تقسم الحمولات المؤثرة في برج الحفر حسب :

أولاً : طبيعـــة تـــأثـــيرهـــا إلى :

1. **الحمولات الدائمة** : تمتاز هذه الحمولات بأنها تحافظ على قيمتها خلال فترة عملية الاستثمار ، من هذه الحمولات : وزن برج الحفر نفسه ووزن التجهيزات الموضوعة عليه .

تحدد المواصفات الوزنية لأبراج الحفر وبدقة كافية بالعلاقات التجريبيـــة التالية :

وزن البرج : $G_{()} \approx 0.15\ P_h$

وزن البكرات التاجية : $G_{cr} \approx 0.015\ P_h$

وزن الأجزاء المتحركة : $G_t \approx 0.04\ P_h$

وزن المنصات وسلم البرج

وبعض الإنشاءات المركبة على البرج : $G_0 \approx 0.03\ P_h$

حيث إن : P_h : الحمولة المسموح بها على الخطاف .

2. **الحمولات الاستثمارية** : تمتاز هذه الحمولات بأنها ليست دائمة وتتغير في أثناء عملية استثمار البرج ، منها : الحمولة المعلقة على الخطاف، وتوتر الطرفين المتحرك والثابت للحبل المعدني .

3. **الحمولات الناتجة عن قوى الرياح** : تعتمد على الشروط المناخية والبيئية لمكـــان استثمار البرج .

ثـــانيـــاً : اتجـــاه تـــأثيرهـــا إلى :

1. **الحمولات الشاقولية** : تكون كبيرة على الأرجل والمساند .
2. **الحمولات الأفقيـــة** : تؤثر في الأحزمة المعدنية لهيكل البرج وعوارضه المزاوية.

تتوزع الحمولات الشاقولية على أرجل البرج ، وتحدد القوة الحسابية المؤثرة في رجل أو مسند لبرج رباعي القوائم بالعلاقة :

Scanned by CamScanner

$$P_{kg} = \frac{(G_D + G_{tr})n_1.K_S + (P_h + P_d + P_l)n_2.K_S}{3.6 \times \cos\alpha} \qquad \text{(IX-13)}$$

حيث إن :

G_D : وزن البرج ، نيوتن .

G_{tr} : وزن أجزاء منظومة الحبال (الخطاف ، مجموعتي البكرات التاجية والمتحركة ، حبل الحفر) ، نيوتن .

n_1, n_2 : معاملي التحميل وتؤخذ قيمة كل منهما (1.1) .

P_h : الحمولة المسموح بها على الخطاف ، نيوتن .

P_l ، P_d : المركبة العمودية لشد الطرفين الثابت والمتحرك لحبل الحفر ، نيوتن .

K_S : معامل تداخل القوى ، وتؤخذ قيمته (0.9) .

α : زاوية ميلان محور أرجل البرج عن الشاقول .

3.6 : معامل يأخذ بعين الاعتبار عدم التساوي في توزع الحمولات بين الأرجل الأربعة . للأبراج الصارية شكل (A) ، تؤخذ قيمته (2) .

تمثل الحمولات الشاقولية الضاغطة على البرج :

1. الحمولة على الخطاف .
2. وزن البرج والمعدات المنصوبة عليه .
3. المركبة الشاقولية من شد الطرفين المتحرك والثابت لحبل الحفر .

تمثل الحمولات الأفقية المؤثرة في البرج :

1. المركبة الأفقية من شد الطرفين الثابت والمتحرك لحبل الحفر المؤثرة في مجموعة البكرات التاجية .
2. المركبة الأفقية من وزن مقاطع المواسير الموضوعة بصورة مائلة على مخزن المواسير .
3. المركبة الأفقية لضغط الرياح .

Scanned by CamScanner

أولاً : المركبة الأفقية من شد الطرفين الثابت والمتحرك لحبل الحفر

في حالة السكون :

$$P_{ch} = \frac{P_n}{m}(tg\beta \pm tg\gamma) \qquad \text{(IX-14)}$$

في حالة الحركة :

$$P_{chd} = \frac{P_n}{m\eta_{tr}} tg\beta - \frac{P_n \eta_{tr}}{m} tg\gamma \qquad \text{(IX-15)}$$

حيث إن :

β ، γ : زاويتـــا ميل الطرفين المتحرك والثابت ، على التوالي ، لحبل الحفر عن المحور الشاقولي للبرج .

تستخدم في العلاقة (IX-14) :

إشارة (−) : عند تثبيت الطرفين على جهتين متقابلتين من أرضية البرج .

إشارة (+) : عند تثبيت الطرفين من جهة واحدة عند الأجهزة الرافعة .

ثانياً : المركبة الأفقية من وزن المقاطع المستندة على محور مخزن المواسير

$$P_{sh} = K.G_S.tg\alpha \qquad \text{(IX-16)}$$

حيث إن :

K : معامل احتساب العلاقة بين طول مقطع المواسير (L_S) والمسافة من قاعدة مخزن المواسير وحتى محور الاستناد .

G_S : وزن مقاطع المواسير المستندة على المحور ، نيوتن .

α : زاوية ميل مقطع المواسير عن الشاقول ، اعتيادياً $\alpha = 2° - 4°$

ثالثاً : الحمولة الأفقية من ضغط الرياح

يؤثر **الضغط الديناميكي للرياح** في هذه الحمولة ويسمى الضغط **الريـــاحي** أو الضغط **السرعي** :

$$q_0 = \frac{\rho V^2}{2} \qquad \text{(IX-17)}$$

Scanned by CamScanner

حيث إن :

V : سرعة الرياح ، متر / ثا .

$\rho = 1.225 \quad kg/m^3$: كثافة الهواء : ρ

تستخدم لحساب أبراج الحفر قيم قياسية محددة للضغط الرياحي (q_0) لا تعتمد على موقع استخدام البرج بل **تعتمد على الوضع الإنتاجي للبرج :**

عندما يكون العمل على الوحدة متوقف : $q_0 = 700$ باسكال .

خلال العمل : $q_0 = 250$ باسكال .

خلال عمليات التركيب والنقل : $q_0 = 150$ باسكال .

محصلة الضغط الرياحي على البرج تساوي :

$$P = q_0 C_i p S_i K_d \qquad \text{(IX-18)}$$

حيث إن :

P : معامل ديناميكي يأخذ بالحسبان فترة الذبذبات الذاتية للبرج .

K_d : معامل ديناميكية الهواء الذي يعتمد نوعية التصميم المواجه للرياح :

- للتصاميم ذات المعدن الصفائحي : $K_d = 1.4$
- للمواسير : $K_d = 1$

S_i : مسقط سطح مقطع البرج على المستوي الشاقولي المار من محور البرج .

$$S_i = F_i \varphi \qquad \text{(IX-19)}$$

حيث إن :

F_i : مساحة سطح مقطع البرج المعني .

φ : معامل امتلاء المقطع ($\varphi = 0.15 - 0.2$) للأجزاء المغطاة من البرج: $\varphi = 1$

C_i : معامل احتساب زيادة ضغط الرياح حسب الارتفاع تحدد قيمته من الجدول :

الارتفاع عن سطح الأرض ، م	>10	20	40	100
قيمة المعامل C_i	1.00	1.25	1.55	2.10

Scanned by CamScanner

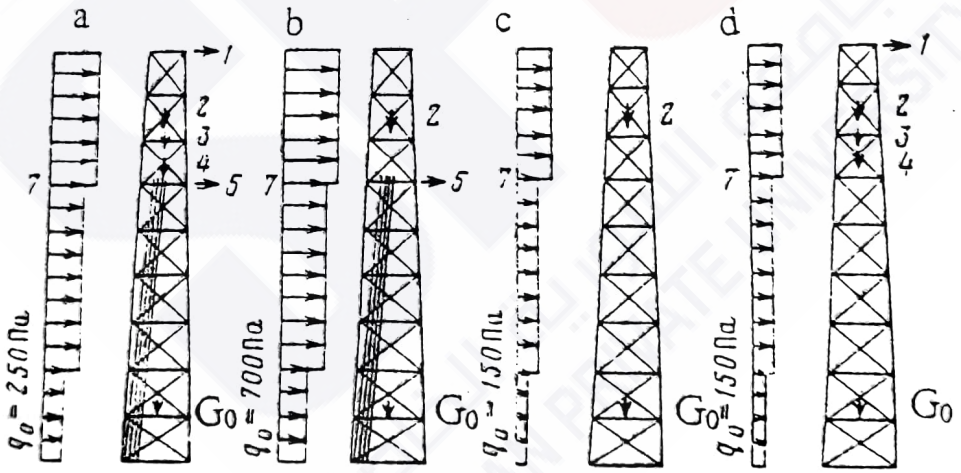
الحمولات الأفقية المتولدة من شد طرفي حبل الحفر المتحرك والثابت والمؤثرة في مجموعة البكرات التاجية يجب ألا تزيد عن (15) كيلو نيوتن **ويعتبر تأثيرها متطابقاً مع اتجاه تأثير** كل من :

- المركبة الأفقية من وزن مقاطع المواسير
- المركبة الأفقية من ضغط الرياح .

لا يكون تأثير هذه القوى (الشاقولية و الأفقيـــة) متســـاوياً في بـــرج الحفـــر والظروف التي يخضع لها خلال الأوضاع المختلفة لعمل وحدة الحفر ، لأن التحميـــل يكون متبايناً على البرج في ظروف الاستثمار المختلفة .

6-IX : حالات تحميل برج الحفر

يمكن تصنيف حالات تحميل البرج إلى أربع حالات : الشكل رقم (5-IX) .



الشكل رقم (5-IX) : مخططات تحميل برج الحفر

1: القوى المؤثرة في قمة البرج **2** : وزن أجزاء منظومة الحبال .

3: الحمولة على الخطاف . **4** : المركبة الشاقولية لقوى شد الطرفين المتحرك والثابت لحبل الحفر .

5: المركبة الأفقية من وزن مقاطع المواسير الموجودة في مخزن المواسير .

6: وزن البرج . **7** : قوة ضغط الرياح .

Scanned by CamScanner

الحالـــة الأولى :

الشكل رقم (a-5-1X) ،خلال عمليات رفع وإنزال مجموعـــة مواســـير الحفـــر وعمليات إنزال مواسير التغليف يقع البرج تحت تأثير قوى شاقولية و أفقية هي :

أ – **القوى الشاقولية الناتجة عن :** وزن البرج والمعدات المنصوبة عليه ، ووزن أجزاء منظومة الحبـــال ، والحمولـــة على الخطـــاف ، و المركبة الشـــاقولية لقوى شد طرفي حبل الحفر المتحرك والثابت .

ب– **القوى الأفقية الناتجة عن :** –

- المركبـــة الأفقية لقوى شد طرفي الحبل الثابت والمتحرك المؤثرة في قمة البرج .
- المركبـــة الأفقية لوزن مقاطـــع مواسير الحفر وأعمدتـــه الموجودة في مخزن المواسير المؤثرة في محور التحميل عنـــد قاعدة (شرفة) عامل البرج .
- قوة ضغط الرياح المؤثرة محصلتها في السطح الجانبي السفلي للبرج والتي لا تـــزيد قيمتهـــا المسموح بها عن : $q_0 \leq 250\ Pa$

الحالـــة الثانيـــة

الشكل رقم (b-5-IX) ، عند انتهاء عملية رفع مجموعة مواسير الحفر (لاستبدال الدقاق المستهلك أو عند انتهاء مرحلة حفر) يكون الخطاف غير محمل وكامل عمـــود مجموعة المواسير في مخزن المواسير على البرج . فيها يتعرض البرج **فقط إلى تأثير :**

- **القوى الشاقولية الناتجة عن وزن أجزاء منظومة الحبال ووزن البرج نفسه .**
- **القوى الأفقية الناتجة عن :**

Scanned by CamScanner

- **قوة ضغط الرياح** على أسفل البرج والتي يمكن أن تصل قيمتها : ($q_0 \leq 700Pa$) .
- **المركبة الأفقية من وزن مقاطع المواسير** الموجودة في مخزن المواسير .

الحالة الثالثة

الشكل رقم (c-5-IX) ، خلال عمليات النقل والتركيب يتعرض برج الحفر **فقط** إلى **الحمولة الشاقولية** من وزن أجزاء منظومة الحبال ووزن البرج نفسه **والقوة الأفقية** من ضغط الرياح التي يجب ألا تتجاوز قيمتها ($q_0 \leq 150$ Pa) .

الحالة الرابعة

الشكل رقم (d-5-IX) ، في حالات المشاكل الحاصلة خلال عمليات الحفر كالاستعصاء وغيرها ومحاولة التخلص منها يتعرض البرج إلى :

- الحمولة **الشاقولية** القصوى على الخطاف و الحمولات الشاقولية الأخرى المتولدة من تأثير وزن البرج ووزن أجزاء منظومة الحبال والمركبة الشاقولية لقوى شد طرفي الحبل الثابت والمتحرك .
- الحمولات **الأفقية** المتولدة من المركبة الأفقية لقوى شد طرفي حبل الحفر الثابت والمتحرك المؤثرة على قمة البرج وقوى ضغط الرياح على أسفل السطح الجانبي للبرج التي يجب ألا تتجاوز قيمتها ($q_0 \leq 150$ Pa)

7-1X : الحمولات المؤثرة في أرضية (منصة) برج الحفر

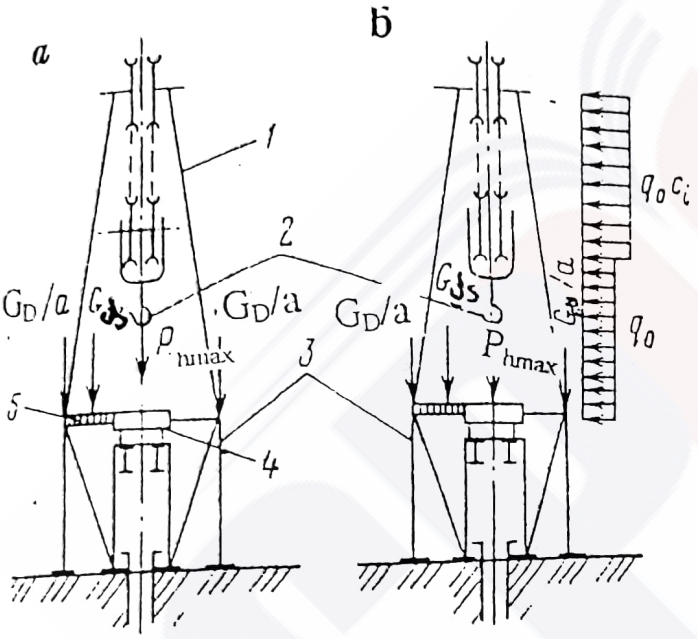
خلال عمليات الحفر تتغير طبيعة تحميل أرضية (منصة) برج الحفر حسب العمليات الجارية عليها . ويلاحظ وجود بعض الحالات الخطيرة لتحميلها يمكن أن تؤثر في متانة الأرضية وتتطلب تحديد الحمولة المسموح بها وحسابها .

من هذه الحالات :

Scanned by CamScanner

الحالـــة الأولى :

عند حصول استعصاء في نهاية عملية **رفع** عمود مجموعة المواسير أو **عند نهايـة** تنفيذ عملية **إنزال** مواسير التغليف ، تكون المنصة بكامل أشواط مواسير وأعمدة الحفر (عدا الشوط أو الأشواط المستعصية في حالة الاستعصاء) (G_{ds}) الموضوعة في مخـزن المواسير على المنصة والخطاف محملة بالحمولة القصوى (P_{hmax}) نتيجة الشد لتخلـيص الجزء المستعصي من عمود المواسير أو نتيجة تحميله بعمود مواسير التغليف المنـزل في البئر ، الشكل رقم (a - 6-IX) .



الشكل رقم (6-IV) :
تحميل منصة الحفر
1: برج الحفر . **2**: الخطاف .
3: القاعدة الهيكلية لأرضية البرج .
4: المنضدة الرحوية .
5: قاعدة مخزن المواسير .

في هذه الحالة تكون الحمولة **الشاقولية** المؤثرة على أرضية البرج مساوية إلى :

$$G_{pl.} = G_D + P_{hmax} + G_{ds} + G_{eq} \qquad (IX\text{-}20)$$

حيث إن :

G_{eq} ، G_D : وزن البرج ووزن المعدات الموجودة عليه .

الحالـــة الثانيـــة

قبيل انتهاء عملية إنزال مواسير التغليف **أو عند ربط المقطع الأخير مـــن هـــذه** المواسير تكون أرضية (منصة) برج الحفر **محملة بكامل مجموعة مواسير وأعمدة الحفـر** المتوضعة في مخزن المواسير (G_{ds}) **ويستند عمود مواسير التغليف بوزنه الأعظمي (G_C)** على المنضدة الرحوية .

Scanned by CamScanner

في هذه الحالة تكون الحمولة **الشاقولية** المؤثرة في أرضية البرج تساوي :

$$G_{PL} = G_D + G_{eq} + G_{ds} + G_c \qquad (IX\text{-}21)$$

حيث إن :

G_c : وزن عمود مواسير التغليف الذي يحتسب على أساس :

$$G_c = (1.7 - 2.2)\, G_{ds} \qquad (IX\text{-}22)$$

الحالـــة الثالثـــة

عند نقل أرضية البرج المحملة بالمعدات الموجودة عليها مـــع الـــبرج أو بدونـــه (حسب نوع التصميم) في ظروف النقل والطرق السيئة ، حيث تـــؤدي الاخنـــاءات والتعرجات إلى **إزاحة مركز ثقل منصة البرج** .

في هذه الحالة يجب أن يؤمن **تصميم** المنصة وحساباتها عدم تأثير ظروف النقـــل هذه في متانة وصلابة منصة البرج وهيئتها .

8-1X : استقرارية برج الحفر ومنصته

يوضع برج الحفر على منصته وتثبت قوائمه عليها بإحكام وخصوصـــاً النـــوع الصاري من الأبراج ، الذي يتعرض وبشكل خاص عندما يكـــون ارتفـــاع أرضـــيته (منصته) كبيراً إلى خطر الانقلاب مع المنصة .

أما **الأبراج رباعية القوائم** الموضوعة على منصات قليلة الارتفاع وبدون تثبيت محكم لقوائمها مع المنصة فيجب تدقيق حسابها على المتانة الاستقرارية **ولا يؤخذ شـــد أوتاد التثبيت بالحسبان** ، لأن الغاية من استخدامها هي تأمين استقرارية البرج خـــلال العواصف والرياح الشديدة .

يحدد عزم انقلاب برج (صارية) الحفر في مستوى أرضيته (منصته) حـــول نقطة ارتكاز روافعه الهيدروليكية (B) ، الشكل رقم (7-IX) من العلاقة :

$$M_{tB} = P_{eh} \cdot h + P_w (h_w - H) + P_{hs}\, h_b \qquad (IX\text{-}23)$$

Scanned by CamScanner

حيث إن :

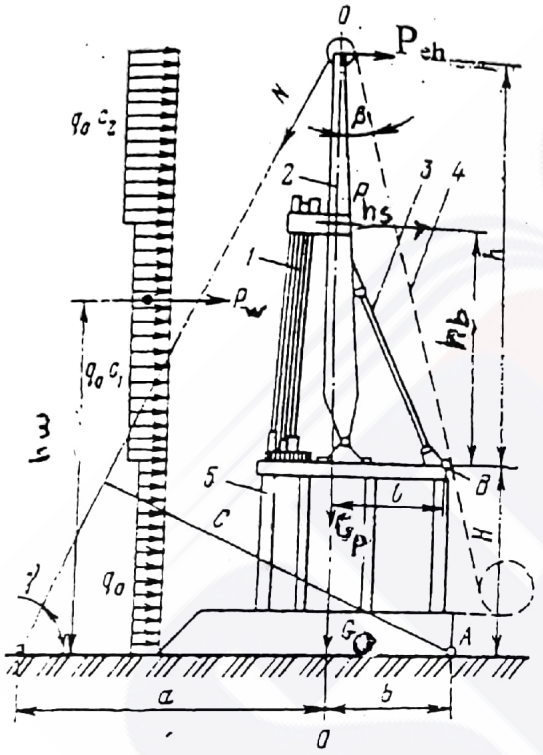
P_{eh} : المركبة الأفقية لقوتي الشد في الطرفين المتحرك والثابت لحبل الحفر .

h : ارتفاع البرج .

P_w : محصلة ضغط الهواء على البرج .

$(h_w - H)$: ارتفاع نقطة تأثير محصلة ضغط الهواء عن سطح نقطة ارتكاز البرج .

P_{hs} : المركبة الأفقية لوزن مقاطع المواسير عن سطح نقطة ارتكاز البرج ، متر .



الشكل رقم (IV-7) :

المخطط الحسابي لاستقرارية البرج ومنصته .

1: مقاطع المواسير المخزنة على البرج .

2: قائم البرج . 3: مسند قائم البرج .

4: الطرف المتحرك لحبل الحفر .

5: القاعدة الهيكلية لأرضية البرج .

من جهة ثانية ، **يحدد عزم استقرار (ثبات) البرج** من العلاقة :

$$M_{SB} = G_0 \cdot L \qquad \text{(IX-24)}$$

حيث إن :

G_0 : قوة جذب البرج غير المحمل .

L : المسافة بين محور مركز البئر (0-0) ونقطة ارتكاز البرج .

لتأمين استقرارية البرج يجب أن تتحقق العلاقة :

$$M_{SB} = M_{HB} \cdot K \qquad \text{(IX-25)}$$

Scanned by CamScanner

ولذلك يكون **شرط الاستقرارية** :

$$K = \frac{M_{SB}}{M_{OB}} \qquad \text{(IX-26)}$$

حيث إن :

K : معامل احتياطي الاستقرار : (K = 1.5- 1.2)

عند وضع الأجهزة الرافعة وجهاز تثبيت الطرف الثابت لحبل الحفر تحت منصة البرج ، الشكل رقم (IX-7) ، **يكون ا العزم الانقلابي للبرج** (الصارية) مع المنصة بالنسبة إلى نقطة ارتكاز (A) **مساوياً** :

$$M_{tA} = Peh\,(h + H) + P_w \cdot h_w + Ph_s\,(h_b + H) \qquad \text{(IX-27)}$$

يحدد عزم استقرار (ثبات) مجموعة البرج والمنصة من العلاقة :

$$M_S = (G_0 + G_{PL}) \cdot b \qquad \text{(IX-28)}$$

حيث إن :

b : بعد محور البئر (0-0) عن نقطة ارتكاز (A) ، متر .

يجب زيادة قيمة عزم الثبات واستقرار المجموعة في حالة العواصف والرياح الشديدة التي تتجاوز الحدود المسموح بها.

ويتم ذلك بتحميل منظومة الحبال والمنضدة الرحوية بإسناد جزء من عمود مجموعة المواسير على المنضدة الرحوية (إبقائها في البئر وإسنادها على المنضدة الرحوية بواسطة الكماشات) .

يحدد العزم الانقلابي في الحالة العامة من مجموع عزوم جميع القوى التي يمكنها قلب المجموعة :

$$M_S = P_1 X_1 + P_2 X_2 + \ldots P_n X_n \qquad \text{(IX-29)}$$

وبالطريقة نفسها يتم حساب عزم الثبات .

Scanned by CamScanner

عند إجراء حساب معامل استقرارية البرج يؤخذ طرف واحد يثبت بوتد وزيادة هذه الأوتاد تؤدي إلى قوى أفقية إضافية .

هذا في الحالة العامة **وبدون وجود عواصف** يجب ألا يشد طرف الشد (التثبيت) بشكل قوي .

تحدد قوة توتر شد كبل تثبيت البرج بالعلاقة :

$$T = \frac{M_b}{C} = \frac{M_0}{(a+b)\sin\gamma} \qquad \text{(IX-30)}$$

حيث إن :

a : المسافة من مركز البرج حتى نقطة تثبيت الوتد .

γ : الزاوية بين كبل الشد وسطح الأرض .

اعتماداً على قيمة قوة الشد في كبل الشد يتم اختيار قطر كبل التثبيت مع الأخذ بعين الاعتبار معامل أمان المتانة لكبل الشد (3-2) .

أما في حال اختيار كبلين للتثبيت فإن معامل الأمان يحدد بـ (2-1.5)

Scanned by CamScanner