

日本道路公団

正員 中村正人

同上

正員 佐藤政浩

八千代エンジニアリング(株)

○正員 大浦正昭

1. はじめに

高盛土下のカルバートとして、その経済性からアーチカルバートを用いる場合が多くなっているが、その設計法として次の様な問題点がある。

1) 鉛直及び水平土圧 道路公団設計要領では鉛直土圧については土被り圧(γD)に対する割り増し係数をMarstonの式等から定めており、図-1に示す様に一般的な条件下では各種の実測値(参考文献1. 2. 3)とほぼ対応している。水平土圧は静止土圧を用いているが、実測値では盛土材料・地形状況によりかなりバラツキがあり、0.2~0.5の範囲にある。ここで特に問題になるのは、ボックスカルバートに比べアーチカルバートでは鉛直土圧及び水平土圧のバランスにより部材の曲げモーメントが大巾に変化することである。

2) 床版 頂版についてはアーチ形状にすることによってコンクリート厚・鉄筋量とも大巾に低減できているが、床版は施工上から水平な版になっている場合が多く、コンクリート厚もアーチ部の数倍になる。

以上の点をふまえ、北陸自動車道鋼ヶ浦・吉浦・横谷のアーチカルバートの施工に当たり、その設計法に関する検討を行ったので、ここに報告するものである。

2. 土圧

鋼ヶ浦アーチカルバートとその周辺地盤についてFEM解析を行なって、壁面に作用する土圧を求めた結果を図-2に示す。水平土圧はほぼ0.4~0.6の範囲にあり、過去の実測結果を考えあわせて、 $K=0.4$ 及び $K=0.6$ の2種類について検討することにした。その曲げモーメントは図-4(a)に示す通りであるが、 $K=0.6$ では側壁及び偶角部で大きくなり $K=0.4$ ではアーチ部及び床版の中央で大きくなっている。

3. 床版

図-4(a)から分る通り、カルバートの上半分に比べ、下半分は曲げモーメントが非常に大きくなっている。ところで、アーチカルバートの床版はそのスパンに比べ版厚が厚くなっており、ディープビームに近く、通常の梁理論で配筋するのは問題がある。アーチカルバートを2次元FEMでモデル化し、 $K=0.6$ の設計土圧を作用させた結果を図-5に示す。図-4(a)では側壁下端及び床版端部の偶角部外縁に大きな引張を生じさせる曲げモーメントがでているが、図-5のFEM解析結果によると引張応力は非常に小さい。

又、偶角部の内側にハンチをつけると(図-6)、偶角部外縁に引張は

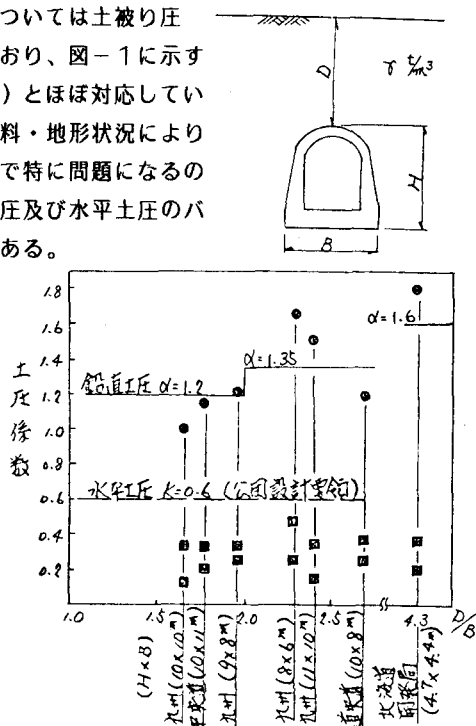


図-1 土圧係数実測値

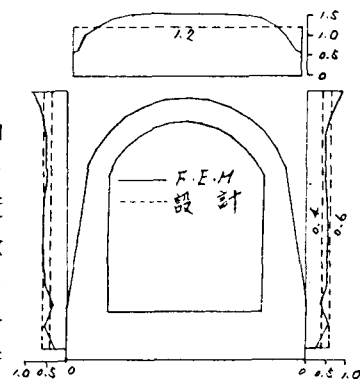


図-2 土圧係数解析値

生じない。これは主応力図から分る通り、床版形状をアーチにしなくとも応力の流れはアーチ的になるためである。なお、図-6のようなハンチをつけると、頂版部のアーチと同一の形状が底版内におさまる。図-4(b)は上下対称の構造モデルをフレーム解析して得られた曲げモーメント図であり、図-4(a)に比べ下部の曲げモーメントは非常に小さな値となる。

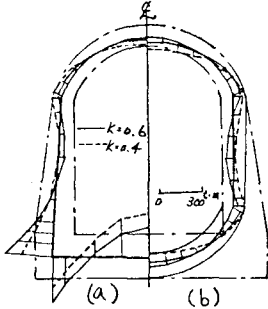


図-4 曲げモーメント図

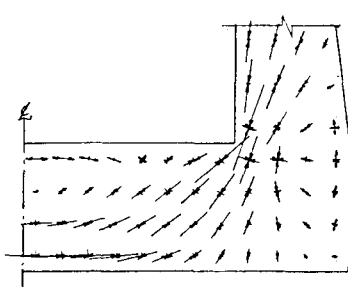


図-5 主応力図

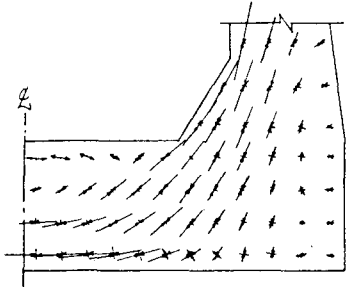


図-6 ハンチを設けた時の主応力図

今回施工するカルバートは底版下に2m程度の置換コンクリートが必要となる。図-7は周辺地盤も含めてFEM解析した結果の応力分布であり、置換コンクリート部にアーチ効果による応力が伝達され、底版に発生する引張応力は非常に小さいことがわかる。したがって、上述のハンチをつけるかわりに置換コンクリートの一部を本体コンクリートとして、上下対称のアーチカルバートでフレーム解析を行ない必要鉄筋量を求めると表-1に示す通り、主鉄筋量は大巾に減少する。底版を完全なアーチ形状にするのは難しいので断面形状は水平とするが、鉄筋の配置はアーチ形にした場合についても試験施工することにした。この場合、 $K=0.4$ の設計水平土圧を作用させた底版部のFEM解析結果(図-8)によると底版中央部の上縁に $14\text{Kg}/\text{cm}^2$ の引張が発生するが、コンクリートの引張強度を0とみなし、引張領域での弾性係数を0としてFEM解析(図-9)すると断面力が再配分され(図中のM、Nは底版中央の断面力)上下対称のアーチカルバートモデルの場合に近づいていく。これらのことから、例えば上縁部にクラックが生じたとしても、最終的な破壊に至ることはないが、上縁部にもある程度の水平鉄筋を配置しておくことが望ましいであろう。

4. おわりに

アーチカルバートの設計に当っては、鉛直及び水平土圧係数に充分配慮するとともに、底版部についても適切な設計手法を用いて経済性を高める必要があることが再確認された。鋼ヶ浦アーチカルバートでは従来形式以外に底版部の主鉄筋をアーチ形状とした場合についても施工し、土圧等を計測する以外に躯体の応力分布も調査する予定である。

参考文献

- 1)九州自動車道南九州地区カルバート応力解析報告書(昭和57年)
- 2)道央自動車道札幌内地区高盛土解析業務報告書(昭和58年)
- 3)土木学会37回年次講演会Ⅲ-196 高盛土下における函渠の応力調査結果(真田、森、田中)

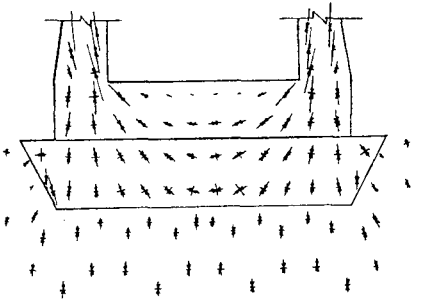


図-7 置換コンクリート部の主応力図

表-1 1m当りの鉄筋量(kg)

底板の配筋	①主筋	②隅角部	①+②
水平	2691	745	3436
アーチ形状	1042	0	1042

上下対称フレームモデル M=248 N=138

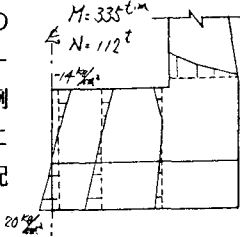


図-8 全断面有効の
応力分布

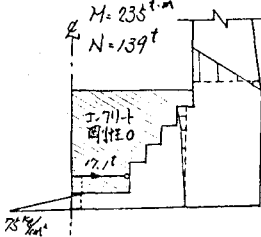


図-9 引張部無視の
応力分布