

木材の地中利用と今後の動向

兼松日産農林株式会社 中村 博

1. はじめに

古くより我が国においては、気候や風土の面からも木造建築物が多く建設されてきており、現在においても住宅の中心となるのはやはり木造住宅である。また、古くは構造物建設の際に地盤が軟弱な場合は松などの丸太を杭として用いて軟弱地盤対策を行っていた。現在でも九州の一部の地域ではこのような伝統的な木杭工法が用いられている例もあるが、全国的に見てみると鋼材やセメント系固化材などの人工材料の台頭により木杭が用いられることはほとんどなくなってきていた。しかしながら、最近になって再度木材の地中利用としての木杭が見直されつつある。そのきっかけを作ったのは1999年に実施された旧丸ビルの解体工事であると考えられる。丸ノ内ビルヂング(旧丸ビル)は1923年(大正12年)に竣工した杭基礎形式の建物であった。杭材としてはアメリカから輸入された米松が使用されており、1999年の解体時にはその多くが健全な状態で出土され、チップやベンチとして再利用された。鋼材やセメント系固化材などの人工材料と比べ耐久性に劣ると考えられがちである木杭であっても使用条件によっては高耐久化も十分可能であると思われる。また、最近では小規模建築物に対しても円柱状に成形加工した木材を地盤補強材として利用し、地盤補強する工法も出てきた。さらに小規模建築物に限らず、土木分野においても積極的に利用する動きも出てきている。そこで、本報では、建築及び土木分野の軟弱地盤対策としての木材利用に関する研究動向や木材利用ポテンシャルについて報告する。

2. 木材利用の歴史

2.1. 戦後の木材利用

現在では公共建築物の多くは、木造ではなく鉄筋コンクリート造や鉄骨造等で建設されるケースが多い、その理由の一つとしては建物自体が大型化もしくは高層化することに伴い木造自体が適さないといった理由が考えられる。しかしながら、以上のように構造上もしくは設計上、木造化が困難なケース以外でも非木造化に加速する出来事が過去にはあった。それは戦後間もないときのことであるが、毎年火災のために多くの木造建物が焼失していた。その理由として、我が国の建築物においてはそのほとんどが木造であったためであり、政府は昭和25年に「都市建築物の不燃化の促進に関する決議」が衆議院で可決され、森林の過伐傾向は国土保全の面からも危険であり、木材資源の枯渇を招くことは明らかであるとされ、昭和30年には「木材資源利用合理化方策」が閣議決定されたことにより、橋梁、その他の土木施設や杭等の土木資材は鉄鋼、軽金属及びコンクリート等に切り替えられていった。このような歴史的背景により木材を地中利用すること自体が減少していった。

2.2. 近年における政策の概要

前節のように過去には木材の使用自体を抑制するような閣議決定がされたわけであるが、近年における政策は全く異なるものとなっている。近年では、安価な外材の輸入に伴い高価は国産の木材が使用されることが少なくなってきた。このような状況から

国産材の利用率は低下していき、間伐さえも不十分な状態で森林が放置されている。政府は荒廃した林業の再生を目的として、路網整備、民間企業体サポート、国産材の加工・流通構造の改革及び木材利用の拡大等を行うため平成21年に森林・林業再生プランを取りまとめた。さらに、木材利用を促進するため平成22年には「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」が施行された。本法では、国が率先して公共建築物の木造化を推進し、木材の需要の拡大を目指したもので、住宅等に比べ耐火性や耐久性が必要とされる公共建築物においては鉄筋コンクリート造等が多く採用されていたが、公共建築物においても木造を採用することで民間建物への波及効果も期待したものである。また、平成18年9月に制定された「森林・林業再生計画」は、平成23年をもって制定以来5年が経過することから1月に農林水産大臣から変更についての諮問がなされ、平成23年7月に閣議決定された。今回の基本計画においては、森林施業の集約化や路網整備等の「森林・林業再生プラン」の実現に向けた取り組みを推進し、木材自給率50%を目指している。以上のように近年では木材利用拡大に向け様々なプランや法整備がなされている。

3. 地中利用におけるポテンシャル量

3.1. 現状では利用拡大は難しい現実

古くより木造住宅が主体の我が国においては、住宅を含めた建築分野で木材消費が最も多い。しかし

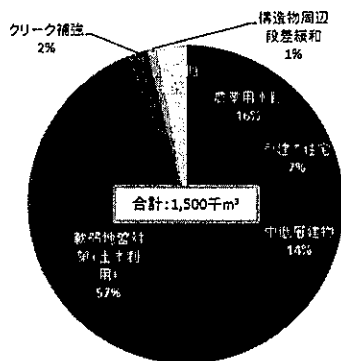


図1 木材利用ポテンシャル¹⁾

ながら、現在、我が国においては少子化が社会的問題となっており、人口の減少が確実であり、その分必要な家屋も減少することが容易に予測できる。また、経済的状況も反映して、近年の住宅着工棟数は100万戸を下回る状況が続いている。今後も少子化や経済状況の不透明さから住宅着工棟数の大きな増加は見込めないと予測できる。住宅の着工棟数の増加が困難であるということは木材利用の拡大にも大きな弊害となり、木材利用の拡大のためには既存需要の拡大を目指すよりも新規需要を開拓する必要がある。このような背景から「土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会(地中海利用WG)」においては土木分野における木材の積極利用を推進するため地中海用における木材利用ポテンシャルを算定している(図1参照)。地中海用利用における木材利用ポテンシャルは実に150万m³に上ると試算されており、このうち7%を占める戸建て住宅では2008年の住宅着工棟数22万戸の内34.5%が何らかの地盤補強を実施するとし、このうちの2割が木材に代替されると仮定して算定されている。また、過半数以上を占める軟弱地盤対策(土木利用)においては、筏基礎5万6000m³に加え、2000年前後5年間の完成工事高を参考に地盤改良面積を400haとし、その半分が木材利用可能と仮定している。

3.2. 地中利用事例の紹介

本物件は山形県某地に建設中である公共建築物であり、「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」に基づいて設計・施工された地中利用事

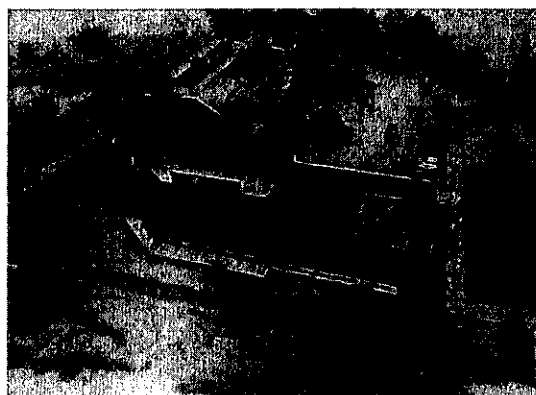


図2 完成イメージ図

例を紹介する。完成イメージは図2に示す通りである。延床面積は412.59m²となっており、1F部分においては280m²、2F部分においては132.59m²となっている。構造は木造であり、地盤調査をした結果、現状地盤では建物荷重を支えることが困難であることが判明したため、地盤補強対策として木杭を利用することとした。写真1に施工状況を、写真2に施工後状況を示す。この地盤補強対策として用いた木杭はあらかじめ14cmの直径に円柱加工された材料を使用し、施工長は6.0mであり、総本数は228本に上る。地盤補強に使用された木材量は0.07m × 0.07m × π × 6m × 228本 = 21.1m³となる。また、1F部分の木材使用量は、280m² × 0.35m³/m² = 98.0m³、2F部分は132.59m² × 0.35m³/m² = 46.4m³となる。本物件全体の木材使用量に対する地盤補強部分の割合は実に13%に上る。なお、本物件で使用した杭は地産地消を目的として県内産の材料が用いられている。

4. 地中利用における技術的立証

木杭が利用されなくなった背景には2.1節のような要因のみではなく、形状が不均一であるために支持力機構が不明確であることや耐久性に対する不安も拍車をかけたと考えられる。そこで、4.1.節

では木杭の支持力特性を解明するための試験結果、4.2.節には木杭の耐久性に関する試験結果を紹介する。

4.1. 木杭の支持力^{2) 3) 4)}

原木状の木杭(写真3)に対して複数の載荷試験を実施した。また、既存工法と比較するため小口径鋼管杭(先端開放)も施工した。施工は基本的に無回転にて圧入した。また、一部の試験杭に関しては先行掘削を実施した。載荷試験に関しては静的載荷試験(写真4参照)及び急速載荷試験(写真5参照)を実施した。試験結果より両載荷試験の整合性が確認できた。また、先端形状が支持力に影響を与えることがわかった。さらに、施工中に先行掘削することにより木杭特有の周面摩擦力を低減してしまうことがわかった。同じ杭長で小口径鋼管と木杭を比較した場合、いずれの杭長においても木杭の支持力が上回った。

4.2. 耐久性試験概要^{5) 6) 7)}

本試験は、愛知県知多郡美浜町にある社有野外試験ヤード(写真6参照)にて、杉の辺材(柁目)を3cm × 2cm × 45cmに製材した供試体を地中部に半分ほど貫入した状態で1993年5月31日～2006年2月9日までの約15年間に渡り暴露状態で放置後、供試

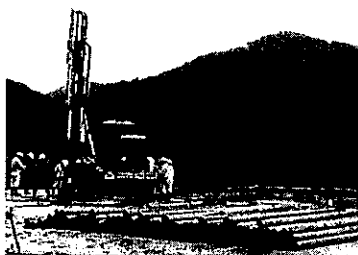


写真1 施工状況



写真2 施工後状況



写真3 原木状の木杭

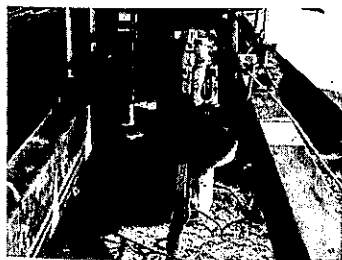


写真4 静的載荷試験

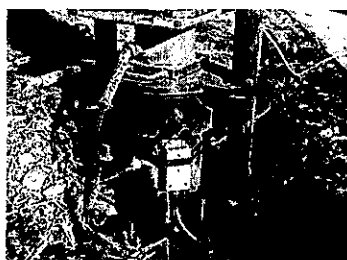


写真5 急速載荷試験

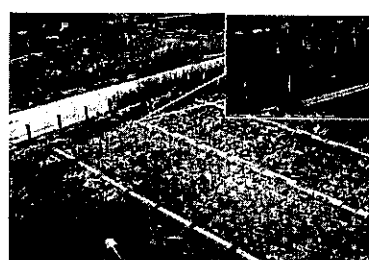


写真6 愛知県知多郡美浜試験地

体の腐朽状況や強度比較を行ったものである。供試体本数は40体であり、無処理の供試体が20体、残りの20体は銅系の防腐薬剤を加圧注入加工(以後、処理供試体)したものである。木材の劣化状況はピロディン試験を実施して評価を行った。

写真7は無処理供試体である。無処理供試体については早いものでは1年、遅くとも3年程度で朽ち果ててしまうが、処理供試体との比較のため、継続的に補給交換を行っている。そのため無処理供試体の写真撮影時の設置暴露経過期間は処理供試体と単純な比較はできないが、写真は試験前、経過1年目、経過4年目の状況を示している。また、写真8は処理供試体である。処理供試体に関しては、試験前、5年2ヶ月経過時、12年7ヶ月経過時の状況を示したものである。無処理供試体は劣化が非常に進行しているのに対し、処理供試体の劣化は確認されなかった。表1にピロディン試験結果のPd値の平均値と標準偏差を頭部、中部および下部に分けて示す。処理杭における平均値および標準偏差をみると頭部、中部、下部の3水準ともほぼ同等であることがわかる。

4.3. 第三者証明を取得した木杭の紹介

小規模建築物を対象とした木材を使用した地盤補強工法として国内で初めて第三者認証を取得した環境パイル工法((財)日本建築総合試験所 性能証明09-07号)を紹介する。環境パイル工法の特徴は、地盤補強材として防腐・防蟻処理を施した木材(円柱加工により成形、写真9参照)を使用することにある。また、施工に際しては、圧入専用の重機(写真10参照)を用いることにより確実な支持力が得られるこ

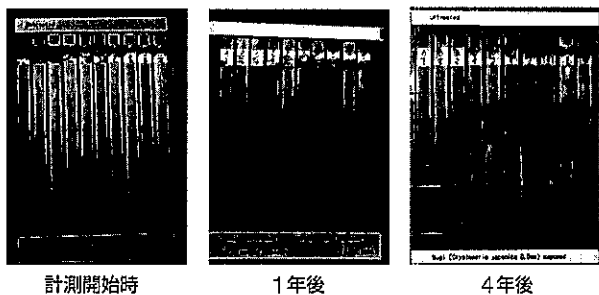


写真7 無処理供試体劣化状況

と、さらに、施工時最大圧入力を用いた品質管理方法を利用することである。地盤補強材はJASもしくはAQ認証工場で製造され、エコマーク認証も取得している。最大施工長はほぼ継ぎ手を用いることによりφ140mmに関しては、12mまで可能である。複数のハウスメーカーにも採用実績があり、2009年11月より800棟程度の実績がある。

5. 期待される地中利用

5.1. パイルドラフト式軟弱地盤対策

木杭の設計は従来地盤の支持力を無視し、木杭の支持力のみで上部荷重を支えるように設計されているが、木杭を軟弱地盤対策として採用する場合、RC杭や鋼管杭と比較し、施工本数が増加する傾向にある。施工本数が増加することにより、木杭が負担する荷重は小さくなり、より複合地盤的な挙動になると考えられる。写真11及び12は複合地盤としての効果を確かめるために実施した実験時の写真である。これらの試験時の結果より一定の補強効果が確認できた。従来の杭の設計に加え、パイルドラフト式軟弱地盤対策としての可能性も見いだせた。

表1 Pd値の標準偏差

加工方法	測定部位	n	mean	s.d
無処理杭	頭部	40	25.3	5.43
	中部	-	30>	-
	下部	-	30>	-
処理杭	頭部	40	19.0	2.32
	中部	40	19.9	4.03
	下部	40	17.9	3.67

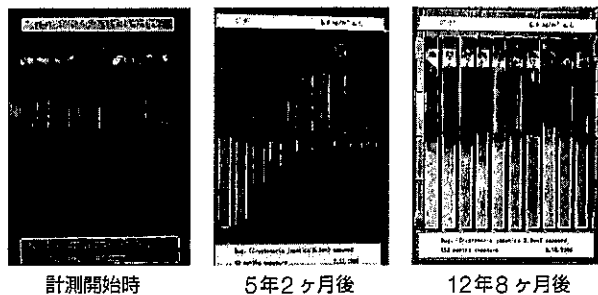


写真8 処理供試体劣化状況

5.2. 液状化対策

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では震源地より遠く離れた場所においても液状化の被害が発生した。液状化が発生することにより建物は大きく傾き、経済的、精神的ダメージは計り知れない。大規模建築物であれば十分な液状化対策を講じているケースがあるが、戸建て住宅等ではその規模や経済的背景から必ずしも実施できていない。そこで、木杭を用いて液状化対策を実施するため現在実験に着手している。実際に、1964年に発生した新潟地震において木杭が液状化に対して有効に働いた事例も紹介されている⁸⁾。木杭を用いた液状化対策工法の設計が確立できればさらに木材利用を加速することが可能となる。

6. さいごに

近年、「カーボンフットプリント」や「CO₂固定量認証制度」等の利用促進に関する認証制度ができていくが、現状では需要者のCSR的な制度にとどまっている感じは否めない。より木材利用を促すためには、需要者が木材を利用することによりメリットが得られるような仕組みがあれば、木材利用の促進はさらに拡大していくのではないだろうか。

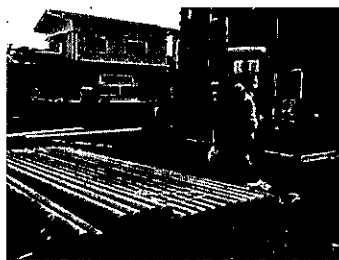


写真9 円柱加工された材料

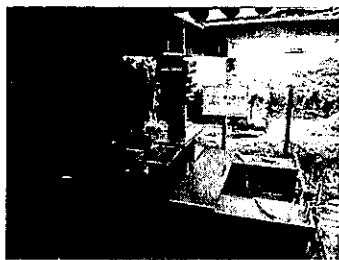


写真11 載荷試験状況

<参考文献>

- 1) 土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会：平成21年度土木学会「重点研究課題(研究助成金)」報告書「土木における木材利用の拡大に関する横断的研究」、pp.70-72、2010
- 2) 水谷羊介、中村博、今野雄太：木杭の耐久性と支持力特性、木材利用研究論文報告集9、pp.1-8、2009
- 3) 増田貴之、水谷羊介：松杭の支持力特性(その2)、第41回地盤工学研究発表会、pp1401-1402、2006
- 4) 中村博、水谷羊介、中島憲一、増田貴之：木杭の支持力特性(その2)、第42回地盤工学研究発表会、pp1401-1402、2007
- 5) 水谷羊介、中村博、今野雄太、沼田淳紀：粘性土地盤における木杭の支持力および耐久性、木材利用研究論文報告集10、pp.62-68、2010
- 6) 水谷羊介、中村博、中島憲一、増田貴之：木杭の支持力特性(その2)、第42回地盤工学研究発表会、pp1399-1400、2007
- 7) 水谷羊介、中村博、増田貴之、中島憲一：木杭の部材および支持力特性(その1)、2007年度日本建築学会大会学術講演集、pp373-374、2007
- 8) 沼田淳紀、吉田雅穂、濱田政則：木材による1964年新潟地震における液状化対策事例、木材学会誌、Vol.55、No.5、pp.305-315、2009

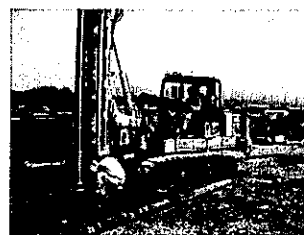


写真10 施工重機(BA100R)

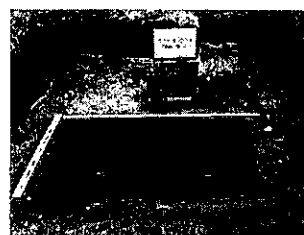


写真12 載荷試験後状況