

三次元有限要素法を用いたアンカー擁壁の設計

琉球大学 学生会員 ○伊波 あかね 日本原子力研究所 正会員 松原 仁
 琉球大学 正会員 伊良波 繁雄 琉球大学 正会員 富山 潤

1. 目的

本研究で解析を行った擁壁は、道路改良工事に伴い計画された新工法の親杭式土留めアンカー式擁壁である。従来工法で設計した場合、H鋼横梁を被覆するコンクリート梁が歩道上4mの位置で100cm程度突出した形状となり、今回擁壁を計画している現場では歩行者に対して圧迫感を与え、景観上も好ましくない。ここで提案する工法は、横梁に鉄筋コンクリート梁（以下、RC梁）を使用することでその張出し厚を15cmに抑え、歩行者の安全性、快適性の観点から良好な通行空間の形成と経済性の向上が期待できる。そこで、新工法のアンカー擁壁の設計を行うにあたり、横梁部材の応力状態の安全性を確かめるため、三次元有限要素法（以下、FEM）を用いて荷重条件、境界条件をより現状に合致するようにモデル化を行い、応力解析を行った。その結果からRC梁表面に問題となる応力集中が現れないか検討を行い、考察を行った。

2. 解析方法

2.1 解析モデル

図-1に新工法の擁壁概略図を示す。解析モデルは対称性を考慮して図-2のようにアンカー1スパン間（1.5m）を取り出し解析に用いた。また解析プログラムは線形弾性解析であり、独自で開発した。使用した要素は、一般的に用いられているアイソパラメトリック六面体要素¹⁾である。なお、本研究で用いたモデルは要素数101,178、自由度389,358であり、大規模解析モデルとなっている。土留め壁となるコンクリートパネルは、H鋼への荷重伝達部材とみなした。地盤は弾性体とし、道路橋示方書²⁾に基づき水平ばねでモデル化³⁾した。解析対象部材は親杭のH鋼と横梁部材のRC梁、RC梁の鉛直方向の変位を拘束するためのスティフナー、水平方向に対して30°で打設されたアンカー、そして水平地盤ばねとした。

2.2 解析条件

解析は境界条件として根入れ部に水平地盤ばねを設

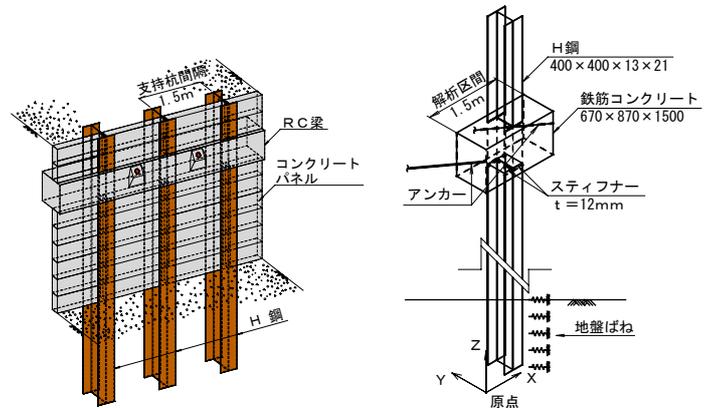


図-1 新工法の擁壁概略図

図-2 解析対象モデル

け、H鋼下端のZ方向を固定した。また、対称性を考慮するためにRC梁両面のX方向を拘束し、アンカー部には仮想支点を設けて反力を与えた。但し、アンカー材が30°の角度で打設されていることを考慮し、反力を水平方向と鉛直方向に分解して与えた。また、解析に用いた諸係数を表-1に示す。

表-1 解析に用いた諸係数

	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 μ	単位体積重量 γ (kN/mm ³)
鋼材 ^{※1}	2.0×10 ⁵	0.30	77.0
鉄筋 ^{※2}	2.0×10 ⁵	0.30	77.0
コンクリート ^{※3}	2.0×10 ⁴	0.17	23.0 (無筋) 24.5 (有筋)
上載土	-	-	19.0
アンカー	Pv=1.39×10 ² kN, Ph=2.41×10 ² kN		
地盤	Kh=1.26×10 ⁻¹ N/mm ²		

※1 H400×400×13×21・スティフナー t=12mm ※2 主筋D25・スラップD19
 ※3 設計基準強度 σ_{ck}=24N/mm

荷重は道路土工指針⁴⁾に基づく断面決定用土圧を用いてH鋼とRC梁に節点荷重として作用させる。なお、H鋼への土圧はコンクリートパネル背面部の土圧をフランジ前面側に、H鋼背面部の土圧をフランジ背面側に水平方向に作用させた。また、上載荷重は梁に直接作用する上載土による荷重とコンクリートパネルによる自重を鉛直方向に作用させた。

2.3 解析検討ケース

解析は、無筋コンクリート梁とH型鋼を完全付着とした場合（Case1）と付着を考慮しない場合（Case2）、

キーワード コンクリート、三次元有限要素法、親杭式土留めアンカー擁壁、新工法

連絡先 〒903-0129 沖縄県中頭郡西原町字千原1番地 琉球大学工学部環境建設工学科 TEL098-895-8663

RC 梁で付着を考慮しない場合（Case3）の3ケースからなる。付着を考慮しない場合とは、まずコンクリートとH型鋼との接触面で、引張応力に起因する剥離が生じると想定される位置のコンクリート要素を付着切れ対象要素として決定した。解析は弾性解析の繰返し計算で行い、許容付着応力度を越えた付着切れ対象要素にほぼゼロと等しいヤング係数を与え、応力伝達を行わない要素として導入した。なお、許容付着応力度は日本鋳業協会⁵⁾による報告から 1.0N/mm^2 とした。

3. 解析結果

図-3に Case1 の H 鋼及び梁の変形モードを示す。変形モードは拘束箇所や土圧荷重位置により複雑な挙動を示していることが分かる。根入れ付け根位置から約45cmの位置で最大変位6.8mmと非常に小さな値となっており、特に有害となるたわみは見られなかった。

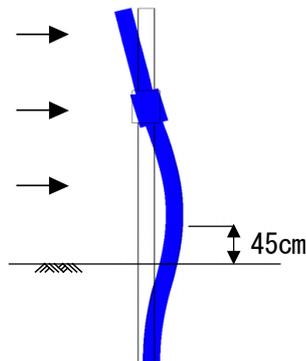


図-3 変形モード図

図-4に Case1、図-5に Case2 の梁上面最大主応力分布図を示す。図-4よりH鋼の背面側フランジ表面に大きな引張が生じていることが分かる。これはH鋼フランジ面に作用する土圧とアンカーによって拘束されている梁との相反的な挙動から応力が集中して発生したと考えられる。しかし、実際にはこのような応力に達する以前に、引張応力による剥離が生じているものと考えられる。次に、付着切れを考慮した図-5では、フランジ隅角部付近のコンクリートに局所的な引張応力 (3.34N/mm^2) が生じているがH鋼背面側フランジ下のコンクリートは圧縮応力が見られ、水平方向の作用圧に対して抵抗しているので、この応力集中によるひび割れは問題ないと思われる。

図-6に Case3 の鉄筋主応力分布図を示す。これより最大主応力度は 16.0N/mm^2 である。鉄筋の許容応力度をコンクリート標準示方書⁶⁾に従って計算すると $\sigma_{se}=153\text{N/mm}^2$ で、本解析ではこれよりも小さな値となっており、ひび割れに対して問題のない構造である。

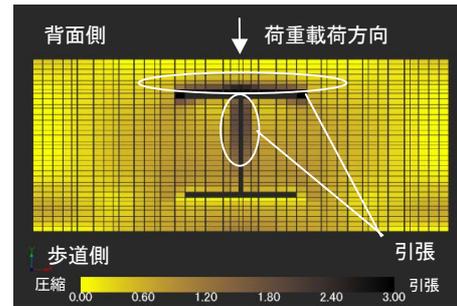


図-4 梁上面主応力分布図-Case1 (N/mm^2)

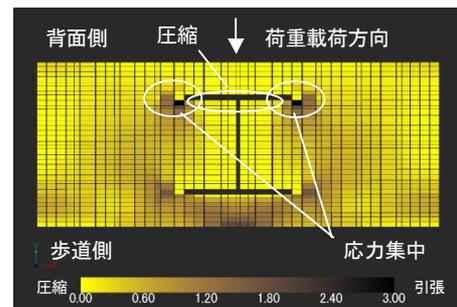


図-5 梁上面主応力分布図-Case2 (N/mm^2)

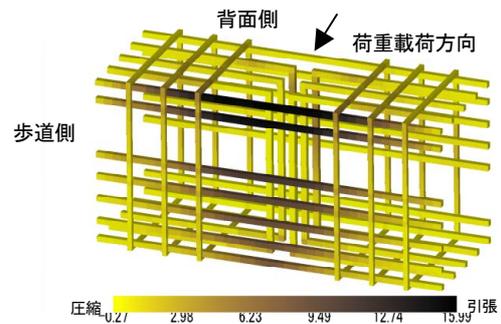


図-6 鉄筋主応力分布図-Case3 (N/mm^2)

4. まとめ

本研究では、新工法の親杭式アンカー付土留め擁壁を対象として、FEM線形解析を用いて大規模な三次元応力解析を行い、構造物全体の応力分布を把握した。以下に本研究で得られた知見を示す。

- (1) 付着切れを考慮した解析を行った結果、コンクリートに局所的な応力集中が見られたが耐力上問題のないことが分かった。
- (2) 本工法を用いることにより歩行者の観点から良好な通行空間の形成を可能にした。

参考文献

- 1) 鷲津久一郎他, 有限要素法ハンドブック I, 培風館, 1993
- 2) 社団法人日本道路協会, 道路橋示方書IV下部構造編, 2002
- 3) 田中忠次他: 地盤の三次元弾塑性有限要素解析, 丸善, 1996
- 4) 社団法人日本道路協会, 道路土工仮設構造物工指針, 1999
- 5) 日本鋳業協会, 「鉛と亜鉛」誌, 2003
- 6) 土木学会, コンクリート標準示方書[構造性能照査編], 2002