

九州大学 工学部 学生員 小川 健男

九州大学 工学部 正員 樗木 武

電源開発 K.K 正員 能登原 功

1. 緒言 鋼アーチ支保工の耐力に関して、著者らは、支保工を完全弾塑性体とみなし、又、地山を弾性体と仮定のうえ解析をすすめ、その結果をすでに公表した。¹⁾しかし、支保工に塑性領域を発生するような状態では、地山の側の一部においても塑性領域が発生しているものと考えられる。したがって、本研究では、地山を完全弾塑性体バネでモデル化のうえ、弾性バネを仮定した前報よりも、より実情に脱した鋼アーチ支保工の終局的耐力を説明せんとするものである。

2. 解析概要 対象とする支保工を図-1に示すような円形H型支保工とし、H型鋼の降伏応力を $\sigma_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$ とする。又、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折線近似の降伏関数を考えて、部材の降伏を判定する方法を用いた。解析手順は図-2に示すとおりで、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用いた。その際、地山は緒言に述べるように、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。地山は比較弱いものを想定し、地盤反力係数は $k_s = 25$ 、10を用いた。又、 U_0 は k_s 値との関係が十分明らかでないが、岩石のせん断試験結果を参考にし、本解析では $U_0 = 0.8 \text{ cm}$ 、 0.6 cm 、 0.4 cm 、 0.2 cm の各値を採用した。さらに、荷重としては、荷重強度 8 kg/cm なる上載等分布荷重(荷重系1)とこれに片側からの側圧 1.8 kg/cm を加えたもの(荷重系2)を想定し、側圧係数入は0.5、0.7、1の場合を考慮した。

3. 解析結果 図-3は地山を弾性体と仮定した時の、荷重系1に対する頂点の垂直変位 U_0 と荷重強度 q との関係を示すものである。これに対して、図-4は地山を完全弾塑性体とみなした場合の U_0 - q 曲線である。

図-4の実線は荷重系1に対するものであるが、図-3と比較すれば、 $U_0 = 0.8 \text{ cm}$ の場合には、その曲線は完全に一致し、地山内に塑性領域が発生していないことがわかる。 $U_0 = 0.6 \text{ cm}$ 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②⑦の変位が U_0 を越えて塑性化する。又、 $U_0 = 0.4$ 、 0.2 cm では、それぞれ支保工内に第3降伏点、第1降伏点が発生する荷重強度で、地山領域②③④⑤⑥⑦⑧の変位が U_0 を越える。ここで、微小変形理論の制約及び工事の安全上の観点から、支保工の最大変位が支保工の断面高さ 10 cm に達した時をもって崩壊とみなせば、支保工の終局耐力は弾性地山に比べて、 $U_0 = 0.4 \text{ cm}$ で10%、 $U_0 = 0.2 \text{ cm}$ では35%程度低下している。又、荷重系1が作用する場合の地圧分布を示せば図-5のとおりである。これより、 $U_0 = 0.8 \text{ cm}$ の場合は、地山は降伏する

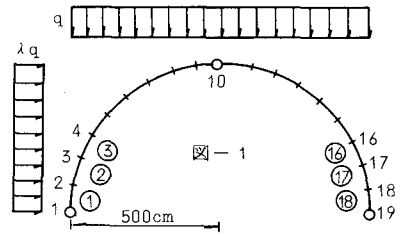


図-1

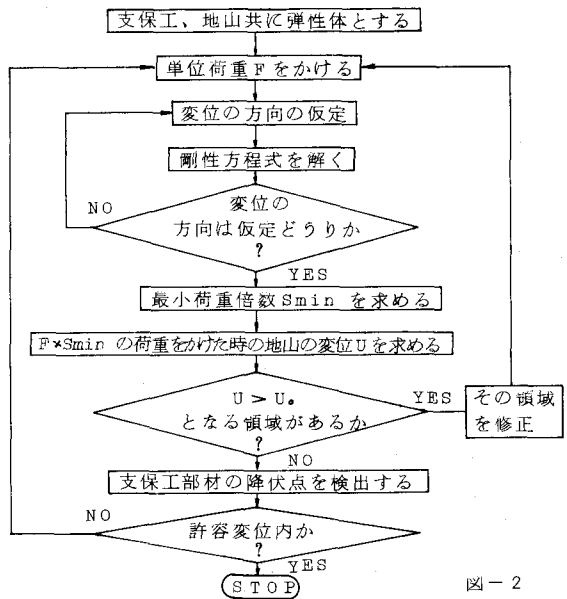
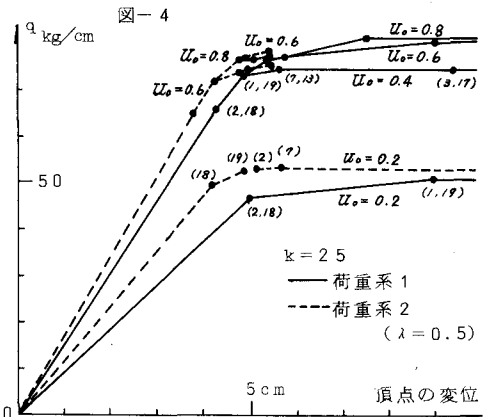
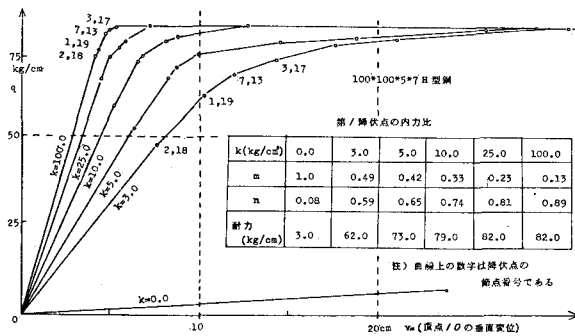


図-2

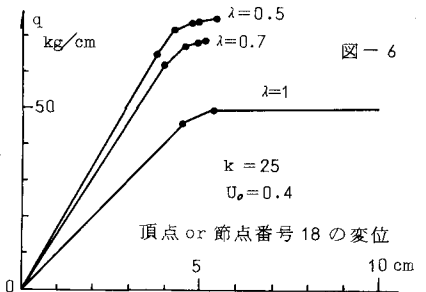
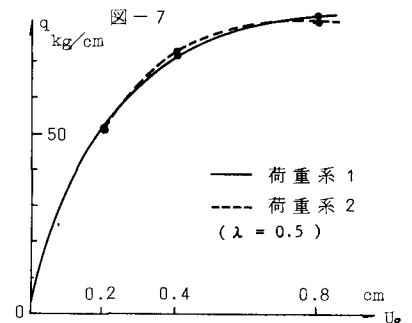
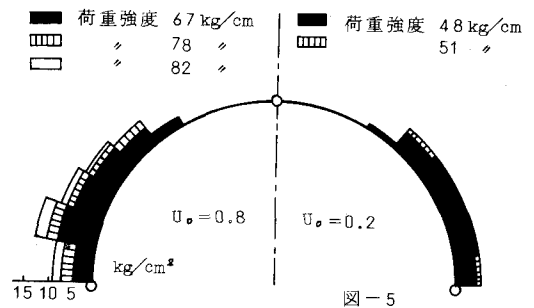


ことなく、荷重強度が増すとともに地圧も増大していることがわかるが、特に、支保工下部より若干離れた地山領域②⑦の部分に大きな地圧が発生しているといえる。 $U_0=0.2$ cmの場合は、受働土圧を発生する地山の大部分の領域が最初の荷重段階で降伏するため、当然、次の荷重段階以後での地圧の増加は少なくなっている。

次に、図-4の点線で示される荷重系2の場合に関して検討を加えると次のとおりである。すなわち、 $U_0=0.8$ 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。 $U_0=0.6$ cm, 0.4 cmでは、それぞれ支保工に第4, 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 を越えて塑性化する。又、 $U_0=0.2$ 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 に達する。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か、荷重系2でかつ $U_0=0.2$ cm以外の場合には、変形があまり進まないうちに、部材要素⑩が全塑性軸力に達して崩壊している。

図-6は荷重系2において、側圧係数 λ の値を変化させた場合の結果を示したものである。 $\lambda=1$ 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 に達して崩壊に至る。 $\lambda=0.7$ の場合には、 $\lambda=0.5$ の場合と同じく、第3降伏点の発生する荷重強度において地山領域⑤⑥⑦の変位が U_0 に達し、又、部材要素⑩が全塑性軸力に達して崩壊に至る結果となっている。

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ると図-7のようになる。これより、 U_0 の増加とともに q も増大してゆくが、増大の割合は次第に減少し、地山を弾性体と仮定する場合に近づくことかわかる。



参考文献

1) 樺木武・能登原功; H型鋼アーチ支保工の弾塑性挙動

九大工学集報 第48巻第6号 昭和50年12月