

Bamboe verbindingen

Een analyse van mogelijke verbindingen met bamboe op basis van kracht opname, sterktes, zwaktes en oplossingen

Bamboe verbindingen maken

Bamboe is rond. Dit zorgt voor een hoop uitdagingen die wij niet kennen van houten balken. Alleen al een stuk bamboe haaks op een ander stuk bamboe verbinding vraagt om een alternatieve methode. Hiervoor zijn twee methoden mogelijk. De meest succesvolle methode is de cirkelboor. Deze werkt het beste omdat de maat van de kolom de maat van de boor, en dus het gat, bepaalt. Na wat oefening kan er op deze manier een nette afgeronde verbinding worden gecreëerd. Als er geen cirkelboor aanwezig is kan een vergelijkbare verbinding worden gemaakt door middel van schuin afzagen van de bamboe vanaf twee zijden tot een punt. Deze methode vergt wat meer ervaring met de afmeting. Bovendien blijft de dikte van de bamboe in de weg zitten, waardoor de verbinding niet mooi aansluit.

Ook het splijten van bamboe is een specifieke eigenschap waar goed mee om moet worden gegaan. Er moet niet teveel kracht komen loodrecht op de vezels (die behalve in de knopen alleen in de lengterichting van de stengel lopen). Om splijten op lange termijn te voorkomen kan er touw om de stengel gebonden worden ter plaatse van de verbinding. Daarnaast moet er nog rekening gehouden worden met het splijten voorafgaand aan het bouwproces. Bamboe moet zodra het gekapt is worden beschermd tegen zon en regen.

Bamboe pinnetjes zijn erg gemakkelijk op maat te maken (door te splijten met een mes) en zijn zeer sterk. Wij raden aan deze in de juiste maten zoveel mogelijk toe te passen in verbindingen.

Verbindingen met fietsbanden



Omdat we graag demontabele verbindingen wilden onderzoeken, hebben wij binnenbanden van fietsen uitgetest in plaats van touw. Binnenbanden blijken echter niet lang mee te gaan: Ze scheuren snel schijnen snel uit te drogen in de zon. Een oplossing of alternatief is wegens wijziging van het producttype nog niet onderzocht, maar wij denken dat dit wel mogelijkheden biedt voor demontabele verbindingen.

Insteken en doorsteken



Het insteken en het doorsteken is een simpele methode die erg effectief is. Er is wel een cirkelboor voor nodig en verschillende maten zaagjes. Bovendien is het moeilijk om precies de goede maat te kiezen en moet erop worden gelet dat bamboe op elk punt een andere maat heeft. Dit is een van de sterkste, en indien goed

uitgevoerd mooiste verbindingen. Bovendien is hier alleen bamboe voor nodig aangezien het verstevigen of vastzetten van de verbinding ook goed met een bamboe pin kan worden gedaan.



Schuin insteken

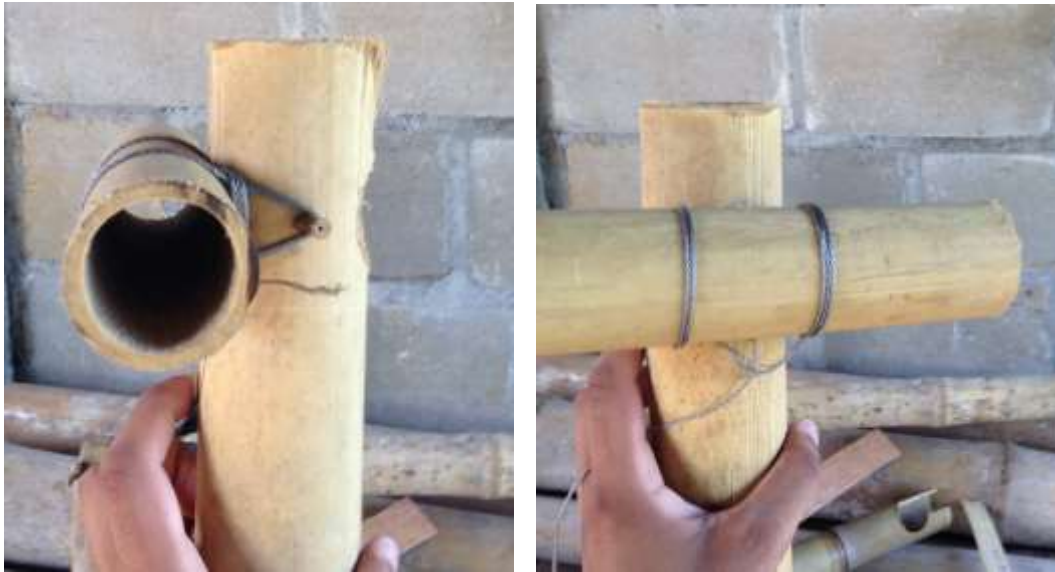


Deze verbinding is lastig uit te voeren, maar wanneer hij zit is hij erg sterk! Bij deze verbinding wordt het ene deel bamboe schuin in de andere gestoken. Hierbij is het erg belangrijk dat het

gat zeer goed wordt gemaakt. Dit kan door middel van een cirkelboor onder de gekozen hoek. Het kan nodig zijn om het gat achteraf bij te werken met een beitel.

Deze verbinding is erg goed voor het verbinden van een drukstaaf in een constructie. Deze verbinding kan zonder toevoeging dan ook geen trek opnemen.

Ligger en kolom I



Deze scharnierende verbinding bevestigt een ligger met een kolom. Hij is vrij moeilijk in elkaar te zetten; de elementen moeten door een tweede persoon of constructie vastgehouden worden tijdens het verbinden. Om de ligger op zijn plaats te houden is er met een cirkelboor een kleine inham in de kolom gemaakt. Het versterken van de verbinding is gedaan door extra touw te winden om het touw tussen de ligger en kolom.

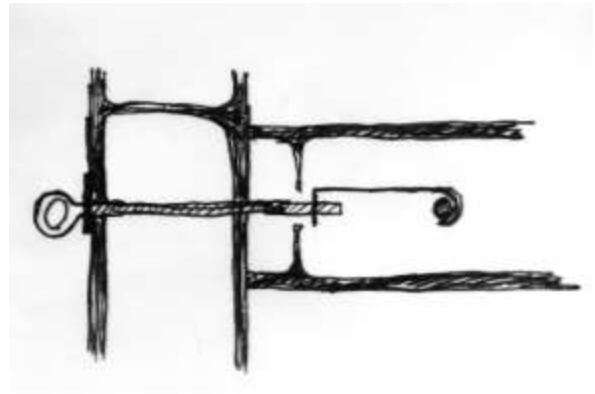
Ligger en kolom II



Deze verbinding is qua duurzaamheid ideaal. Omdat de bamboe simpelweg door de andere bamboe wordt gestoken worden er geen extra materialen (ijzer, hout, enz.) gebruikt. Deze verbinding kan zowel een scharnier als een inklemming zijn. Om een inklemming te maken heb je veel

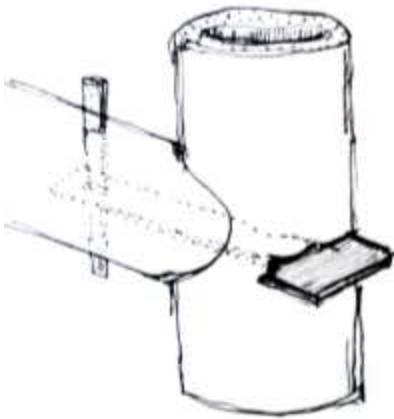
verschillende maten cirkelboren nodig. Wij hebben ondervonden dat deze verbinding goed samenwerkt met touw. Een nadeel is de uitvoering van deze verbinding: Het is moeilijk de juiste aansluiting te krijgen, omdat de dikte van bamboe constant verandert. Bovendien moet er rekening worden gehouden met eventuele verdikkingen (knopen) en krommingen waar de kolom niet overheen kan. Door dit gebrek aan maatvastheid wordt deze verbinding al gauw niet netjes. Wanneer het gat te groot is kan er eventueel een inklemming van worden gemaakt door middel van twee schuin ingeboorde bamboepinnen per kolom. Vervolgens kan het netjes worden afgewerkt met lijm van bamboezaagsel.

Ligger en kolom III



Deze verbinding is een zeer sterke inklemming en is gemakkelijk in elkaar te zetten. Het extra plaatje voor de schroef verdeelt de druk over de bamboe zodat hij niet splijt. Het pinnetje is van bamboe en deze zal niet snel breken. Het nadeel van deze verbinding is er een ijzeren haak nodig is. Deze is relatief duur. Een voordeel is dat deze verbinding goed demontabel is. Tot slot is het beter voor de verbinding om de gaatjes tussen twee bamboe kolommen te vullen met lijm van bamboezaagsel.

Ligger en kolom IV



Deze verbinding is op de werkplaats mislukt. Dit komt voornamelijk doordat er geen hardhout is gebruikt. Verder is het beter om meer dan een bamboe pinnetje te gebruiken omdat alle trekkracht op het pinnetje zou komen. Deze verbinding zou ideaal zijn voor een scharnierende punt in een constructie.

Ligger op kolom I



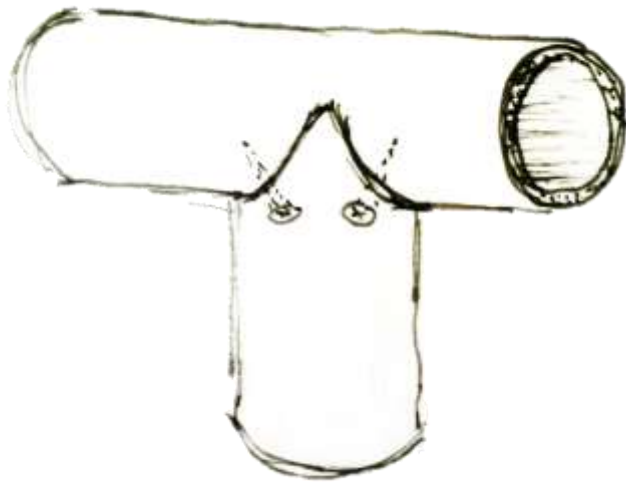
Deze verbinding is op dit moment een scharnier. Maar als er twee bamboe pinnetjes word gebruikt dan wordt het een inklemming. De lege ruimten tussen de kolommen kan opgevuld worden door met houtlijm. Qua duurzaamheid is deze verbinding ideaal, er wordt alleen gebruik gemaakt van bamboe

Ligger op kolom II



De verbinding hieronder is een inklemming (het scharniert een klein beetje). Om de verbinding te verbeteren, moet gebruik worden gemaakt van hardhout (in plaats van triplex). Een nadeel van deze verbinding is dat er gebruik wordt gemaakt van hout en bouten. Dit is ook een dure verbinding. Een voordeel is dat deze verbinding heel betrouwbaar is. Deze verbinding kan veel kracht overdragen.

Ligger op kolom III



Schuin door een kolom en ligger schroeven werkt bijzonder slecht. De bamboe heeft al veel te snel de neiging om te splijten bij de uitvoering, laat staan wanneer er belasting op komt.

Ligger op kolom IV



Deze verbinding zit tussen een scharnier en een inklemming in. Het hangt ervan af hoe strak het touw wordt geknoopt. Voor deze verbinding is redelijk voor touw nodig. Een voordeel is dat deze verbinding redelijk betrouwbaar is.

Dubbele kolommen of liggers I



Dit is een erg scharnierende verbinding die hierdoor op zichzelf niet erg stevig lijkt. In relatie tot andere verbindingen zou deze echter goed kunnen werken. Het versterken van de verbinding wordt gedaan door extra touw om het touw tussen de kolommen te winden. Ten slotte kunnen de

touwen op hun plek worden gehouden door kleine gleuven in beide kolommen te zagen waar de touwen in komen.

Dubbele kolommen of liggers II



Dit is een simpele maar effectieve verbinding om twee kolommen of liggers op hun plek te houden. Omdat de krachten slechts door de pinnen en het touw zullen worden opgenomen moeten deze aangepast worden op de berekende kracht.

Ligger op dubbele kolom I



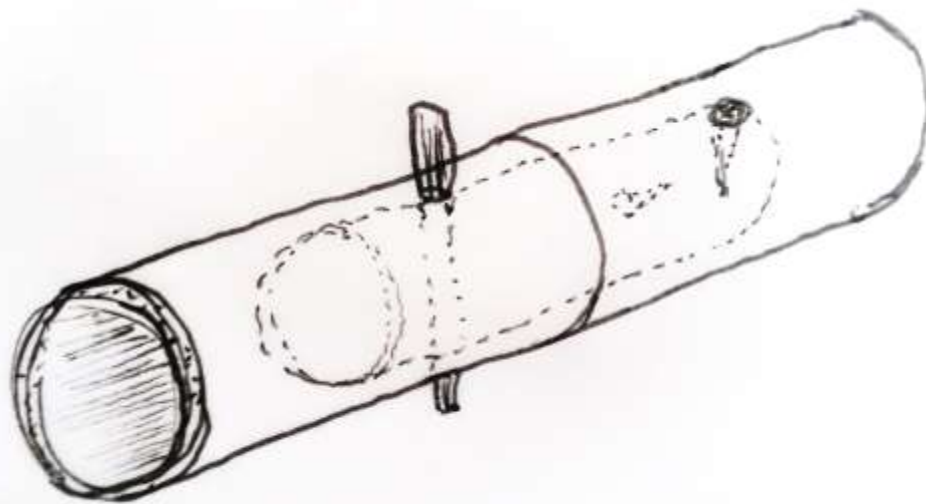
Deze verbinding klemt een ligger in tussen een kolom en is gemakkelijk te realiseren. Het is een scharnierende, maar stevige verbinding die een grote verticale kracht kan opnemen. Horizontale kracht kan het niet opnemen, omdat hij nog kan schuiven. Dit zou echter wel op meerdere manieren opgelost kunnen worden. Het nut van het houten plaatje was ons niet geheel duidelijk. Wij hebben het daarom weggelaten. Eventueel zou het vervangen kunnen worden voor een stukje gespleten bamboe.

Ligger op dubbele kolom II



Bij deze verbinding ondersteunt een van de kolommen de ligger, terwijl de andere door naar boven kan gaan om een ander deel van de constructie te dragen of horizontale kracht op te nemen. Het opnemen van teveel horizontale kracht zou door de bouwverbinding echter kunnen leiden tot het splijten van de bamboe. Dit kan opgelost worden door de bouten te verbinden met touw. De bout klemt de kolommen aan elkaar. Om de twee kolommen niet te laten scharnieren ten opzichte van elkaar, moet er echter meer dan een bout toegepast worden.

Verlengde ligger I



Hierbij wordt een dunner, nauw passend deel bamboe in een ligger of kolom geschoven. Deze kan vastgemaakt worden aan beide zijden met schroeven of bamboe pinnen, of aan één zijde demontabel gemaakt worden met een bamboe pin. Deze verbinding is een sterke en makkelijke manier om een ligger te verlengen, of juist op te delen in kleinere stukjes voor een bouw pakket. Bij bamboe is dit extra handig, omdat bamboe steeds dunner wordt naarmate de ligger of kolom langer wordt. Om het dikte verschil in te perken kunnen verschillende delen van vergelijkbare dikte op deze manier verbonden worden.

Ten slotte moet er niet te dicht op de rand geschroefd worden, om splejten van de ligger of kolom te voorkomen. Bij het maken van deze verbinding moet er dan ook voor gezorgd worden dat knopen van de liggers en kolommen niet te dicht op de verbinding liggen, zodat het verbindstuk ver genoeg in de ligger of kolom geschoven kan worden.

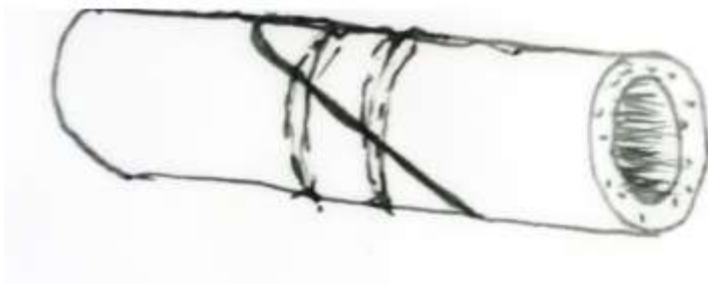
Verlengde ligger II



Dit is een alternatief op de vorige verbinding. Hij zou eventueel netter kunnen worden afgewerkt door middel van schroeven of pinnen. Net als bij de verlengde ligger I betekent

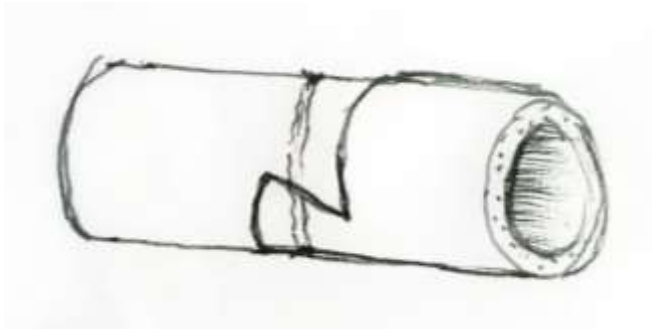
dit echter een grotere kans op splejten. Deze verbinding bleek moeilijker in de uitvoering, omdat hij sneller spleet dan de verlengde ligger I. Voor beide verbindingen geldt; hoe beter deze bamboestengels aansluiten op elkaar, hoe minder scharnierend de verbinding.

Verlengde ligger III



Hierbij worden er twee delen schuin afgezaagd en aan elkaar verbonden door middel van touwen in gleuven. Deze verbinding is in praktijk zeer instabiel, omdat het moeilijk is de touwen zo strak te krijgen dat het stevig is. Bovendien moet het moment worden opgenomen door de touwen, dus kan er niet teveel belasting op komen te liggen.

Verlengde ligger IV

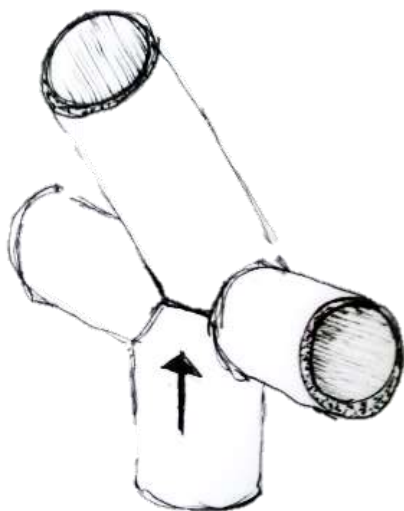


De ligger verlengen door middel van het uitzagen van 'puzzelstukjes' blijkt erg lastig in de praktijk. Met een decoupeerzaag is het lastig de hoek om te gaan. Dit lukt wel met behulp van een boor, maar is moeilijk om netjes te krijgen. Bovendien is het erg lastig om precies in elkaar passende vormen uit twee verschillende bamboes te zagen. Ten slotte kent deze verbinding hetzelfde scharnierprobleem als de verlengde ligger 2, dus lijkt het niet alle moeite waard.

Ligger als scharnierend punt



Deze verbinding is vrij lastig te ontwerpen omdat de mogelijke hoek van de verbinding afhankelijk is van de verhouding tussen de bamboediktes. Het is een scharnierende verbinding, die met de juiste diktes ook vastgezet kan worden tot een bepaalde hoek (omdat de - liefs afgevlakte - punten van de afgeronde bamboe tegen elkaar komen). Omdat de punten die tegen elkaar komen



(zie afbeelding links) ook voor stevigheid zorgen, kan de hoek niet te scherp worden; dan zijn er geen punten meer om de ligger op zijn plek te houden. Daarnaast is het belangrijk van tevoren vast te stellen welke touwen aan de buitenkant en aan de binnenkant komen. De binnenste verbinding moet als eerst worden vastgemaakt.

Kruisverbinding en dubbele schuine ligger



Deze verbinding is er één tussen haakse liggers en twee schuine liggers die met beide horizontale liggers verbonden worden om een klein moment op te kunnen nemen. Deze verbinding is vrij ingewikkeld en moeilijk netjes te krijgen. De schuine liggers zijn stevig vast te maken, maar moeilijk recht te plaatsen.

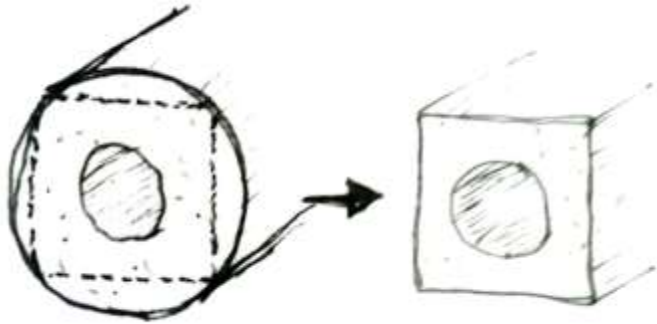
Schuine balk en ligger op kolom



Deze verbinding kan veel druk (van de schuine balk) opnemen, maar is in de uitvoering een vrij lastige verbinding. Een nadeel van deze verbinding is de uitlijning: Door de werking van de verbinding kan de schuine balk niet recht boven de kolom geplaatst worden, tenzij hier nog een extra oplossing wordt bedacht.

Het elastiek of touw houdt de schuine ligger op zijn plaats, maar deze moet goed afgestemd worden op de plaats van de pin die zich in de verbinding bevindt. Als het touw te strak wordt gespannen heeft de pin geen functie en komt de totale belasting op het touw. Als het touw echter niet strak genoeg wordt gespannen, heeft dit touw geen functie.

Vierkante bamboe voor toepassing standaard houtverbindingen



Het is mogelijk om van ronde bamboe de bekende vierkante of rechthoekige balken te maken. Hiervoor is echter wel zeer dikke bamboe nodig. Daarnaast is het moeilijk om dit op lange bamboe stengels toe te passen; onder andere door de natuurlijke kromming van bamboe.