

広島大橋下部構造の計画について

日本道路公団 (正) 三 瀬 純

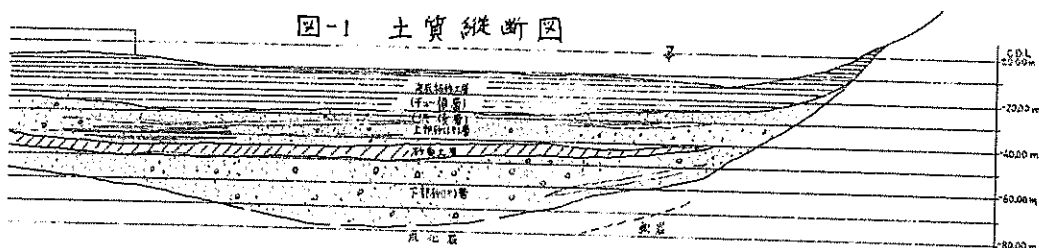
〃 〃 (正) 〇 下 村 真 弘

1. 概 要

広島大橋は広島市仁保沖町から、広島県安芸郡坂町まで、総延長約 3.2 km, 巾員 14 m (4 車線) の一般有料道路である。この路線は一般国道 31 号 (広島～呉) のバイパスの一環で、設計速度は 80 km/h の高速道路である。本橋は海田湾を横断する海上約 1 km の区間で、水深約 15 m, 海底地盤の 15 ~ 20 m が非常に軟弱な粘土層で、かつ航路高を満潮面から 30 m 確保する関係で、下部構造として安定の悪い高橋脚となり、設計施工上の問題点が多い。本誌では基礎地盤調査の結果および現在検討されている数種の基礎工について概要を紹介するものである。

2. 基礎地盤について

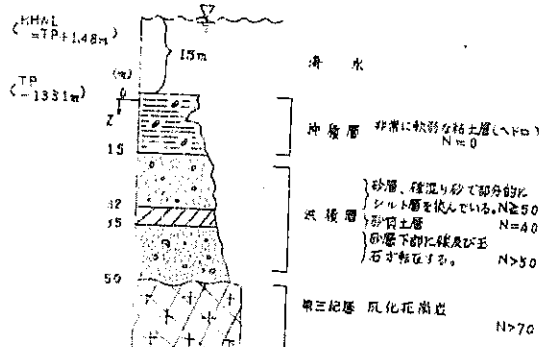
2-1 地層構成 基盤岩は本地域に広く分布する広島型花崗岩で、第三紀初期に貫入したと推定される。これらの上部に周辺河川によって運搬されたとみられる風化生成物が、洪積層、沖積層として堆積している。土質縦断面図および概略柱状図は図-1 および図-2 のとおりである。



2-2 軟弱粘土層の土性 海底面下 0 ~

15 m には N 値が殆ど 0 の極めて軟弱な粘土層が堆積している。自然含水比は 110 ~ 125 % 程度で深度 6 m までは自然含水比が液性限界より大きく 6 m 以下でも液性限界と大差ない。鋭敏比は極めて大きく粘土層下部で 3.5 ~ 5, 粘土層上部で 5 以上で、多くの場合こね返し後の再成形が不可能であった。土粒子の比重は上部の砂から 2.55 ~ 2.70 である。単位体積重量は海底面近くは 1.3 t/m³, 11 m 位で 1.5 t/m³ となる。粘着力は 0.1 ~ 2.0 t/m² で、内部摩擦角は三軸圧縮試験によると 14° ~ 20° の値を示す。圧密先行荷重は現在の有効土被り圧と略一致し正規圧密粘土である。圧縮指数は 0.92 ~ 1.75 で深度 10 m 付近まで比例的に変化する。この層の極限土被り力は土質試験数値を使うと 25 ~ 17 t/m² である。

図-2 概略柱状図



2-3 砂礫層の土性 砂礫層は青灰色のものが多く一般によく成層しているようである。

粒度組成は砂分が 60 ~ 80 % 程度で、礫分は 10 ~ 30 % となっている。しかしこの中に挟在するシルト・砂質土層はシルト分が 5 % 前後含まれている。自然含水比は 12 ~ 30 % で比重は 2.67 前後である。極限支持力は深度 30 m と 40 m の 2 個所で、基礎巾 $B = 17$ m と $B = 3$ m の二種類について、深層載荷試験およびプレシオメーター測定結果より推定すると表-1 のようになる。鉛直方向地盤反力係数は表-2 のとおりである。水平方向地盤反力係数はプレシオメーターの測定結果よりメナール法および土研式で、 $B = 17$ m および $B = 3$ m について算定すると表-3 のとおりである。但しこの値は変位 5 mm に対応するものである。

3. 基礎構造概略設計について

基礎の型式は施工性を考慮して次の 3 種類を比較している。

- オープンケーソン工法(直径 13 m の円形)
- 大口径くい基礎(直径 3.5 m)
- 鋼管くい(直径 1.5 m)とニューマチックケーソンの合成基礎

表-1 砂礫層の極限支持力 (t/m^2)

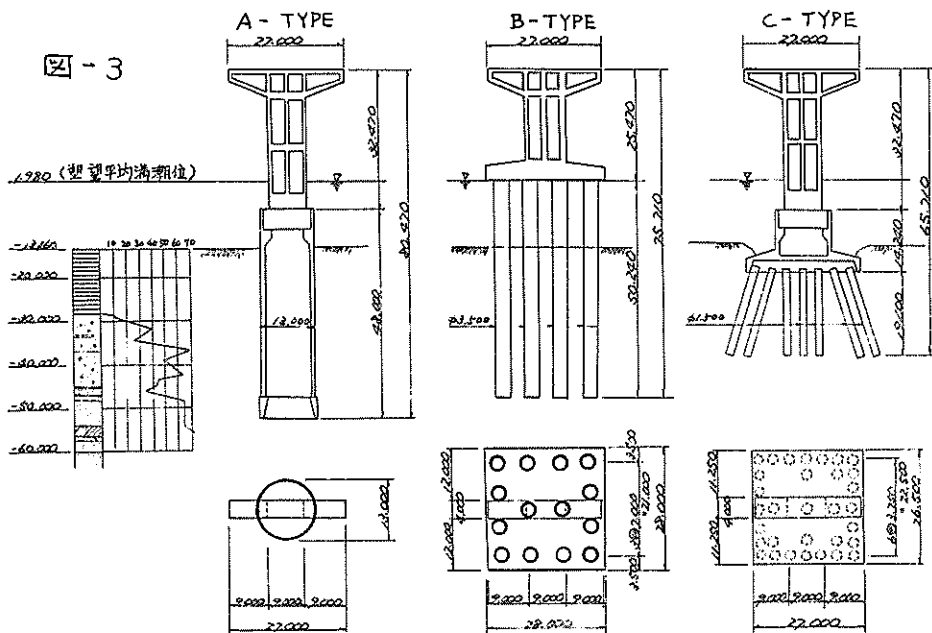
基礎巾 深 度	$B = 17$ m (ケーソン)		$B = 3$ m (くい)	
	プレシオメーター	深層載荷試験	プレシオメーター	深層載荷試験
30 m	545	640 以上	1600	1210 以上
40 m	1025	810 以上	2000	1440 以上

表-2 鉛直方向地盤反力係数

測定法	基礎巾	$B = 17$ m (ケーソン)	$B = 3$ m (くい)
プレシオメーター法		3.12 kg/cm^2	10.0 kg/cm^2
深層載荷試験法		3.08 "	17.4 "

表-3 水平地盤反力係数 (kg/cm^2)

深 度 (m)		6 ~ 17	17 ~ 24	24 ~
測定値	E (kg/cm^2)	8.5	11.8	33.0
	P_f (kg/cm^2)	0.95	9.6	2.2
$B = 17$ m	メナール修正値	0.38	8.7	21.0
	土研式	0.44	5.1	12.8
$B = 3$ m	メナール修正値	0.45	9.7	24.0
	土研式	0.52	6.2	15.3



概略設計の方法について主なものを列挙すると次のとおりである。

- (1) 地震に対しては静的震度法によって計算する。
- (2) 高橋脚に対する震度の割増しを考える。
- (3) 基礎地盤の横方向抵抗は海底面より6mは無視する。
- (4) 軟弱粘土層の動土圧は定説がないので無視している。

以上の条件により11基の橋脚の中、P8橋脚を取り上げて概略設計の結果を示す。なお上部工の型式は支間75mの下路単純トラス8連、(90m+150m+90m)の3径間連続下路トラス1連、60mの単純トラス1連と仮定しており、P8橋脚は75m単純トラスと連続トラスのかけ違い部の可動橋脚である。

3-1 オープンケーソン基礎

ケーソンの有効根入り天端(0点)における作用力は

$$\begin{aligned} \text{常時} \quad N_0 &= 7,696 \text{ t}, \\ \text{地震時} \quad \begin{cases} N_0(+K_v) = 7,884 \text{ t}, & N_0(-K_v) = 6,451 \text{ t}, \\ H_0 = 2,032 \text{ t}, & M_0 = 53,876 \text{ t}\cdot\text{m}, \end{cases} \end{aligned}$$

0点より下のケーソンの自重は単位長当り $W_r = 203.0 \text{ t/m}$

ケーソンの単位長当り水平地震力 $W_h = 40.6 \text{ t/m}$

橋脚船体およびケーソンの全浮力は $F_0 = 6840 \text{ t}$

地盤反力度および変位は図-4のとおりである。

橋脚天端の水平変位は $\delta_{\max} = 196 \text{ mm}$ である。

3-2 大口径RC場所打ちくい基礎

ワーキング底面における作用力は

$$\begin{aligned} \text{常時} \quad N &= 10,496 \text{ t} \\ \text{地震時} \quad \begin{cases} N(+K_v) = 10,964 \text{ t}, & N(-K_v) = 8,971 \text{ t} \\ H = 2,444 \text{ t}, & M = 24,680 \text{ t}\cdot\text{m} \end{cases} \end{aligned}$$

くい反力は、常時鉛直力 $q_v = 750 \text{ t/本}$

地震時鉛直力 $q_{v \max} = 1031 \text{ t/本 (+K_v)}$

$q_{v \min} = 351 \text{ t/本 (-K_v)}$

地震時水平力 $q_h = 125 \text{ t/本}$

くい頭部のモーメント $M_0 = 4668 \text{ t}\cdot\text{m/本}$

くい頭部の曲げ応力度(地震時 $-K_v$)は

$$\sigma_s = 210 - D \phi 35^{\text{mm}} = 2,009 \text{ kg/cm}^2, \quad p = 2.09\%$$

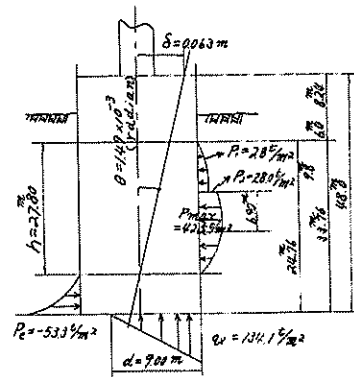
$$\sigma_c = 100.1 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ca} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_s = 2500 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 2700 \text{ kg/cm}^2$$

変位は、ワーキングの水平変位 $\delta_x = 886 \text{ mm}$, 角変位 $\alpha = 1.89 \times 10^{-3} \text{ radian}$,

橋脚天端の水平変位 $\delta_{\max} = 120 \text{ mm}$ である。

図-4 地盤反力度・変位



4. 施工法について

本橋の基礎施工法の検討を行なう場合に問題になる点を列挙すると次のとおりである。

- (1) 潮流約1ノットで、朔望平均満潮位における最大水深は約16m、橋梁区間の平均水深は約13mである。
- (2) 海底面下約5mまでは極めて軟弱な粘土層であり、このうちでも特に上層の6mは少しでも乱すと流動化する性質のものである。
- (3) 沿岸はカキおよびノリの養殖地であるため海水の汚濁を避ける必要がある。
- (4) 架橋地点は航路になっているので海上の全面閉鎖はできない。
- (5) 鋼材の腐食率は高く鋼管くい等の場合は防食について十分検討する必要がある。
- (6) ニューマチックケーソンによって支持層までケーソンを沈下させることは困難である。

3.で述べたA、B、Cの3種の基礎工法の特徴を比較すると次のようになる。

オープンケーソン基礎	大口径くい基礎	合成基礎
① ケーソンの安定をはかるためブイ等の浮力、またはクレーン船、ストール等を利用しての吊荷重が必要となる。 (最大2,000t位の吊荷重) ② ケーソンの横振れ、および傾斜防止のためのストールが必要となる。 ③ ケーソン沈下に不確定要素を含むので、工期がつかみにくい。 ④ 問題点は、はっきりしているもので、施工性に関する対策をたてやすい。	① 施工は他の工法に比較して容易である。 ② 泥水の処理が困難である。 ③ 工程の計画が比較的にやすい。 ④ 軟弱土層における大口径くいの施工性については十分注意する必要がある。 ⑤ 軟弱地盤におけるくいの支持力(水平抵抗力)の評価がむづかしい。	① 工事の段取りが二重となり経済的でない。 ② 軟弱層でのケーソンの安定に不安がある。 ③ 刃口部の掘削に当たっては、ヒービングに対する処理が問題である。 ④ くい打ちに当たってはガイドフレームが必要である。

この結果、合成基礎案については段取りも二重となり経済的でないこと、またケーソンの沈下時安全性に問題があることにより、今後の検討の対象から除外することとした。

オープンケーソン基礎と大口径くい基礎とを比較した場合、現在までの段階では、どちらが有利か判定するに足る資料に乏しく、今後、施工時の安全性、工期、経済性等を十分検討した後結論を出すことにしたい。