

多段式アンカー工法に用いる受圧板の設計

(株) 富士ピー・エス 技術本部 正会員 ○猪川 充

(株) 富士ピー・エス 技術本部 正会員 菅野 昇孝

1. はじめに

近年、地球温暖化現象をはじめとする環境破壊への対策として、森林保護や緑化が地球的規模のニーズとして取りざたされている。その中で、社会資本整備においても、緑化を重視した工法が注目を浴びている。また 公共事業における財源不足により、建設費のコスト削減は近年更に加速を続けていることから、よりコストパフォーマンスの優れた工法が時代のニーズであるといえる。多段式アンカー工法は、これらの社会的ニーズを受けて開発された斜面安定工法である。

多段式アンカー工法は、テンドンを定着する受圧板を垂直に設置することで斜面を階段状にし、平坦部に中低木を植樹可能にした工法である。従来の斜面安定工の緑化は、種子吹きつけによる植生が限界であったが、本工法では植樹という本格的な緑化を可能にしている。また、本工法は緑化のほかにもグラウンドアンカー工法としての構造的、施工性を向上させるというメリットも有する。多段式アンカー工法の鳥瞰図を図1に示す。

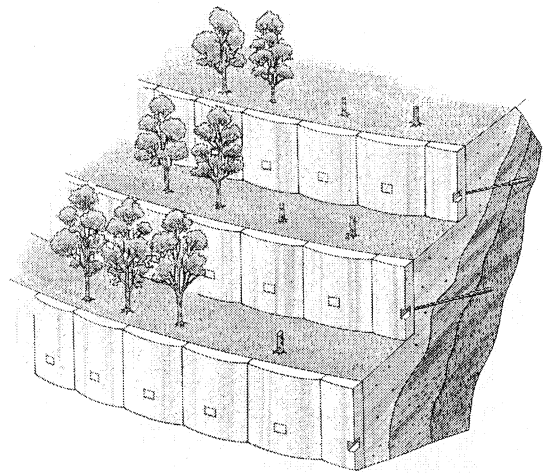


図1 鳥瞰図

本工法において、グラウンドアンカーを斜面に定着するためには、所定の性能を有する受圧板が必要となる。この受圧板は、本工法の構造的、施工性および経済性を評価する上で重要な部材であり、優れた性能を有するだけでなく、高いコストパフォーマンスを有する必要がある。本稿は、多段式アンカー工法に用いられる受圧板の最適形状の検討およびその設計概要について報告するものである。

2. 受圧板の設計方針

受圧板の設計における適用規準は、コンクリート標準示方書¹⁾を原則とし一部道路橋示方書・同解説平成14年3月(以下、道示と称す)を準用した。コンクリート標準示方書は性能照査型を用いた限界状態設計法を採用しており、その設計作業の第一段階として、限界状態の設定および要求性能の明確化が必要となる。ここでは、標準設計という位置付けで要求性能を決定し、本設計とは異なる限界状態および要求性能の設定が必要な場合は、個々に対応することとした。受圧板の限界状態とその要求性能および照査項目を表1に示す。

表1 受圧板の限界状態とその要求性能

限界状態	使用限界状態	終局限界状態
設計荷重	T_d (設計アンカー力)	$T_n = 0.93T_{us}$
要求性能	有害なひび割れにより、定着性能および耐久性が損なわれない構造とする。	受圧板が破壊しない構造とする。
主な照査項目	曲げひび割れ幅 コンクリート応力度 押抜きせん断 支圧応力	曲げ破壊耐力 押抜きせん断耐力

3. 受圧板の構造形式の選定

受圧板の構造形式とその選定理由を以下に列挙する。

- ・製品としての品質確保と現場工程の短縮を目的として、プレキャスト部材とした。
- ・部材の軽量化および耐久性の確保を目的として、曲げモーメントが卓越する鉛直方向はプレテンション方式を用いたPRC構造とし、水平方向はRC構造を採用した。
- ・設計時に考慮する荷重はアンカー張力のみであり、ここでは標準設計という位置づけで600KNとした。
- ・コンクリートの設計基準強度は、部材の構造安全性向上を目的とし、50N/mm²とした。

4. 受圧板の形状決定

受圧板形状は、板が垂直に設置され土留め壁としての性能も要求されることから、格子状の形状は避け板形状とした。受圧板の寸法は、重量に起因する施工性およびアンカーの配置間隔を考慮し、2.0m×2.0mとした。また、アンカーが定着される位置の部材厚は、押し抜きせん断応力度が道示Ⅲの許容押し抜きせん断応力度を満足する厚さとし、265mmとした。最小厚部は、鉄筋およびPC鋼材の取り合いから125mmとした。上記の決定条件を考慮し、受圧板は図2に示すような形状とした。

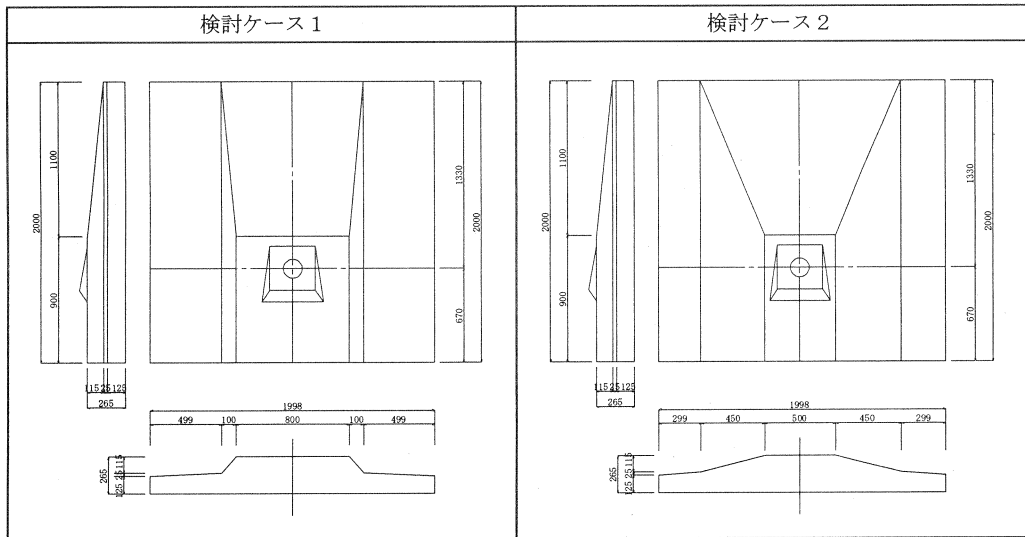


図2 受圧板形状図および比較検討ケース

ここで図2に示すように、2種類の受圧板前面形状について、その応力性状の検討を行い、より最適な形状の検討を行う。前述したように、板の幅、高さ、最大厚、最小厚については、個々の要因により決定されるが、受圧板の前面形状については、応力の分布性状により決定されるものである。ここでは、アンカー定着部から側面に比較的急激に勾配をつけた検討ケース1と、緩やかに勾配をつけた検討ケース2について比較を行う。

本検討は3次元FEM解析により行い、要素はソリッド要素とし、アンカー力を受ける地盤を表現するため、地盤バネを評価したバネ要素を設けた。FEM解析結果における最大主応力および最小主応力度分布図を図3に示す。また、FEM解析にて得られた各要素の部材縁応力度に各要素の断面係数を乗ずることにより算出される曲げモーメント分布図を図4、5に示す。

図3に示した主応力度コンターにおいては、地盤側の応力度分布で両ケースの差はみられないが、定着側の応力度では検討ケース1の板厚急変部で応力の急変が起きており、応力の急変はその位置のせん断応力度が卓越することを示す。よって、応力度分布においては、緩やかな応力分布を示す検討ケース2の方が、優れた性能を有するといえる。

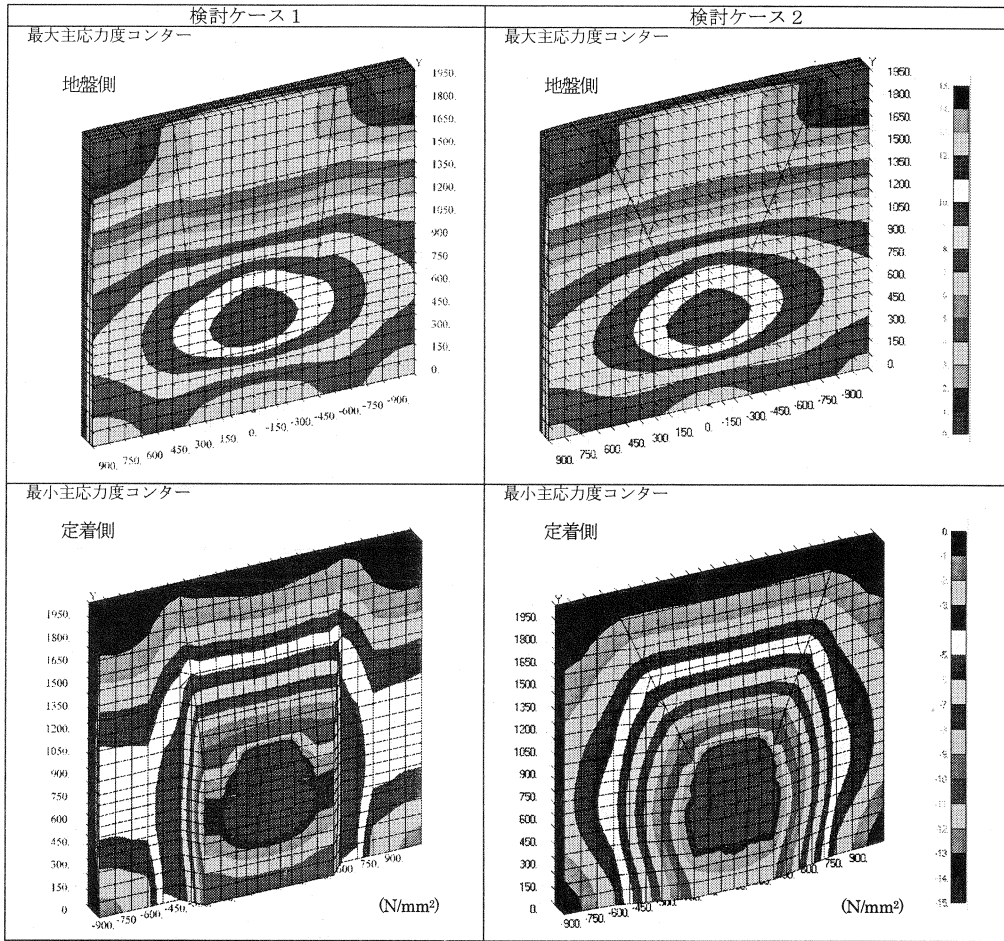


図3 FEM解析結果(最大および最小主応力コンター図)

また、図4、5に示す曲げモーメント分布においても水平方向曲げモーメント分布には両者の差異は見られないものの、鉛直方向曲げモーメント分布では、応力と同様に検討ケース1の断面急変部で急激にモーメント減少する結果となった。

以上により、応力度および曲げモーメント分布において断面変化を緩やかにした検討ケース2の断面が、受圧板形状としては良好であることが確認された。

4. 設計曲げモーメントの算出

受圧板の設計に使用する曲げモーメントの算出は、部材が弾性支承上の板としての挙動を示すため、前章検討で用いた3次元FEM解析を用いた。曲げモーメントの算出にはアンカー定着力による局部応力度の影響が少ない地盤側の縁応力度を使用し、要素ごとに算出した曲げモーメントを積分することで受圧板全幅あたりの設計曲げモーメントとした。設計アンカー力を600kNとした場合の設計曲げ

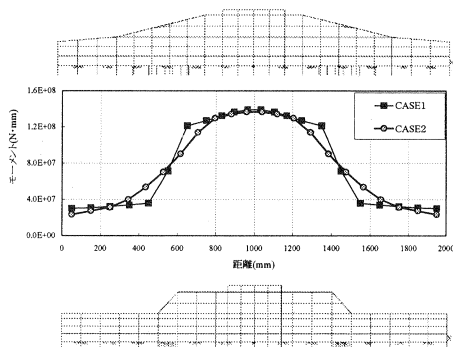


図4 鉛直方向曲げモーメント分布の比較

モーメントを以下に示す。

鉛直方向 $M_v=149.26 \text{ KN} \cdot \text{m}$

水平方向 $M_h=102.02 \text{ KN} \cdot \text{m}$

鉛直方向の曲げモーメントが、水平方向に比べ卓越する結果となったが、これはアンカー定着位置を仮定の支点と考えた場合の鉛直方向の張出し長が、水平方向に比べ長いためである。

5. 曲げモーメントに対する照査

曲げモーメントに対する照査項目は、使用限界状態における曲げひび割れ幅およびコンクリート圧縮応力度、終局限界状態における曲げ破壊耐力である。ここでは構成部材決定の大きな要因となる使用限界状態の照査結果について述べる。

曲げひび割れ幅の照査に関する鉄筋のかぶり厚は、コンクリート標準示方書の「プレキャストコンクリート」の規定に準拠し20mmとした。また、受圧板が直接地盤にふれることから鋼材の環境を腐食性環境と判断し、許容ひび割れ幅は0.004Cを採用した。表2に曲げモーメントに対する照査結果を示す。

表2 曲げモーメントに対する照査結果

	単位	鉛直方向	水平方向
構造種別		PRC構造	RC構造
配置鉄筋量		D16ctc125	D19ctc100
PC鋼材量		1S15.2-6本	
コンクリート圧縮応力度	N/mm^2	16.15	6.87
コンクリート許容圧縮応力度	N/mm^2	20.00	20.00
鉄筋応力度	N/mm^2	93.85	94.68
曲げひび割れ幅	mm	0.133	0.079
許容曲げひび割れ幅	mm	0.156	0.080

6. おわりに

グラウンドアンカー工法を施工した斜面に本格的な植樹を行うことが可能な多段式アンカー工法は、社会的ニーズにより将来性豊かな工法であるといえる。よって、この工法に使用される受圧板は、工法の発展のためには所定の構造安全性および耐久性を有し、かつ優れたコストパフォーマンスを有することは必要条件であるといえる。ここでいうコストパフォーマンスとは、受圧板の力学的性状を把握し、最適な設計を行うことで受圧板に使用される材料（コンクリートや鋼材など）を最適数量とし、かつ軽量化を行うことで現場での施工性向上を目指すものである。

本稿では、そういった趣旨のもと行った受圧板に関する検討の一部を掲載したが、今後はここでは述べなかったせん断力に対する検討も含め、より構造的、施工性、経済性に優れた受圧板の開発を目指し、検討を継続していく所存である。

参考文献

- 1)コンクリート標準示方書（構造性能照査編）土木学会 2002年制定

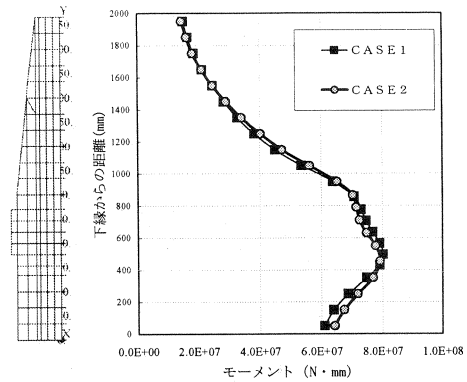


図5 水平方向曲げモーメント分布の比較