層が続いているが、この上5.5mにおよぶ干満差があつて、その感潮範囲は河口より10~20kmに達している。佐賀県沿岸一帯はこれらの条件のとくに顕著な地区であつて、ここに架設された橋梁にはさまざまな悪現象が見られるが、なかでも特異なことは河床斜面に構築された橋脚橋台が潮汐干満差によつて動揺し、径間に周期的な伸縮現象をくり返し起していることであ

また潮の干満差も入江が深いためかわが国最大で、大潮差は5.0~5.5mに達し、1時間当たり1mの水深変化をくり返している。次に調査橋梁の諸元を表-2に示す。

表-2 調査橋梁の諸元

橋梁名	①六角川橋	②塩田川橋	③住之江橋	④六角川鉄道橋	⑤塩田川鉄道橋	
粘土層厚(m)	14	12	15	15	19	
河床横断勾配	1/6	1/6	1/5	1/5	1/6	
構 造	橋長(m) 径間数 橋脚工 井筒根入(m)	140.20 5 2本建 14~18	75.60 4 円形井筒 2本建 12~13	249.20 5 矩形ケーソン 23	162.90 6 夕田井筒 13~17	103.80 3 夕田井筒 20
造	刃口地盤 竣工年度	砂質粘土 昭和6年	砂,砂利層 昭和2年	砂 層 昭和29年	砂質粘土 昭和4年	砂,砂利層 昭和4年

図-1 橋梁カ所図



る。ここではこれらの現象に関する若干の例をとりまとめて考察の一端を述べることにする。図-1に調査橋梁のカ所を示した。

## 1. 地層と調査橋梁

この沖積平野は佐賀県のみでも面積500km<sup>2</sup>におよび、四紀層厚は200~250mといわれている。とりわけ地表の15~20mはとくに軟らかく、俗に瀉土と呼ばれる黒灰色の軟弱粘土である。表-1にはこれらの粘土の性質を示した。

表-1 土質試験表(住之江橋の一例)

深さ(m)	粒度(%)		見舞土量	含水比(%)	間隙比	液性限界	塑性限界	摩擦角	粘着力(kg/cm <sup>2</sup> )	土質分類	
	砂	シルト									
2.0	4	35	61	1.43	143	3.48	111	62	7°	0.09	A-7-5
5.0	12	37	51	1.46	120	3.00	107	60	—	0.13	—
10.0	31	28	41	1.56	80	2.09	103	56	—	—	—
15.0	79	9	12	2.07	24	0.59	38	14	—	—	A-1 A-4

注: 摩擦角は圧密急速セン断試験結果

\* 准員 福岡県土木部都市計画課

## 2. 橋脚動揺現象の実測

調査橋梁はほぼ同様な条件下にあり、程度の差はあるがいずれにもこの現象が見られる。

a) 軟弱地の河床斜面部に設置された橋脚は、潮汐干満差に左右されて動揺を続けており、従つて橋梁径間には周期的な伸縮が見られる。換言すれば橋脚は干潮時に河心に傾き、満潮時に復元しているわけである。

b) しかもこの動揺はすこぶる規則正しく、潮位の変化ともよく一致しており、径間伸縮量の最大は径間長の10/10000程度となつている。

c) しかしこの現象は水平河床部に橋脚を持つ径間では全く見られない。

d) 測定方法は各径間ごとに可動支承部の変動量を同時測定し(または橋台後方の不動点よりピアノ線を張り変動量を測定し)、これに鋼桁(ピアノ線)の温度変化に対する伸縮量を更正したものである。

ここで各橋の実測値を一括すれば表-3のごとくであ

表-3 径間伸縮量実測表

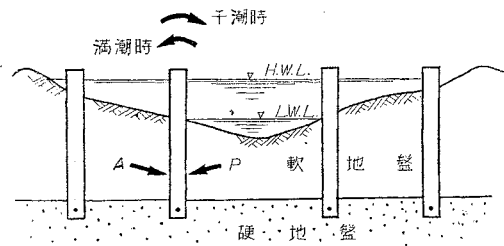
橋梁名	橋脚井筒構造	井筒根入深(m)	測定時潮位差(m)	中央径間		側径間	
				支間長(m)	伸縮量(mm)	支間長(m)	伸縮量(mm)
1 六角川橋	円形 2本建	14~18	4.6	51.80	10	2 10000	25.90 10
2 塩田川橋	〃	12~13	4.7	48.50	14	10000	9.50 —
3 住之江橋	矩形	23	4.8	65.70	13	2 10000	26.05 6
4 六角川鉄道橋	夕田	13~17	3.6	47.90	53	11 10000	23.00 18
5 塩田川鉄道橋	〃	20	4.0	62.40	43	7.2 10000	19.15 20

る。

### 3. 動揺現象の検討

以上のようにこの径間伸縮現象はすこぶる規則正しく潮位変化とよく一致しているが、河床水平の場合は少しも伸縮しない。この二つの事実からこれら橋脚動揺の原因は、河床斜面に起因する土圧水圧の影響であることが明らかである。いま図-2について考えると、上層粘土は軟弱で井筒はその下の硬地盤に載っている状態であるから、水平力に対する井筒の回転中心は井筒底面と考えられる。しかも粘土の摩擦角は0に近く、河床は傾斜しているので極端な場合に  $A$  (能働土圧)  $\geq P$  (受働土圧) であることすら考えられる。しかも  $A-P$  の差は干潮時

図-2 断面略図



A: 主働土圧, P: 受働土圧

により大きくなるわけであり、橋脚は干潮時にこの分だけ流心側におしつけられ、満潮時には復元するものと考えられる。

次に住の江橋のように橋脚根入 23 m のうち 10 m 以上も良地盤に貫入している橋脚が動揺することであるが、井筒は工事中不断に偏圧を受けており、しかも日々の掘削沈下量は少ないので、この程度の根入増加量ではとてい日々の偏圧に抵抗できないわけであり、施工中に引続き完工後もまた不断に動揺を続けるものと考えられる。

### 4. 橋脚振動調査

次にこのような橋脚の安定性を確かめるために行われた橋脚振動調査（橋軸水平方向）について述べよう。

a) 住の江橋の場合は電気式の変磁束型振動計を使い走行車両（9tトラック）により実施されたが、走行速度 30~50 km で振動週期は 0.31~0.35 sec, 実振動最大振幅は 0.05~0.06 mm となつている。

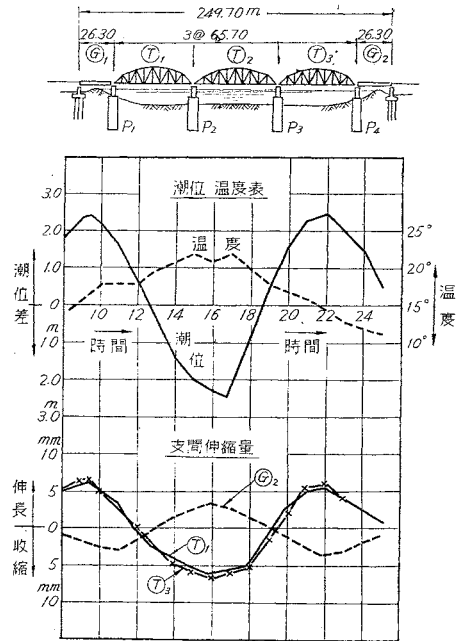
b) 六角川鉄道橋の場合は、媒煙記録式により機関車 (D-51) 単機を使用し国鈔で調査されたが、走行速度 10~60 km/h で振動週期は 0.3~0.5 sec, 実振動最大振幅は 0.3~0.46 mm となつている。

c) 一般に橋脚の実振動最大振幅  $\geq 1$  mm であれば、要注意危険とされているようであるが、各調査橋とも一応これ以下であり、とくに危険性はないものと考えられる。

## 5. 結 び

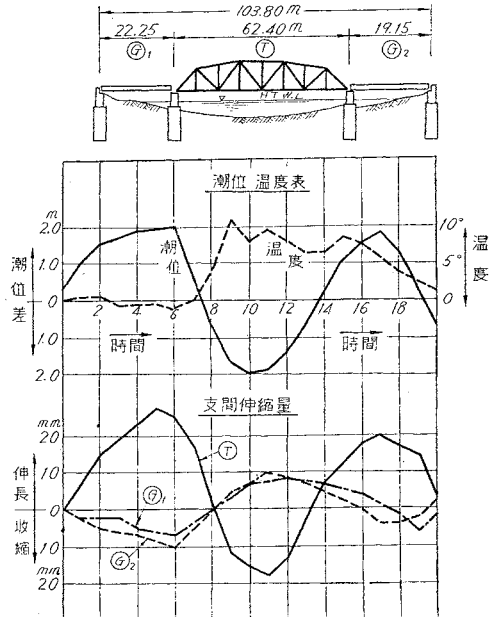
すなわち以上の結果から次のことがいいうるのである。

図-3 径間伸縮測定図  
(住之江橋)



- 註: 1. 支間伸縮量は温度変化による伸縮量を更正した値である。伸縮係数は  $\epsilon=0.00002$  とした。  
2. 中央の径間 ( $T_2$ ) の伸縮量は 0 である。すなわち  $P_2, P_3$  脚は河床水平で動揺現象は認められない。

図-4 径間伸縮測定図  
(塩田川鉄道橋)



a) 軟弱河床での橋梁径間伸縮現象は橋脚根入の大小にかかわらず完全には防ぎ得ない。

b) この伸縮量は各種条件にもよるであろうが、径間の10/10 000 から1/10 000 程度であり、ダ円型橋脚(鉄道橋の場合)より円型2本建井筒の方が変動量が少ないようである。

c) 振動調査による橋脚実動振幅の大きい橋脚ほど、干満差による径間伸縮量も大きいようである。

d) 以上の対策としては橋脚橋台等をなるべく傾斜地に築造しないように考慮するとともに、上部工は単純構造として、支承・踏掛・高欄等はこの伸縮量を吸収できるように考えておくべきである。

e) なお根入の比較的浅い前述鉄道橋の場合など、この変位量は支承の可動余裕をはるかに超過し、このためにアンカー ボルトは45°に引きちぎられようとしている状態である。これは橋脚根入不足のために、前記現象の残留変位が徐々に累積したものと推定せざるを得ず、長期の観測が必要と考えられるのである。

#### 参 考 文 献

鉄道橋関係：

- 1) 橋脚振動調査報告(鉄道技術研究所, 28年2月)
- 2) 土質調査委員会報告(第一輯, 第四輯)

写真-1 塩田川鉄道橋の可動支承部破損状況

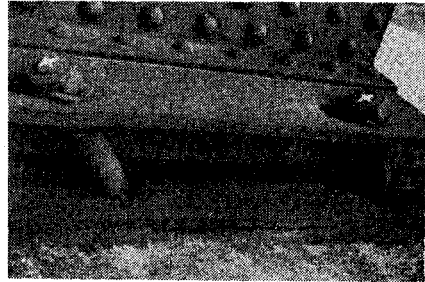
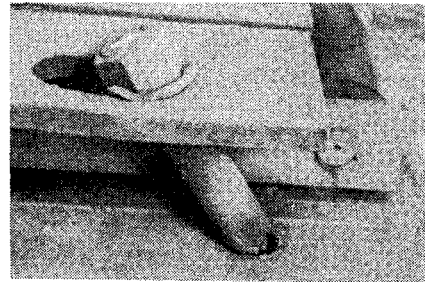


写真-2 同 上



## 論 文 要 旨

土木学会論文集第56号

### THE GOVERNING EQUATIONS FOR SURGING AT THE SURGE CHAMBER OF THE TAIL-RACE TUNNEL DUE TO LOAD REJECTION

放水路サージ チャンバーにおける負荷遮断時のサージング計算式

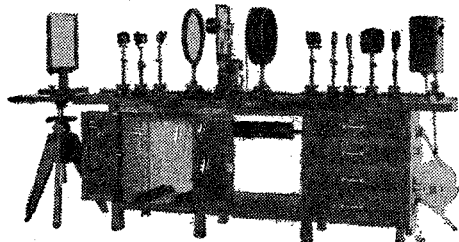
正 員 工 博 中央大学教授 林 泰 造

放水路にすべて圧力がかかった状態で水車運転が行われている場合にも、水車使用水量の変動により生ずる放水路サージ チャンバーの下降サージング時には、一般に放水トンネル内にも自由水面が侵入してゆき、そのような場合のサージングの計算には通常の導水路サージ タンクのサージングの基本式をそのままは適用することができなくなる。この場合の放水路内のサージング現象は複雑な波動現象と考えられるが、本論文においてはそのような複雑な波動現象としての取り扱いを避け、従来の導水路サージ タンクのサージングの基本式を、若干の仮定により修正して、そのような場合においても成立すべき基本式を誘導した。この新しい基本式を適当な方法によつて積分することにより、放水路サージ チャンバーのサージングが解析される。特に水車発電機の負荷急遮断時の下降サージにとともに、その揺れ戻しの段階において生ずるサージ チャンバーの上昇サージは、放水路のサージ チャンバーにおける避け得ざる一つの最上昇サージを与えろものとして、この揺れ戻しの最上昇サージを、計算上の注目すべき一つの対象と考えた。

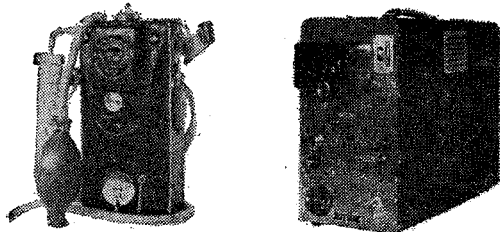
この基本式の妥当性の検討のために実験を行い、この基本式の数値積分により求められるサージング曲線と、実験によるサージング曲線との比較を行つた。これによれば両者の一致の度合はほとんど十分なものであつて、新しい基本式は、放水路サージ チャンバーのサージング計算には、十分の信頼度をもつて使用しうるものであることが示された。

【発売中】 B 5 判 12 ページ 英文 頒価 50 円 (〒 10 円) 入金次第送本します。

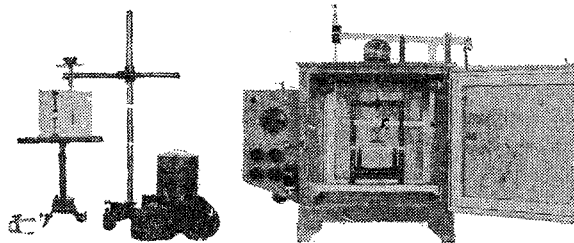
理研光弾性実験装置  
大口径視野レンズ装置・フリンゴトレーザー装置



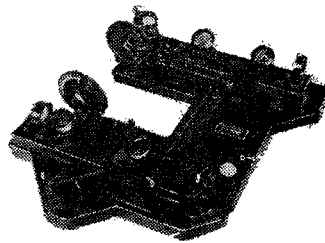
理研瓦斯検定器  
測定ガス・メタン・ガスリン・炭酸ガス・アセチレンガス・  
器種 18型 10L型 21型 投影式 其他各種ガス



三次元用電気炉(除冷装置付)  
引張り、圧縮、捻り試験、スライス透明槽



マツハツエンダー干渉計

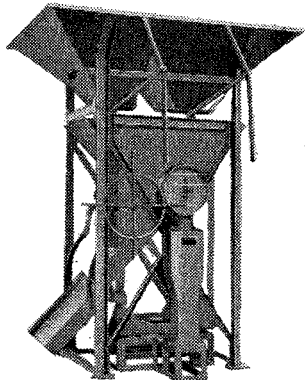


営業品目  
 幻灯器・科学スライド  
 フエノライト・カケンライト  
 直視光弾性ヴェンセーター  
 パビネコンベンター  
 理研精密歪計  
 高速回転カメラ

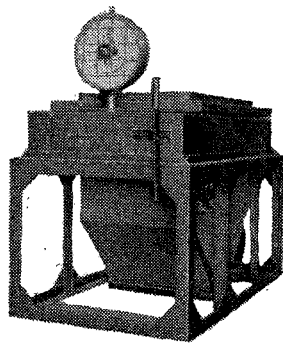
# 理研計器株式会社

東京 小豆沢 2-11 TEL. (90) 1136-9

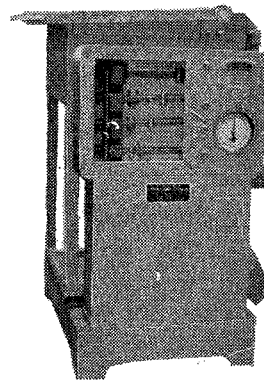
EP型簡易バッチャープラント



ホッパースケール



骨材計量機



## 専門メーカーの作る

価格低廉  
納期迅速  
御報次第係員参上



### 日本度量衡器株式会社

本社工場 東京都杉並区阿佐ヶ谷四の四三〇 電話 荻窪(99)1427・4858・5575  
名古屋工場 名古屋市中川区八熊町苗田二一六六 電話 南局(32)2730