

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18560560
 研究課題名（和文） 産業廃棄物を利用したアスファルト混合体の減衰性能及び振動遮断性能に関する実験研究
 研究課題名（英文） RESEARCH ON ATTENUATION PERFORMANCE AND VIBRATION INTERCEPTION PERFORMANCE OF ASPHALT MIXTURE MADE BY USING INDUSTRIAL WASTE AND ASPHALT EMULSION
 研究代表者
 川村 政史（KAWAMURA MASASHI）
 日本大学・生産工学部・教授
 研究者番号：80059849

研究成果の概要：建物周りの地盤に廃棄物の有効利用と環境温度調整を考慮して開発製造した免震のための混合体を施して、地震による建造物の振動を緩和することを目的に、木片チップ、再生細骨材(5mm以下)、再生微粒分(1mm以下の微粉)、高炉水砕スラグおよびタイヤゴムチップにアスファルト乳剤を使って製造し、それら免震材(混合体)の振動減衰効果、振動遮断効果および植生の基盤材としての効果について示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,100,000	0	2,100,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	420,000	3,920,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：基礎構造, 地盤工学, 廃棄物の有効利用, 地盤免震材料

1. 研究開始当初の背景

(1) 1995年の兵庫県南部地震において免震構造による設計手法の有効性が確認された。

(2) 軟弱地盤域での合理的な耐震設計の確立と地盤改良上に建設される建造物の減衰性能の向上を目指して、改良地盤に支持された基礎ブロックの起振実験を実施して、ゴムチップ混入碎石アスファルトが基礎の減衰にかなりの効果があることを明らかにした。一方、建設副産物である木片チップを用いて製造したコンクリート混合体は大きな靱性があることを一軸圧縮試験結果より明らかにした。

(3) 減衰と振動遮断を有する混合体を製造す

るのに効果のある固化材(つなぎ材)はアスファルトであることを実験より明らかにし、今回の実験研究で採用することとした。

2. 研究の目的

地球環境問題も絡めて産業廃棄物および建設副産物などの廃材を有効に使用し、減衰効果と振動遮断効果のある地盤免震材料を開発すると同時にその材料が植生のための基盤材となるような地盤材料を製造することを考えた。

3. 研究の方法

(1) 免震材製造のための配合試験

産業廃棄物としてタイヤチップ(TC),高炉水砕スラグ(BS),建設副産物として木片チップ(WC),再生細骨材(RA)および再生微粒分(RF)を用い,つなぎ材としてはノニオン系のアスファルト乳剤(EA)を使った。

- ① 各種混合材により作製した混合体の強度を一軸圧縮試験により求めた。
- ② 供試体作製方法による違いについて,ランマーによる締め固め回数の違いによる強度を試験した。

(2) 免震材料の減衰効果の試験

建設副産物の木片チップ(WC)を主体としてタイヤゴムチップ(TC)、高炉水砕スラグ(BS)、再生細骨材(RA)および再生微粒分(RF)を(WC/混合材)それぞれの混合割合で混合して作製した混合体(免震材料)について、振動三軸圧縮試験機を用いてヤング係数(E)および履歴減衰率(h)を試験した。

- ① 各種混合材を使い、つなぎ材としてセメントを用いた場合とアスファルト乳剤を用いた場合の応力-ひずみ関係について試験した。
- ② アスファルト乳剤と水(WT)との比で最適な割合を試験した。
- ③ アスファルト乳剤をつなぎ材として用い、混合物の種類の影響について試験した。
- ④ 混合材の混合割合の影響について試験した。

(3) 振動遮断効果の試験

この実験については当初現場実験を実施し、その解析を行う予定であったが、種々検討の結果、室内実験に切り替え、今後の再現性ある実験の方法を確立することに主眼を置き、試作した(木片チップ(WC)+再生微粒分(RF))混合体を使い振動遮断効果について予備的な試験をした。

- ① 地盤の硬さを変えた場合に各種混合体の遮断効果を試験する方法の確立
- ② 試作した混合体の衝撃を利用した遮断効果について試験した。

(4) 免震材料の植生のための基盤としての有効性試験

環境にやさしい免震材料の開発で建物周辺の敷地内に免震効果および振動遮断効果のある材料が、植生に有用なものであれば更に便利である。このことに関して、植生にどの程度有効であるかについて植生のための基盤材の効果について試験した。試験は木片チップ(WC)を主体として再生細骨材(RS)、タイヤゴムチップ(TC)および珪砂(SS)を使い、つなぎ材にアスファルト乳剤(EA)を用いて混合体を作製した。

- ① 植生のための基盤材の違いによる芝の

成長の観察

- ② 熱伝対による基盤材～土～芝生の温度変化について試験した。

4. 研究成果

(1) 免震材作製のための配合試験結果

- ① 一軸圧縮試験による各種混合体の強度

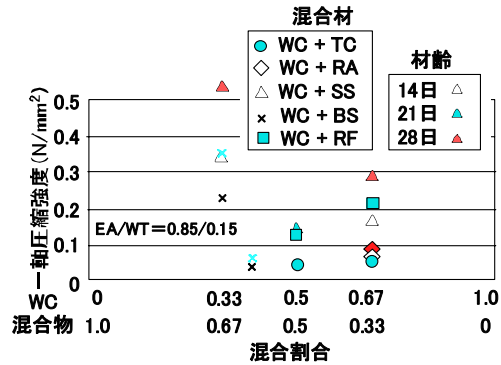


図1 木片チップ/混合物と一軸圧縮強度との関係

図1は木片チップに各種混合材を木片チップ/混合物の比として製造した混合体について試験した結果の一例である。各混合体ともにセメントをつなぎ材として作製した場合の1/10～1/20程度の強度であるが、本研究の目標地盤材料としての強度は建物周辺の地表面付近に用いるため、一軸圧縮強度0.1N/mm²程度あれば問題ないと考えられる。

- ② 供試体作製方法による違い

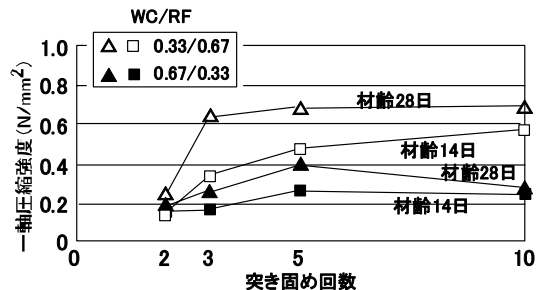


図2 供試体の作製における突き固め回数と一軸圧縮強度との関係

図2は供試体作製において材齢と締め固めによる強度の違いを示した。供試体作製時のつき固め回数は2～5回までは突き固め回数が多いほど圧縮強度が発揮され、5回を超えるとほぼ一定の値を示した。材齢の違いは14日より28日の方が圧縮強度は大きくなった。

(2) 免震材料の減衰効果

- ① つなぎ材としてセメントを用いた場合とアスファルト乳剤を用いた場合の応力-ひずみ関係

図3はつなぎ材の効果を試験した結果について示した。つなぎ材として普通ポルトランドセメントを使うことは履歴減衰確保には期

待できない。これに対してアスファルト乳剤を用いると大きな履歴減衰が確保でき、混入量が増えると履歴減衰の値も大きくなることを明らかにした。

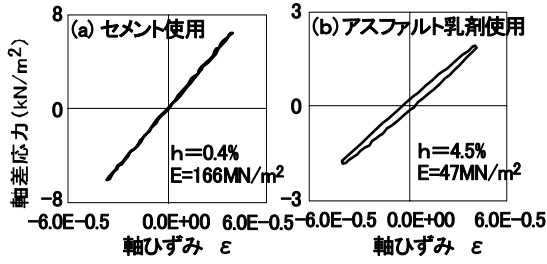


図3 つなぎ材の違いによる応力とひずみとの関係

② アスファルト乳剤量と水量 (WT) との比で最適な割合を試験した。アスファルト乳剤は水が蒸発することによって硬化する。図4は同じ混合体でアスファルト乳剤 (EA) と水 (WT) との混合割合を変えた場合の応力ひずみ関係であるが、アスファルト乳剤が多いと履歴減衰、ヤング係数共に大きくなることを示した。これらの実験から、最適なアスファルト乳剤/水の比は0.85/0.15程度であることを明らかにした。

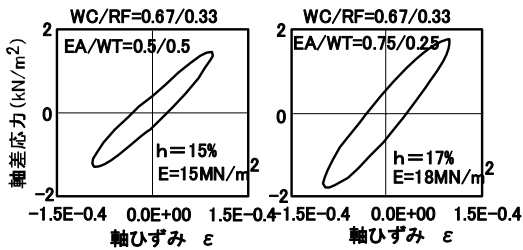


図4 アスファルト乳剤量と水量の比の違いによる応力とひずみとの関係

③ 混合材の種類の違いが混合体の軸ひずみと等価ヤング係数および履歴減衰に及ぼす影響

図5は各種混合材を使って作製した減衰材料 (混合体) に対して等価ヤング係数および履歴減衰について試験した結果を示した。履歴減衰率は (木片チップ (WC) + 再生微粒分 (RF))、(木片チップ (WC) + 珪砂 (SS)) は大き

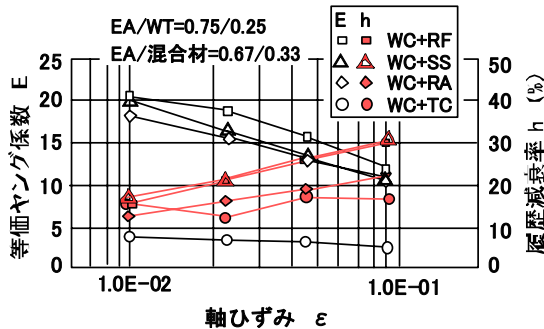


図5 混合体別の軸ひずみと等価ヤング係数および軸ひずみと履歴減衰率との関係

な値を示した。(木片チップ (WC) + タイヤチップ (TC)) はヤング係数、履歴減衰率共に他の減衰材料に比し小さい値を示した。

④ 混合物の混合割合の影響について試験した。

図6は (木片チップ (WC) + 再生微粒分 (RF)) 混合体について応力とひずみとの関係より軸ひずみと等価ヤング係数との関係および履歴減衰率との関係をまとめたものである。ヤング係数については混合比が異なると種類の違いを示したが、履歴減衰率は違いが見られなかった。木片チップの靱性が大きく影響しているものと思われる。

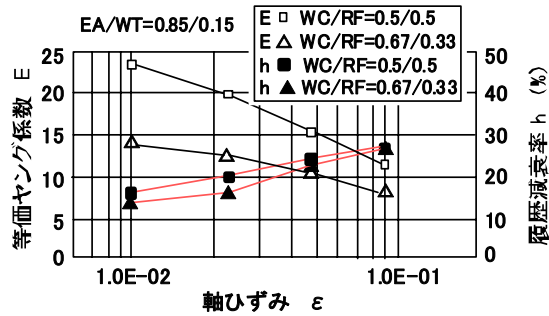


図6 (木片チップ+再生微粒分) 混合体の混合比別による軸ひずみと等価ヤング係数および軸ひずみと履歴減衰率との関係

(3) 振動遮断効果の試験

試作した各種混合体の振動遮断効果についての試験結果である。この実験については当初現場実験を実施し、その解析を行う予定であったが、地盤の硬さを変えた場合、混合体の種類および厚さなどを種々変えた場合の実験を試みるため、室内実験により各要素の違いについて検討し、今後の再現性ある実験の方法を確立することとした。

① 地盤の硬さを変えた場合に各種混合体の遮断効果を試験する方法の確立。

この実験を遂行する上で特に注意しなければならない項目は、再現性がある地盤を作製すること、縦方向、横方向共に断面が均等な硬さを有する地盤であること、目標の硬さを常に作製できるようにすることなどが挙げ

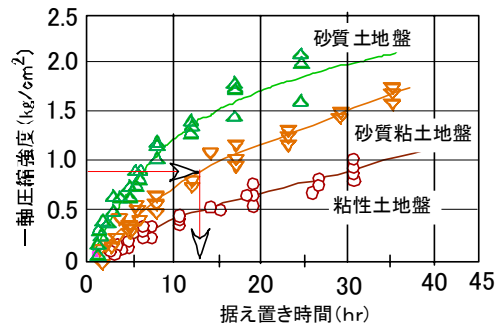


図7 模型地盤作製のための据え置き時間と一軸圧縮強度との関係

られる。以上のことを勘案し、ソイルセメントによる模型地盤を作製することとした。図7はセメント、砂、粘土、水を配合して作製した供試体の、養生時間と一軸圧縮強度試験の結果から、所要強度を示す養生時間を推定することが出来るノモグラムである。この図を使うことにより、地盤の種類と所要の硬さを有する地盤を作製することが出来る。今回使用した模型地盤は砂質粘土による地盤とした。

② 試作した免震材の衝撃を利用した遮断効果の試験

このノモグラムから所要強度を有する地盤の円筒形のソイルセメント柱を作製しその柱の中央部に免震用に作製した混合体を挟み込み、柱の上部位置には鉄板を載せその鉄板には小型のロードセルを貼り付け柱の縦断面に対して直角方面から衝撃を与えることによってせん断波を発生させる方法とした。また、混合体を挟んだ上下のソイルセメント柱には縦方向に加速度計（小型で1g）を上部から一列に上部柱および下部柱それぞれ3個ずつ取り付け、各位置での衝撃によるせん断波の伝達波を測定した。写真は実験状況を示した。

図8は（木片チップ(WC)+再生微粒分(RF))混合体に対して実施した遮断実験の結果の一例を示したものであるが、模型地盤の頭部に設置した鉄板に0.25kNの衝撃を与えた時、遮断材(混合体)を挟んで加速度計位置CとDとの加速度波型が異なりD波はC波に比し、



写真 実験状況

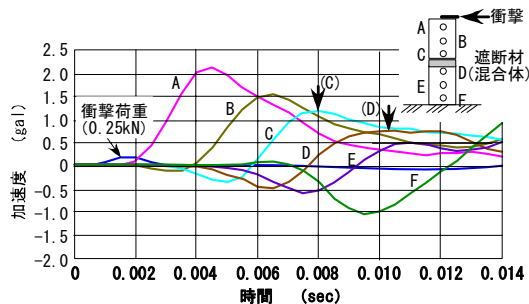


図8 遮断実験における衝撃荷重による時間と加速度伝播測定結果（木片チップ+再生微粒分）混合体

なだらかになっているのがうかがえる。また、図よりこの混合体の伝搬速度は46.7m/secとなり、CとDとの間の加速度振幅の減少は遮断材(混合体)がない場合に比し10~13%程度の減少率を示した。このように波の特性、伝播速度、波の透過後の性状などについて今後データを蓄積し混合体の遮断効果について試験方法を確立したい。

(4) 免震材料の植生のための基盤としての有効性試験

西洋芝は日本の気象条件下で育成させるのは大変難しいとされ、散水の時間帯と過剰な散水が芝の根腐れを生じさせる。すなわち植生の基盤材の透水性および保水性に十分に気をつける必要がある。本実験はアスファルト乳剤はともすれば混合材間の隙間を埋める可能性がある。木片チップ+珪砂、木片チップ+再生微粒分、木片チップ+タイヤゴムチップの3種類について植生の育成観察を行ったところ、水はけの悪い順に根腐れを起し、芝が枯れる状況を示した。結局、（木片チップ+タイヤゴムチップ）混合体が基盤材としては優れ、次いで珪砂、再生微粒分を混合した順に基盤材として適合性に欠けることが分かった。このことは、今回の実験研究より木片チップ+再生微粒分による混合材が減衰性、遮断性に優れているが、植生の基盤材としては適当でないと言う、相反する結果となった。今後、詳細な検討をする必要があることを示唆するものである。

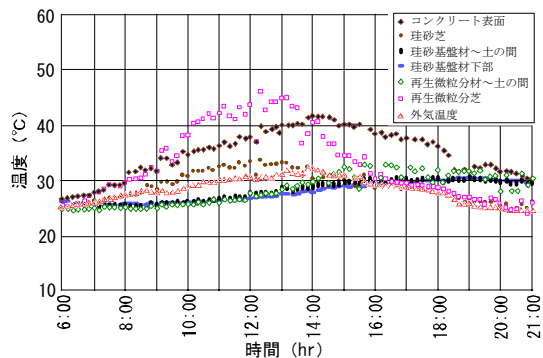


図9 時間と温度との関係（2008年8月19日）

図9は熱伝対による基盤材下部～基盤材上部～土中～芝の外気温による温度状態を測定したものである。測定は2008年8月19日に測定したものである。夏の日でも外気温25℃～32℃とそれほど高くない気象条件のものである。午前8時から午後3時の気象条件の木片チップ+再生微粒分の場合、芝の温度は外気温より高くなり、外気温のピーク時（午後2時10分）には15℃の差を示した。これに対し、木片チップ+珪砂の基盤材を有した芝の温度は外気温とほぼ同じ温度を示すことから、木片チップ+再生微粒分の基盤材は

木片+珪砂に比し保温性、蓄熱性が高いことが分かり、このことが、植生の根腐れに大きく関係しているものと推察される。コンクリート表面温度はこの試験の基準となるものであるが、混合体を基盤とした結果ではそのコンクリート表面の温度よりも上昇する時間帯が3～4時間も早くなる傾向が見られるなどの結果を得ることができた。これが混合物の種類の影響か否かは現在検討中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① N. Sako, M. Kawamura and Y. Shimomura, DEVELOPMENT OF A GEOMATERIAL WITH VIBRATION DAMPING CAPABILITY AGAINST EARTHQUAKE MOTION USING INDUSTRIAL WASTES AND CONSTRUCTION BY-PRODUCTS—Mechanical Properties under Cyclic Loading—, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, CD, 2008, 査読有
- ② 酒匂教明、川村政史、下村幸男、産業廃棄物および建設副産物を用いた高減衰性能を有する地盤材料、日本建築学会技術報告集、第14巻 第27号 43-48、2008年、査読有
- ③ N. Sako, M. Kawamura and Y. SHIMOMURA, Development of a Geomaterial That Has Mitigating Effects against Vibrations and Suitable Characteristics for Use in Planting Basement, Proceedings of Protect 2007: Structures under extreme loading, Paper ID:04-01-0022, 1-9, 2007, 査読有

[学会発表] (計3件)

- ① 川村政史、酒匂教明、下村幸男、木片チップ-混合物-アスファルト系混合体の振動特性に関する実験研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、539-540、2008年9月19日、査読無
- ② 下村幸男、池田能男、川村政史、酒匂教明、改良地盤上に支持された基礎ブロックの起振実験 その9 実大建造物の地震応答低減効果に対する解析的検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、547-548、2008年9月19日、査読無
- ③ 川村政史、酒匂教明、下村幸男、木片チップを主体とした免震材料の圧縮強度、密度に関する実験研究、第42回地盤工学研究発表会(名古屋)、491-492、2007年7月4日、査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川村 政史 (KAWAMURA MASASHI)
日本大学・生産工学部・教授
研究者番号：80059849

(2) 連携研究者

下村 幸男 (SHIMOMURA YUKIO)
日本大学・短期大学部・教授
研究者番号：00060179
酒匂 教明 (SAKO NORIAKI)
日本大学・短期大学部・専任講師
研究者番号：00435273