

盛土と周辺地盤の地震時挙動について

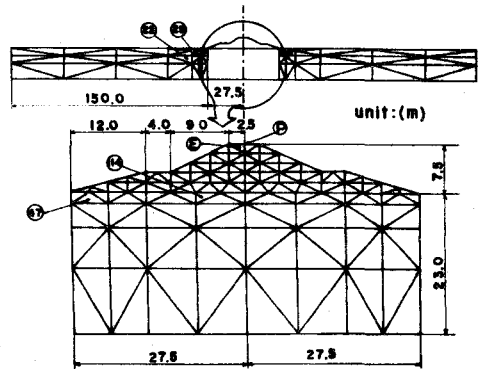
京都大学 防災研究所 正員 柴田 徹
 京都大学 防災研究所 正員 土坂 義三
 清水建設 正員 出羽 克之

1. まえがき

盛土震害の多くは、支持地盤の前壊に起因しているが、従来の地震応答解析では堤体は堅固な基盤に支持されていると仮定されることが多いことから、支持地盤をも含めた系の地震時挙動は十分に明らかになっていない。また盛土のような土構造物の安定は自重によるところが大きいので、地震の上下動成分の影響を無視することはできないと考えられる。そこで、盛土ならびに周辺地盤をも含めた系について、地震動の上下・水平両成分を同時に考慮した地震応答解析を実施し、盛土震害の発生過程に関する考察を行なった。

2. 解析モデル

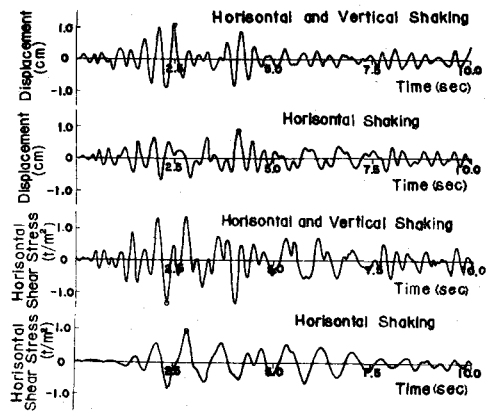
図・1に示すようなモデルを設定し、有限要素法による固有振動解析と地震応答計算を実施した。堤体の体積弾性係数、せん断弾性係数および単位体積重量はそれぞれ12,000 t/m³、4,138 t/m²、1.8 t/m³であり、地盤のそれは、7,000 t/m³、2,414 t/m²、1.6 t/m³である。周辺地盤の下端に作用させる入力地震動としては Taft (1952) および El Centro (1940) の記録を原波形のまま使用した。



図・1 解析モデル

3. 上下動の影響

図・2は、El Centro 波形を用い、その上下動を考慮した場合とこれを無視した場合について数値計算を行ない、図・1で示した天端の節点Pの鉛直変位および要素E内の水平せん断応力の応答を比較したものである。上下動を考慮することによって、変位応答波形には短周期の波が含まれるが、最大振幅の増分は約10%にすぎず、変位に関しては上下動の影響は小さいことがわかる。一応、せん断応力については、上下動を考慮した場合の最大振幅はそれを無視した場合の35%増となっている。垂直応力についても同程度の増分があり、盛土の地震時挙動を考える場合には上



図・2 鉛直変位および応力の応答波形 (El Centro)

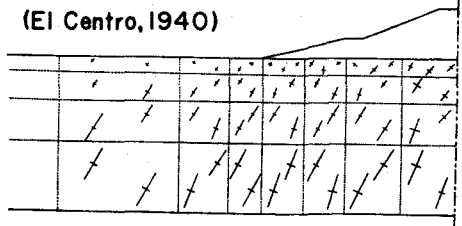
下動をも考慮した解析の必要がわかる。

4. 地震時の応力分布とせん断破壊

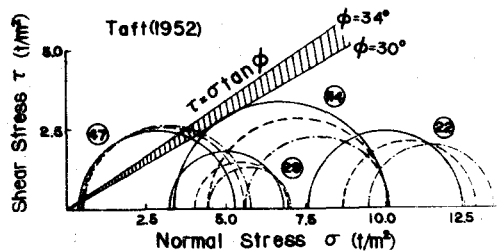
図・3はEl Centro波形を入力としたときの2.76秒後における周辺地盤内の主応力分布を示したものである。図中の σ 印は最小主応力が引張応力であることを表している。盛土のり先付近の要素では主応力方向が静止時に対して逆転しており、実際の震害におけるすべり面の方向をもよく説明しているものと考えられる。図・4はTafft波形を地震動とした地震応答計算に基づいて入力作用後6.0秒後の図・1に示した地盤内の要素22, 29, 47, 114における応力状態を表している。静止時の鉛直垂直応力としては、各要素の圆心における土被り圧 p_0 も考え、水平垂直応力としては K_0 も考える。ここで K_0 は静止土圧係数であり、0.5, 0.6, 0.7の三通りについて考

え、それぞれ図中の実線円、破線円、一点鎖線円で示された応力状態に対応している。また地盤はN値15程度の砂層であると想定するとその内部摩擦角は $30 \sim 34^\circ$ の範囲にあると考えられる。したがって破壊包絡線は図の斜線部に含まれる。要素44は土質条件に関係なく応力円は破壊包絡線を大きく越えていることから破壊の危険性は極めて高いものと推測できる。また要素14においては、地盤の内部摩擦角が 30° で静止土圧係数が0.5の場合に応力円は破壊包絡線を越え土質条件によっては破壊する可能性があると考えられる。この方法を用いて全要素について破壊の可能性の有無を検討し、土質条件の多少の変化に拘らず破壊すると考えられる要素を濃い影で、土質条件によっては破壊する要素を淡い影で図・5に示した。図からわかるように盛土と地盤の表面およびり先直下の地盤内の要素に破壊がみられる。盛土および地盤の表面の要素は、静止時の鉛直応力が小さいために地震時に生ずるわずかな水平せん断応力によっても破壊すると考えられる。一方、のり先直下の地盤破壊は、地震時には盛土荷重の影響による水平方向の応力増加が著しいことが原因であると推測される。図・5の影の領域は実際の震害での破壊領域と類似していることから、本解析に用いたモデルおよび解析法は盛土および周辺地盤の被害の生じる過程を表していると考えられ、震害対策や地震時挙動の予測に際しての有用性が確かめられた。

Hor. and Vert. Shaking
(El Centro, 1940)

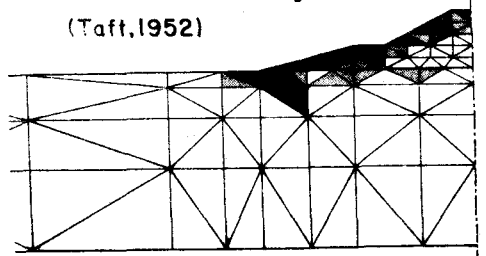


図・3 地盤内主応力分布



図・4 地盤内の応力状態

Hor. and Vert. Shaking
(Tafft, 1952)



図・5 せん断破壊の生ずる領域