بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هیدرومکانیک

آنالیز دینامیکی و ناپایداری پلهای شناور در امواج

نگارش:

مصطفی قاسمی

استاد راهنما:

آقای دکتر حمید زراعتگر

زمستان ۱۳۸۶

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۱

پیشنهاد پروژه تحصیلات تکمیلی

(رساله کارشناسی ارشد و دکترا)

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

۱- مشخصات دانشجو نام و نام خانوادگی: مصطفی قاسمی رشته تحصیلی: هیدرومکانیک کشتی آدرس: تهران- میدان ولی عصر(عج) - خوابگاه شهید شرفی	شماره دانشجوئی: ۸۴۱۳۰۰۱۱ تلفن : ۰۹۱۲۳۴۸۲۲۷۴ مقطع: کارشناسی ارشد
۲-مشخصات استاد راهنما نام و نام خانوادگی: حمید زراعتگر آدرس: تهران- دانشگاه صنعتی امیر کبیر	سمت، مرتبه علمی و محل خدمت : استادیار- دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی تلفن: ۶۶۴۱۹۶۱۵
۳-مشخصات استاد مشاور نام و نام خانوادگی:	سمت، مرتبه علمی: تلفن :

۴-عنوان پایان نامه یا رساله

فارسی: آنالیز دینامیکی و ناپایداری پلهای شناور در امواج

انگیسی: Dynamical analysis and Instability of floating bridges at wave loads

نوع پروژه: کاربردی ■ بنیادی □ توسعه ای ■ تعداد واحد ۶

۵- خلاصه پایان نامه: (مسئله فرضیات، هدف از اجراء، توجیه ضرورت انجام طرح)

امروزه استفاده از بارج های شناور در صنعت دریایی جهان (اعم از حمل و نقل، نصب سکوها، استفاده به عنوان اسکله های شناور و ...) اهمیت خاصی پیدا کرده است.

در صنایع نفت و گاز نیز بارج های مختلفی از جمله بارج های به آب اندازی سکوهای نفتی، جرثقیل های شناور (Crane Barges) و بارج های حفاری و ... به وفور استفاده می شوند.

به نام خدا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان : آنالیز دینامیکی و ناپایداری پلهای شناور در امواج

نگارش : مصطفی قاسمی

کمیته ممتحنین:

استاد راهنما..... **امضا**.....

استاد ممتحن اول..... **امضا**.....

استاد ممتحن دوم..... **امضا**.....

تاریخ.....

خدایا شکر که در این مرحله از زندگی هم مثل همیشه پشتیبان واقعی من بودی

تقدیم به پدر و مادرم که در تمامی مراحل تحصیل یار و یاور و همراه واقعی من بودند

تقدیم به همسر مهربانم سحر که با تشویق های همیشگی اش مشوق من بود

با تشکر و قدردانی از کمک ها و راهنمایی های استاد فرهیخته و ارجمند جناب آقای «دکتر حمید زراعتگر» که با راهنمایی های علمی و حقیقتا ارزشمند خود در جای جای این رساله راهنمای انجام این کار بودند.
بی شک بدون حضور ایشان این رساله به انجام نمی رسید.

همچنین با تشکر از دوست و برادر خوبم آقای «معین قاسمی» که علی رغم وقت محدود خود زحمات زیادی برای انجام این کار کشیدند.

چکیده

تا کنون نمونه های مختلفی از پل های شناور به منظور حمل و نقل شهری، دسترسی به قسمت های مختلف دریا و استفاده های نظامی در سراسر دنیا ساخته شده است.

از موارد استفاده از پل های شناور می توان به عنوان جاده برای عبور و مرور و حمل و نقل انواع خودرو، مکانی برای فرود بالگرد، به عنوان شناور عملیاتی مانند جرثقیل و حفار، به عنوان اسکله شناور و... نام برد.

در طراحی این گونه پل ها پارامتر های مختلف طراحی به گونه ای است که پل به صورت موقت یا دائمی ساخته می شود. کاربرد دیگر این گونه پل ها در جنگ ها می باشد که تجربه استفاده از آنها بسیار رضایت بخش بوده و در کشورهای پیشرفته به عنوان یک استراتژی موثر در نبردهای زمینی دنبال می شود.

در این مجموعه آنالیز دینامیکی پل های شناور تحت بارگذاری موج انجام شده است.

در ابتدا با استفاده از روابط هیدرواستاتیکی اقدام به مدل سازی پل شناور توسط فنر در آب آرام کرده و حرکات پل در آب تحت بارگذاری های مختلف ناشی از وزن و حرکت خودرو تخمین زده شده است.

سپس مدل ریاضی از رفتار دینامیکی زنجیره بارج ها تهیه شده و سپس با استفاده از این مدل برنامه کامپیوتری برای آن تهیه شده است.

در مدل ریاضی فرض شده است که نیروی فرود-کریلوف ناشی از موج پایه بر مجموعه بارج ها وارد میشوند.

سپس از تئوری نواری برای محاسبه نیروهای سه بعدی ناشی از حاصل جمع نیروهای دو بعدی استفاده شده است.

محاسبات در امواج منظم انجام شده است همچنین آب عمیق از دیگر فرضیات مساله می باشد.

همچنین تاثیر انواع سیستم مهار بر آنالیز پل در نظر گرفته شده است.

از میان حرکات ۶ گانه کشتی، حرکات هیو و پیچ به صورت مستقل موضوع محاسبات قرار گرفته اند.

کلمات کلیدی:

پل شناور (Floating Bridge) - آنالیز دینامیکی (Dynamical Analysis)- موج (Wave)

$\lvert\eta_j\rvert$	دامنه حرکت پل
λ	طول موج
C	سرعت موج
η	معادله سطح موج
η	سرعت موج
η	شتاب موج
ω	فرکانس موج
ω_e	فرکانس موثر در برخورد موج
$S(\omega)$	طیف موج
E	انرژی موج
g	شتاب جاذبه زمین
ρ	چگالی سیال
H_S	ارتفاع موج عمده
F_I	نیروی فرود- کریلوف
F_D	نیروی دیفرکشن
F_R	نیروی تشعشعی
M_A	جرم افزوده
F_{Add}	نیروی مقاومت اضافی
B_d	ضریب میرایی
K	ضریب سختی خطی فنر
K'	ضریب سختی پیچشی فنر
$K_{mooring}$	ضریب سختی سیستم مهار
W	وزن واحد طول کابل
Φ	پتانسیل جریان موج

فهرست مطالب

فصل اول معرفی پل های شناور

۱-۱ مقدمه.....۲

۱-۲ تقسیم بندی پل های شناور.....۵

۱-۳ تقسیم بندی بر اساس ساختمان پل.....۶

۱-۴ اجزاء پل های شناور.....۱۴

۱-۴-۱ روش اتصال اجزا و آرایش های مختلف آنها.....۱۴

۱-۵ نتیجه گیری.....۱۶

فصل دوم مطالعه، تحلیل، طراحی و ساخت پل شناور

۲-۱ مقدمه طراحی.....۲۰

۲-۲ ایمنی در ساخت و استفاده از پل.....۲۱

۲-۳ مطالعه محل احداث پل.....۲۱

۲-۴ بررسی محیطی.....۲۲

۲-۵ عملیات اجرایی پل.....۲۲

۲-۶ مراحل طراحی پل.....۲۳

۲-۶-۱ بررسی اطلاعات و داده ها و تخمین کمیت های طراحی.....۲۳

۲-۶-۲ طراحی بر اساس روابط موجود،

بدست آوردن پارامترهای مختلف قبل از اعمال قیود.....۲۳

۲-۶-۳ طراحی نهایی پس از اعمال کلیه قید ها و

بدست آوردن اندازه دقیق کلیه اجزای پل.....۲۴

۲-۷ مقایسه پل های شناور و معلق در مواجهه با بارگذاری های مختلف.....۲۴

۲-۸ نتیجه گیری.....۲۵

فصل سوم مدل سازی پل شناور با استفاده از روابط استاتیکی

۳-۱ مقدمه..... ۲۷

۳-۲ اصول آنالیز استاتیکی..... ۲۸

۳-۲-۱ پایداری استاتیکی یک واحد شناور در حین بارگیری..... ۲۹

۳-۳ تهیه مدل استاتیکی..... ۳۲

۳-۳-۱ طریقه بدست آوردن ممان دوم یک مستطیل حول محور مرکزی آن..... ۳۶

۳-۳-۲ محاسبه ضرایب سختی هیدرواستاتیکی..... ۳۷

۳-۴ معادلات تعادل استاتیکی..... ۳۹

۳-۵ بر هم کنش بارج ها در سیستم اتصال پل..... ۴۲

۳-۶ حل معادله سیستم..... ۴۴

فصل چهارم مدل سازی پل شناور با استفاده از روابط دینامیکی

۴-۱ تعریف پل به عنوان سیستمی با چند درجه آزادی..... ۴۷

۴-۲ انواع معادلات دینامیکی سازه..... ۴۸

۴-۲-۱ معادلات دینامیکی مورد استفاده در این رساله..... ۴۸

۴-۳ تعریف معادلات لاگرانژ..... ۵۰

۴-۴ اصول تعریف مدل دینامیکی..... ۵۲

۴-۵ تهیه مدل دینامیکی..... ۵۲

فصل پنجم آنالیز دینامیکی بارگذاری طیف موج

۵-۱ مقدمه..... ۶۲

۵-۲ معرفی طیف موج..... ۶۲

۵-۲-۱ بررسی معادلات امواج..... ۶۴

۵-۳ مدلهای ریاضی طیف موج.....۶۸
۵-۳-۱ طیف موج برتشنایدر.....۶۸
۵-۳-۲ طیف موج پیرسون – ماسکوویتز.....۶۹
۵-۳-۳ طیف $ITTC$.....۷۰
۵-۳-۴ طیف موج جونسواپ.....۷۱
۵-۴ سیستم های مختصات و درجات آزادی.....۷۴
۵-۴-۱ دستگاه مختصات اول.....۷۴
۵-۴-۲ دستگاه مختصات دوم.....۷۴
۵-۴-۳ دستگاه مختصات سوم.....۷۴
۵-۵ جهت برخورد موج با پل.....۷۶
۵-۵-۱ زاویه برخورد موج با پل.....۷۷
۵-۵-۲ فرکانس موثر برخورد موج با پل.....۷۸
۵-۶ معادلات حرکت.....۸۱
۵-۶-۱ مدل سازی حرکت بارج در پل.....۸۱
۵-۷ محاسبه نیروهای وارده بر پل.....۸۳
۵-۷-۱ فرضیات محاسبه نیروها در این بخش.....۸۳
۵-۷-۲ معرفی انواع نیروهای وارده بر پل.....۸۳
۵-۷-۳ محاسبه نیرو از طریق محاسبه فشار در رابطه برنولی.....۸۵
۵-۸ روش تئوری نواری.....۹۱
۵-۸-۱ معرفی اجمالی تئوری نواری.....۹۱
۵-۸-۲ فرضیات موجود.....۹۲
۵-۸-۳ مدل سازی.....۹۳
۵-۸-۴ محاسبه ضریب جرم افزوده.....۱۰۲
۵-۸-۵ محاسبه ضریب استهلاک.....۱۰۲

۵-۹ محاسبه نیروی انکساری.....۱۰۴
۵-۱۰ تعیین ضرایب هیدرودینامیکی مقاطع پل.....۱۰۵
۵-۱۱ دینامیک پل در موج.....۱۰۸
۵-۱۱-۱ دینامیک پل در موج منظم.....۱۰۸
۵-۱۱-۲ دینامیک پل در موج نامنظم.....۱۱۰
۵-۱۱-۲-۱ RAO حرکات پل در موج نامنظم.....۱۱۱
۵-۱۱-۳ طیف انرژی حرکات پل در موج نامنظم.....۱۱۴

فصل ششم مدل سازی سیستم مهار بارج

۶-۱ مقدمه.....۱۱۷
۶-۲ شرایط کارکرد مهار.....۱۱۹
۶-۲-۱ بیشترین شرایط محیطی.....۱۱۹
۶-۲-۲ بیشترین شرایط طراحی.....۱۲۰
۶-۲-۳ بیشترین شرایط اتصال.....۱۲۰
۶-۲-۴ بیشترین شرایط کارکرد.....۱۲۰
۶-۳ روند آنالیز خط مهار.....۱۲۰
۶-۴ انواع خط مهار.....۱۲۱
۶-۵ الگوی مهار ترکیبی.....۱۲۳
۶-۵-۱ اجزای خطوط مهار ترکیبی.....۱۲۳
۶-۵-۱-۱ وینچ.....۱۲۴
۶-۵-۱-۲ قرقره.....۱۲۴
۶-۵-۱-۳ طناب های سیمی و زنجیرها.....۱۲۴
۶-۶ محاسبه مهار کاتنری.....۱۲۶

۶-۶-۱ مقدمه.....۱۲۶
۶-۶-۲ معادلات حاکم بر مهار کاتنری.....۱۲۷
۶-۷ محاسبه ضریب سختی مهاربندی.....۱۳۱
۶-۷-۱ مقدمه.....۱۳۱
۶-۷-۲ بدست آوردن ماتریس سختی.....۱۳۱
۶-۸ بررسی تاثیر لنگر در سیستم مهار.....۱۳۳
۶-۸-۱ مقدمه.....۱۳۳
۶-۸-۲ مدل سازی لنگر در سیستم مهار.....۱۳۶

فصل هفتم بارگذاری ناشی از حمل و نقل بر روی پل

۷-۱ مقدمه.....۱۳۸
۷-۲ بارگذاری انواع خودرو.....۱۳۸
۷-۳ نیروی عکس العمل پل در برابر بارگذاری حاصل از وزن خودرو.....۱۳۹
۷-۴ آنالیز دینامیکی پل بر اثر عبور یک خودرو.....۱۴۰

فصل هشتم نتایج، بحث در پاسخ ها و نتیجه گیری

۸-۱ تهیه برنامه کامپیوتری.....۱۴۳
۸-۲ الگوریتم حل معادله.....۱۴۳
۸-۳ خلاصه.....۱۴۵
۸-۴ نمودارهای بارگذاری استاتیکی خودروها.....۱۴۵
۸-۵ اثر تعداد بارج بر دینامیک پل.....۱۵۳
۸-۶ اثر سرعت خودروهای عبوری بر دینامیک پل.....۱۶۰

۸-۶-۱ اثر سرعت خودرو در هنگام عبور از روی سه بارج.....۱۶۱
۸-۶-۲ اثر سرعت خودرو در هنگام عبور از روی چهار بارج.....۱۶۳
۸-۶-۳ اثر سرعت خودرو در هنگام عبور از روی پنج بارج.....۱۶۵
۸-۶-۴ اثر سرعت بر روی دینامیک پل پس از عبور خودرو.....۱۶۷
۸-۷ نتایج اعمال بارگذاری موج ۱۷۰
۸-۷-۱ تاثیر افزایش پریود و ارتفاع موج بر حرکات پیچ و هیو.....۱۷۱
۸-۷-۱-۱ مقایسه تاثیر افزایش پریود و ارتفاع موج در سیستم ۴ بارجی....۱۷۱
۸-۷-۱-۲ مقایسه تاثیر افزایش پریود و ارتفاع موج در سیستم ۱۰ بارجی..۱۸۲
۸-۷-۲ تاثیر کاهش ابعاد بارج و افزایش تعداد آن ها بر حرکات.....۱۹۵
۸-۷-۳ تاثیر زاویه برخورد موج بر حرکات هیو و پیچ.....۲۰۴
۸-۸ بررسی نمودارها.....۲۱۱

پیوست روش حل معادله دیفرانسیل سیستم های ارتعاشی

پیشنهادات برای ادامه کار

منابع

واژه نامه

چکیده انگلیسی

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ نمونه یک پل معلق با مهارهای کابلی ۳
شکل ۱-۲ نمونه یک پل شناور با استفاده از پایه های بتونی و به کمک بارج های شناور ۴
شکل ۱-۳ نمونه یک پل شناور با استفاده از بارج های شناور و به کمک پایه های بتونی ۴
شکل ۱-۴ استفاده از پل به عنوان باند فرود و برخاستن هواپیما و بالگرد ۶
شکل ۱-۵ نمای عرضی یک نمونه پل مورد استفاده برای حمل و نقل خودرو ۶
شکل ۱-۶ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده برای حمل و نقل خودرو ۷
شکل ۱-۷ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده به عنوان آزادراه ۷
شکل ۱-۸ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده به عنوان لوله گذار ۸
شکل ۱-۹ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده به عنوان نصب ادوات جنگی ۸
شکل ۱-۱۰ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده برای حمل و نقل ادوات نظامی در جنگ ۹
شکل ۱-۱۱ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده در مکان های توریستی ۹
شکل ۱-۱۲ نمای ایزو یک نمونه پل برای استقرار دستگاه های مخصوص لایروبی ۱۰
شکل ۱-۱۳ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده برای عملیات عمرانی در دریا ۱۱
شکل ۱-۱۴ نمای ایزو یک نمونه پل مورد استفاده جهت بارگیری و تخلیه از کشتی ها ۱۲
شکل ۱-۱۵ نمای ایزو یک نمونه پل بارج های شناور به عنوان پایه تکیه گاه پل در داخل آب ۱۳
شکل ۱-۱۶ حالات مختلف قرارگیری بارج ها و سیستم مهار در آن ها ۱۵
شکل ۱-۱۷ استفاده از بارج های شناور به عنوان پایه پل - قابل جابجایی توسط یدک کش ۱۷
شکل ۳-۱ شمای کلی قرارگیری بارج ها ۲۷
شکل ۳-۲ شمای کلی بارج شناور در آب تحت بار استاتیکی ۲۹
شکل ۳-۳ شمای کلی بار های وارده بر بارج شناور در آب ۳۰
شکل ۳-۴ بارج شناور تحت بارگذاری استاتیکی نا متقارن ۳۲
شکل ۳-۵ بارج شناور تحت بارگذاری استاتیکی نا متقارن- نمایش تغییر سطح آبخور ۳۳
شکل ۳-۶ بارج شناور نمایش تغییر موقعیت ۳۴
شکل ۳-۷ مدل سازی بارج شناور با استفاده از فنرهای خطی و پیچشی ۳۵
شکل ۳-۹ حرکاتی از پل که در این بخش بررسی می شوند ۳۹
شکل ۳-۱۰ بارگذاری بر روی پل به تفکیک حرکات مختلف ۴۰
شکل ۳-۱۱ مساحت سطح تغییر کرده توسط نیرو ۴۰
شکل ۳-۱۲ شماتیک اتصال بارج ها در سیستم پل ۴۲
شکل ۳-۱۳ تجزیه نیروها در محل اتصال پل ۴۳
شکل ٤-۱ تعریف سیستم مختصات و پارامترهای لازم برای مدل سازی دینامیکی ۵۳

شکل ۵-۱ ساده ترین نمایش سینوسی وضعیت موج آرام ۶۴
شکل ۵-۲ نمایش سه بعدی موج سینوسی و معرفی پارامترهای آن ۶۵
شکل ۵-۳ مقایسه میان طیف امواج اندازه گیری شده و طیف برتشنایدر متناظر با آن در دریای آتلانتیک ۶۹
شکل ۵-۴ مقایسه شکل و توزیع انرژی دو طیف برتشنایدر و $JONSWAP$ ۷۳
شکل۵-۵ مقایسه دو طیف $JONSWAP$ و $P-M$ ۷۳
شکل ۵-۶ نمایش سیستم مختصات بر روی سازه ۷۵
شکل ۵-۷ نمایش حرکات شش گانه سازه ۷۶
شکل ۵-۸ نمایش زاویه برخورد موثر و بالطبع آن فرکانس زاویه ای موثر ۷۷
شکل ۵-۹ نمایش زوایای برخورد اصلی ۷۸
شکل ۵-۱۰ نمایش رابطه میان ω و ω_e ۷۹
شکل ۵-۱۱ نوار دو بعدی در حرکت هیو ۹۳
شکل ۵-۱۲ شرایط مرزی دو بعدی پتانسیل ψ_k ۹۸
شکل ۵-۱۳ مقاطع مختلف به دست آمده از روش لوئیس ۱۰۷
شکل ۵-۱٤ خصوصیات فرکانسی حرکات هیو وپیچ یک کشتی نفت کش در سرعت صفر ۱۱۲
شکل ۵-۱۵ خصوصیات فرکانسی حرکات هیو وپیچ یک کشتی نفت کش در سرعت ۱٦ گره دریایی ۱۱۳
شکل ۵-۱۶ طیف پاسخ حرکت هیو در بازه فرکانس امواج و فرکانس برخورد ۱۱۵
شکل ۶-۱ سیستم مهار با زنجیر ۱۱۸
شکل ۶-۲ سیستم مهار با کابل ۱۱۹
شکل ۶-۳ شماتیک مهار یک سکوی دریایی ۱۲۳
شکل ۶-۴ معرفی اجزای خطوط مهار ۱۲۴
شکل ۶-۵ نمایش مهار ترکیبی ۱۲۵
شکل ۶-۶ جهت نیروها در سیستم مهار کاتنری ۱۲۶
شکل ۶-۷ نمایش تغییر وضعیت قرار گیری مهار در سیستم کاتنری ۱۲۷
شکل ۶-۸ نمایش برش دلخواه از خط مهار ۱۲۸
شکل ۶-۹ شماتیک لنگر در سیستم مهار ۱۳۴
شکل ۶-۱۰ سه حالت مختلف قرار گیری خط مهار بر اساس نوع لنگر ۱۳۵
شکل ۶-۱۱ جهت نیروها در لنگر ۱۳۶
شکل ۷-۱ اعمال نیرو به زنجیره بارج ها ۱۳۹
شکل ۷-۲ نمودار بارگذاری خودرو بر روی بارج ۱۴۱

فصل اول

معرفی پل های شناور

۱-۱ مقدمه

هدف از این فصل معرفی و آشنایی با انواع پلهای شناور می باشد.

در پروژه های فنی معمولا منظور از واژه پل وسیله ای است که برای جابجایی انواع وسایل نقلیه و کار برد های تجاری و نظامی دیگر استفاده می شود. بعضی از این پل ها برای عبور وسایل نقلیه از موانع آبی مانند رودخانه ها و دریاچه ها استفاده می شوند. این پل ها معمولا از نوع پل های با پایه ها و ستون های ثابت و یا پل های معلق می باشند.

در موارد خاص مانند زمانی که به علت عمق زیاد آب، سست بودن بیش از حد بستر دریا و یا طول زیاد مناطق خشکی در محل ساخت پل امکان احداث پل معلق یا ثابت وجود ندارد از پل های شناور استفاده می کنند.

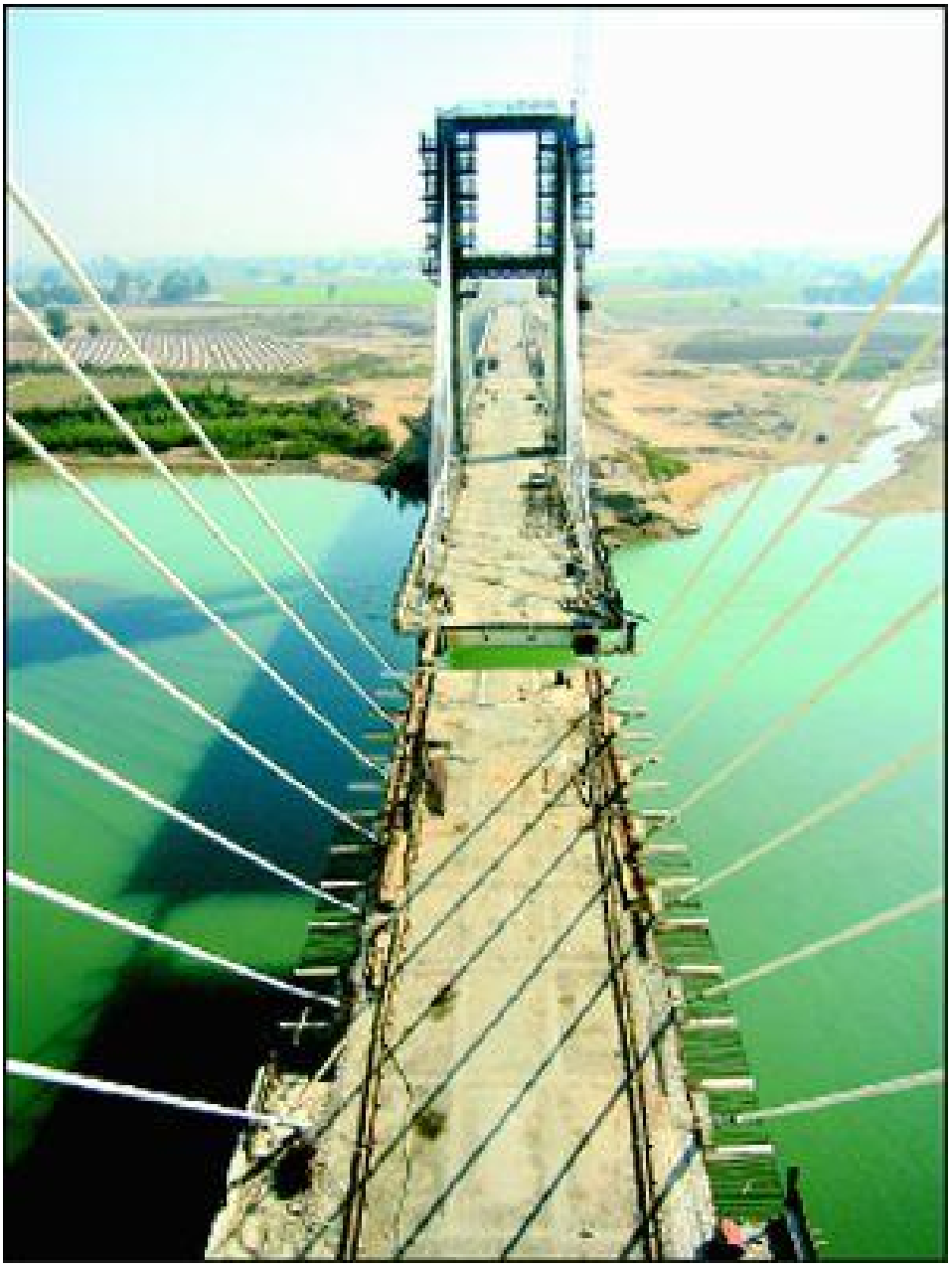
تاکنون نمونه های مختلفی از پل های شناور به منظور ارتباطات شهری، دسترسی به قسمت های مختلف دریا و استفاده های نظامی ساخته شده است. در طراحی این گونه پل ها پارامتر های مختلف به گونه ای است که پل به صورت موقت یا دائمی ساخته شود.

کاربرد دیگر این گونه پل ها در جنگ ها می باشد که تجربه استفاده از آنها بسیار رضایت بخش بوده و در کشورهای پیشرفته به عنوان یک استراتژی موثر در نبردهای زمینی دنبال می شود.

ایده اولیه پل های شناور از قانون بویانسی اجسام شناور در آب گرفته شده است. یعنی نیروی ارشمیدس بدون نیاز به پایه و زیر سازی در پل به تنهایی قادر به تحمل وزن پل و نیروهای حاصل از بارگذاری های مختلف می باشد.

در قسمت هایی از دریا که به علت عمق زیاد آب، بستر نرم و یا طول زیاد فواصل دریایی ساخت پلهای متعارف گران تمام می شود، هزینه ساخت پل شناور حدود ۴۰% هزینه پل ثابت و ۲۰% هزینه کندن تونل زیر دریا می باشد. همچنین زمان احداث این پل ها به مراتب کمتر است.

در شکل های زیر انواع مختلف پل های معلق و شناور مشاهده می شود:



شکل ۱-۱ نمونه یک پل معلق با مهارهای کابلی [Internet]

شکل ۱-۲ نمونه یک پل شناور با استفاده از پایه های بتونی و به کمک بارج های شناور [Internet]

شکل ۱-۳ نمونه یک پل شناور با استفاده از بارج های شناور و به کمک پایه های بتونی [Internet]