

بين الخلايا غير الحية من مكون عضوي يعرف بالكولاجين، وهو بروتين ليفي يُنظم في خيوط طويلة بناءً على نوع العظم وخصائصه العمرية، تشكل خلايا العظام حوالي 15% من حجم العظم؛ وفي العظام الناضجة لدى معظم الحيوانات، يشبه تركيب كولاجين الأربطة والأوتار والجلد. يحتوي هذا المكون أيضاً على كميات ضئيلة من عديدات السكاريد البروتينية والجليكوأمينوجلليكانات، التي ترتبط كيميائياً بالبروتين وتنتشر حول حزم ألياف الكولاجين. هناك أيضاً مكون معدني غير عضوي يتواجد على شكل بلورات قضيبية، ترتب بالتوازي مع المحاور الطويلة لحزم الكولاجين، وبعضها يقع داخل فراغات في هذه الحزم. تشكل المواد العضوية نحو 50% من حجم المادة المركبة بين الخلايا و30% من وزنها الجاف، بينما تشكل المعادن النسبة المتبقية. بحيث يكون المكون الرئيسي هو هيدروكسي أباتيت. تتواجد الكربونات بنسب تختلف بين الأنواع، وكما هو الحال مع رماذ عظام الأسماك، حيث تصل إلى 4%، هذه الكربونات تتواجد في شكلين مختلفين: كربونات الكالسيوم وأباتيت الكربونات. باستثناء الماء الحر، فإن محتوى الماء في عظام الثدييات البالغة قليل، نحو 8% من الحجم الإجمالي. يحدث الانتشار من الأسطح الداخلية للمادة بين الخلايا بشكل بطيء، وغالباً ما يكون أكثر شيوعاً من صلابة المواد الصلبة مقارنة بالسوائل. البلورات المعدنية تمنح العظام صلابة وقوة ضغط كبيرة، لكنها تعاني من ضعف في قوة الشد بسبب تركيز الإجهاد حول العيوب. تتمتع ألياف الكولاجين في العظام بمرونة عالية وقوة ضغط منخفضة، لكن قوة الشد لا تعتمد فقط على الكولاجين، بل أيضاً على الترابط بين الكولاجين والمعادن، مما يضيفي على العظام خصائص مشابهة للمواد ثنائية الطور. يتمكن الهيكل من تقليل انتشار الكسر الناجم عن الإجهاد، مما يعزز القدرة على تحمل الضغط. لم يتمكن أحد من تحديد القوة الحقيقية لمزيج المعدن والمصفوفة على مستوى الوحدات الهيكلية. وقد أظهرت الأبحاث أن عينات العظام القشرية قادرة على تحمل قوة شد تتراوح بين 700 و1400 كجم لكل سم مربع، وقوة ضغط تتراوح بين 1400 و2100 كجم لكل سم مربع. تتشابه هذه القيم مع الألمنيوم أو الفولاذ الطري، ولكن العظم يتميز بخفة وزنه. كما أن القوة العظمى للعظم تُركز على المحور الطويل له، وهي تقريباً متماشية مع اتجاه ألياف الكولاجين والمعدن. على الرغم من مظهرها القوي، إلا أن العظام تحتفظ بمرونة عالية، وهذا ضروري لتمكين الهيكل العظمي من امتصاص الصدمات. معامل مرونة عظام يتراوح بين 420 و700 كجم لكل سم مربع (6000 و10000 رطل لكل بوصة مربعة)، وهذه القيمة أقل بكثير مقارنة بالفولاذ، مما يدل على مرونة أعلى بكثير للعظام نسبة رماذ تبلغ حوالي 66%، وهي نسبة مميزة لعظام الثدييات الحاملة للوزام. وتحقق المرونة المثالية عندما تتعرض العظام لأحمال تصل إلى 30 إلى 40 في المئة من قوة الكسر، المفترض أن يكون على طول العيوب الطبيعية في تركيب العظام. يعتمد معامل مرونة العظام بشكل كبير على معدل تطبيق الأحمال، حيث تكون العظام أكثر صلابة عند حدوث التشوه السريع مقارنة بالتشوه البطيء، مما يشير إلى وجود عنصر من التدفق اللزج أثناء عملية التشوه. كما يتوقع من دراسة التركيب ثنائي الطور للعظام، فإن الاختلاف في نسبة المعادن إلى الكولاجين يؤدي إلى تغييرات في الخصائص الفيزيائية؛ فقلة المعادن تؤدي في النهاية إلى زيادة المرونة، بينما زيادة المعادن تؤدي إلى زيادة الهشاشة.