緩衝材がある擁壁裏込めの 2D・3D 解析による土圧低減効果

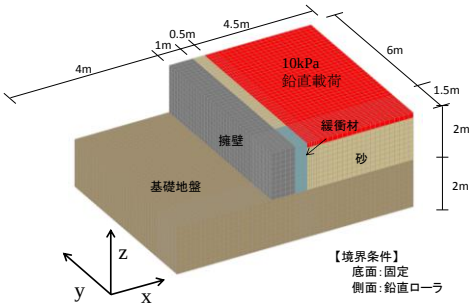
竹中工務店　　正会員　○金田　一広
港湾空港技術研究所　　正会員　　山崎　浩之

１．はじめに

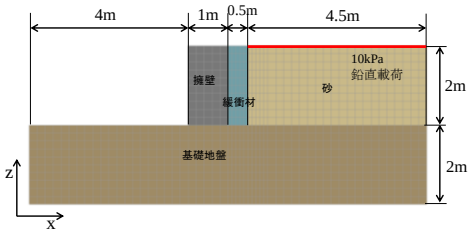
筆者らは擁壁裏込めにタイヤチップなど緩衝材がある場合の土圧低減メカニズムについて検討してきている[1)]。今までは平面ひずみのみの検討であったが、3 次元空間の擁壁で、一部分だけ緩衝材が設置されている場合の土圧低減効果についてはまだよく検討されていない。本研究では 2 次元と 3 次元解析を実施して土圧低減効果について調べた。

２．解析条件

竹中工務店保有の動的／静的解析プログラム MuDIAN[2)]による 2・3 次元解析を実施した。用いた土の構成式はモールクーロンモデルである。擁壁と擁壁の裏込めの緩衝材は弾性体とする。比較のため、砂だけの場合（2 次元平面ひずみ解析のみ）、緩衝材の厚さが 50cm の場合（2・3 次元解析）を実施した。3 次元解析の場合は対称半断面を仮定している。図 1 に緩衝材が 50cm の場合の解析モデルを示す。表 1 に材料定数を示す。砂については基礎地盤に比べて裏込め砂は剛性を小さくしている。どちらもせん断抵抗角は 40 度とした。また、緩衝材はタイヤチップを想定した材料定数を設定した[1)]。ヤング率が小さく、ポアソン比も小さい。擁壁はコンクリートを想定している。また、土と緩衝材、緩衝剤と擁壁、擁壁と土にはジョイント要素を設置している。本解析では試計算のため緩衝材と砂、および緩衝材と擁壁のせん断方向のジョイント要素の剛性を小さくし、すべりやすく設定している。なお本解析では、剥離は考慮していない。解析は、①自重解析を行い、②擁壁背後地盤に擁壁から 50cm 離れた場所から一様に 10kPa 載荷し（図 1 赤色部分）、擁壁に作用する力を調べた。



3 次元



2 次元

図 1　解析モデル

表 1　材料定数

ソリッド要素

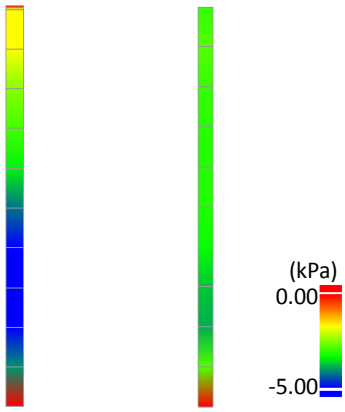
	基礎地盤	裏込め砂	擁壁	緩衝材
ヤング率 (kN/m^2)	112000	56000	2.44E+07	200
ポアソン比	0.3	0.3	0.2	0.2
単位体積重量 (kN/m^3)	16.62	16.62	23.03	8.82
粘着力(kN/m^2)	1	1		
せん断抵抗角(度)	40	40		

ジョイント要素

	垂直方向の剛性 (kN/m^2)	せん断方向の剛性 (kN/m^2)
砂と緩衝材	1.00E+04	1.00E+00
擁壁と緩衝材	1.00E+04	1.00E+00
擁壁と裏込め砂	1.00E+04	1.00E+04
擁壁と基礎地盤	1.00E+10	1.00E+04

３．解析結果

図 2 に 2 次元解析による擁壁の砂あるいは緩衝材側から擁壁に作用する鉛直方向の応力分布図を示す。応力は引張を正としている。つまり、マイナスの値は擁壁に圧縮力が作用していることを意味する。砂だけの場合は擁壁に圧縮力がかかり、擁壁裏込め砂からの荷重が擁壁に作用している。一方、緩衝材があるものは圧縮力が小さくなっている。図 3 に最終時の裏込め地盤の等価せん断ひずみ分布を示す。砂だけに比べて緩衝材があるものは裏込め地盤で大きなせ



(a) 砂のみ　　(b) 緩衝剤 50cm

図 2　応力分布図

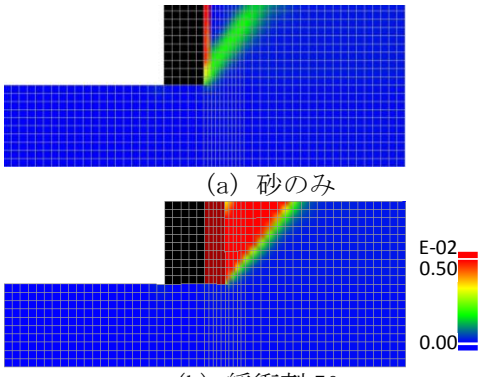
キーワード：擁壁、緩衝材、土圧低減
連絡先：〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1　株式会社竹中工務店　技術研究所 Tel:0476-77-1288

ん断ひずみが発生している。図 4 に従来までの知見を示す[1)]。緩衝材があり背後裏込め地盤が擁壁側へ変形する場合、緩衝材は受働状態となり変位と共に荷重は増加する。一方、砂は主働状態となり、変位と共に荷重は減少する。この両者が交わるとつり合う。つまり初めの土圧からの差分の土圧が低減されていることになる。次に、図 5 に緩衝材 50cm の場合の 3 次元解析結果を示す。図 2 と同様に擁壁に対して直角方向の応力分布である。擁壁と砂の間に緩衝材がある部分のみ土圧の低減が見られ、擁壁の背後が砂の場合はそれに比べて大きな土圧が作用していることが分かる。図 6 に最終の裏込め地盤の等価せん断ひずみ分布を示す。裏込め地盤でせん断変形が発生し、2 次元解析と同様に主働化が生じていると思われる。2 次元解析と 3 次元解析を比べると黒丸で囲んだ部分は 3 次元解析の方が 2 次元解析より土圧の低減が顕著になっていることが分かる。図 7 に 3 次元解析で、高さ方向 3.4m から 3.6m にあるメッシュをくりぬいて、σ x, σ y のコンター図を描いたものを示す。σ x、σ y の分布とも緩衝材付近の青枠部分はプラスの値を示している。これはその部分が引張状態であり、すなわち緩衝材の方へ変形していることが分かる。一方、赤丸の部分は圧縮状態であり、これは緩衝材が y 方向へ変形をしていることを示している。緩衝材の背後地盤の自重や 10kPa という荷重が作用した場合、擁壁方向（図では x 方向）に荷重が作用するが、3 次元効果で緩衝材の外側 y 方向にも荷重が流れていることが分かる。このために、結果的に擁壁に作用する土圧が減ったと考えられる。2 次元解析では荷重の方向が一定なのでこの効果が見られないことになる。

4．結論

擁壁背後地盤に緩衝材が存在する場合の擁壁土圧の低減について 2・3 次元解析を実施した。2 次元解析では、擁壁背後地盤に緩衝材がある場合の方が土圧の低減が見られる。これは緩衝材によって裏込め地盤が主働化することに起因すると考えられる。また、3 次元解析を実施すると、2 次元解析に比べてより土圧の低減が見られた。これは緩衝材の端部では裏込めから作用する応力を緩衝材の外部へ流す作用が発生し、その効果で土圧が低減すると考えられる。今後は緩衝材の材料定数やジョイント要素の影響などについて検討していきたいと考えている。

参考文献：1) 金田 一広，ヘマンタ ハザリカ，山崎 浩之(2009)：擁壁裏込めに緩衝材として用いた廃タイヤの土圧低減効果，第 8 回環境地盤工学シンポジウム論文集，pp.467-472. 2) 塩見忠彦，鬼丸貞友，吉澤睦博：地盤と構造物の非線形挙動を考慮した構造解析システムの開発，竹中技術研究報告 No54, 1998.



(a) 砂のみ

(b) 緩衝剤 50cm

図 3 等価せん断ひずみ分布図(最終)

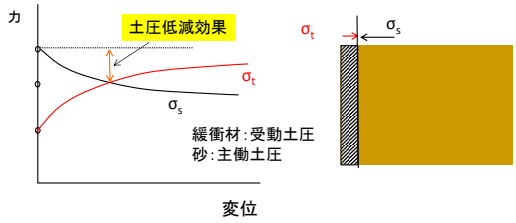


図 4 土圧低減のメカニズム

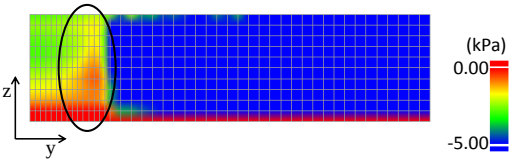


図 5 擁壁部の応力分布図

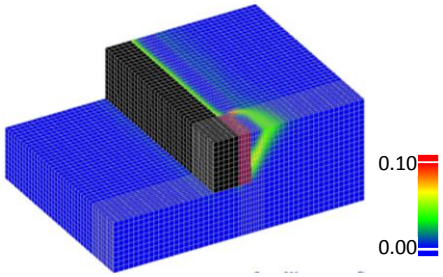
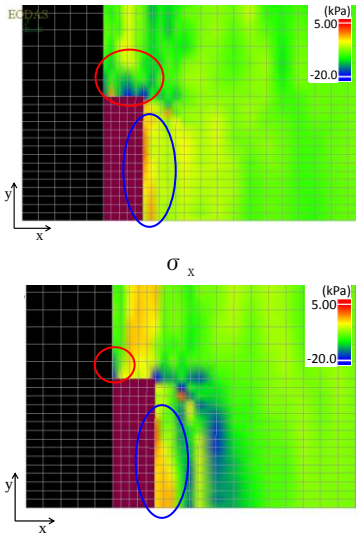


図 6 等価せん断ひずみ分布図(最終)



σ x

σ y

図 7 σ x、σ y の応力分布図