

国鉄・構造物設計事務所 正員 松下英敏
 正員 福田利光
 正員 重水尚志

よえがき

近年交通の発達に伴ない、線路下等を横断するカルバートも非常に多く建設されている。特に、土被り厚の小さい位置に建設されるカルバートが多くなっていることも大きな特徴である。このように、多く建設されるカルバートの設計にあたって、“どのような設計荷重を考慮すればよいか”について、既設のカルバートの状態等を考慮しつつ、現在、我々は、設計指針としてとらえようと考えているところである。このカルバートには、通常、鉛直土圧、水平土圧、列車荷重、衝撃荷重等の荷重が作用する。これらの荷重が、カルバートに及ぼす大きさは、土被り厚々によって異なる。ここでは、土被り厚の小さい場合、最も大きな影響を与えると思われる列車荷重の影響について、特に、土被り厚の小さい場合についての一つの考え方を述べようのである。

1. 列車荷重の影響

一般に、地中に建設されるカルバートに対して、列車荷重が及ぼす影響としては、1)軸重による影響、2)衝撃による影響、3)カルバート側面に作用する列車荷重の上載荷重としての影響等が考えられる。これらの列車荷重の影響をカルバートの設計に、どのように評価するのについては、明確な規定がなく、設計者の判断にゆだねられているのが実情である。列車荷重の地中伝播については、レール剛性、枕木剛性、路盤条件、地中構造物の剛性等の影響を受けるため、単純に算出することは、実際には、むづかしい。土圧計算を用いて地中伝播を測定した例はいくつかあるが、このような種々の影響を受けるため、実測値からの荷重分布を示すことは、現状では、困難である。このため、列車荷重の路盤面への分布はもとより、地中での分布は、大胆な仮定に基づいて算定されているのが実情である。ここでは、これらの影響のうち、前記1)2)について、1ボックスカルバートを対象とし、検討した結果を報告するものである。

2. 軸重による影響

地表面上に作用する軸重が、地中でどのような応力分布をするかについては、種々の算出式が発表されているが、ここでは、地中応力についての従来の考え方をある程度是認するものとし、地盤を等方等質の弾性体と仮定したブーエンスクの算出式によって検討したものである。一般に、路盤面上に作用する軸重による地中での分布は、図-1のように、土被り厚が小さい程、分布の山は高く、土被り厚が大きくなるに従って分布の山は、だだろかになる傾向となる。このような地中での応力分布状態は、KS-18荷重の場合、軸重相互の影響により地中深さ約10程度では、ほぼ均一な高さとなる。このような地中応力を基とし、カルバートに作用する荷重として、次のように考えるものとした。

カルバートのようなラーメン構造物に、列車荷重による移動荷重が載荷されるので、その影響を用いることにより、カルバートの設計をすることが基本である。しかし、この影響線を用いて設計することは、計算が非常に複雑となり、一般にカルバート以外のラーメン構造物を設計する場合に、換算等

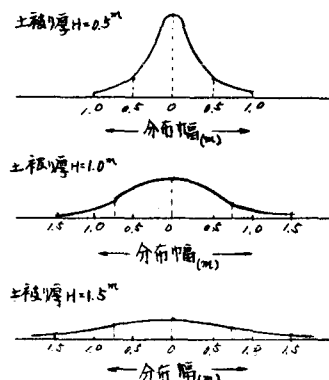


図-1. 1軸重(KS-18)による地中応力度(%)

値等分布荷重を算出しておく方法が行われている。この換算等値等分布荷重は、部材に列車荷重が作用した場合に生ずる最大応力と等しい応力を生じさせる等分布荷重である。換算等値等分布荷重の算出は、設計される構造体によって解かれるべきものであるが、ここでは、計算の簡便性により、部材間空間をスパン長とする単純梁として行うこととした。なお、カルバートは、特殊な工法によって建設される場合を除いて、一般にコンクリートは、現場打ちによって建設されるものが多く、形状は、スラグラメンとなっている。このようなスラブ部材は、部分荷重が作用したとき、部材は、ある幅をもってこれに抵抗すると考えられる。図-2は、以上のような考えに基づいて算出した換算等値等分布荷重である。図-2から判るように、土被り厚が小さい場合には、地表面上の列車荷重による地中での分散は小さいため、その大きさは、土被り厚ゼロの場合と同じ換算等値等分布荷重を考慮する必要がありと判断される。また、土被り厚が、2.0より大きい場合には、線数の相互作用により、線路中心間での地中応力が、単線下のそれより大きくなる。以上のような考えに基づいて算出された換算等値等分布荷重を用いることによって、地表面上の列車荷重によるカルバートへの影響を評価するものと考える。なお、図-3は、単位奥行き(1.0)あたりの最大荷重密度で算出した場合の換算等値等分布荷重であり、有効巾を考慮することが適切でないと判断される場合には、この図-3のような換算等値等分布荷重が作用するものと考えられる。以上求めた換算等値等分布荷重は、カルバート上床版の曲げモーメントを求めたためのものであり、せん断力を求めたためではない。せん断力を求めたための換算等値等分布荷重を求めなければならぬ。一般には、せん断力を求めたための換算等値等分布荷重は、曲げモーメントを求めたものに算出した換算等値等分布荷重に、ある係数を乗ずることによって求められる。この考えに基づいて算出すると、その係数は、図-4のようになる。

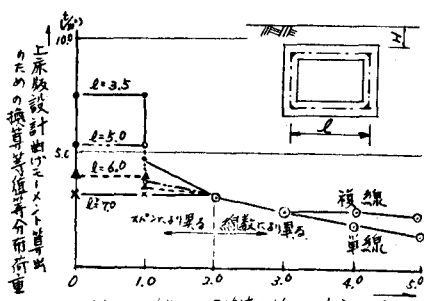


図-2.有効巾を考慮した換算等値等分布荷重

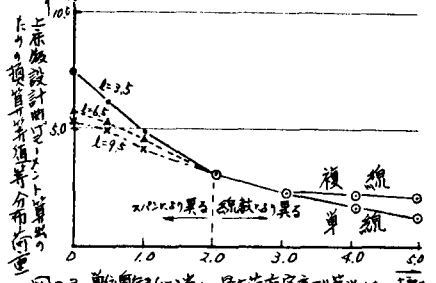


図-3.単位奥行き(1.0)当りの最大荷重密度で算出した換算等値等分布荷重

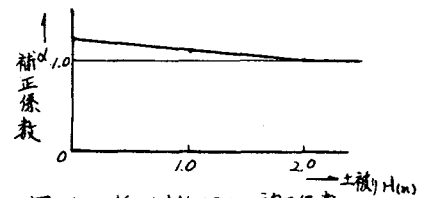


図-4.せん断力を求めたための補正係数

3. 衝撃荷重の影響

地表面上の列車荷重による衝撃の影響は、土被り厚が大きくなれば、土の变形や振動により吸収されて、減少するといわれている。その値は、定量的には、十分には明らかでないが、他の技術基準などを参考にすると、これらの基準では、おおむね土被り厚が、3.0程度以上あれば、衝撃の影響を無視して考えられているが、衝撃係数の大きさや、低減率等については、まちまちの扱い方をしている。ここでは、とりあえず、これらの既存の衝撃に対する考え方を参考に、通常、衝撃の影響を深さ2.0まで考え、土被り厚が、0.0の時には、係数を低減させず、1.0の間には、係数を低減させるものとした。しかし、土中における衝撃係数のとり方については、今後実験等により明らかにする必要があると考えられる。

あとがき

以上、カルバートの設計において、土被り厚の小さい位置に建設される場合、影響の大きい列車荷重による影響について一つの考えを述べた。しかしながら、種々の角度から検討されており、より合理的なカルバートの設計をするためには、カルバートに作用する列車荷重やカルバート内の応力等を実測する必要がある。