

フレキシブル切梁を用いた支保工の適切な形状の決定

福井大学工学部

法村 徹也

福井大学大学院 正会員

福井 卓雄

1 はじめに

近年、下水道や工業排水、農業排水などを流す管路が老朽化しているという問題が起こっている。その管路を再生する方法として SPR 工法（下水道管渠更生工法）がある。この工法はまず更正管を形成しその中に更正管の浮上と変形の防止のために支保工を入れ裏込モルタルを注入するという工法である。その支保工としてフレキシブル切梁を用いる。利点として開削をせずに行えること、水を流しながらでも作業が行えること、経済的であることなどが挙げられる。運搬や現場での組み立てが容易に行えるようにするため重量が重い鋼材から軽いアルミ材へ変えるという工夫もされている。しかし、そのアルミ材において支保工のジョイント部のボルト孔で図 3 のような破壊がみられ、また支保工全体に歪みが生じた。実際の現場では下の図のような支保工が用いられている。



図-1 支保工（五角形、馬蹄型）



図-2 破壊したジョイント

2 形状の決定手法

実際の現場で用いても破壊が起こらない支保工の形状の決定が本研究の最終的な目的とする。そこでまず支保工の破壊原因を考察して、そこから適切なボルト孔の配置及び支保工全体の安定解析を行う。

2.1 破壊原因の考察

解析をするにあたりまず初めに破壊が起きた原因を考える。この支保工のジョイント部は角度が水平（180度）から90度までボルトの位置によって角度を10度ずつ変えられるように図3のような構造となっている。また片側だけの角度を変えると5度ずつ角度を変えることができる。このジョイント部の上部に二つ並んでいるボルト孔の部分で破壊が起きた。その原因として二つのボルト孔が近過ぎたこと、ボルト孔とヘリの距離が近過ぎたことが考えられる。まず二つのボルト孔の部分で破壊が起きてボルト孔が一つにつながった状態になり、そのためそこにかかる応力が大きくなりヘリまでの破壊が起きたと考えられる。

また支保工全体が歪んだ原因はボルト孔の破壊と支保工の形状に原因があると考えられる。ボルト孔の破壊によってジョイントが開いたために変形し、また四角形の形状のものは不安定であり変形を起こしやすく、支保工の内部に四角形が形成されるような構造は変形を起こしやすいと考えられる。

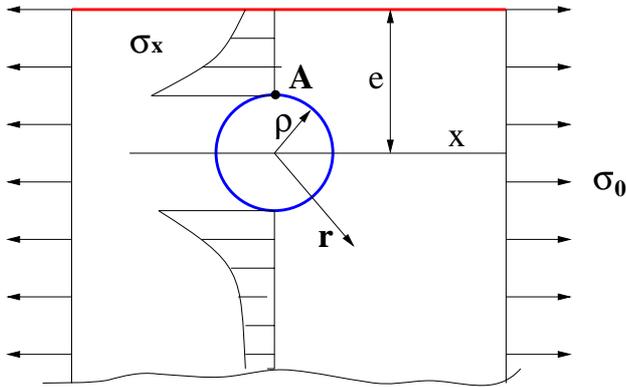


図-3 境界条件（引張力作用）

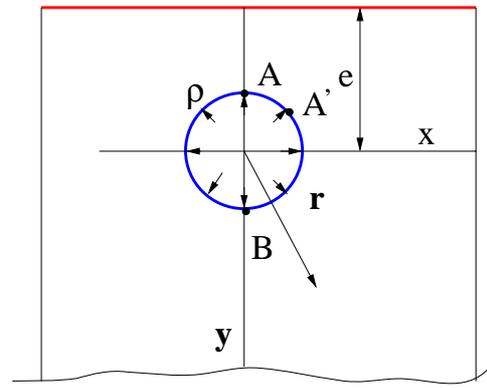


図-4 境界条件（内圧作用）

2.2 ボルト孔の配置決定

まず現在使われているボルト孔の寸法を測ると、ボルト孔間の距離はボルト孔径の約 $2/7$ 、ボルト孔とヘリの間は約 $5/7$ 程度であった。この時のボルト孔の一つをヘリと同様にみなす。一方でボルト孔とヘリ上図で赤線部が外側の境界であるヘリを表して、青線部が内側の境界であるボルト孔を表している。外側の境界は直線のみで考え半無限領域としている。具体的な応力条件としては一様な引張力がかかった場合（図4）とボルト孔のヘリに圧力がかかった場合（図5）の二通りについて考える。引張力がかかったとき応力集中率が最も大きくなるのはA点でボルト孔間では約4.6、ボルト孔とヘリの間では約3.5になる。一方ボルトに内圧がかかるときの応力集中率は先ほどと違いA点で最小になり、点Bから測って $90 \leq \theta \leq 160$ の範囲内にあるA'点で最大になり、ボルト孔間では約2.6、ボルト孔とヘリの間では約1.4になる。このことからボルト孔間での応力集中率が非常に大きいことがわかる。応力集中率は距離が離れるほど小さくなるのでボルト孔間の距離を長くする必要がある。ここで、その応力によって左右のジョイント部にモーメントが働くことも考慮する。現在この条件において解析を行っているところである。次にボルト孔間の距離とヘリとの距離を変化させた境界において解析する。そこで破壊が起きないような応力状態になるときの距離を求める。

2.3 支保工の安定解析

実際の現場で使われているいくつかの形状について解析を行い、その時にかかる応力の状態から適切な形状、すなわち最も安定になるような形状の決定を行う。またそれらの形状の解析のみでなく、更に良いと思われる別の形状の検討とその解析も行う。この時支持保工全体がラーメン構造であると考え、その接点部は弾性であるとする。そしてモルタルの注入圧を荷重として考える。この荷重はモルタルの注入が一樣にならないことから偏心荷重とする。この解析でも先ほどのモーメントを考える必要がある。

3 結果

最終的な支保工の形状としては馬蹄型ではない正五角形に近いような五角形が最も安定で適していると考えている。しかしまだ解析をしている段階なので結果は発表当日に示す。

4 今後の発展

数値解析の終了後、載荷実験を行いその結果を照らし合わせると共に、実際に現場で使える構造の決定を行う。

参考文献

- [1] 西田正孝 『応力集中』 森北出版、1967
- [2] 日本 SPR 工法協会ホームページ <http://www.spr.gr.jp/>