

EPS 簡易壁体構造の検討

泉澤 大樹* 西本 聡**

1. はじめに

近年、EPS（発泡スチロール）を用いた拡幅盛土は広く普及しており、特に、都市部における小規模な道路拡幅盛土は、需要が増加傾向にある。EPSは、長期安定性に優れているが、紫外線や風雨等による影響を受けやすい素材でもあり、防護のために何らかの被覆をする必要がある。

EPSを用いた拡幅盛土の設計・施工方法は、「発泡スチロールを用いた軽量盛土の設計・施工マニュアル」¹⁾に基礎を置いている。同マニュアルによると、拡幅盛土で多く使用されるEPS防護のための壁体構造は、大型のH鋼を支柱とし、PCパネルを建て込む形式となっている。H鋼の支柱設計は、大規模盛土から小規模な道路の拡幅盛土まで共通して、直接基礎方式を用いている。

小規模な道路の拡幅盛土における壁体構造をコスト削減を目的として簡素化するために、EDO（EPS開発機構）との共同研究により、室内試験・屋外実大試験を行った。

本報では、5種類の簡易壁体についての屋外実大試験結果とそれに伴う評価について報告する。

2. 室内試験

簡易壁体の選定に当たっては、まず、地盤条件、施工条件および耐震性を考慮した、より合理的で経済的な設計・施工方法を確立するために、実証模型実験および実際の静的・動的挙動を踏まえたシミュレーション解析等を実施した。その結果、現行の設計・施工の考え方よりも、壁体構造をかなり簡易なものにできることが確認された。

この結果を受けて、平成14年度には計18種類の簡易な壁体構造を伴ったEPS盛土に対して載荷試験を行い、静的荷重に対する変形追従性、地震時の変形追従性、衝撃荷重に対する安定性などに着目して検討・室内試験を行った。

特に、地震時挙動を想定した動的繰返し載荷条件下

におけるEPS盛土の挙動については、試験結果ならびに同試験のシミュレーション解析により、その安定性を理論的・数値的に確認した。

3. 屋外実大試験概要

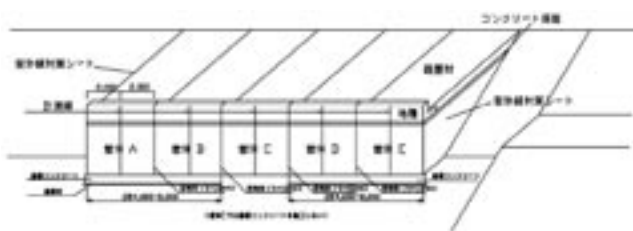
道路拡幅EPS盛土におけるより経済的かつ合理的な壁体構造を策定するために、平成14年度までに実施された室内試験による解析を踏まえた5種類の簡易壁体構造形式を選定した。平成15年度から16年度にかけて、苫小牧施工試験フィールドにおいて、実大試験を行った。選択に際しては、主に以下のような点に着目した。

- ・地震時における安定性…上下方向の他に、左右方向への追従性。
 - ・経済性…材料費、施工手間など。
 - ・壁面材の耐候性、耐久性…一般的に使用されている材質で、他工法で使用実績があるもの。
 - ・構造…施工性が良く簡易な構造。壁高3m程度。
- 選択した壁体構造は以下の通りである（写真－1、図－1, 2）。

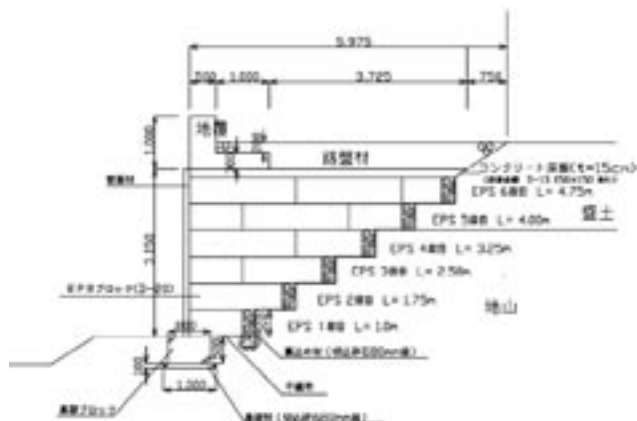


写真－1 屋外実大試験全景

- ・壁体A：鋼製柱（40×40×5.0mm，35×35×5.0mm）＋GRC（ガラス繊維補強セメント）壁面材（t=9mm）。大型パネルのため一括施工が可能な吊り下げタイプ。
- ・壁体B：簡易支柱（丸鋼φ28）＋グラスウッド（間伐材を難燃・防腐処理）壁面材（t=30mm）。自然素材がベース。断熱性が高い支柱タイプ。
- ・壁体C：軽量モルタル壁面材（t=20mm）。EPSブロックと一体構造（接着）のため支柱が不要。
- ・壁体D：角形鋼管支柱（100×100×2.3mm）＋複合軽量壁面材（t=54mm）。化粧板＋EPS＋鉄板を組み合わせ、軽量かつ強度・断熱性を向上させた支柱タイプ。
- ・壁体E：軽量鋼製支柱（50×20×1.0mm＋フリーチャンネル）＋化粧板壁面材（t=6mm）。EPS側から設置可能な支柱タイプ。景観に合わせ着色が可能。



図－1 一般図



図－2 標準断面図

また試験内容としては、下記2項目を考えた。

- ・実際の現場施工を想定し、施工性や歩掛かりについての資料を得る。
- ・定期的に測量を行い、施工後の経時的安定性について確認する。

屋外実大模型の設置にあたっては、部材単価・設置

歩掛等の確認を行った。定期的な測量では、壁体およびEPS盛土の変動（経時的安定性）を確認した。また、盛土造成時に設置した計測機器から圧力・熱伝達に関するデータ収集を継続的に行った。

壁体およびEPSの耐久性・耐候性を確認するために、壁面材表面の劣化、汚れなどの状況を目視観察した。

最終年度である平成16年度には、現場実証試験として、下記の各試験を新たに実施した。

- ・ダンプトラック（T-20）による静的載荷試験（全壁体）
- ・地覆に新設した防護柵への重錐衝突試験（3壁体）
- ・壁面材の燃焼試験（全壁体）
- ・EPS盛土の常時微動計測（全壁体）

4. 屋外実大試験結果

4.1 壁体構造の経年変化

壁面変位は、各壁体表面に反射式ターゲットを計75点設置し、三次元測量を実施した。左右、前後、鉛直方向変位はそれぞれ最大で6.5,15mmの変位に留まっており、これは、盛土基礎地盤の変位によるものと考えられる。また、外観の大きな変化は見られなかったが、壁体B、Eにおいて若干の色彩低下が確認された。壁体構造自体は2年間の計測期間中安定していたといえる。

4.2 静的載荷試験

試験は、ダンプトラックを所定の位置で停止させることにより行った。測定は、土圧計による鉛直荷重測定と三次元測量による変位計測を行った。計測結果の評価は、以下の通りである。

- ・道路縦断・横断方向での壁体変形は、ほとんど生じなかった。
- ・道路鉛直方向での壁体変形は、一体型である壁体CにおいてEPSブロックの圧縮変形が計測されたが、除荷後には回復した。その他の壁体においてはEPS盛土背面における地盤変形が生じ、上方への変位も見られたが、変位量は最大で1mmに留まっている。

以上のことから、静的載荷に伴う壁体構造の安定性は良好だったといえる。

4.3 防護柵への衝突試験

壁体Cを除く各壁体は、上部コンクリート床版にアンカーをとり、固定されている。自動車衝突荷重の影響は、その上部に直接（非結合）設置されている地覆から間接的に受けることになる。そこで、「防護柵の設置基準・同解説」²⁾に基づいて車両用防護柵（路側用B種・Gr-B-2B）を設置し、同基準に準じた衝突試験を実施することとした。

しかし、試験箇所における車両衝突試験はスペース的に無理があるため、同様の衝突エネルギーが得られるように計算した重錘による衝突試験に置き換えて実施した（写真－2）。



写真－2 衝突試験実施状況

衝突試験は、2tの重錘を振り子として一定の高さから防護柵に直角方向から衝突させることとした。高さは、計算上、防護柵の設計強度（衝撃度）60kJ相当となるH=1mに設定した。

防護柵は3箇所を設置した。1箇所目は、H=1mの高さから衝突させたが、衝撃を防護柵で吸収したため、再度H=3mの高さから衝突させた。以降は、それぞれH=3m,4mの高さから衝突させた。

試験の結果、衝突荷重は防護柵によって吸収され、地覆部も防護柵取付部に若干の破損が見られた他は、大きな損傷や変異は見られなかった。これは、EPS盛土における地覆設計の安全性を裏付けるものである。壁体への影響も軽微で、全方向への変位も最大で1mm程度であり、良好だったといえる。

H=4mにおいては、防護柵は大きく破損し、重錘の路外への逸脱が見られたが、重錘への空気抵抗などを勘案した計算値で設計強度の2.5～3.5倍程度の衝撃に耐えることがわかった。実際には、防護柵に直角に衝突する頻度は少ないため、より高い安全性を有していると考えられる。

4.4 燃焼試験

燃焼試験は、市街地での車両火災・不審火等を想定したレベル1火災（輻射熱）と、山火事等の大規模火災を想定したレベル2火災（直火）を設定した。壁面材・EPS共に難燃素材で自己消火作用を有しているが、EPSにおいては約75℃で軟化が始まり、外観を保ったまま寸法（熱）収縮が始まる。この時点では、EPSの物性への影響は少ないが、120℃まで熱収縮を続けた後、熱融解へと移行していくことが知られている。従って、燃焼試験では壁体構造のみならず、EPS本体への影響を考慮する必要があった。

各レベル火災の詳細は以下の通りである。

- ・レベル1火災：燃焼温度300～400℃程度
燃焼時間約30分
- ・レベル2火災：燃焼温度800℃程度
燃焼時間約30分

各壁体共に、レベル1火災では健全度を保ち、木製である壁体Bにおいても炭化などは見られなかった。EPSの変異も目視では確認できなかった。

連続して行ったレベル2火災（写真－3）では、全ての壁体において損傷が見られた。



写真－3 レベル2燃焼試験実施状況

壁体ごとの試験結果は以下の通りである（表－1）。

表－1 燃焼試験結果（レベル2火災後）

	壁体	EPS
壁体A	損傷無し	奥行き40cm熱融解
壁体B	継ぎ材延焼・中止	縦目地から一部熱融解
壁体C	目地破損・中止	奥行き15cm熱融解
壁体D	内部材が延焼・中止	直火部分が三次発泡
壁体E	クラック発生	奥行き5cm熱融解

以上のことから、市街地における小規模 EPS 盛土に想定されるようなレベル 1 火災においては、十分な強度があることが確認された。レベル 2 火災のような大規模火災に対しては、損傷度に幅があるものの、全ての壁体において融解または発泡が生じた。ただし、市街地における小規模 EPS 盛土を設置対象としていくことから、一般的に想定されるような短時間の火災に対して、必要な耐久性を有していると考えられる。

5. まとめ

EPS 盛土工法における簡易な壁体構造として、室内試験・屋外実大試験を行ってきた。その結果、最終的に選定された 5 種類の壁体構造は、どれも必要最低限の機能を有していることが確認されたが、その選定条件として、以下のような項目に留意すべきである。

- ・フレーム、支柱強度を EPS 設置高 H=3m 程度で設計しているの、それを超える場合は、別途設計計算を行い、諸要因に対する検討を行う必要がある。

- ・耐久性においては、十分な強度を有すると考えられるが、長期強度については観察していく必要があると考える。
- ・外観では、壁体 B、E の試験体では退色が見られたので、耐候性を強化する必要がある。
- ・施工性については、壁体ごとの特色があるので、現場に適したものを検討する必要がある。
- ・損傷のおそれが大きい場合、補修性を事前に考慮する必要がある。なお、全壁体についてパネル単位の補修が可能である。

最後に、共同研究にご尽力頂いた EDO 関係各位に感謝申し上げますと共に、今後増大するであろう小規模拡幅土工のコスト縮減の一助となれば幸いです。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：土木研究所資料第3089号 発泡スチロールを用いた軽量盛土の設計・施工マニュアル, 1992
- 2) 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説, 2004



泉澤 大樹*

北海道開発土木研究所
構造部
土質基礎研究室
研究員



西本 聡**

北海道開発土木研究所
構造部
土質基礎研究室
室長
技術士（建設）