

## چگونگی تشکیل ساختهای مدادی و ارتباط آنها با ساختهای بزرگتر در منطقه مکران

محسن پورکرمانی: دانشگاه شهید بهشتی

علی اصغر مریدی فریمانی: دانشگاه سیستان و بلوچستان

### چکیده

یکی از انواع تغییر شکل‌هایی که در رخساره‌های خاصی در منطقه‌ی مکران دیده می‌شود، «ساختهای مدادی»<sup>۱</sup> است که عمدتاً در شیلها و سیلتستونها و در بعضی موارد ماسه‌سنگهای ریزدانه شکل می‌گیرند. به نظر می‌رسد تشکیل این ساختها نوعی تغییر شکل تکتونیکی است که در طی فرآیند دگرگونی، قبل از شکل‌گیری و حضور شیستوزیته به وجود می‌آید. به عبارتی می‌توان گفت که مراحل ابتدایی کلیواژ اسلیتی اگر در شرایط و موقعیت خاص با لایمبندی تلاقی کند، یا در موقعیت تلاقی دو کلیواژ قرار گیرد، در رخساره‌های شیلی می‌تواند منشأ تشکیل ساختهای مدادی گردد. با توجه به این که در بسیاری موارد کلیواژهای اسلیتی با ساختهای بزرگتر مثل چین‌خوردگیها ارتباط داشته و عمدتاً هم‌جهت با سطح محوری قرار می‌گیرند، می‌توان گفت که ساختهای مدادی در راستای محور b (محور چین‌خوردگی) واقع می‌شوند.

### مقدمه

یکی از نواحی که تغییر شکل‌های متنوع ساختاری را می‌توان ملاحظه نمود، ناحیه مکران است که از منطقه ساحلی تا حواشی چاله جازموریان، نوع و میزان تغییر شکل، تغییر می‌نماید. یکی از این ساختها که بیشتر در حد فاصل بین بخشهای آمیزه‌ای و فلیشهای نسبتاً منظم تشکیل شده است، ساختهای مدادی است. در مناطق شمالی مکران در جایی که رخساره آمیزه‌ای و آمیزه‌ای اُفیولیتی توسعه دارند و دگرگونی مختصری نیز در آنها دیده می‌شود (کرتاسه - پالئوسن) و همچنین در مناطقی که فلیشهای به هم ریخته توسعه دارند و شیستوزیته واضحی نیز در آنها دیده می‌شود توسعه اینگونه ساختهای مدادی مشاهده نمی‌گردد. همچنین توسعه این ساختها در مناطق مرکزی و جنوبی مکران که بیشتر رخساره‌های شیلی مارنی، و احیاناً ماسه‌سنگی، توسعه یافته‌اند (الیگوسن و میوسن و جوانتر)، به چشم نمی‌خورد (شکل ۱).

واژه‌های کلیدی: Flysch – Iranshahr – makran-Structure-Pencil

۱-Pencil structure

ساختهای مدادی را بیشتر در مناطقی میتوان یافت که اولاً از نظر رخساره رسوبی، شیلی، گلسنگی و یا سیلتستونی و ثانیاً در موقعیت ویژه‌ای از میزان تغییر شکل قرار گرفته باشند، تا بتوانند شکل گیرند (رخساره‌های باسن ائوسن). در موضوعاتی مانند رخساره، تحول و تغییر شکل تا مرحله دگرگونی، و ارتباط ساختها قابل بررسی هستند. بهترین رخنمونهای اینگونه ساختها را در ۴۰ الی ۱۲۰ کیلومتری بعد از ایرانشهر به طرف چابهار میتوان ملاحظه نمود (شکل ۱).

## تشکیل ساختهای مدادی

## (۱) شکل ظاهری

ساختهای مدادی شکلهای کشیده‌ای هستند که طول آنها نسبت به پهنایشان بسیار بیشتر و گاهی به چند برابر آنها می‌رسد. موریس ماتوئر<sup>۱</sup> این‌گونه ساختها را قطعات سیبزمینی سرخ شده<sup>۲</sup> می‌نامد [۱]. این‌گونه ساختها در شکل و اندازه متغیر و متنوعند، در اشکال گوناگون باریک و کشیده و یا پهن و کوتاه، و حتی خیلی نازک مثل چوب کبریت (به پهنای چند میلی‌متر و طول چند سانتی‌متر) به چشم می‌خورند. در واقع روابطی بین طول و پهنای آنها برقرار است که در نمودارهای a, b, c, d و e (شکل ۲) از نواحی مختلف ملاحظه می‌شود. بعضی این ساختها را به نام فرسایش مدادی و عده‌ای شیل‌های مدادی ذکر می‌کنند.

نسبت طول این ساختها (L) به پهنای آنها (W) از حدود ۹/۵۰ و حتی خیلی کمتر تا ۱۸/۶۵ متغیر است. در بعضی از موارد نسبت L/W به بالاتر از ۵۰ نیز می‌رسد (شکل ۱۱).

مطابق بررسی‌های انجام شده در محل تقاطع دو سطح غالب، می‌تواند چنین ساختی شکل گیرد. در جایی دو سطح کلیواژ ممکن است عامل این تغییر شکل باشند [۱] (شکل ۱۵)، و گاهی سطوح کلیواژ (S<sub>1</sub>) و سطوح لایه‌بندی (S<sub>0</sub>) می‌توانند عامل تشکیل ساختهای مدادی گردند (شکلهای ۱۲ و ۱۳ و ۱۴).

در شکل ۳ مراحل مختلف تشکیل ساختهای مدادی در نتیجه حضور شکستگیهای اولیه و وجود لایه‌بندی و در نهایت غلبه شیستوزیته را می‌توان ملاحظه نمود [۲]. و یا طبق تعریف دیویس<sup>۳</sup> ساختهای مدادی در نتیجه تلاقی سطوح لایه‌بندی لایه‌های نامقاوم و سطوح شیستوزیته به وجود می‌آید [۳].

ضخامت ساختهای مدادی بستگی به فاصله میان سطوح کلیواژ و ضخامت لایه‌بندی دارد، به همین دلیل است که معمولاً ساختهای مدادی ضخیم‌تر و پهن‌تر در لایه‌های سیلتستونی و بعضاً ماسه‌سنگی دیده می‌شوند (شکل‌های ۸ و ۱۰). باید توجه داشت که بهترین موقعیت تشکیل این‌گونه ساختها در حالتی است که امتداد کلیواژ اسلیتی و یا شیستوزیته موازی و یا تقریباً موازی با امتداد لایه‌بندی قرار گیرد. در حالتی که زاویه میان این دو امتداد به حالت متقاطع و نزدیک به عمود قرار گیرد، طبیعتاً در مقدار طول ساختها تأثیر خواهد گذاشت، به عبارت دیگر هرچه مقدار این زاویه کمتر باشد، نسبت L/W بیشتر خواهد بود، تا جایی که ممکن است این مقدار به بیشتر از ۵۰ نیز برسد (شکل ۱۱). در این شکل امتداد لایه‌بندی (S<sub>0</sub>) و امتداد سطوح کلیواژ تقریباً موازی‌اند.

طبق نظر رکز و گری<sup>۴</sup> (۱۹۸۲) ارتباط مستقیمی میان کوتاه شدگی با ساختهای مدادی و کلیواژ اسلیتی وجود دارد (شکل ۳)، به طوری که در کوتاه شدگی کمتر از ۹۰٪ ساختهای مدادی شکل نمی‌گیرد و کوتاه‌شدگی ۲۶-۹٪ موقعیت مناسب برای تشکیل این‌گونه ساختها است و کوتاه‌شدگی بیشتر از ۲۶٪ معمولاً

۱- Mourice Mattauer

۲- Frites

۳- Davis, G.H

۴- Reks, L.J. &amp; Gray, D.R.

شیسوزیته و کلیواژ اسلیتی توسعه پیدا می‌کند [۴].

شکلهای ۵ تا ۱۱ موقعیت ظاهری ساختهای مدادی را به خوبی نشان می‌دهند. شکلهای ۱۲ تا ۱۸ موقعیت تلاقی سطوح لایه‌بندی و سطوح کلیواژ را نمایان می‌سازند که تا حد زیادی منطبق بر موقعیت ساختهای مدادی است. در بعضی موارد این دو سطح می‌توانند دو دسته شکستگی و یا کلیواژ باشند (شکل ۱۵).

## ۲) ارتباط میان لیتولوژی و ساختهای مدادی

چنانکه قبلاً گفتیم، ساختهای مدادی عمدتاً در رخساره‌های گلسنگی، شیلی، سیلتستونی و بعضی مواقع ماسه‌سنگی شکل می‌گیرند. نکته مهمی را که می‌توان در اینجا ذکر کرد، وجود دو نوع تورق‌پذیری است که می‌تواند مسبب شکل‌گیری ساختهای مدادی گردد. وجود  $S_0$ ، یعنی سطوح لایه‌بندی، عمدتاً در لایه‌های شیلی و گلسنگی قابلیت تورق‌پذیری بهتری را از خود نشان می‌دهند. هر قدر دانه‌بندی درشت‌تر و میزان سیمانی‌شدن ذرات قوی‌تر باشد و همچنین ضخامت لایه‌ها بیشتر گردد، طبیعی است که فواصل کلیواژها بیشتر و امکان تورق‌پذیری را کمتر می‌کند (شکلهای ۹ و ۱۰).

در حالتی که لایه‌های ماسه‌سنگی با ضخامت کمتر (در حد چند سانتی‌متر و یا کمتر) و در میان لایه‌های شیلی قرار گرفته باشند، در شرایطی ویژه، فعال بودن سطوح  $S_1$  (تورق‌پذیری کلیواژهای اسلیتی) می‌توانند لایه‌های ماسه‌سنگی و سیلتستونی را به صورت ساختهای کشیده درآورند (شکلهای ۹ و ۱۰).

وجود تورق‌پذیری ثانویه ( $S_1$ )، یعنی سطوح کلیواژ، عامل اصلی در تشکیل این ساختها است، چرا که سطوح تورق‌پذیری دارای فواصل نزدیک و مناسب‌اند و در تلاقی سطوح لایه‌بندی، ساختهای کشیده و خطی را می‌توانند به وجود آورند (شکلهای ۵، ۸ و ۱۰).

در حالتی که سطوح تورق‌پذیری به حالت شیستوزیته برسد، عواملی مثل تجدید تبلور کانیهایی ورقه‌ای و تغییر شکل شدیدتر باعث توسعه کامل سطوح می‌شود و در این صورت، نوع فرسایش سنگ از حالت ساختهای کشیده خارج و بیشتر به صورت ورقه‌ای درمی‌آید.

## ۳) ارتباط میان ساختهای مدادی و ساختهای بزرگتر

مطابق نظر ترنر و ویس<sup>۱</sup> (۱۹۶۳) چنانکه ساختهای کشیده و خطی در یک بافت تکتونیکی ملاحظه شود، راستای محور  $b$  را مشخص می‌کند و اگر دو سری سطوح غالب حضور داشته باشند، محل تلاقی دو سطح راستای محور  $b$  را معین می‌کنند [۵].

با توجه به برداشتهای صحرایی انجام شده، اغلب کلیواژهای غالب بر منطقه تا حدود زیادی نزدیک به سطح

<sup>۱</sup>-Turner, F.J. & Weiss, L.E

محوري قرار دارند و با وجود اين موضوع تشكيل ساختهاي مدادي در اين موارد داراي راستاي تقريباً منطبق بر محور  $b$  چین‌خوردگی ناحیه است؛ نمودارهاي ۱۶ و ۱۷ گويای اين موضوع است. در نمودار ۱۶ مختصات محور  $b$  عبارت است از  $SW \ ۵۲^\circ/۸۲^\circ$  و در همین موقعیت مختصات محور طویل ساخت مدادی نزدیکی بسیاری با محور  $b$  نشان می‌دهد.

در بعضي مناطق میان راستاي محور  $b$  و راستاي ساختهاي مدادي اختلاف دیده می‌شود. اين اختلاف ناچيز می‌تواند ناشی از تغییر روند تنش مؤثر بر آنها باشد [۶]، و اختلاف زاویه‌ای میان  $۱۰^\circ$  تا  $۴۰^\circ$  که از بسیاری از نمودارها برمی‌آید، در جای دیگر مورد بحث قرار خواهد گرفت. شکل ۱۸ موقعیت تنش  $\sigma_2$  و راستاي ساختهاي مدادي اختلاف زاویه‌ای در حدود  $۲۲^\circ$  را نمایان می‌سازد.

شکل ۲- نمودارهاي مختلف از نسبت بین طول (  $L$  ) و پهنای (  $W$  ) ساختهاي مدادي در مناطق مختلف:

a - ۵۸ کیلومتر بعد از ایرانشهر به سمت چابهار,  $L/W=۱۱/۲۵$

b- ۲۲ کیلومتر بعد از ایرانشهر به سمت چابهار,  $L/W=۱۱/۲۵$

c - ۴۴ کیلومتر بعد از ایرانشهر به سمت چابهار,  $L/W=۹/۵۰$

d- ۴۵ کیلومتر بعد از ایرانشهر به سمت چابهار,  $L/W=۱۸/۶۵$

e - ۴۶ کیلومتر بعد از ایرانشهر به سمت چابهار,  $L/W=۱۴/۶۴$

شکل ۳- انواع ساختهای تشکیل شده در طی پیشرفت تغییر شکل شیل، که از مرحله تشکیل ساخت مدادی (A) تشکیل کلیواژهای مشخص (D) تغییر می نماید را نشان می دهد (رمزی ۱۹۸۳).

شکل ۴- دیاگرام نمایش تغییرات مربوط به پیشرفت تغییر شکل :  
a - مرحله تشکیل کلیواژ با بیشتر از ۲۶٪ کوتاه شدگی  
b - مرحله ساختهای مدادی با کوتاه شدگی ۲۶ - ۹٪  
c- ساختهای لایه‌بندی با تغییر شکل کمتر از ۹٪ کوتاه شدگی (رکس و همکار، ۱۹۸۲)

شکل ۵- شکل کلی ساختهای مدادی در رخساره شیلی , ۵۰ کیلومتری جنوب ایرانشهر

شکل ۶- شکل ظاهری ساختهای مدادی با رخساره شیلی , ۵۸ کیلومتری جنوب ایرانشهر

شکل ۷- ساختهای مدادی در لایه ای نازک ماسه سنگی با نسبت  $L/W$  پایین , ۲۴ کیلومتری جنوب سه راهی سرباز

شکل ۸- تناوب لایه‌های ماسه‌سنگی و شیلی و توسعه ساختهای مدادی در لایه‌های شیلی، ۵۳ کیلومتری جنوب ایرانشهر

شکل ۹- تناوب لایه‌های سیلتستونی و شیلی و توسعه بیشتر ساختهای مدادی در لایه‌های شیلی، ۴۳ کیلومتری جنوب ایرانشهر

شکل ۱۰- نمونه ای از ساختهای مدادی خیلی کشیده با نسبت  $L/W$  برابر ۵۶/۲۵، ۴۳ کیلومتری جنوب ایرانشهر

شکل ۱۱- نمایش استریو گرافیک سطوح لایه بندی ( $S_0$ ) و موقعیت کلیواژها ( $CL_1$ ) و موقعیت ساختهای مدادی ( $P.S.$ ). انطباق نزدیک تلاقی دو سطح و موقعیت ساختهای مدادی را نشان میدهد. (۲۳ کیلومتری جنوب سه راهی سرباز (a) و ۴۵ کیلومتری جنوب ایرانشهر (b) و ۵۸ کیلومتری جنوب ایرانشهر (c)).

شکل ۱۲- نمایش استریوگرافیک موقعیت تلاقی دو سطح کلیواژ ( $CL_1, CL_2$ ) و هماهنگی آن با موقعیت ساختهای مدادی ( $P.S.$ ). موقعیت نقاط قطبی سطوح لایه بندی را نشان می دهد. (۳ کیلومتری جنوب ایرانشهر)

شکل ۱۳ - نمایش استریوگرافیک یک چین با موقعیت محورهای  $a, b, c$  و  $a.p.$  و موقعیت ساختهای مدادی (\*P.S.) که هماهنگی خاصی را با محور نشان می دهد. (۴۲ کیلومتری جنوب ایرانشهر)  
 $52/82 \text{ SW} = b$   $160/90 = P.S.$

شکل ۱۴ - نمایش استریوگرافیک موقعیت چین خوردگی و ساختهای مدادی با مختصات:  
 $83/80 \text{ NW} = a.p.$   $265/10 \text{ SW} = c$   $40/76 \text{ NE} = b$   $172/10 \text{ SE} = a$   
 (\*P.S.) = موقعیت ساختهای مدادی (۴ کیلومتری جنوب سه راهی سرباز)

شکل ۱۵ - نمایش استریوگرافیک موقعیت زوج گسل  $F_1$  و  $F_2$  همراه با موقعیت ساختهای مدادی که هماهنگی نسبی بین راستای  $\sigma_1$  و کشیدگی ساختهای مدادی دیده می شود.  
 $265/10 \text{ NE} = \sigma_2$   $40/76 \text{ SW} = \sigma_2$   $172/10 \text{ NW} = \sigma_1$   
 (\*P.S.) = موقعیت ساختهای مدادی (۴ کیلومتری جنوب سه راهی سرباز)

## نتیجه‌گیری

فرایند ممتد تغییر شکل ساختاری لایه‌های رسوبی به خصوص در شیل‌ها، گل‌سنگ‌ها و سیلتستونها می‌تواند به ایجاد شکستگی‌های نزدیک به هم منجر گردد و در صورت فراهم بودن شرایط لازم، طبیعتاً این‌گونه کلیواژهای شکستگی شروع می‌شود و شکل‌گیری شیبستوزیته آغاز می‌گردد. در این حالتها، اگر موقعیت کلیواژهای ( $S_1$ ) در حالت عمود و یا تقریباً عمود بر سطح لایه‌بندی اولیه ( $S_0$ ) و دارای امتدادهای موازی و یا تقریباً موازی باشند، در نتیجه تلاقی این دو سطح در رخساره‌های یادشده، ساختهای مدادی شکل می‌گیرند.

در هر حال نسبت  $L/W$  مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهد که حاکی از اندازه دانه‌بندی و ظرافت سطوح کلیواژ است، چنانکه در شیل‌ها، گل‌سنگ‌ها و سیلتستونها نسبت  $L/W$  مقادیر بسیار بالایی است، و حتی ممکن است به  $56/25$  نیز برسد. در مواردی که کلیواژها از ظرافت کمتری برخوردار باشند و یا رخساره‌های دانه درشت‌تر، مانند ماسه‌سنگ‌ها، حضور داشته باشند این نسبت به مقادیر حداقل تنزل پیدا می‌کند ( $4/20$ ).

اگر تنش‌های به وجود آورنده ساختهای مانند چین‌خوردگی‌ها، همان تنش‌هایی باشند که کلیواژها را شکل داده است (شکل‌های کلیواژهای سطح محوری)، میان ساخت‌های فرعی به وجود آمده، مانند ساختهای مدادی، و ساختهای بزرگتر، مانند چین‌خوردگی‌ها، رابطه‌ای برقرار می‌شود و می‌تواند موقعیت محور  $b$  چین‌خوردگی بر راستای کشیدگی این‌گونه ساختها منطبق گردد.

## منابع

- ۱- ماثوئر موریس - تغییر شکل‌های مواد سازنده پوسته زمین - ترجمه جواد الیاسی - دانشگاه تهران - (۱۳۵۷) ص ۱۲۳.
2. J.G. Ramsay and M.I. Huber, The Technique of Modern Structural Geology, Vol. 1, Strain Analysis, Academic Press, (1983), 186.
- 3- G.H. Davis, Structural Geology of Rocks and Regions, John Wiley and Sons, (1984), 428.
- 4- I.J. Reks and D.R. Gray, Pencil Structure and Strain in Weakly Deformed Mudstone and Siltstone, Journal of Structural Geology, Vol. 4, (1984), 161-176.
- 5- F. J. Turner and L.E. Weiss, Structural Analysis of Metamorphic Tectonites, McGraw-Hill, Vol. 89, (1963), 447-468.
- ۶- مریدی فریمانی، علی‌اصغر - بررسی آشفته‌گی‌های راستای تنش‌های محلی در زون مکران - فشرده مقالات سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران - (۱۳۷۸) دانشگاه شیراز.
- ۷- حقی‌پور، ع و آقانباتی، ع - نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰/۰۰۰، (۱۹۸۵)، سازمان زمین‌شناسی کشور.