

九州大学 工学部 正員 橋本 武

九州大学 工学部 学生員 〇能登原 功

1. まえがき 著者は、鋼アーチ支保工を完全弾塑性体とみなし、地山を弾性体と仮定して、その耐力に関する研究を行ってきた。しかし、支保工に塑性領域を発生するような状態では地山の側にも一部に塑性状態が発生していることが推察できる。そこで、本研究では地山を完全弾塑性体バネとしてより厳密に考察し、鋼アーチ支保工の終局的な耐力を解明せしめるものである。

2. 解析方法 解析に当っては、これまでの研究と同様に図1に示す円形アーチ支保工を対象とし、これを18要素に分割する。H型鋼の降伏応力は $\sigma_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$ である。支保工部材の弾塑性解析には、軸力とモーメントを考慮した降伏関数を考え、これにより部材の降伏を判定した。

地山は、前述のように、ある変位 U_0 までは弾性的に挙動し、 U_0 を越えると

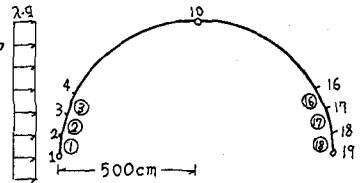


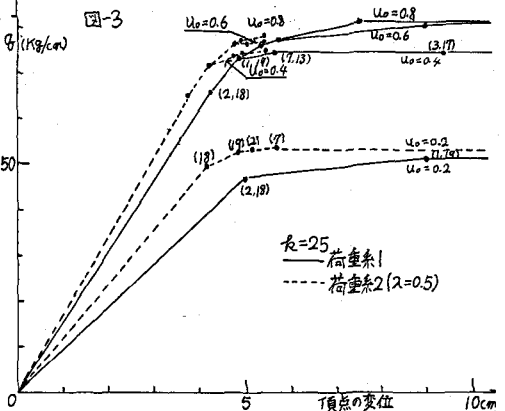
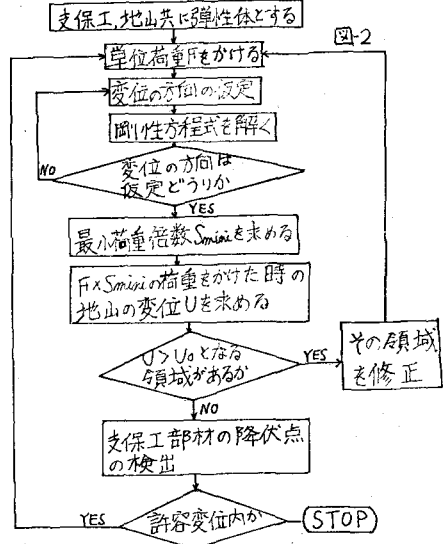
図-1

一定荷重 P_0 のもとで変位が増加する完全弾塑性体バネとして取り扱う。地山の地盤反力係数は、比較的弱い地山を想定し $k_s = 25, 10, 3$ を用いる。また U_0 は k_s 値との関係が十分明らかでない実情にあるが、地山の降伏にセリ断の影響が大きいと考えられるから、文献3)等の岩石のセリ断試験結果を参考にし、ここでは $U_0 = 0.8 \text{ cm}, 0.6 \text{ cm}, 0.4 \text{ cm}, 0.2 \text{ cm}$ の諸ケースを採用した。

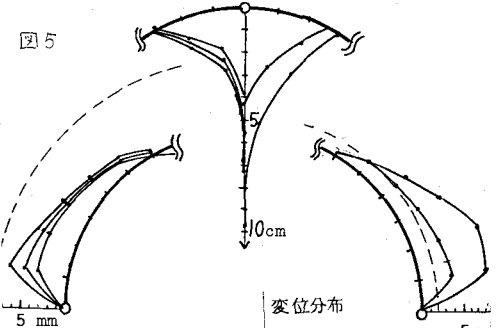
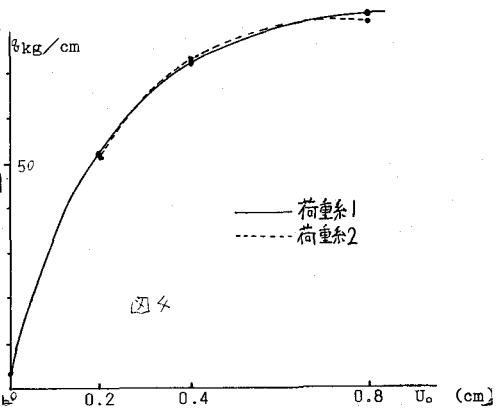
荷重は、荷重強度 $q \text{ (kg/cm)}$ なる上向き均布荷重(荷重系1)とこれに片側からの側圧 $\lambda q \text{ (kg/cm)}$ をかけた荷重系2について考察し、側圧係数 λ は、0.5, 0.7, 1の場合を考慮した。

解析手順は図2に示すとおりである。本解析は、支保工部材、地山の両者についての降伏を考慮しながら解析せねばならないが、その一法として荷重を順次大きくし、その度支保工部材、地山の両者の降伏をチェックする方法が考えられる。しかし、この方法では極めて多大の演算労力が必要となり、実際問題として解析が困難になる。そこで本研究では、図2に示すように、まず支保工部材に降伏点が発生する荷重強度を求め、この荷重強度において地山の降伏をチェックしながら計算を繰り返す方法を採用した。

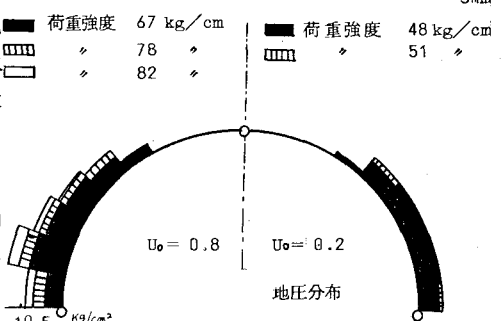
3. 結果および考察 荷重系1および荷重系2をかけた $k_s = 25$ の場合の頂点の垂直変位 U_0 と荷重強度 q との関係を示せば図3のとおりである。実線は荷重系1に対するもので、 $U_0 = 0.8 \text{ cm}$ の場合には文献3)に述べる地山を弾性体とした解析結果に完全に一致し、地山内に塑性領域が発生する状態ではない。 $U_0 = 0.6 \text{ cm}$ では、支保工に第5降伏点が発生する荷重強度で、地山領域②⑦⑮の変位が U_0 を越え塑性化する。また $U_0 = 0.4 \text{ cm}$ では第3降伏点が発生する荷重強度で、地山領域②⑦⑮⑬⑭⑯の



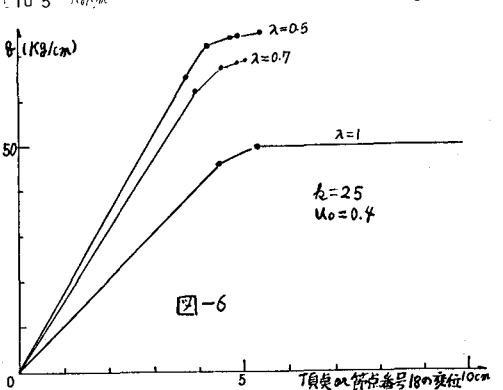
変位が U_0 を越える。 $U_0=0.2\text{cm}$ の場合には、第1降伏点が発生する荷重強度において、 $U_0=0.4\text{cm}$ の場合と同じ領域の地山が降伏する。このため、小さい荷重状態でも支保工の変位が大きくなる。ここで、微小変形理論の制約および工事の安全上の問題から、支保工の最大変位が 10cm に達した時をもって崩壊とみなせば、支保工の崩壊荷重は弾性地山と比べて $U_0=0.6\text{cm}$ ではほぼ同じで、 $U_0=0.4\text{cm}$ では約90%、 $U_0=0.2\text{cm}$ の場合には約65%に低下する。次に点線で示す荷重系2の場合に関しては次のとおりである。すなわち、 $U_0=0.8\text{cm}$ では荷重系1の場合と同じく弾性地山の結果と合致する。 $U_0=0.6\text{cm}, 0.4\text{cm}$ では、それぞれ支保工に第4降伏点、第3降伏点が発生する荷重強度において、要素⑦の地山領域の変位が U_0 を越える。また $U_0=0.2\text{cm}$ では、第1降伏点の発生する荷重強度において、地山領域⑤⑥⑦の変位が U_0 に達した。なお、荷重系1の場合には、支保工の変位が増大することにより崩壊に至るが、荷重系2でかつ $U_0=0.8\text{cm}, 0.6\text{cm}, 0.4\text{cm}$ の場合には変形があまり違わないうちに、部材要素18が全塑性軸力に達し崩壊している。なお以上の結果をもとに U_0 と崩壊荷重の関係をプロットすれば、図4のとおりである。



荷重系1が作用する場合の変位分布、地圧分布を示せば図5のとおりである。変位分布をみると $U_0=0.2\text{cm}$ の場合には最初の荷重段階において地山が降伏するため、次の荷重段階において大きな変形をおこすことがわかる。また地圧分布をみると、 $U_0=0.8\text{cm}$ の場合は地山は降伏することなく荷重強度が増すとともに地圧も増大していることがわかる。特に地山領域⑤⑥⑦の部分に大きな地圧が発生している。 $U_0=0.2\text{cm}$ の場合には、受動土圧を発生する地山の大部分の領域が最初の荷重段階で降伏するため、次の荷重段階での地圧の増加は少ないことがわかる。



荷重系2において側圧係数 λ の値を0.5, 0.7, 1とした場合の結果を示せば図6のとおりである。 $\lambda=1$ の場合には第2降伏点の発生する荷重強度において地山領域⑤⑥⑦の変位が U_0 に達し変位が急増して崩壊に至る。 $\lambda=0.7$ の場合には、 $\lambda=0.5$ と同じく第3降伏点の発生する荷重強度において地山領域⑥⑦の変位が U_0 に達した。この場合にも $\lambda=0.5$ と同じく、部材要素18が全塑性軸力に達し崩壊した。



参考文献

- 1) 土木技術者のための岩盤力学: PP146~PP148 土木学会編
- 2) 樽木 武, 山本 修司: 鋼アーチ支保工の耐力 昭和49年度土木学会研究発表会講演集 PP21~PP22 2 1975
- 3) 樽木 武, 能登原 功: bi-linear型地山モデルにおける鋼アーチ支保工の弾塑性挙動 昭和49年度土木学会研究発表会講演集