繊維補強固化処理土の曲げ応力分布モデル

香川高等専門学校　学生会員　○裏山 昌平　正会員　小竹　望

1. はじめに

繊維補強固化処理土は，通常の固化改良に加えて繊維補強を施すことによって土質材料に乏しい靭性を与えてその高性能化を図った土質材料である．特に，繊維混合による曲げ強度の増加が著しいことから [1)]，繊維混合固化処理土を用いた土構造物の耐震補強を筆者は検討している．本研究では，粒度分布の大きく異なる土質材料，固化材，繊維量を変化させた一連の曲げ試験結果に基づき，繊維補強固化処理土の曲げ応力分布モデルを提案し，曲げ強度特性を考察した．

2. 実験方法

本研究で使用した土質材料の物性値を表-1 に示す．土質材料は，a)笠岡粘土，b) カオリン，c) 8 号硅砂 40%とカオリン 60%の混合土，d) 8 号硅砂 80%とカオリン 20%の混合土の 4 種類を使用した．また，固化材として普通ポルトランドセメントを，繊維材料として径 26μm，長さ 20mm の PVA 繊維を使用した．

配合は，土質材料 4 種に対して，固化材添加量を C=50,100,150kg/m^3 の 3 通り，繊維を混合する繊維補強固化処理土（体積比 v=0.25, 0.5, 1.0%）と繊維を混合しない固化処理土（v=0%）の 4 通りの計 32 ケースについて一軸圧縮試験と曲げ試験を行った [1)]．

曲げ試験では，寸法 H 40mm×B 40mm×L160mm の角柱供試体を用いて，供試体のスパン長 ℓ100mm の中央点に速度 0.4mm/min で載荷する方法を標準とした．

3. 曲げ強度特性

土質材料 a～d を用いて固化材 C=100kg/m^3 を混合した繊維補強固化処理土（v=1%）と固化処理土（v=0%）について実施した曲げ試験の結果を図-1～3 に示す．曲げ応力は中立軸が梁中心にあると仮定し，σ_b=My/I で算

表-1 土質材料の物性値

土質材料		粒度(%)			調整含水比(%)	土質分類
		砂	シルト	粘土		
a	笠岡粘土	9.2	63.2	27.6	120	CH粘土（高液性限界）
b	カオリン100%	0	31.4	68.6	128	CH粘土（高液性限界）
c	硅砂40% カオリン60%	31.2	27.7	41.1	76	CH 粘土 (低液性限界)
d	硅砂80% カオリン20%	62.3	24	13.7	35	SF 細粒分質砂

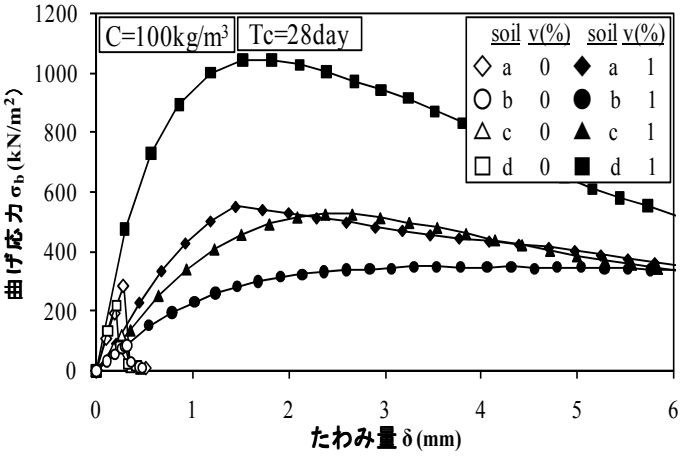

図-1 曲げ応力とたわみ量の関係(繊維補強固化処理土)

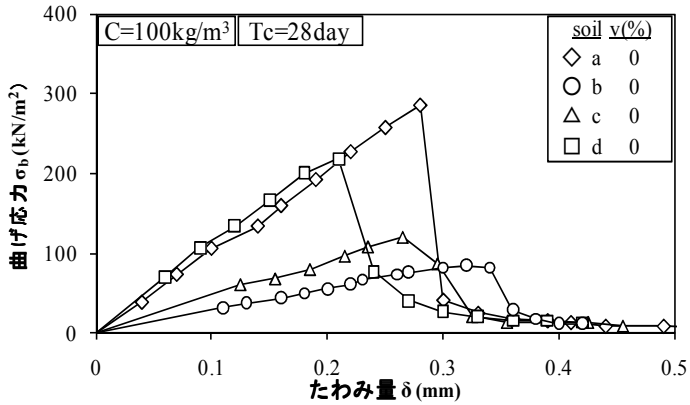

図-2 曲げ応力とたわみ量の関係(固化処理土)

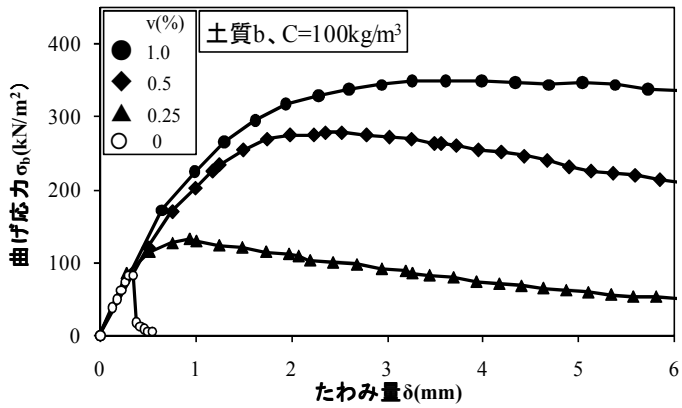

図-3 曲げ応力とたわみ量の関係(繊維量の効果)

キーワード　繊維補強　固化処理　曲げ強度 応力分布

連絡先　〒761-8058　香川県高松市勅使町３５５　香川高等専門学校 建設環境工学科　ＴＥＬ087-869-3927

出した．ここで，M は曲げモーメント，y は中立軸からの距離，I は断面二次モーメントである．以後に図示する曲げ応力 σ_b は梁の縁応力(y=20mm)である．

図-1 はたわみ量 δ=6mm までの全体傾向を，図-2 はたわみ量 δ=0.2～0.3mm でピークに達する固化処理土の試験結果を示している．繊維混合により曲げ強度が大きく増加し，ピーク時のたわみ量は増加すること，また，固化処理土の脆性が改良されてピーク後も応力を保持することが土質材料 a～d について認められた．

繊維量を v=0%, 0.25%, 0.5%, 1.0%と変化させた供試体（土質 b, 固化材 C=100kg/m^3）の曲げ試験結果を図-3 に示す．繊維量の増加に伴って曲げ強度が増加し，ピーク時のたわみ量が増加していく傾向が認められる．土質 a,c,d についても同様な傾向がみられた．

4. 曲げ応力分布モデル

大型供試体（H 100mm×B 100mm×L400mm）を用いて 4 点載荷を行ったケース（土質 a, C=100kg/m^3, v=1%)について，ピーク時の状況を写真-1 に，ピーク後 70%に曲げモーメントが低下した状況を写真-2 に示す．

破壊状況の観察から，繊維補強固化処理土の曲げ供試体が曲げ破壊に至るまでの曲げ応力分布について図-4 に示す様な単純なモデルが考えられる．

1) 曲げ変形の小さい弾性域では，圧縮・引張側とも同様な応力分布を示す．
2) 引張強度 σ_{tf} は $\sigma_{tf}=\alpha\sigma_{cf}$（$\sigma_{cf}$: 圧縮強度）と表わされ，一般に α は 1.0 より小さい．したがって，曲げ変形が増加すると，引張側の縁部から引張強度 σ_{tf} に達する．通常の固化処理土は，ピーク後に引張応力が保持できず脆性的に破壊する．繊維補強固化処理土では繊維補強の効果，特に繊維の引抜き抵抗が発揮され [2)]，クラックが比較的小さい範囲では引張応力が引張強度と同等な応力を保持する．ここで，中立軸は弾性域では一定の位置にあるが，引張側の降伏範囲の拡大に伴って圧縮側に移動していく．
3) 曲げ変形が大きくなり曲げモーメントがピークになる段階では，引張強度に達する範囲が拡大し，クラックが発生した範囲では繊維の引抜けが生じる残留状態となり引張応力は低下する．圧縮側は弾性域にあるが，引張強度が比較的大きい場合には圧縮側も縁部から圧縮強度 σ_{cf} に達していく．
4) 引張側の直応力が最大のモーメントを発揮する段階が曲げモーメントのピークである．ピーク後もクラック幅が拡大した範囲では，繊維が引張応力を負担するため，大変形に至るまで曲げモーメントを保持する．

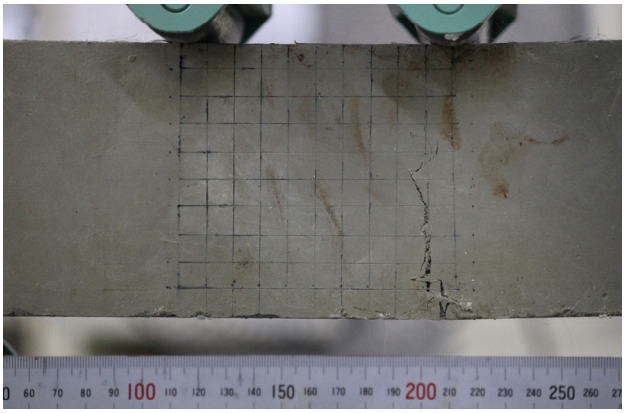

写真-1 ピーク時の曲げ試験供試体

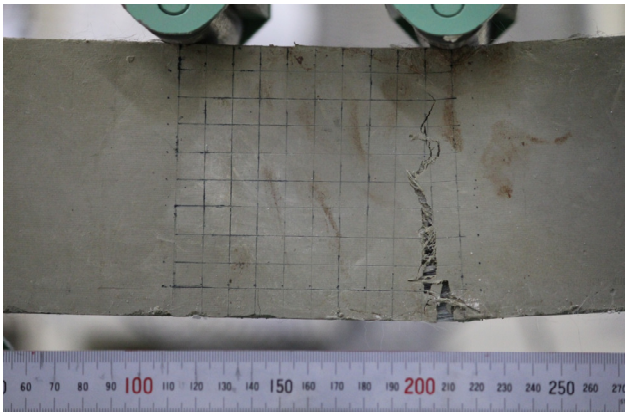

写真-2 ピーク後の曲げ試験供試体

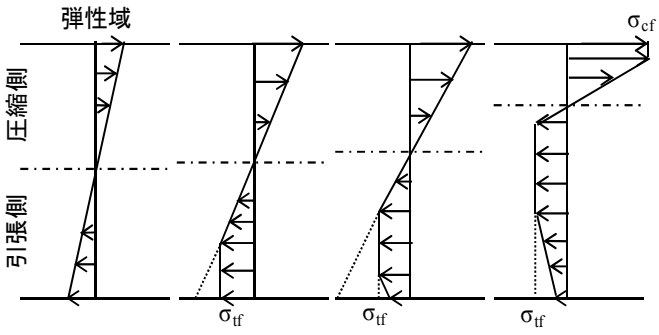

図-4 応力分布モデル

5. まとめ

本研究では，繊維補強固化処理土における曲げ試験結果に基づき，応力分布モデルを提案した．今後，引張試験などにより検証していく．

参考文献

1) 裏山・小竹・嘉門：繊維補強固化処理土の粒度分布が曲げ特性に与える影響，土木学会平成22年度全国大会講演概要集，Ⅲ-469, pp.936-937, 2010.
2) 小竹ほか：線状高分子混合処理土における短繊維の引張抵抗特性，第 42 回地盤工学研究発表会，pp.669-670, 2007.