

## 参考資料 1 : 2.3 要因 3 : D2 層自体の強度・厚さ不足に対する試算

### ●目的

難透水層である D2 層が施工時の遮水層となった場合に、切羽到達時天端部の D2 層発生応力を FEM 解析により求めることにより、D2 層の上部に存在する未固結帯水砂層の地下水位低下を行わず、また、未固結帯水砂層に止水目的の薬液注入をしない条件下で NATM の掘削が地山安定性にどう影響したかを確認する。

通常、トンネル掘削に関する FEM 解析は、土水一体解析としてなされる場合が多い。その際、土圧と水圧は一体として、変位と関係する地中全応力として評価される。

一方、D2 遮水層には、上部未固結帯水砂層から水圧が作用し、その水圧は、D2 層を含め地盤の変位に独立である。

そこで、ここでは、試算として、土圧を有効応力、水圧を荷重として考慮することで土水分離を模擬した FEM 解析を実施する。

### ●解析ケースの概要

Case1 : D2 層の厚さを見直し後の地質構成 2.6m として、D2 層の上面に静水圧が作用する有効応力解析

(D2 層より上方の地山の単位体積重量は水中重量(有効単位体積重量)を用いて初期応力解析を行った後に、応力解放率を 20%とした素掘掘削を行うとともに D2 層の上面に水圧を作用させる。)

D2 層より上部層の剛性が、当初のままのケースに加えて、D2 層より上部層が水圧に対して抵抗しないようにするよう、水圧作用時に上部層の剛性を 0 (上部地盤未考慮) とするケースも行う。

Case2 : 地質構成、トンネル形状は Case1 と同じとし、遮水層を考慮せず土水一体の全応力解析

(地山の単位体積重量は全て湿潤単位体積重量とした、通常の FEM 解析。応力解放率はケース①と同じ)

Case3 : 地質構成、トンネル形状は Case1 と同じとし、静水圧が D2 層の上部に位置する洪積砂層 (D2 層から 2 m) に作用させる有効応力解析 (洪積砂層に止水注入を実施した場合を想定)

D2 層より上部層が水圧に対して抵抗しないようにするよう、水圧作用時に上部の剛性を 0 (上部地盤未考慮) とするケースで行う。

Case4 : トンネルの形状は当初の断面として、他の条件は Case1 と同じ有効応力解析

D2 層より上部層が水圧に対して抵抗しないようにするよう、水圧作用時に上部の剛性を 0 (上部地盤未考慮) とするケースで行う。

### ●解析結果と考察

次頁以降に示す今回の試算結果によれば、以下のことが分かる。

- Case1 の解析結果により、D2 層のトンネル天端直上の応力は、水圧に対する上部層の抵抗による影響があることが分かる。水圧は、上部層の抵抗を受けないことが想定されるが、今回の試算では、その場合の D2 層のトンネル天端直上の水平圧縮応力度は、かなり小さいことが分かる。
- Case2 と Case1 の解析結果の比較より、通常の土水一体の FEM 解析では、トンネル天端直上の水平圧縮応力度は、Case1 より大きな圧縮応力であることが分かる。
- Case3 と Case1 の解析結果の比較より、薬液注入等により水圧作用面を上方にすることで、トンネル天端直上の水平圧縮応力度は、Case1 より大きな圧縮応力となることが分かる。
- Case4 と Case1 の解析結果の比較より、トンネルを円形に近づけることで、水圧作用面に近づくことになってもトンネル天端直上の水平圧縮応力度は、Case1 より大きな圧縮応力となることが分かる。

### ●まとめ

トンネルの安定性は、形状効果によりトンネル周辺地山の接線方向応力を圧縮状態に保つことが重要である。

透水性の高い地盤と遮水層が存在し、地下水圧の影響が大きい条件下において、トンネル掘削解析を行う場合の手法は十分確立されておらず、今回は、簡易なモデル、ある限定した仮定条件下で解析を行った。

それによると、変位に独立な水圧の作用を考慮する解析では、トンネル安定性に大きな影響を及ぼすトンネル天端直上の水平応力度の圧縮状態は、通常の解析よりかなり低下する結果となることが分かった。

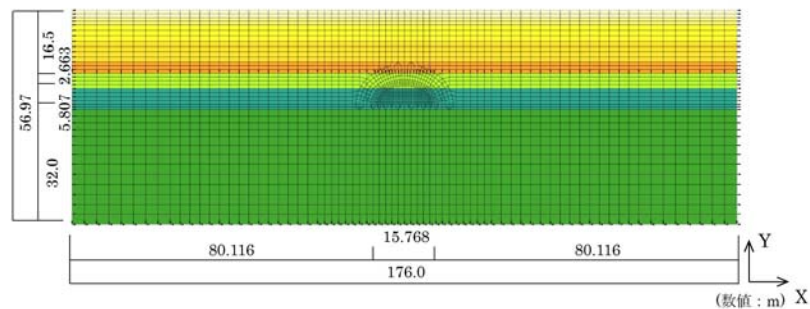
以上のことから、今後、同様な条件下でトンネル安定性を評価する場合には、水圧の影響を考慮した検討が必要であると考えられる。

●解析条件

解析モデル

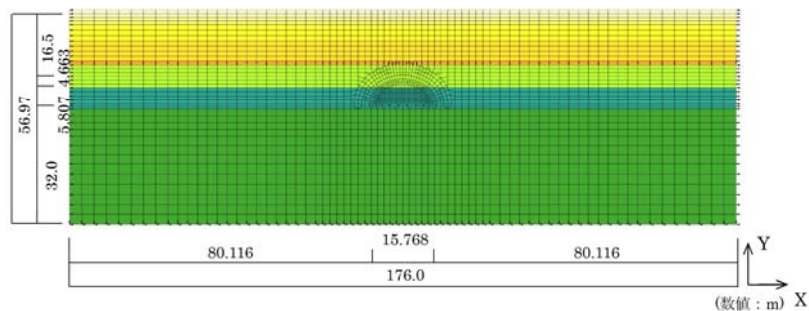
以下に解析モデルを示す。

Case1・Case2

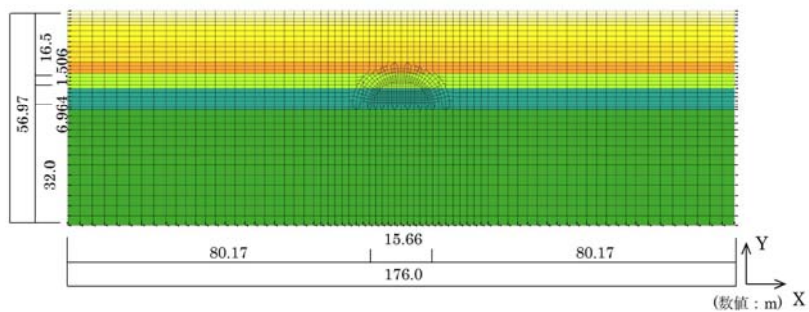


※Case2は静水圧の荷重は無

Case3 (dHs2層を2m注入改良、改良物性値はD2層と同値、遮水層厚UP)



Case4



地山物性値

地山は、線形弾性体としてモデル化し、地山物性値は以下に示す値を採用した。

表 地山物性値一覧

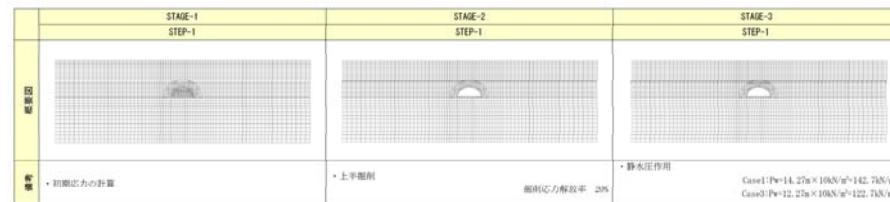
層名	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	変形係数 E (kN/m <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$	粘着力 C (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (deg)
b	18.0(8.0)	8,750	0.35	0.0	34.0
as	18.4(8.4)	4,250	0.35	11.7	32.0
dAs	19.1(9.1)	7,250	0.35	8.6	34.0
dAg	18.0(8.0)	17,500	0.35	0.0	35.0
dHs2	19.6(9.6)	20,250	0.35	0.0	32.0
D2	18.3	21,750	0.30	26.25	20.0
C2~D1	20.9	128,500	0.275	92.5	25.0
C2	23.5	228,000	0.25	150.0	30.0

※( )内の値は水中単重

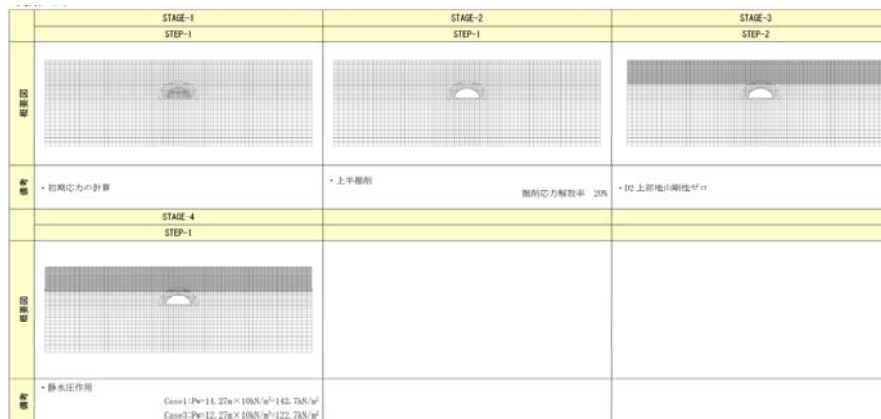
解析ステップ

各解析ステップ図を以下に示す。側方土圧係数は、ポアソン比に応じたものとした。

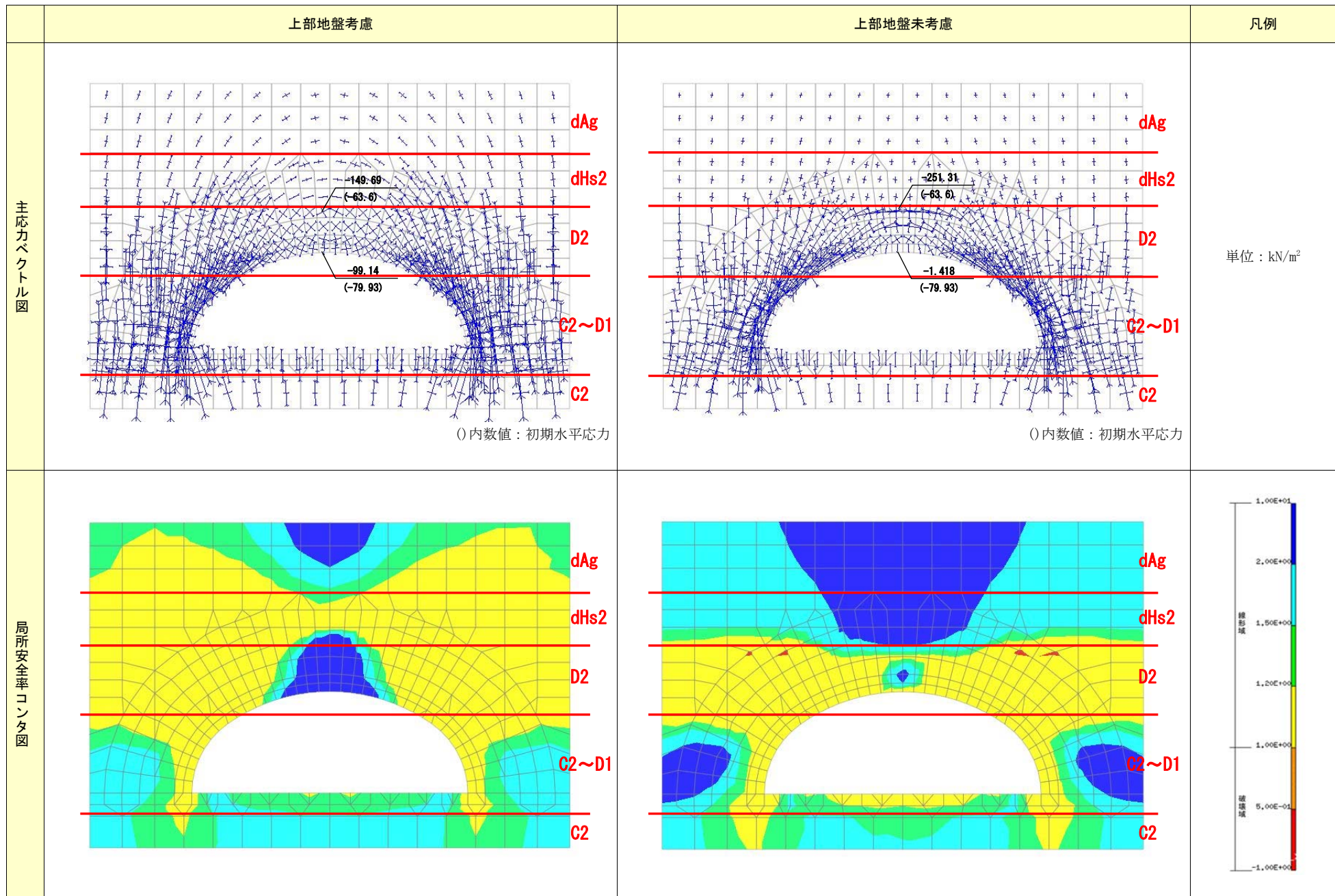
- ・D2 上部地盤考慮



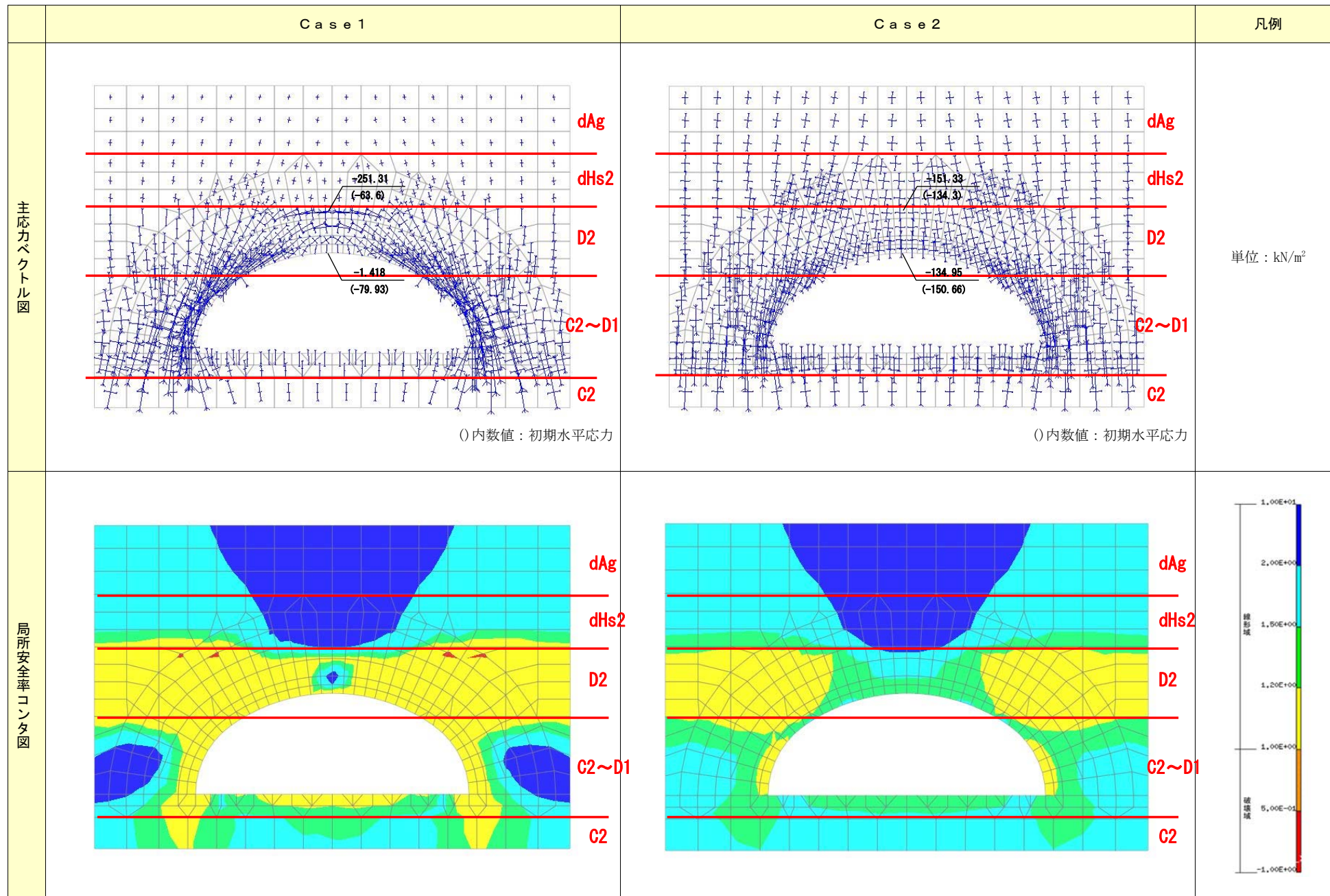
- ・D2 上部地盤未考慮



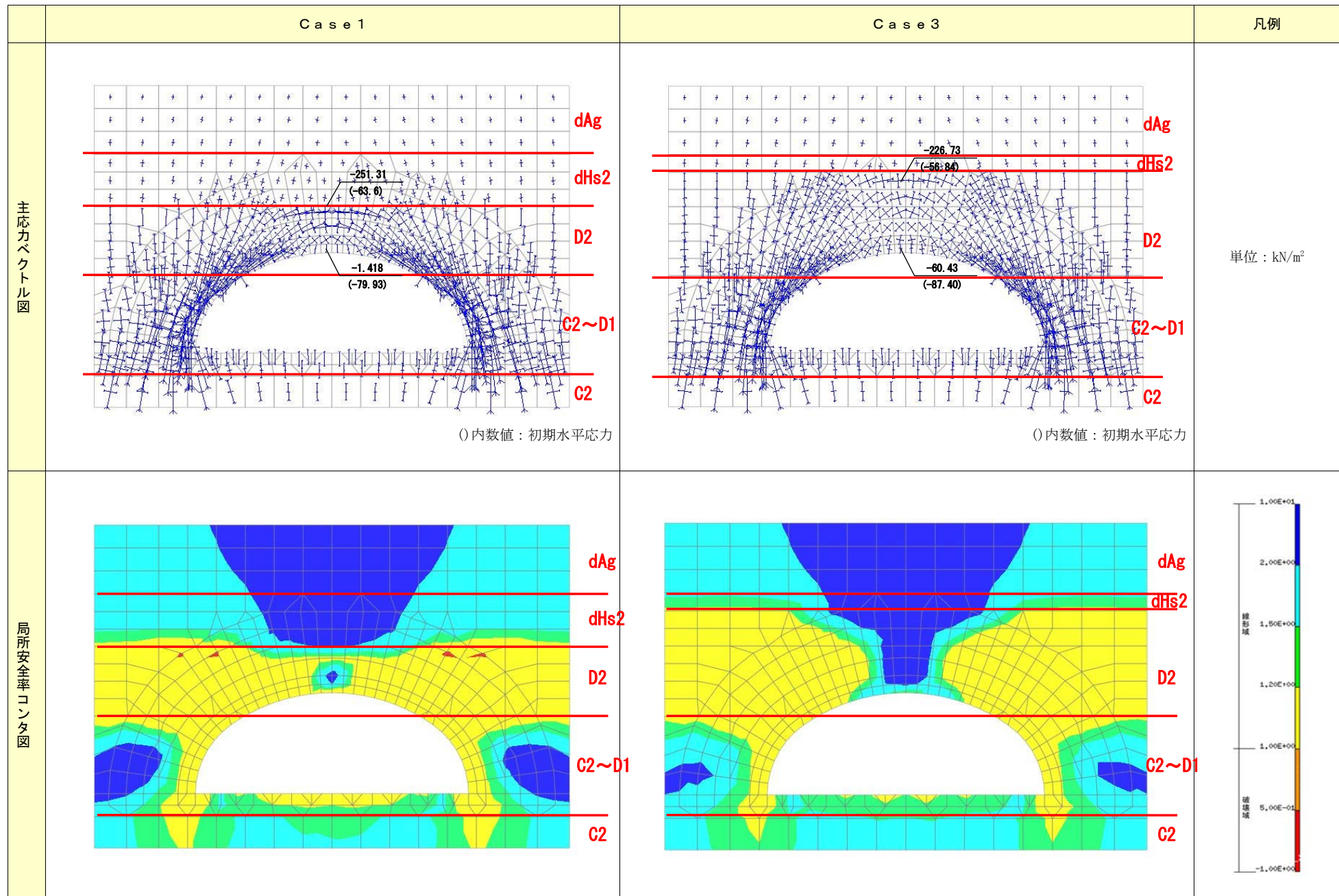
●解析結果 (Case1)



●解析結果 (Case1・Case2・上部地盤未考慮)



●解析結果 (Case1・Case3・上部地盤未考慮)



●解析結果 (Case1・Case4・上部地盤未考慮)

